

Estudos Necessários para Instalação de Usina de Dessalinização de Água do Mar no Complexo Industrial e Portuário do Pecém



RELATÓRIO FINAL TOMO I - TEXTOS

Setembro de 2006



APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Este documento atende ao objeto do Contrato no 046/2005/COGERH – Elaboração dos Estudos Necessários para a Instalação de Usina de Dessalinização de Água do Mar no Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

Tais estudos, definidos nos termos de referência integrantes do edital de licitação, foram segmentados de acordo com a seguinte itemização:

- Levantamento dos dados básicos
- Estudos de Viabilidade Técnica
- Estudos de Viabilidade Econômica e Financeira
- Projeto Básico
- Estudos ambientais
- Termos de Referência

O documento que ora a VBA Consultores entrega à COGERH compreende todos os segmentos, dispostos nos seguintes tomos:

Tomo I – RELATÓRIO FINAL - TEXTOS

- Levantamento dos dados básicos
- Estudos de Viabilidade Técnica
- Estudos de Viabilidade Econômica e Financeira
- Projeto Básico - Textos
- Anexos

Tomo II – ESTUDOS AMBIENTAIS

Tomo III – DESENHOS E PLANTAS

Tomo IV – PROJETO ELÉTRICO

- Volume I – Projeto Elétrico da Usina

- Volume II – Projeto Elétrico da Subestação

Tomo V – ORÇAMENTOS

Tomo VI – CATÁLOGOS E FOLHAS DE DADOS

Tomo VII – ARTIGOS E INFORMAÇÕES TÉCNICAS

Tomo VIII – TERMOS DE REFERÊNCIA

Tomo IX – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Na realidade, o Contrato determinava a elaboração dos estudos e do projeto para as vazões de 20, 40 e 60 l/s de água permeada. Tais parâmetros foram seguidos e os estudos e o projeto foram entregues em maio passado.

No entanto, como a SRH e a COGERH solicitaram novos estudos sobre outros tamanhos para a planta de dessalinização (10 e 5 L/s), não previstos nos termos de referência, a VBA continuou elaborando tais estudos. Ao final desses estudos, a SRH e a COGERH decidiram pelo tamanho de 5l/s de produção do permeado, determinando que a VBA seguisse na elaboração dos estudos e do projeto, obedecendo a este novo parâmetro.

O Tomo I constitui os textos relativos aos levantamentos básicos, aos estudos de viabilidade técnica, aos estudos de viabilidade econômica e financeira, aos textos do Projeto Básico. Apresenta também oito anexos.

No Tomo II estão os estudos ambientais, elaborados na forma de EVA – Estudos de Viabilidade Ambiental.

Os desenhos e plantas estão reunidos no Tomo III. São desenhos gerais e plantas detalhadas da Usina, configurando aspectos da captação e adução e reservação de água do mar, pré-tratamento da água salgada, sistema de osmose reversa e de recuperação de energia, pós-tratamento e reservação da água permeada. São também apresentadas desenhos das obras civis, das áreas externas de paisagismo e de estacionamento.



O Tomo IV constitui o projeto elétrico, dividido em dois volumes: Volume I, Projeto Elétrico da Unidade Industrial e Volume II, Projeto Elétrico da Subestação abaixadora de energia. O segundo projeto foi separado, pois deve ser encaminhado à COELCE para análise e aprovação.

Os orçamentos, que estão apresentados no Tomo V, foram elaborados com base na Tabela de Preços da Secretaria de Infra-estrutura – SEINFRA, em sua última versão disponível (junho de 2006). Quando materiais, equipamentos ou serviços não estavam contemplados na Tabela de Preços da SEINFRA, foram construídas composições, que estão anexadas às planilhas dos orçamentos.

São ainda apresentados no Tomo VI os Catálogos e Folhas de Dados sobre equipamentos que podem servir de referência e no Tomo VII Artigos e Informações Técnicas sobre os sistemas e processos de dessalinização. Tais informações podem ser úteis para um melhor conhecimento da evolução da dessalinização no Mundo e para a escolha de equipamentos da usina.

No Tomo VIII, apresentam-se os Termos de Referência para a licitação do fornecimento e montagem de todos os equipamentos, construções civis, posta em marcha e operação e treinamento de pessoal.

As especificações técnicas estão reunidas no Tomo IX.



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO

1 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA	1-2
1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	1-2
1.2 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	1-2
1.3 - GEOLOGIA / GEOMORFOLOGIA.....	1-4
1.3.1 - GEOLOGIA.....	1-4
1.3.2 - GEOMORFOLOGIA.....	1-6
1.4 - VEGETAÇÃO E SOLOS	1-8
1.4.1 - VEGETAÇÃO	1-8
1.4.2 - SOLOS	1-9
1.5 - HIDROGRAFIA	1-12
1.6 - ASPECTOS AMBIENTAIS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....	1-13
2 - ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA.....	2-2
2.1 - TECNOLOGIAS E PROCESSOS DE DESSALINIZAÇÃO	2-2
2.1.1 - - PROCESSOS DE DESTILAÇÃO.....	2-3
2.1.1.1 - Destilação de Múltiplo Efeito (Multi-effect Distillation – MED	2-3
2.1.1.2 - Destilação Multi-fase (Multi-stage Flash – MSF)	2-3
2.1.2 - PROCESSOS DE FILTRAÇÃO.....	2-5
2.1.2.1 - Eletrodialise Reversível	2-6
2.1.2.2 - Osmose Reversa	2-6
2.2 - TÉCNICAS DE MEMBRANAS.....	2-9
2.2.1 - EVOLUÇÃO E APLICAÇÃO DAS MEMBRANAS.....	2-9
2.2.2 - - MÓDULOS DE MEMBRANAS.....	2-12
2.2.2.1 - Módulos com Placas	2-12
2.2.2.2 - Módulos Tubulares	2-12
2.2.2.3 - Módulos em Espiral	2-13
2.2.2.4 - Módulos com Fibras Ocas	2-14
2.2.2.5 - Módulos com Discos Rotatórios	2-16
2.2.2.6 - Comparação entre Módulos	2-17
2.3 - O PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA.....	2-18
2.3.1 - ETAPAS DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA	2-18
2.3.1.1 - Captação de Água do Mar e Pré-tratamento	2-18
2.3.1.2 - Sistema de alta pressão e recuperação de energia	2-20
2.3.1.3 - As membranas usadas na Osmose Reversa	2-24
2.3.1.4 - Pós-tratamento	2-25
2.4 - DISPOSIÇÃO DO CONCENTRADO	2-26
2.5 - A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE OSMOSE REVERSA	2-27
2.5.1 - A VIABILIZAÇÃO DA OSMOSE REVERSA	2-27
2.5.2 - APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DA ÁGUA DESSALINIZADA	2-29
2.5.3 - A OSMOSE REVERSA NA INDÚSTRIA DE GERAÇÃO DE ENERGIA	2-29
2.5.4 - VANTAGENS E BENEFÍCIOS DA OSMOSE REVERSA	2-30
2.6 - EXPERIÊNCIA MUNDIAL EM DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR.....	2-31

2.6.1 - A EXPERIÊNCIA DA ESPANHA.....	2-31
2.6.1.1 - As Ilhas Canárias	2-32
2.6.1.2 - Evolução da Dessalinização na Espanha	2-35
2.6.2 - A EXPERIÊNCIA DA CALIFÓRNIA	2-36
2.6.2.1 - Usinas de dessalinização existentes na costa da Califórnia	2-36
2.6.3 - USINAS PLANEJADAS	2-36
2.6.3.1 - A Evolução da Dessalinização na Califórnia	2-37
2.6.3.2 - Benefícios da Dessalinização para Abastecimento Municipal na Califórnia	2-40
2.6.3.3 - Custos da Dessalinização	2-40
2.6.3.4 - Principais Questões da Dessalinização na Califórnia	2-41
2.6.3.5 - Aspectos econômicos da dessalinização	2-41
2.6.3.6 - Fatores que influenciam os custos da dessalinização	2-42
2.6.3.7 - Informações Sobre Algumas Usinas da Califórnia	2-45
2.7 - PROCESSO SELECIONADO	2-47
3 - ESTUDOS DE CONCEPÇÃO	3-2
3.1 - INTRODUÇÃO.....	3-2
3.2 – CARACTERIZAÇÃO GERAL.....	3-2
3.3 - CAPTAÇÃO DA ÁGUA DO MAR.....	3-3
3.4 - ADUÇÃO DA ÁGUA DO MAR (ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO)	3-4
3.5 - RESERVAÇÃO DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO	3-5
3.6 – PRÉ-TRATAMENTO	3-5
3.7 - UNIDADE DESSALINIZADORA.....	3-8
3.7.1 – BOMBA DE ALTA PRESSÃO	3-8
3.7.2 – SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA	3-8
3.7.3 – MÓDULOS DE OSMOSE REVERSA.....	3-9
3.8 – PÓS-TRATAMENTO	3-11
3.9 – DISPOSIÇÃO DO CONCENTRADO.....	3-12
3.10 - RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DESSALINIZADA	3-13
4 - ESTUDO LOCACIONAL	4-2
4.1 – DEFINIÇÃO DA MACRO-LOCALIZAÇÃO	4-2
4.2 – SELEÇÃO DO TERRENO	4-2
4.2.1 – TERRENO CONTÍGUO AO COQUEIRAL.....	4-2
4.2.2 – TERRENO JUNTO À SUBESTAÇÃO ELÉTRICA.....	4-4
5 - AMBIENTE MARINHO	5-2
5.1 - PADRÃO DE QUALIDADE PARA DESCARGAS SUBMARINAS.....	5-2
5.2 - CORRENTES, REGIME DE ONDAS E DE MARÉS	5-3
5.3 - BATIMETRIA E CARTOGRAFIA.....	5-5
5.4 - PERFIS DE PRAIA E SEDIMENTOLOGIA.....	5-7
5.4.1 - NÍVEIS D'ÁGUA.....	5-7
5.4.2 - SEDIMENTOLOGIA.....	5-8
5.5 - ÁGUA DOCE, ÁGUA DO MAR E SALMOURA.....	5-12
6 - ESTUDO DE DEMANDA	6-2
6.1 - INTRODUÇÃO.....	6-2
6.2 - ENVASAMENTO COMO ÁGUA MINERAL.....	6-2

6.3 - AS DEMANDAS DO PORTO E DOS NAVIOS.....	6-4
6.4 - DEMANDAS DA VILA DO PECÉM E DA TAIBA.....	6-5
6.4.1 – PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO	6-5
6.4.2 - CONSUMO “PER CAPITA”	6-5
6.4.3 - DEMANDA DE ÁGUA	6-5
6.5 - CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS	6-6
7 - ABASTECIMENTO D’ÁGUA DO PECÉM.....	7-2
7.1 - INTRODUÇÃO.....	7-2
7.2 - MANANCIAL ATUAL.....	7-2
7.3 - CAPTAÇÃO	7-3
7.4 – ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA	7-3
7.5 – RELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA	7-4
7.6 - TRATAMENTO	7-4
7.7 – VOLUME PRODUZIDO E NÚMERO DE LIGAÇÕES.....	7-5
7.8 - CUSTOS OPERACIONAIS MENSAIS.....	7-5
7.9 - FATURAMENTO MENSAL E TARIFA MÉDIA.....	7-6
8 - PROJETO BÁSICO - TEXTO	8-2
8.1 - INTRODUÇÃO.....	8-2
8.2 - TAMANHO	8-4
8.3 - ESQUEMA GERAL DOS PROCESSOS.....	8-5
8.4 - RENDIMENTO DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO	8-7
8.5 - COMPOSIÇÃO DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO, DO PERMEADO E DO CONCENTRADO ..	8-8
8.6 - PROCESSOS DE PRODUÇÃO	8-10
8.6.1 - CAPTAÇÃO	8-10
8.6.1.1 - Poço de praia (beach well)	8-11
8.6.1.2 - Captação direta (open intake)	8-12
8.6.2 - CANAL DE APROXIMAÇÃO	8-12
8.6.3 - CAPTAÇÃO FLUTUANTE.....	8-12
8.6.4 - CAPTAÇÃO ANCORADA EM ESTRUTURA PRÉ-EXISTENTE	8-12
8.6.4.1 - Definição da captação da água do mar no Porto do Pecém	8-13
8.6.4.2 - Sistema de Bombeamento (Estação Elevatória).....	8-13
8.6.5 – ADUTORA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SALGADA	8-15
8.6.6 - RESERVAÇÃO DE ÁGUA SALGADA	8-17
8.6.7 - PRÉ-TRATAMENTO	8-17
8.6.7.1 - Pré-tratamento e Qualidade da Água do Mar	8-17
8.6.7.2 - Tipos de Pré-Tratamento	8-18
8.6.7.3 - Tratamento químico	8-19
8.6.7.4 - Filtro Multimeios	8-20
8.6.7.5 - Filtros de cartucho	8-23
8.6.8 - BOMBA DE ALTA PRESSÃO	8-23
8.6.9 - SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA.....	8-24
8.6.10 - SISTEMA DE MEMBRANAS.....	8-26
8.6.10.1 - Elementos de Membrana	8-27
8.6.10.2 - Vasos de alta pressão	8-27



8.6.11 - FLUSHING AUTOMÁTICO	8-28
8.6.12 - CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO	8-28
8.6.13 - PÓS-TRATAMENTO	8-29
8.6.14 - DISPOSIÇÃO DO CONCENTRADO	8-31
9 - ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA	9-2
9.1 - INTRODUÇÃO	9-2
9.2 – CUSTO DA PLANTA DE 20 L/S	9-2
9.2.1 – INVESTIMENTOS	9-2
9.2.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....	9-3
9.2.3 – CUSTO OPERACIONAL DE PRODUÇÃO	9-3
9.2.4 – CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO	9-4
9.3 – CUSTO DA PLANTA DE 10 L/S	9-5
9.3.1 – INVESTIMENTOS	9-5
9.3.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....	9-7
9.3.3 – CUSTO OPERACIONAL DE PRODUÇÃO	9-7
9.3.4 – CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO	9-8
9.4 – CUSTO DA PLANTA DE 5 L/S	9-9
9.4.1 – INVESTIMENTOS	9-9
9.4.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....	9-10
9.4.3 – CUSTO OPERACIONAL DE PRODUÇÃO	9-10
9.4.4 – CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO	9-11
9.5 – RESUMO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DA ÁGUA DESSALINIZADA	9-12
9.6 – LIMITAÇÃO DA PRODUÇÃO PELA DEMANDA.....	9-13
9.6.1 – PLANTA DE 20 L/S	9-13
9.6.2 – PLANTA DE 10 L/S	9-14
9.6.3 – PLANTA DE 5 L/S.....	9-15
9.7 – RESUMO DOS CUSTOS UNITÁRIOS COM RESTRIÇÃO DE DEMANDA.....	9-15
9.8 – EQUALIZAÇÃO DOS CUSTOS DA USINA COM A TARIFA DA CAGECE	9-16
9.9 – EQUALIZAÇÃO ENTRE O CUSTO DA CAGECE E O DA USINA.....	9-17
9.10 – CENÁRIOS PARA A TOMADA DE DECISÃO	9-18
9.10.1 – EQUALIZAÇÃO ENTRE CUSTOS DA USINA E TARIFA DA CAGECE, SEM RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO	9-18
9.10.2 – EQUALIZAÇÃO ENTRE CUSTOS DA USINA E OS CUSTOS DE OPERAÇÃO DA CAGECE, SEM RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO.....	9-18

ANEXOS

ANEXO I – PORTARIA Nº 518 – MINISTÉRIO DA SAÚDE

ANEXO II – RESOLUÇÃO Nº 357 - CONAMA

ANEXO III – RELATÓRIO SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PECÉM

ANEXO IV – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA COM VAZÃO DE 5 L/S

ANEXO V – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA COM VAZÃO DE 20, 40 E 60 L/S

ANEXO VI – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MEMBRANAS

ANEXO VII – MODELAGEM PROGRAMA EPANET

ANEXO VIII – ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS – MEMÓRIA DE CÁLCULOS



1 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

1 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área objeto do estudo, denominada de Complexo Industrial e Portuário do Pecém, encontra-se encravada, em sua maior parte no município de São Gonçalo do Amarante, englobando, ainda, pequena faixa do município de Caucaia, tendo como coordenadas:

- Longitude: 38°48' a 38°53'
- Latitude: 3°31' a 3°37'

Os principais acessos a partir de Fortaleza são os seguintes: BR-222 e CE-422 (Estrada do Porto), além da CE-085, conhecida como rodovia do Sol Poente ou Via Estruturante., em conjunto com a CE-421. O acesso ainda pode ser feito a partir da cidade de São Gonçalo do Amarante pela CE-085 (Via Estruturante), com derivação à esquerda para a CE-348. A Figura 1.1 apresenta o mapa com a localização e os acessos ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

1.2 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

A precipitação pluvial média é de 1.390 mm, com o trimestre mais chuvoso estendendo-se pelos meses de março, abril e maio, com e pluviosidade média de, respectivamente, 294mm, 341mm e 222mm. Os meses menos chuvosos são setembro, outubro e novembro.

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações ao longo do tempo, com pequenos gradientes térmicos. A temperatura média anual é de 26,6°C, a média das máximas alcança 29,9°C e a média das mínimas é de 23,5°C. As médias máximas e mínimas extremas ocorrem respectivamente nos meses de novembro e dezembro (30,7°C) e junho (22,1°C).

Figura 1.1 – Localização e Acesso



A umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 12%, com a máxima em abril, com 85%, e a mínima em outubro, com 73%. A umidade relativa do ar média anual é de 78%.

A insolação média alcança 2.694 horas por ano, sendo que 62% dos dias do ano contam com incidência solar direta. O trimestre março/abril/maio apresenta os menores valores devido ser o trimestre mais chuvoso, caracterizando um maior

albedo. O trimestre setembro/outubro/novembro apresenta os maiores valores médios devido ser o trimestre menos chuvoso.

A evaporação anual observada em tanque tipo classe “A” é de 1.468mm. O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o valor máximo em outubro com 174mm. O trimestre com menores índices de evaporação corresponde aos meses de março/abril/maio, com menor valor ocorrendo no mês de abril, alcançando 68mm.

O Quadro 1.1 apresenta a evapotranspiração potencial mensal obtida por Hargreaves para a estação de Fortaleza, publicada no trabalho “Potencial Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil”, pela Universidade do Estado de Utah. A evapotranspiração potencial anual totaliza 1.611mm, sendo o trimestre outubro/novembro/dezembro que apresenta os maiores valores mensais e o trimestre abril/maio/junho com os menores valores mensais.

Quadro 1.1 – Dados de Precipitação e de Evapotranspiração - Hargreaves

Fortaleza:	Lat 3°46'			Long.38°34'					Alt. 30 m				
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
Precip.Média	88	179	294	341	222	111	49	22	17	12	16	37	1.388
Precip.Dep.	22	75	160	204	120	52	7	1	3	2	1	5	652
Et. Pot.	146	125	128	116	117	111	124	139	145	159	150	151	1.611
Balanco(PD-ETP)	124	50	-32	-88	-3	59	117	138	142	157	149	146	959

A velocidade média dos ventos alcança 3,60m/s, atingindo os maiores valores no mês de setembro, com 4,9m/s, sendo o mês de abril com 2,3m/s, o mês de maior calmaria. A direção predominante dos ventos encontra-se no quadrante sudeste/leste.

1.3 - GEOLOGIA / GEOMORFOLOGIA

1.3.1 - GEOLOGIA

A área geológica de interesse do Complexo Industrial e Portuário do Pecém conforma-se pelas seguintes unidades cronoestratigráficas, denominadas de sedimentos quaternários e sedimentos terció-quaternários. Fora da área do empreendimento sobressaem-se as rochas do embasamento cristalino.

- Sedimentos Quaternários

Enquadrado cronologicamente dentro do período quaternário, são representados na área do empreendimento, por sedimentos inconsolidados de origem eólica, denominados de:

- Aluviões (Qa): representadas pelos depósitos fluviais nos baixos cursos dos rios Cauhipe e Gereraú e seus afluentes (riachos Conceição, Davi, do Sítio, Salgadinho, Barriga, Coité e dos Matões).
 - Dunas móveis ou recentes (Qd): ocorrem ao longo de todo o litoral, sendo interrompida pelas embocaduras dos rios Cauhipe e Juá e pelas áreas urbanizadas.
 - Dunas fixas ou paleodunas (Qpd): são sedimentos formados pela ação dos ventos alísios e fixados pela vegetação, repousando em discordância sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, estando distribuídos aleatoriamente por toda a faixa litorânea.
- Sedimentos Tércio-Quaternários:

Dentro do contexto local, o Grupo Barreiras (TQb) apresenta-se, sob forma de tabuleiros litorâneos, onde está inserida a área do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Este grupo é composto por sedimentos areno-argilosos, de coloração cinza clara, avermelhada e de granulação de média a grosseira e acamamento indistinto.

- Embasamento Cristalino:

As rochas do embasamento cristalino compreendem gnaisses variados, incluindo lentes de quartzitos e calcários cristalinos subordinados, além de migmatitos com estruturas diversas, desde as mais foliadas, própria dos gnaisses, até as mais homogêneas. Esta unidade cronoestratigráfica corresponde a uma superfície arrasada através dos processos de intemperismo.

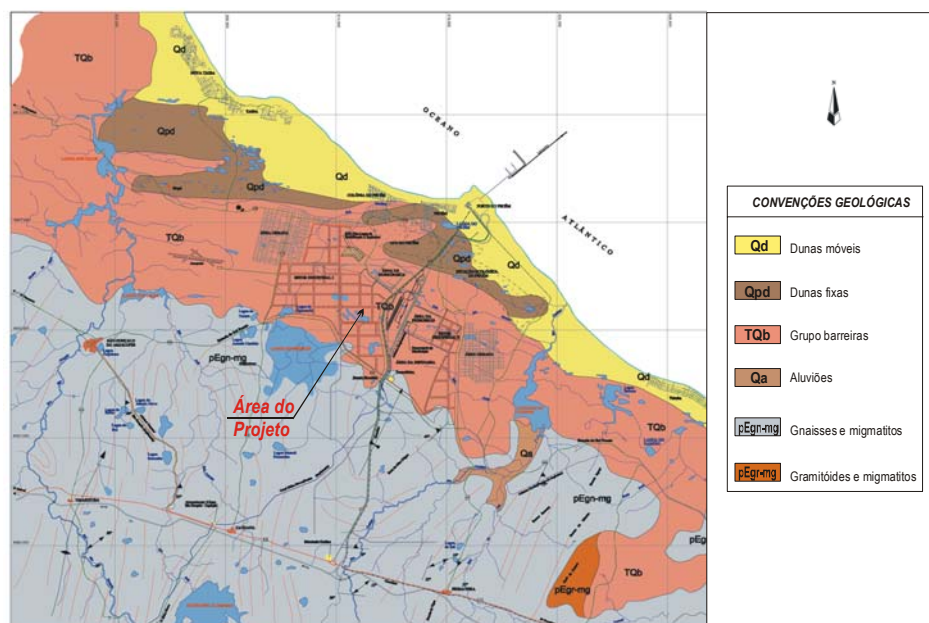
A coluna geológica da área de interesse dos estudos se encontra sistematizada na Figura 1.2.

1.3.2 - GEOMORFOLOGIA

O relevo da área compreendida pelo Complexo Industrial e Portuário do Pecém, comporta a influência de fatores litoestruturais, dos processos morfodinâmicos atuantes – marinhos, eólicos, pluviais e/ou combinados, além de heranças paleogeográficas.

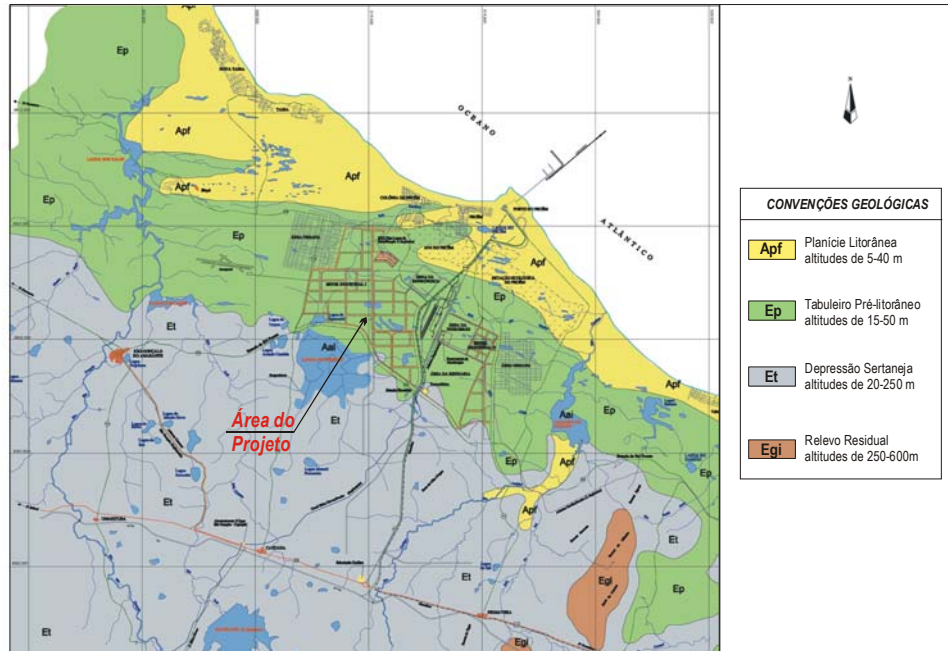
Especificamente, tratando-se da área de influência direta, sob o ponto de vista geomorfológico, apenas a planície litorânea e suas feições variadas, além dos tabuleiros pré-litorâneos tem maior importância. As demais unidades se articulam com as do ambiente da área para compor em quadro geomorfológico e de significado regional.

Figura 1.2 – Mapa Geológico



Nesse contexto, descrevem-se as feições geomorfológicas na área do empreendimento, apresentadas na Figura 1.3.

Figura 1.3 – Mapa Geomorfológico



- Planície Litorânea:

Esta unidade morfológica é sujeita a influência de processos variados, apresentando uma acentuada variação de feições morfológicas, a saber: faixa de praia, dunas móveis e fixas com altitudes variando entre 5m, nas áreas baixas, alagadas e/ou sujeitas a inundações periódicas e 60 m nas zonas com dominância das dunas fixas (paleodunas).

Na orla marítima onde localizou-se o Porto e as zonas urbanas existentes de Taíba, Nova Taíba e Colônia do Pecém, predominam áreas cuja topografia apresenta-se movimentada e representada entre as altitudes de 0 – 40 metros.

- Glacis Pré-Litorâneos:

Esta feição morfológica se desenvolveu nos sedimentos do Grupo Barreiras, formando uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa por trás dos depósitos eólicos antigos e atuais. Formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas variáveis.

- Depressão Sertaneja:

Esta feição morfológica corresponde a uma vasta superfície de erosão, truncando indistintamente variados tipos de rochas pré-cambrianas, através de processos de morfogênese mecânica de pediplanação, com níveis altimétricos em torno de 100m, em forma de rampas topográficas de declives suaves que se orientam para os fundos dos vales e em direção ao litoral.

1.4 - VEGETAÇÃO E SOLOS

1.4.1 - VEGETAÇÃO

A vegetação dominante na área dos estudos, é a Floresta de Tabuleiro, situada no Glacis Pré-Litorâneos e as Florestas Ribeirinhas e Lacustres que ocupam o baixo curso dos rios Cauhipe e Anil e os riachos da bacia do Gereraú. Nas áreas das planícies aluviais, predomina a vegetação de carnaúbas, de significado importante no extrativismo vegetal, por seu valor econômico.

As florestas dos manguezais, merecem destaque pela importância econômica face a presença de árvores ricas em tanino, muito usado para fins medicinais e alimentação de animais domésticos e, também, por se tratar de habitat altamente favorável à proliferação de crustáceos. Ao longo do médio curso dos rios acima citados, já fora da área do projeto, observa-se a presença de caatinga hipoxerófila que se prolonga até o sopé dos principais serrotes da região: Olho D'água, Câmara e Conceição.

A seguir é apresentado um breve descritivo do tipo de vegetação que predomina na área objeto dos estudos.

- Floresta de Tabuleiro

A Floresta de Tabuleiro da área do empreendimento caracteriza-se por uma vegetação densa, cujos indivíduos apresentam um porte médio de 6m, com sub-bosque e um estrato herbáceo periódico. Os caules são retilíneos de coloração clara e as folhas largas e em muitas espécies recompostas caem em mais de 50% no período do estio (julho a dezembro).

Os componentes de sua flora podem ser enumerados, entre outros, como: Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia avellanedae*), Caraíba (*Tabebuia caraíba*), Arapiroca (*Pithecellobium foliolosum*), Freijó (*Cordia trichotoma*), Angelim (*Andira retusa*), Cajueiro (*Anacardium occidentale*), etc.

Outro tipo de vegetação encontrada nos tabuleiros é uma associação de plantas de cerrado e plantas de caatinga. Os representantes principais de sua flora são: Lixeira ou Samambaia (*Curatella americana*), Paraíba (*Simarumba versicolor*), Barbatimão (*Styphnodendron coriaceum*), Cajuí (*Anacardium microcorpum*), Marfim (*Agonandra brasiliensis*), etc.

As áreas de ocorrência da Floresta de Tabuleiro vem sendo progressivamente ocupadas pelo processo de urbanização e atividades agrícolas, fazendo como que hoje ocorram reduzidos trechos remanescentes destas formações. Por outro lado, a retirada desta cobertura vegetal vem acarretando o rebaixamento do lençol freático, comprometendo os recursos hídricos existentes.

- Floresta Ribeirinha e Floresta Lacustre

Estas duas formações florestais se estabelecem ao longo das várzeas e dos baixos cursos dos rios Cauhipe e Anil e de alguns de seus afluentes, bem como de lagoas. A ocorrência de várzeas aluvionares largas propicia boas condições hídricas e solo fértil favorecendo o desenvolvimento desta vegetação arbórea-arbustiva de caráter caducifólio. A carnaúba, planta endêmica do nordeste brasileiro, destaca-se nesta floresta, associada a outras espécies como o mulungú, sabiá, jurema, etc.

Igualmente pela presença de um lençol d'água localizado na sub-superfície, as áreas em torno das lagoas e represas suportam uma vegetação florestal que, em contrapartida, favorece a lagoa contra o seu dessecamento.

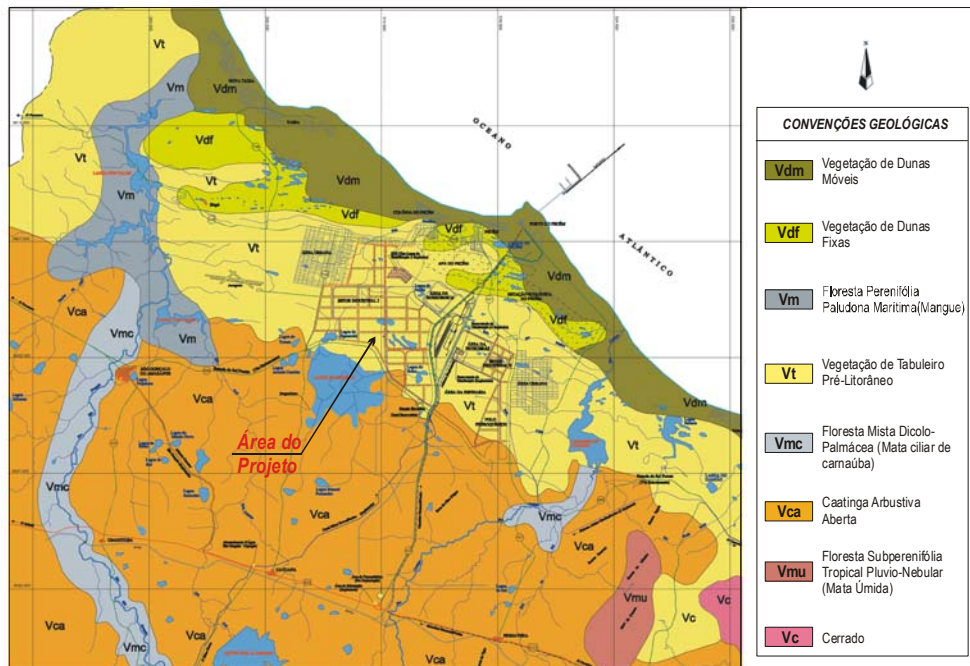
As formações vegetais citadas são mostradas através da Figura 1.4.

1.4.2 - SOLOS

Como pode ser visto através da Figura 1.5, a seguir, predominam na região os solos do tipo podzólico acinzentado distrófico na área do complexo e areias

quartzosas na faixa litorânea e proximidades. A seguir é apresentado um breve descritivo com as características dominante dos solos existentes na área de interesse dos estudos.

Figura 1.4 – Mapa de Vegetação



- Podzólico Acinzentado Distrófico

Compreende solos de coloração acinzentada, com presença de argila de atividade baixa, fortemente ácidos, fertilidade natural baixa e moderadamente drenados. Estes solos apresentam perfis profundos, bem diferenciados, textura média, tendo seqüência de horizontes A, Bt e C, com o A fraco e moderado.

São derivados de sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras (Terciário), ocorrendo nos Tabuleiros Litorâneos com relevo plano a suave ondulado. Como em quase toda faixa úmida litorânea, a área deste solo encontra-se sob o domínio dos tipos climáticos Aw' de Koeppen e 4bTh de Gaussen, com precipitações pluviométricas médias anuais da ordem de 900mm.

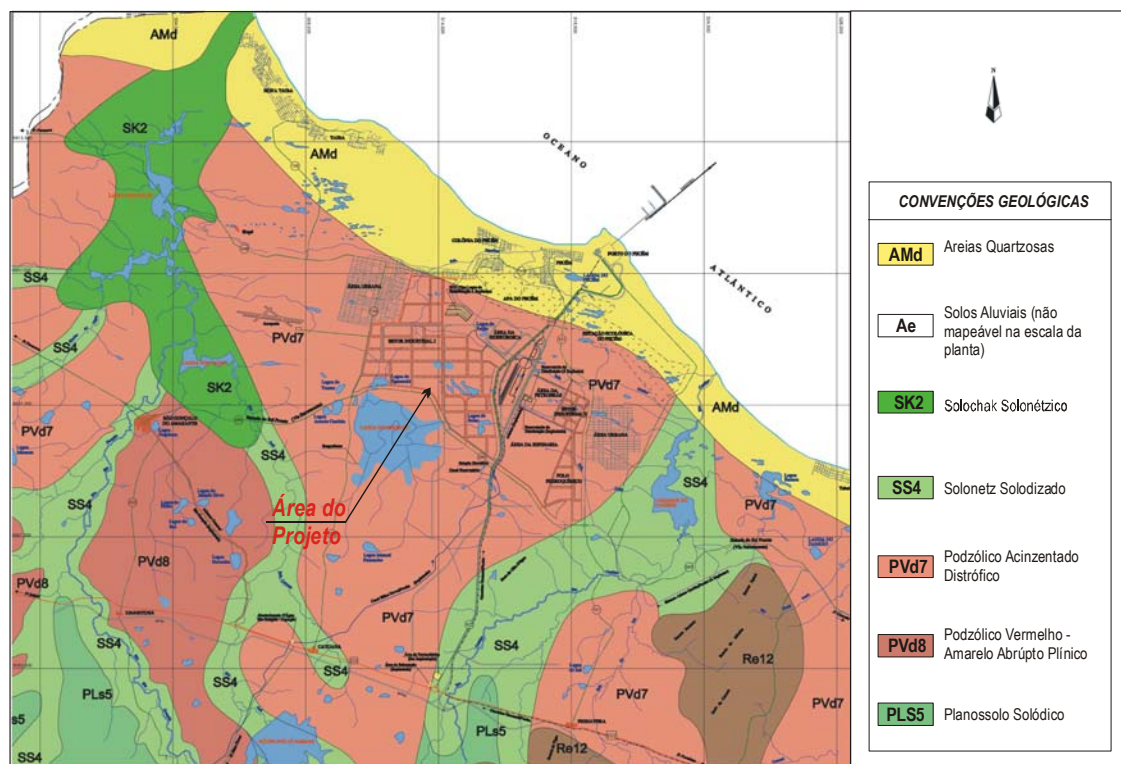
As principais limitações ao uso agrícola decorrem da baixa fertilidade natural e da acidez elevada, sendo necessário o uso de fertilizantes e corretivos para o seu

aproveitamento racional. No uso atual destes solos destaca-se a cultura de cajueiros. Em pequena proporção cultiva-se mandioca, milho e feijão.

- Areias Quartzosas (AMd)

As areias quartzosas têm origens continentais e marinhas. Trata-se da unidade taxonômica que agrupa solos profundos, textura arenosa e cores claras, predominantemente esbranquiçadas. Não há hidromorfismo e a excelente drenagem dos solos deriva da permeabilidade do perfil e da textura arenosa. Tem elevadas condições de acidez, baixa a muito baixa saturação de bases trocáveis e fertilidade natural muito baixa.

Figura 1.5 – Mapa Pedológico



Distinguem-se como tipos de solos apenas as areias quartzosas distróficas que bordejam as planícies lacustres e flúvio-lacustres e as areias quartzosas distróficas que se associam aos solos podzólicos vermelho amarelos dos tabuleiros pré-litorâneos oriundos dos depósitos da Formação Barreiras.

1.5 - HIDROGRAFIA

O sistema hidrográfico da área do projeto ora em análise encontra-se posicionado nos cursos baixos das bacias hidrográficas dos rios Cauhipe e Gereraú.

Nesse contexto, serão caracterizadas as macro-bacias hidrográficas dos rios Cauhipe, Gererau e São Gonçalo.

- Bacia do Cauhipe

Drenando uma área de 274km², a bacia do rio Cauhipe também apresenta forma retangular longilínea, com comprimento do talvegue de 35,0km, índice de compacidade igual a 1,43 e fator de forma igual a 0,22. Apresenta largura média variando de 8,0km no alto curso para 13,0km no médio e 6,0km no baixo curso, e declividade do rio principal ao longo do talvegue é igual a 2,29‰.

O padrão de drenagem desenvolvido pela rede hidrográfica é do tipo dendrítico, com os tributários se unindo ao rio principal em ângulos agudos de valores variados. Em algumas áreas, na região do baixo curso, a confluência ocorre em ângulos retos, devido a conformação estrutural. A área de domínio do embasamento cristalino mostra-se mais dissecada que a área de domínio sedimentar, apresentando um maior número de rios, demonstrando um controle da geologia sobre a drenagem.

Ao longo de toda a bacia surgem diversas lagoas intermitentes com destaque para as lagoas Nova, do Mato e das Pedras. Na região do baixo curso observa-se a formação de um extenso lagamar de caráter perene, denominado Lagamar do Cauhipe. A ocorrência de áreas sujeitas a inundações periódicas é pouco representativa, sendo constatada apenas na região do baixo curso do rio, na área de entorno do lagamar anteriormente mencionado.

O rio Cauhipe não possui afluentes de importância, destacando-se apenas os riachos Juá, Davi, Conceição, do Sítio e Salgadinho pela margem direita, enquanto que na margem esquerda aparecem os riachos da Barriga, Coité e dos Matões. Todos os afluentes apresentam caráter intermitente, permanecendo secos durante a

maior parte do ano, exceto próximo ao litoral onde o rio Cauhipe se torna perene e sofre a influência da maré.

A Bacia do rio Cauhipe apresenta um nível de açudagem pouco desenvolvido, sendo composta por pequenos e médios açudes, merecendo destaque apenas o açude Cauhipe (12,2hm³), recentemente construído, que integra o sistema de suprimento hídrico do Complexo Industrial/Portuário do Pecém. O volume d'água armazenado em açudes interanuais é da ordem de 6,2 milhões de m³ em anos normais de precipitação, caindo para 1,8 milhões de m³ em anos secos, não estando aí incluso os recursos hídricos represados no açude Cauhipe. Do volume d'água precipitado na bacia cerca de 52,9 milhões de m³ se transformam em escoamento superficial.

- Bacia do Gereraú

Drenando uma área de 20 km², o rio Gereraú apresenta forma longilínea, tendo uma configuração espacial que não favorece a ocorrência de picos de cheia. Em termos hidrológicos a Bacia do Gereraú é considerada pouco significativa

Apresenta fluviometria de caráter intermitente, exceto próximo ao litoral, onde torna-se perene. O desnível em relação ao mar é muito reduzido em seu baixo curso, permitindo inclusive a influência das marés. Conta na sua região de alto curso com inúmeras lagoas, com destaque para o Lagamar do Gereraú, enquanto que na região litorânea merece menção a Lagoa do Pecém.

1.6 - ASPECTOS AMBIENTAIS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO

Tanto no meio rural como no meio urbano da região do CIPP e adjacências, observa-se o uso inadequado e a falta de proteção dos recursos hídricos. A maioria dos cursos d'água apresentam trechos de suas matas ciliares degradadas, sendo comum o plantio de culturas de subsistência em suas calhas e a exploração intensiva dos terraços aluviais, resultando em assoreamento e poluição por agrotóxicos. Alguns sistemas lacustres já apresentam indícios de degradação ambiental associados tanto a fatores naturais como antrópicos, a saber:

Assoreamento dos mananciais d'água por dunas móveis, contribuindo para o comprometimento das suas capacidades de acumulação d'água, fato observado na lagoa do Pecém;

Construção de um barramento no Lagamar do Cauhipe, alterando o regime hídrico deste ecossistema lacustre, com uma parcela significativa da lagoa tendo deixado de sofrer a influência marinha;

Privatização das margens das lagoas pela implantação de chácaras, problema que pode ser verificado com maior intensidade no Lagamar do Cauhipe, onde se constata também a presença de um loteamento.

O abastecimento d'água público com recursos hídricos provenientes da bacia apresenta-se relativamente satisfatório na região em estudo, estando os usos da água voltados principalmente para o suprimento da população ribeirinha, dessedentação animal, irrigação e lazer. Na foz do rio Gereraú, na região da praia do Pecém, observa-se o desenvolvimento da atividade pesqueira e a presença de balneários, além das localidades de veraneio de Pecém e Colônia do Pecém.

Quanto aos fatores contribuintes para a degradação do ecossistema da bacia do Gereraú, o posicionamento dos núcleos urbanos de Pecém e Colônia do Pecém sobre terrenos com permeabilidade elevada reduz os riscos de aporte de efluentes sanitários a este curso d'água, muito embora contribua sobremaneira para a poluição do aquífero dunar. Ressalta-se, no entanto, que foram recentemente concluídas as obras de implantação o sistema de esgotamento sanitário da localidade Pecém.

Em termos de poluição industrial, a Bacia do Gereraú, juntamente com a do Cauhipe, abrigarão em seus territórios, num futuro próximo, o Complexo Industrial/Portuário do Pecém, onde está previsto a instalação dos pólos petroquímico e metal-mecânico, tendo como empresas âncoras a siderúrgica, a termelétrica e a refinaria de petróleo, todas com elevado potencial poluidor dos

recursos hídricos, mas com previsão de pré-tratamento de seus esgotos com lançamento final em emissário submarino à 4,5km da costa da vila do Pecém.

A exploração minerária é outro fator que contribui para a degradação dos recursos hídricos da região, causando preocupação o fato de 88,6% das lavras de areia grossa e 80,0% das lavras de argila, principais minérios explorados no território das bacias que compõem a região de influência do CIPP, operarem de forma clandestina, não sendo, portanto, submetidas a nenhum controle por parte dos órgãos competentes, o que implica em elevados riscos de degradação ambiental.

Com relação ao uso atual dos solos, nos tabuleiros arenosos do Grupo Barreiras, que ocorrem na zona pré-litorânea, o conjunto vegetacional apresenta-se diversificado, principalmente quando analisado do ponto de vista fitofisionômico. Ocupando a maior extensão deste ecossistema observa-se a vegetação de tabuleiros propriamente dita, ora constituída de arbustos pouco adensados, ora formada de agrupamentos arbustivos mais fechados, entremeados de espécies arbóreas, apresentando feições de mata baixa. Nas áreas mais interiores, já próximo ao sertão observa-se a ocorrência da caatinga, a qual se faz presente, também, nas áreas onde a vegetação de tabuleiro sofreu sucessivos desmatamentos, em substituição à mata original.

O antropismo apresenta-se intenso na região dos tabuleiros, sendo observadas extensas áreas ocupadas com cajueirais. Apresentando menor representatividade, aparecem plantios de capineiras, coqueirais, cana-de-açúcar e pequenos cultivos de subsistência (milho, feijão e mandioca).

Na baixada costeira, as planícies litorâneas apresentam ante-dunas com vegetação pioneira formando um tapete de gramíneas e ciperáceas, que se expandem atingindo, também, a vertente a barlavento das dunas primárias. Recobrando as dunas fixas e semi-fixas observa-se uma vegetação com variações fisionômicas, em decorrência do grau de edafização, do relevo e de outras implicações, principalmente a exposição aos ventos e a radiação solar. Assim sendo, a vegetação que se desenvolve a barlavento apresenta um porte

predominantemente arbustivo, enquanto que as encostas a sotavento são ocupadas por uma vegetação de porte arbóreo.

Nas baixadas úmidas existentes entre as dunas, onde se formam lagoas relativamente extensas, nota-se a presença de remanescentes de vegetação perenifólia, apesar da devastação imposta a estas áreas. Observa-se, ainda, a erradicação da cobertura vegetal de paleodunas para dar lugar a cultivos agrícolas de subsistência (milho, feijão e mandioca), bem como para exploração mineral (areia). Constata-se, também, a urbanização desordenada da linha da costa, com as localidades praianas apresentando esta área intensamente ocupada por casas de veraneio, tendo como conseqüência à interrupção do transporte de sedimentos e o desencadeamento de processos erosivos costeiros, como é o caso dos núcleos urbanos de Pecém e Taíba.

Nas regiões de médio/baixo curso da bacia do Cauhipe são observados nas várzeas do eixo principal, extensos carnaubais explorados economicamente pela população local. Essas áreas, por sofrerem constantes alagamentos durante o período chuvoso, apresentam restrições para a agricultura, aliado ainda, ao fato de comportarem solos com elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais. Apesar dessas restrições, verifica-se a exploração de pequenos cultivos de subsistência.

Nas baixadas litorâneas, atingidas pela influência das marés, verifica-se, a presença de vegetação de mangue associada ao Lagamar do Cauhipe e ao riacho Guaribas. A área de manguezal do riacho Guaribas exhibe alterações de profundidade variável em seu aspecto original, decorrentes, principalmente, de intervenções antrópicas provocadas pelo acelerado processo de urbanização do núcleo urbano do Pecém (desmatamentos, aterramentos, lançamentos de resíduos sólidos e líquidos, etc.), que conta com uma área de invasão por população de baixa renda posicionada vizinho a este estuário.



2 - ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA

2 - ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA

2.1 - TECNOLOGIAS E PROCESSOS DE DESSALINIZAÇÃO

Há cerca de um século, obtém-se água doce em navios, utilizando-se destilação da água do mar. Nos últimos sessenta anos, no entanto, as técnicas para obtenção em grande escala de água doce, a partir de águas salobras ou do mar, evoluíram o suficiente para viabilizar o funcionamento de numerosas usinas de dessalinização em todo o mundo.

Os processos para dessalinização vão desde a tradicional destilação (ebulição seguida de condensação) até os mais modernos métodos de eletrodialise e osmose reversa, passando por outros como o congelamento e a evaporação por diferencial de pressão.

A evolução técnica que se produziu na dessalinização de água do mar, nas últimas décadas, segue principalmente dois caminhos: a diminuição do consumo de energia e a diminuição nos custos de investimentos.

Até meados dos anos 80 do século passado, o cenário da dessalinização estava dominada pelos processos de destilação. Dentre esses processos de destilação há diversos sistemas baseados no mesmo princípio físico de separação dos sais dissolvidos na água mediante a evaporação e posterior condensação do vapor. A forma de recuperar o calor de condensação do vapor é o que diferencia os sistemas entre si, dando origem aos sistemas MSF – Evaporação Multi-etapa (Multi-stage Flush), MED – Evaporação Multi-efeito (Multi-effect Destillation), CV – Compressão de Vapor, como as mais importantes.

Sendo a energia o insumo principal de uma dessalinizadora/destiladora, é lógico que as diversas crises do petróleo tenham repercutido de forma notável nas tecnologias empregadas. A combinação ótima do binômio investimento mais custo operacional para obtenção do custo mínimo há que ser apurada em cada caso, em função dos preços dos materiais mais usados na construção das usinas, principalmente o cobre e o níquel, no caso dos processos de destilação.

Até o ano de 1973, com o petróleo com preços baixos, a concepção compunha instalações mais baratas e de maior consumo energético. Eram instalações de baixo rendimento devido à menor superfície de transferência de vapor dos evaporadores, com menores gastos de cobre e níquel, materiais com os quais são construídas as hastes tubulares sobre as quais se condensa o vapor que dá origem à água dessalinizada.

A expressiva elevação dos preços do petróleo, em 1973, marca o início de uma evolução tecnológica nos processos de destilação. O desenho dos evaporadores de maior rendimento traz modificações técnicas que permitem elevar a temperatura de operação ao mesmo tempo em que se aumenta a superfície de transferência, resultado em evaporadores mais caros e de menor consumo energético.

2.1.1 - - PROCESSOS DE DESTILAÇÃO

2.1.1.1 - Destilação de Múltiplo Efeito (Multi-effect Distillation - MED)

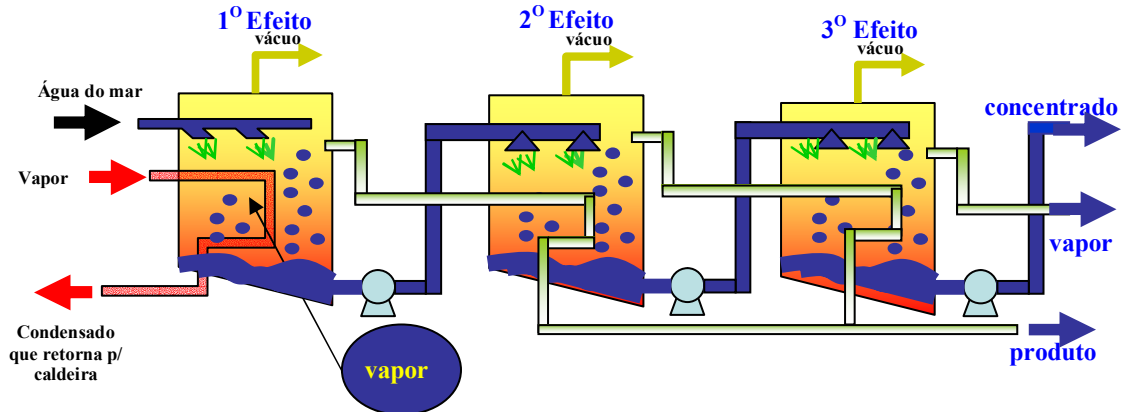
Consiste em evaporar a água do mar em várias fases, de forma sucessiva. Na primeira etapa, emprega-se apenas energia externa. Nas fases seguintes, aproveita-se, como fonte complementar de energia, o calor da condensação do vapor.

Este processo foi e ainda é usado em locais remotos, para atendimento de pequenas demandas. É um processo confiável, de fácil operação e oferece água de boa qualidade.

2.1.1.2 - Destilação Multi-fase (Multi-stage Flash – MSF)

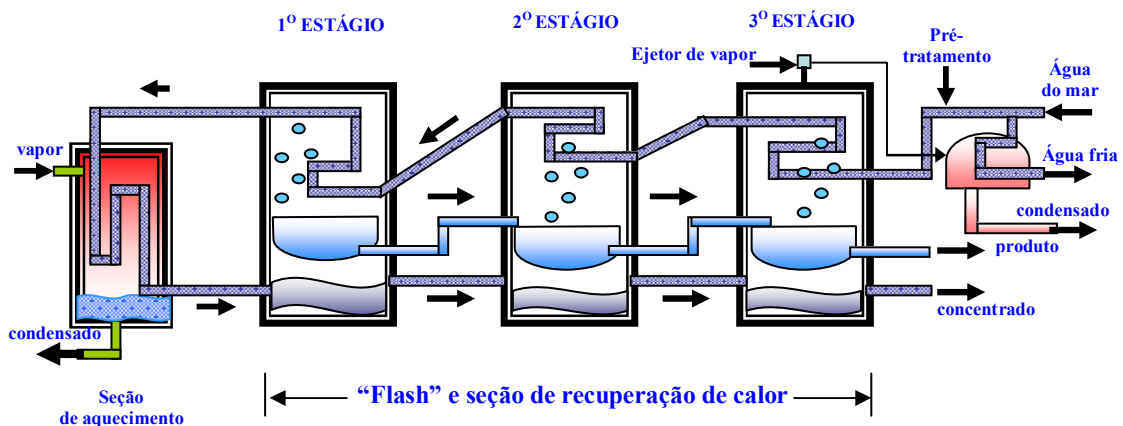
O processo pressupõe uma série de evaporadores, funcionando com pressões distintas. O vapor que se forma sobe ao condensador e se esfria sobre uma série de tubos pelos quais circula a salmoura, que passa a outra câmara de forma sucessiva até o final do processo. A salmoura final – rejeito – é devolvida ao mar.

Figura 2.1 – Representação Esquemática do Processo de Destilação de múltiplo efeito



Onde: $T1 > T2 > T3$
 $P1 > P2 > P3$

Figura 2.2 – Representação Esquemática da Destilação Multi-fase

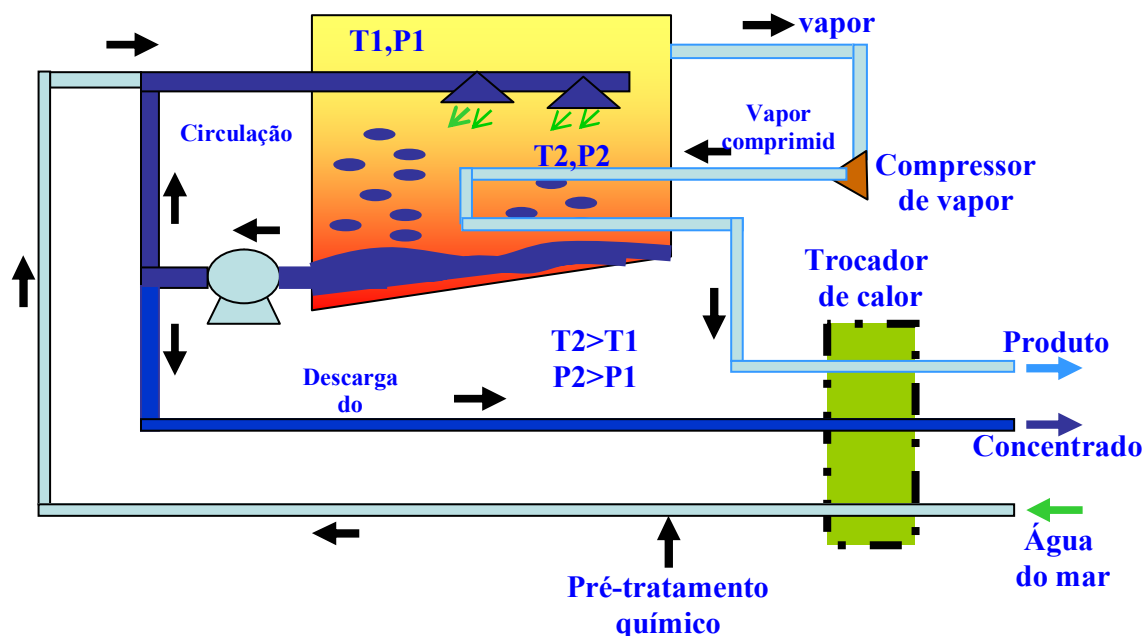


Uma variante do processo de multi-fase utiliza a compressão do vapor para aumentar a temperatura a que se submete a água para que evapore, conferindo-se maior eficiência ao sistema.

O processo de destilação multi-fase foi e ainda é bastante utilizado nos países do Golfo Pérsico, em especial na Arábia Saudita, pela abundância de petróleo e de gás, fonte de energia para o acionamento das usinas. (1)

¹ Semiat, Raphael. Desalination: Present and Future, Water Research Institute, Techion City, Israel.

Figura 2.3 – Representação Esquemática do Processo Multi-fase com Compressão do Vapor



2.1.2 -- PROCESSOS DE FILTRAÇÃO

Desde a primeira crise do petróleo, em 1973, as sucessivas crises repercutiram de forma notável na tecnologia e no desenvolvimento da dessalinização. Houve significativas melhoras nos processos tecnológicos de filtração com membranas.

Em 1979, acontece nova crise do petróleo e a indústria da dessalinização orienta-se na busca da diminuição do consumo específico de energia. Como não foram possíveis avanços significativos nos processos de evaporação, começou a mudança para os processos de osmose reversa e de eletrodialise.

A aplicação de membranas semipermeáveis para separar os sais dissolvidos na água já vinha ocorrendo há vários anos, mas apenas para tratamento de águas salobras, com concentrações de 6 a 7 gramas de sal por litro (7.000 ppm). A água do mar (35.000 ppm ou mais) representava dificuldades que requeriam inversões significativas para o desenvolvimento de membranas com capacidade de retenção de sais superior a 99% e robustez mecânica suficiente para resistir a 70 kg de força, necessária para vencer a pressão osmótica, com produtividade adequada. A nova

crise de 1980 e outras posteriores ajudaram o desenvolvimento da indústria de membranas, estendendo seu emprego de forma massiva.

2.1.2.1 - Eletrodialise Reversível

A eletrodialise utiliza membranas semipermeáveis e seletivas. Na eletrodialise, cria-se um campo elétrico ao qual se submete a água salgada, provocando a migração dos cátions e dos ânions para os respectivos eletrodos. No percurso, ao encontrar as membranas seletivas, os íons passam ou são retidos, deixando zonas intermediárias e alternativas entre as membranas, obtendo-se a água doce.

A eletrodialise compete com a osmose reversa na dessalinização de águas salobras, sobretudo se estas contêm elevado índice de sílica, que impeça a obtenção de rendimentos adequados com a osmose reversa. Entretanto, a eletrodialise, no atual estado de arte da tecnologia, não pode ser utilizada para a dessalinização da água do mar.

Constitui processo de ionização da água que é muito eficaz para a dessalinização de águas salobras, pois a água resultante do processo é misturada com a água de origem (bruta) para aumentar o rendimento da operação. A desvantagem da eletrólise é que é mais cara que os demais processos disponíveis para a dessalinização.

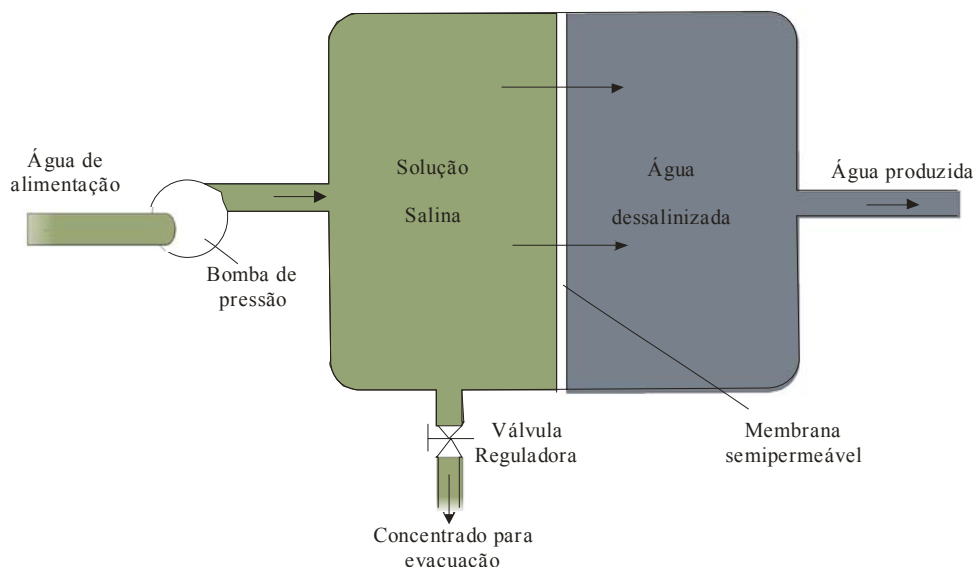
2.1.2.2 - Osmose Reversa

A Osmose Reversa é um processo que utiliza pressões elevadas e está baseado, como o próprio nome indica, no fenômeno da osmose, que consiste no intercâmbio de água através de membranas semipermeáveis, a partir de um meio de menor concentração salina para outro de maior concentração.

A separação da água e dos sais é realizada através de membranas semipermeáveis, que permitem a passagem da água, mas invertendo o processo de osmose natural, isto é, pela aplicação de uma pressão superior à pressão osmótica. A pressão aplicada comprime a água com sais contra a membrana semipermeável,

ensejando a passagem da água para o outro lado da membrana, ficando os sais retidos.

Figura 2.4 – Representação Esquemática da Osmose Reversa



A Espanha, por exemplo, foi pioneira apostando, desde o início, na mudança para a osmose reversa, instalando a primeira usina deste tipo em 1982. A partir desta data, todas as plantas espanholas de dessalinização usam a tecnologia de osmose reversa. O consumo específico de energia tem experimentado uma diminuição significativa, passando de 20 kwh para menos de 4 kwh por m³ de água dessalinizada.

O uso da osmose reversa, com a conseqüente baixa dos custos dos investimentos e de operação produz dois efeitos: substituição das antigas usinas de evaporação por obsolescência técnica e o crescimento do uso da água dessalinizada.

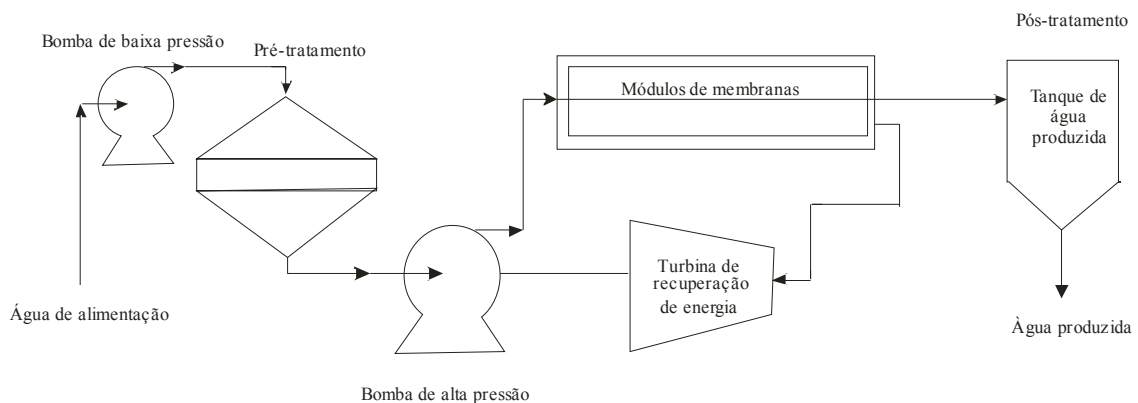
Na atualidade, a capacidade total instalada de dessalinização de águas marinhas e salobras, em todo o mundo, alcança a cifra de 32 milhões de m³ por dia. A distribuição geográfica da capacidade instalada é a seguinte: Oriente Médio, 60%; Estados Unidos da América, 16%; Países Árabes Mediterrâneos, 6%; Espanha, 5%; Itália, 2%; outros países da união Européia, 3%; resto do mundo, 8%.

Na atualidade, para instalação de novas usinas, só cabe falar de osmose reversa, por apresentar custos de instalação e de operação mais baixos. No processo de osmose reversa há quatro fases bem definidas:

- Captação da água do mar
- Pré-tratamento;
- Sistema de Osmose Reversa;
- Recuperação de energia;
- Pós-tratamento.

A salinidade média da água do mar varia de 35.000 a 38.000 ppm, ou seja, em 1 litro há 35 gramas de substâncias sólidas dissolvidas. O cloreto de sódio, sal comum ou sal de cozinha, representa quase 85% de todos os sais existentes na água do mar.

Figura 2.5 – Representação Esquemática de uma Usina de Dessalinização com Osmose Reversa e Recuperação de Energia



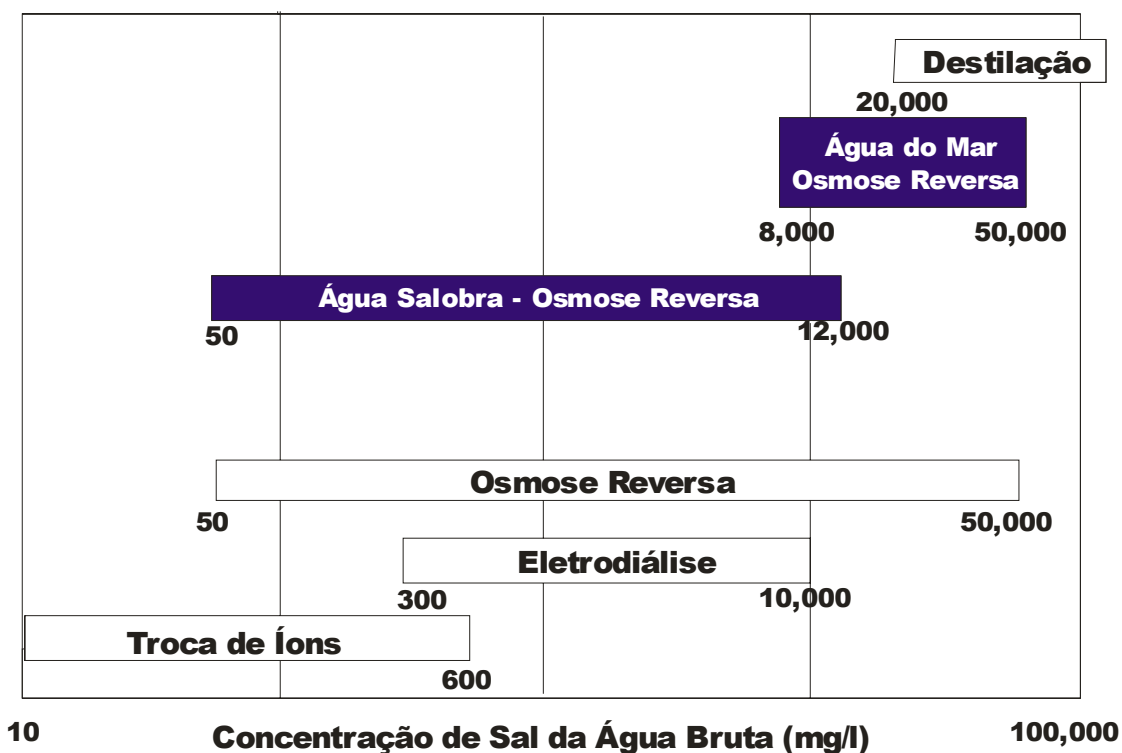
A dessalinização de águas salobras e do mar tem sido usada de forma regular, nos últimos 60 anos, sendo um meio bem aceito de provisão de água em muitos países. Agora, dado o avanço tecnológico alcançado, já é possível, técnica e economicamente, produzir grandes quantidades de água de excelente qualidade, por meio de processos de dessalinização.

Duas linhas principais sobreviveram à crucial evolução da tecnologia de dessalinização: a destilação e as técnicas de membrana. Os custos dos processos

têm caído, de forma sistemática, nos últimos anos, tendo atingido 50 a 80 cents de dólar americano por metro cúbico de água do mar dessalinizada, com tendência contínua de queda. A dessalinização de água salobra é ainda de menor custo, que varia de 20 a 35 cents/m³. As técnicas de membrana têm sido amplamente utilizadas no tratamento d'água, em vários países, que estão considerando a dessalinização como importante fonte para provisão de água.

Os países do Golfo Pérsico, em especial a Arábia Saudita, ainda utilizam de forma preponderante o processo de destilação para dessalinização da água do mar, pois dispõem de petróleo e de gás em abundância. No entanto, a tendência mundial é a utilização das tecnologias de membranas.

Figura 2.6 – Processos de Dessalinização e Concentração de Sais



2.2 - TÉCNICAS DE MEMBRANAS

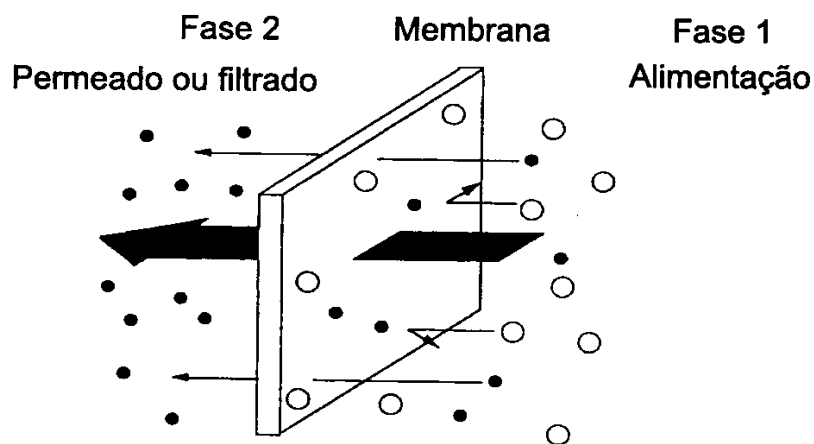
2.2.1 - EVOLUÇÃO E APLICAÇÃO DAS MEMBRANAS

Pode-se definir uma membrana como um fino filme poroso, que separa duas soluções, atuando como barreira seletiva para a passagem de componentes das soluções, quando algum fator externo atua sobre o sistema. (Figura 2.7). Os fatores

externos que provocam a filtração através de membranas são, principalmente, a pressão, a sucção (pressão negativa) ou a diferença de potencial elétrico.

A seletividade das membranas varia em função da dimensão dos poros ou decorre da alteração das propriedades físico-químicas dos polímeros que a compõem.

Figura 2.7 – Representação Esquemática de Filtração com Membrana



O Quadro 2.1, a seguir apresentado, traz uma classificação de membranas, em função da dimensão dos poros e da destinação de uso. As membranas utilizadas na microfiltração (MF) têm porosidade nominal entre 0,1 e 0,2 μm . As membranas usadas na ultrafiltração (UF) apresentam poros entre 1.000 a 100.000 D⁽²⁾. Esses dois processos, microfiltração e ultrafiltração, são usados para separação de partículas. As membranas de separação molecular são as membranas de nanofiltração (NF), com porosidade nominal entre 200 D e 1.000 D. Nos processos de osmose reversa (OR), são usadas membranas com porosidade menor que 200 D.

² Dalton é medida dimensional equivalente a uma molécula de H⁺.

Quadro 2.1 - Membranas Utilizadas em Processos de Filtração/Osmose Reversa

Membrana	Porosidade (*)	Material Retido
Microfiltração	0,1µm-0,2µm	Protozoários, bactérias, vírus (maioria), partículas.
Ultrafiltração	1.000-100.000 D	Material removido da MF + colóides + totalidade de vírus
Nanofiltração	200-1.000 D	Íons divalentes e trivalentes, moléculas orgânicas com tamanho maior do que a porosidade média da membrana.
Osmose Reversa	<200 D	Íons, praticamente toda a matéria orgânica.

Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001.

Nota: (*) D = Dalton, medida dimensional equivalente à molécula de H⁺

Existem, no mercado, membranas compostas por polímeros orgânicos e membranas fabricadas a partir de compostos inorgânicos, como cerâmicas de óxidos de zircônio, alumínio ou titânio, aço inoxidável. As membranas inorgânicas são bem mais caras e seu uso ainda é restrito a situações especiais. Nos processos de tratamento d'água, são usadas as membranas fabricadas a partir de polímeros orgânicos, tais como, acetato de celulose, polisulfona, aramida, poliacrilonitrila, polipropileno.

As membranas orgânicas de primeira geração tinham poros regulares e cilíndricos, que perpassavam toda a sua estrutura. Além disso, essas membranas apresentavam estrutura simétrica. Com pequena porosidade efetiva, as membranas orgânicas apresentavam baixa produtividade de filtração.

A segunda geração de membranas é caracterizada pela assimetria e pelo controle de polimerização que induz a um gradiente interno de porosidade. São membranas anisotrópicas, na forma de uma fina película filtrante, montada sobre estruturas mais resistentes e também mais porosas. Este conjunto (membranas mais finas + estrutura de suporte) confere a um só tempo maior produtividade e estabilidade mecânica ao sistema.

As membranas compostas constituem a terceira geração desse processo de desenvolvimento tecnológico. A membrana filtrante, muito fina e assimétrica, é fixada sobre estrutura também filtrante e assimétrica. As membranas e o suporte são fabricados a partir de polímeros diferentes. Essas membranas são especialmente

usadas na nanofiltração e na osmose reversa e são responsáveis pela significativa redução no custo operacional desses sistemas.

As membranas, hoje produzidas para o mercado, são de dois tipos básicos: planas e cilíndricas. As cilíndricas podem ser tubulares e de fibra oca.

As membranas disponíveis no mercado são fabricadas, principalmente, a partir dos seguintes polímeros orgânicos: acetato de celulose; polisulfona; polietersulfona; polyvinilpirolidona; polipropileno; poliacrilonitrila; poliamida; poliacrilamida; polivinilidenefluoride.

2.2.2 - - MÓDULOS DE MEMBRANAS

O módulo é um conjunto de elementos que conformam a estrutura básica de um sistema de membranas. O módulo é composto pelas próprias membranas, por suportes que estruturam as membranas face aos fatores aplicados ao sistema (pressão, pressão negativa, corrente elétrica) e tubos de alimentação de água bruta e de retirada do permeado e do concentrado.

Os principais módulos disponíveis no mercado são dos seguintes tipos: módulos com placas, módulos tubulares, módulos espirais, módulos com fibras ocas e módulos com discos rotatórios.

2.2.2.1 - Módulos com Placas

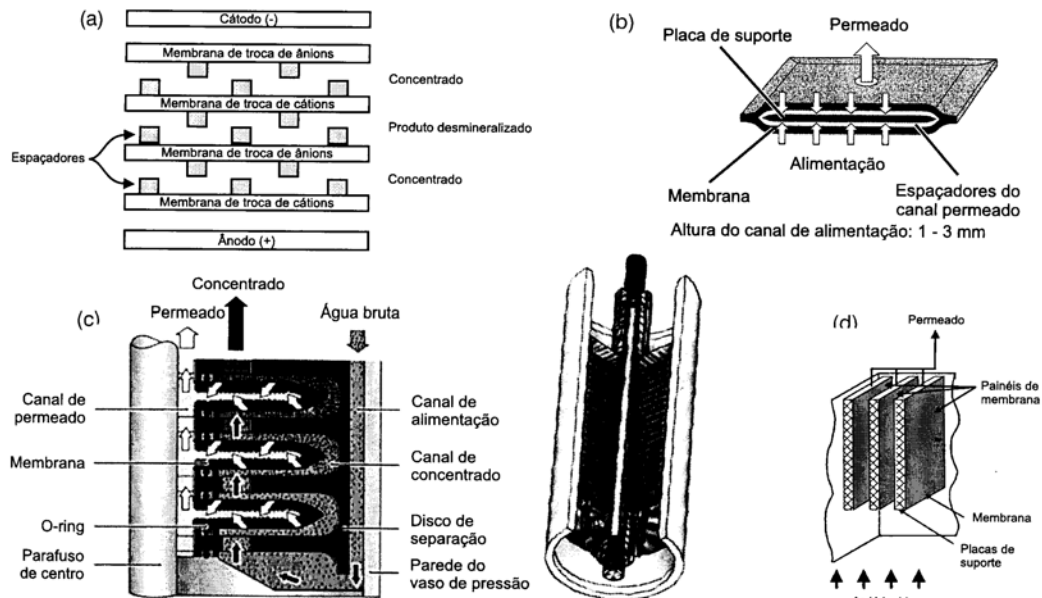
O módulo com placas de membrana é de concepção muito simples. Camadas alternadas de membranas planas e placas de suporte são empilhadas na vertical ou na horizontal. Esses sistemas são usados principalmente nos processos de eletrodialise, embora sejam também utilizados para tratamento de água por ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa. (Figura 2.8).

2.2.2.2 - Módulos Tubulares

Os módulos tubulares consistem em cilindros com membranas no seu interior. (Figura 2.9). Os módulos podem ser formados por tubos individuais ou por conjuntos

de tubos acondicionados no interior de cilindros de suporte. De modo geral, as membranas inorgânicas são acondicionadas em módulos tubulares.

Figura 2.8 – Módulos de Placas



(a) Unidades de eletrodialise; (b) módulos de ultrafiltração; (c) módulos de nanofiltração ou osmose reversa; (d) reatores de membranas para reatores de esgotos.

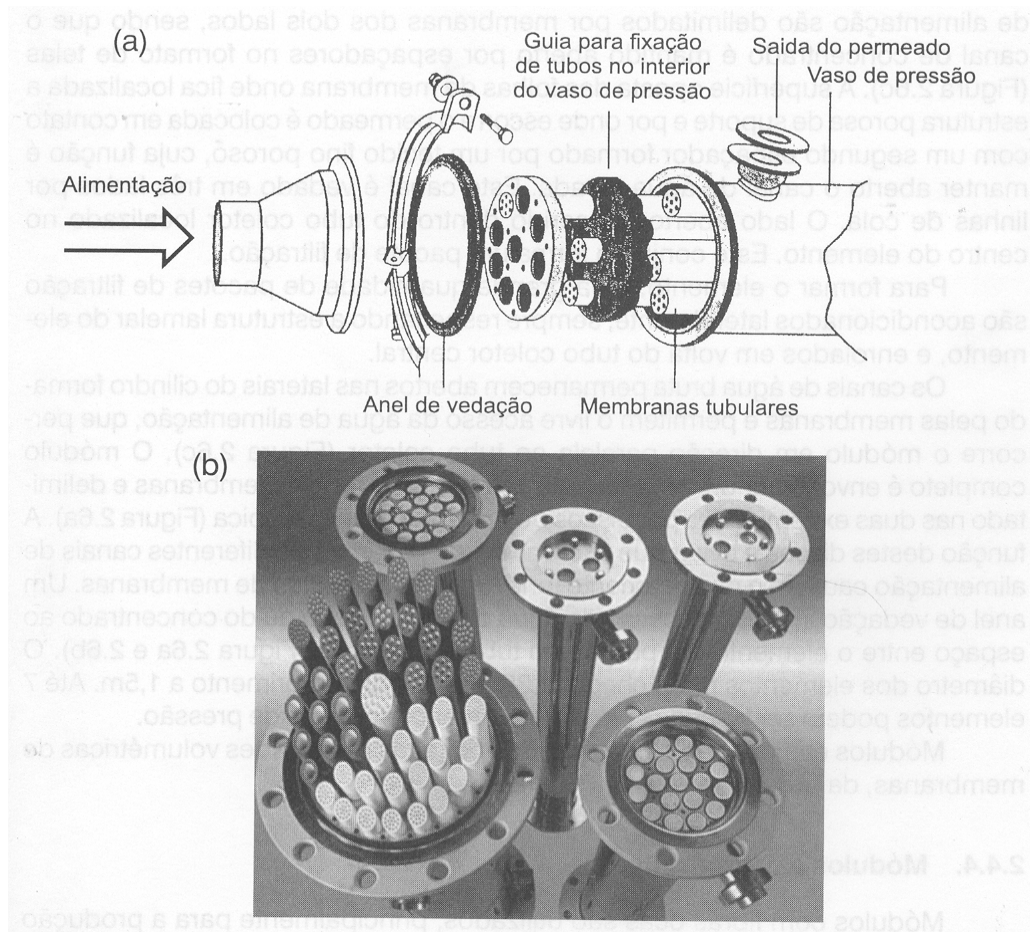
Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001.

2.2.2.3 - Módulos em Espiral

O módulo em espiral exige pressões médias e altas, tais como os processos de nanofiltração e de osmose reversa. (Figura 2.10a). O módulo é composto por um conjunto de membranas e espaçadores enrolados em forma de espiral em volta de um tubo para coleta do permeado. (Figura 2.10b). Os canais de alimentação da água bruta são delimitados completamente por membranas, enquanto o canal do concentrado é mantido aberto por espaçadores com formato de telas (Figura 2.10c).

A água de alimentação penetra no cilindro por suas laterais e circula em paralelo ao eixo do tubo coletor. O módulo é envolvido por uma manta estruturadora para manter a estabilidade das membranas. Nas duas extremidades do módulo há discos de proteção com a função de manter as membranas em espiral, contra o processo de desenrolamento, provocado pelo diferencial de pressões nos canais de alimentação.

Figura 2.9 – Módulos Tubulares



(a) mecanismos de inserção de membranas tubulares em vasos de pressão; (b) diversos tipos de módulos tubulares.

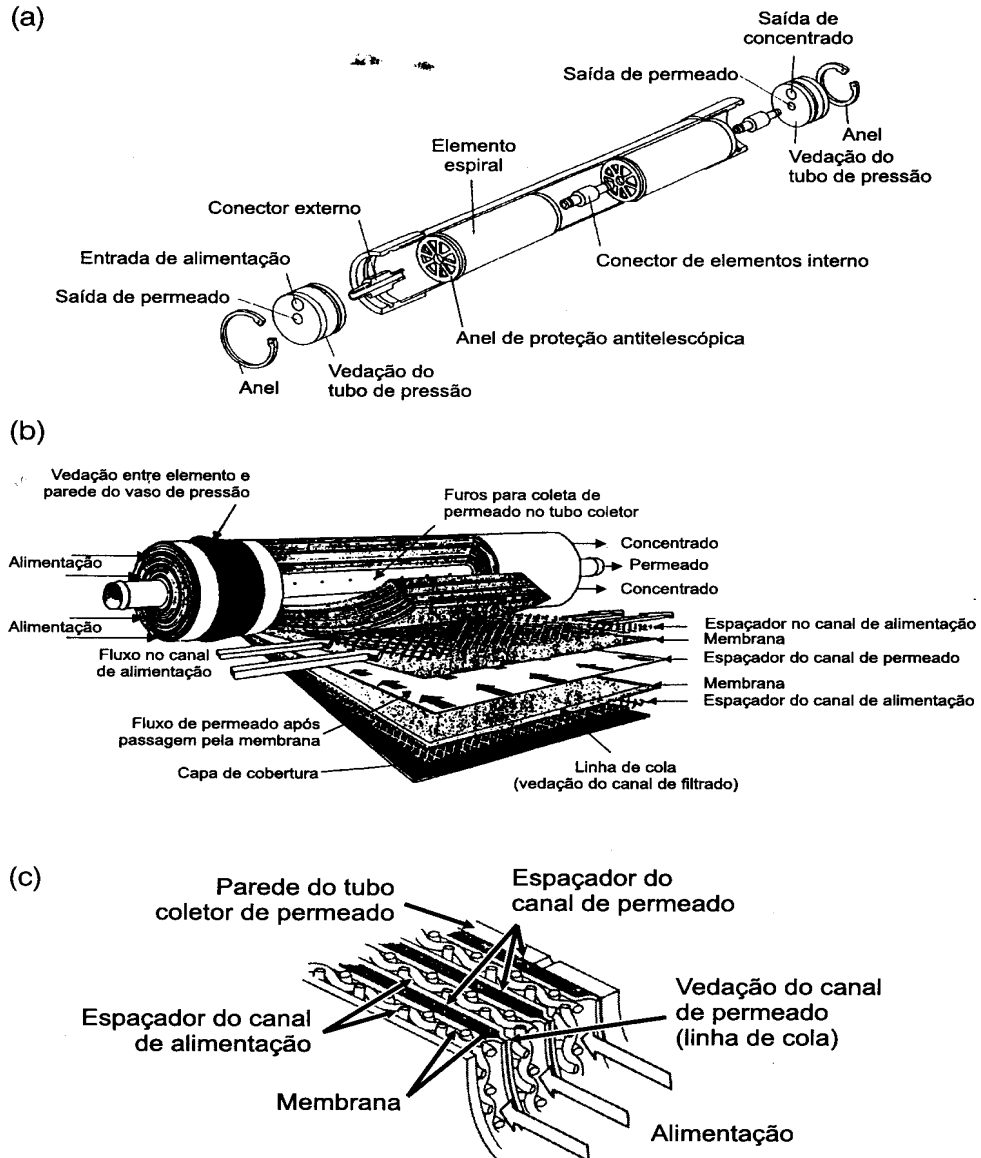
Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001.

2.2.2.4 - Módulos com Fibras Ocas

A principal utilização dos módulos com fibras ocas é a produção de água, em grande escala, por microfiltração, ultrafiltração ou osmose reversa. (Figura 2.11)

Nesses sistemas, as fibras são fixadas nas duas extremidades de um tubo, por meio de uma resina que também serve para a vedação e separação dos compartimentos de água de alimentação e permeado.

Figura 2.10 - Módulo Espiral

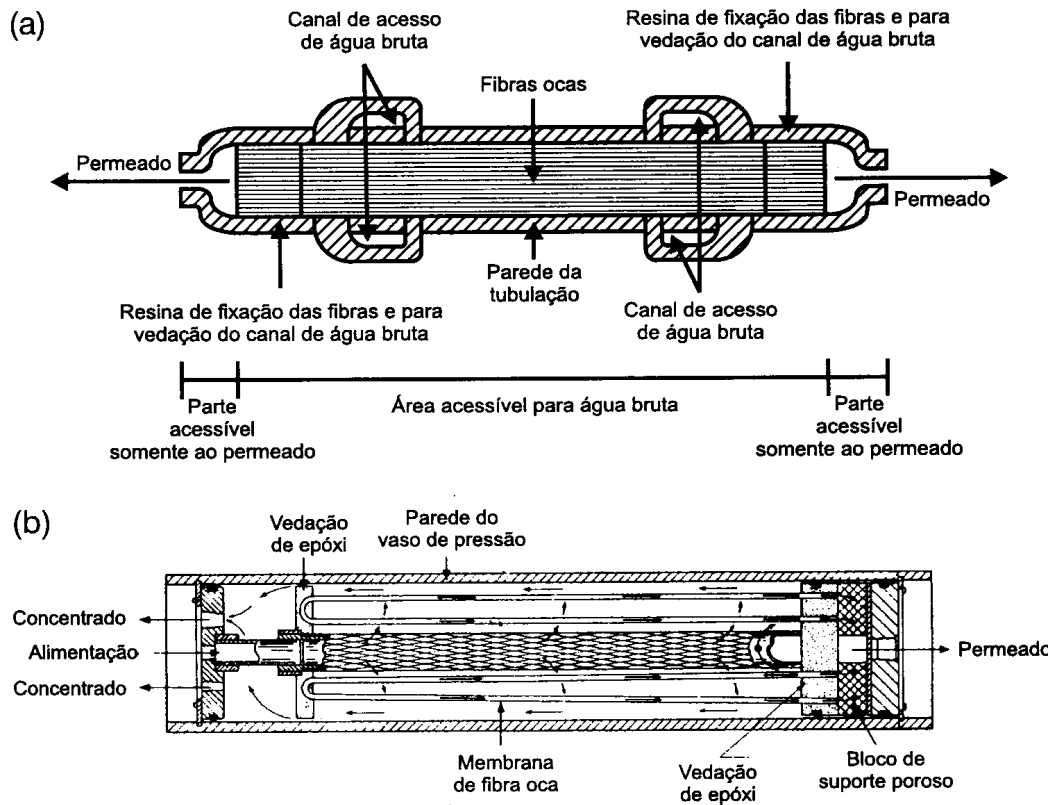


(a) seção transversal; (b) elemento de membranas; (c) disposição de canais de alimentação e filtrado.

Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001.

A água bruta é bombeada para o interior do tubo e o permeado coletado na extremidade após percolação pelo interior das fibras.

Figura 2.11 – Módulo de Fibra Oca



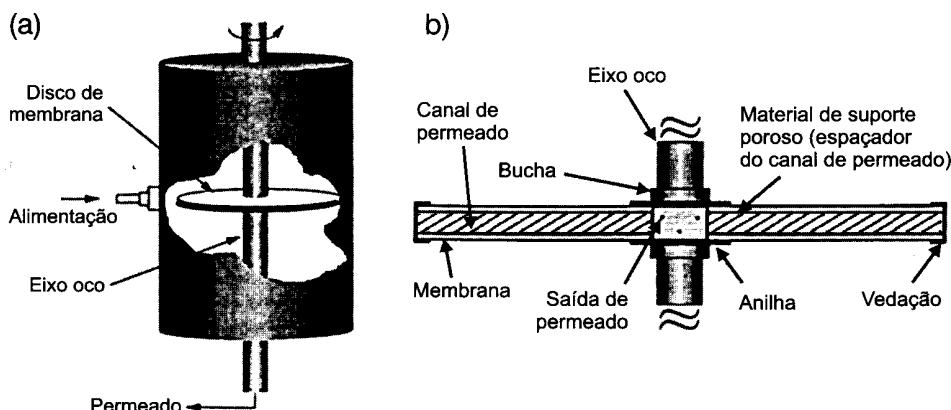
(a) módulo para microfiltração; (b) módulo para osmose reversa.

Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001.

2.2.2.5 - Módulos com Discos Rotatórios

Os módulos com discos rotatórios são sistemas lançados mais recentemente no mercado e são usados para processos de escalas pequenas. (Figura 2.12). As membranas são fixadas em placas circulares montadas sobre um eixo perpendicular que tem movimento, que ajuda a remover os materiais depositados na superfície das membranas. Esses sistemas têm alto consumo de energia e trabalham em pequenas escalas.

Figura 2.12 – Módulo com Discos Rotatórios



(a) Módulo completo; (b) montagem do disco de membrana.

Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001.

2.2.2.6 - Comparação entre Módulos

Dentre todos os diferentes tipos de módulos, os espirais e de fibras ocas apresentam maior densidade de membranas. Os módulos tubulares, os módulos de placas submersas operadas por sucção e módulos de fibras ocas submersos e operados por sucção conseguem maior eficiência na remoção dos materiais retidos na superfície das membranas.

Do ponto de vista econômico, os módulos de fibras ocas e em espiral apresentam melhor relação benefício/custo.

Quadro 2.2 - Comparação entre os diferentes tipos de módulos.

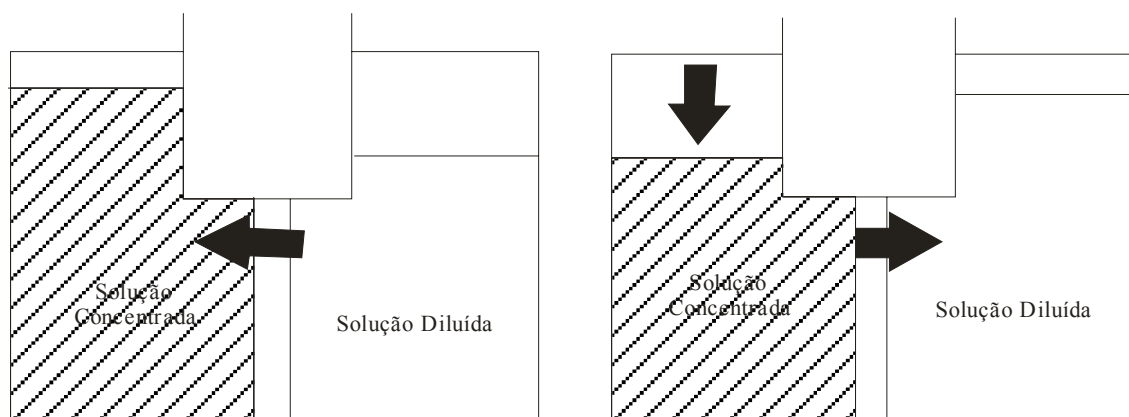
Módulo	Critério				
	Densidade de Membranas	Limpeza <i>in situ</i>	Custo	Pré-tratamento da água bruta	Perda de carga no módulo
Disco	Baixa	Sim	Alto	Desnecessário	Baixa
Tubular	Baixa	Sim	Alto	Médio	Baixa
Placas: pressão	Baixa-média	Não	Alto	Médio	Média
Placas: sucção	Baixa-média	Sim	Baixo	Desnecessário	Baixa
Espiral	Média	Não	Baixo	Significativo	Alta
Fibra oca MF/UF: pressão	Média	Não	Baixo	Desnecessário	Média
Fibra oca MF/UF: sucção	Média	Sim	Baixo	Desnecessário	Baixa
Fibra oca: RO	Alta	Não	Baixo	Significativo	Baixa

Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001.

2.3 - O PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA

Na atualidade, a osmose reversa é o processo mais usado para dessalinizar águas marinhas ou salobras. As pressões aplicadas aos módulos devem ser superiores à pressão osmótica da solução para separar os sais da água (Figura 2.13), bem como devem superar a resistência da própria membrana.

Figura 2.13 – Representação Simplificada do Processo de Osmose Reversa



Osmose

A água passa através de membrana semipermeável para a região de maior concentração em busca do equilíbrio. A diferença na altura das colunas é a pressão osmótica.

Osmose Reversa

A pressão aplicada maior que a pressão osmótica reverte a direção do fluxo. Daí o termo “osmose reversa”.

No caso das águas marinhas, os intervalos de pressão de operação das membranas, em processos de osmose reversa, estão alinhados no Quadro 3.1, a seguir apresentado.

Quadro 2.3 - Intervalos de Pressão de Operação de Sistemas de Osmose Reversa para Águas Marinhas

Tipo de água	Faixa de salinidade (mg/ℓ SDT)	Rendimento (%)	Pressão de operação (bar)
Do Mar	35.000 (oceanos)	30 a 45	50 a 70
	37.500 (Mediterrâneo)		
	42.000 (Mar Vermelho)	50 a 60	90
	45.000 (Golfo Pérsico)		

Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001

2.3.1 - ETAPAS DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA

2.3.1.1 - Captação de Água do Mar e Pré-tratamento

A concepção de uma usina de dessalinização começa pela escolha de uma tomada d'água no mar. Deve-se também estudar a possibilidade de obter água por

meio de poços rasos na praia, para ganhar uma filtração natural. Uma boa tomada d'água permite simplificar o pré-tratamento de forma apreciável. Mas nem sempre é possível dispor de vazões suficientes em poços rasos litorâneos, o que indica a instalação de tomadas d'água diretamente no mar. Como a água do mar contém substâncias e elementos orgânicos e inorgânicos em suspensão, há necessidade de processos de pré-tratamento, pois tais componentes podem provocar incrustações (biofouling) (3) nas membranas. Mas sempre há soluções técnicas para o pré-tratamento que seja necessário.

Partículas coloidais (0,001 μm a 1 μm) são considerados os mais perigosos formadores de fouling nas membranas de OR, pois são muito difíceis de serem totalmente capturados/separados nos processos de pré-tratamento e aderem à superfície da membrana durante o processo.

Três tipos dessas partículas coloidais estão freqüentemente presentes nas águas marinhas:

- *biológicas* (microorganismos e restos relacionados)
- *orgânicos* (ácidos húmicos, linina, tanino, polissacarídeos, lipoproteínas etc)
- *inorgânicos* (argila, silte, óxidos de ferro e de magnésio, carbonato de cálcio etc).

As águas superficiais, inclusive as marinhas, apresentam elevados índices de fouling, medidos pelos principais índices, como o SDL – Silt Density Index e o MDI – Modified Fouling Index. Esses índices medem a carga de compostos coloidais, orgânicos, biológicos ou inorgânicos. As águas marinhas, em geral, apresentam índices de fouling superiores a 6, o que explicita elevada propensão à ocorrência do fenômeno. As membranas atualmente usadas nos processos de osmose reversa suportam água de alimentação com índices de fouling de, no máximo, 4.

³ Fouling – formação de um filme sobre a superfície das membranas, obstruindo os poros, diminuindo a permeabilidade, dificultando a capacidade de filtração e baixando a eficiência do processo.

A remoção dos compostos coloidais (orgânicos, biológicos ou inorgânicos) é realizada no pré-tratamento da água de alimentação. O pré-tratamento consiste em submeter a água de alimentação a processos físico-químicos para retenção dos compostos, que não devem seguir com a água para o sistema de osmose reversa. O pré-tratamento mais comum é a filtração rápida em filtros multimeios, seguida de filtração sob pressão em filtros de cartuchos. Tais processos, em geral, deixam a água com índices de fouling entre 2 e 4, compatíveis com as exigências de bom funcionamento das membranas.

São também utilizados processos de pré-tratamento mais sofisticados como a ozonização combinada com a filtração com carvão granulado, com remoção de matéria coloidal pela biodegradação, conseguindo-se água de alimentação de qualidade apropriada para a osmose reversa.

Além dos processos de pré-tratamento mais usuais, como filtração em areia, decantação, filtração, cloração etc, que são eficientes na maioria dos casos, há avanços no sentido de usar também, nesta etapa, a micro e ultra-filtração com membranas, não obstante ainda o alto custo em comparação com os sistemas tradicionais. A tendência de diminuição dos custos da micro e da ultra-filtração levará, no futuro, ao uso mais amplo desses processos no pré-tratamento de águas marinhas.

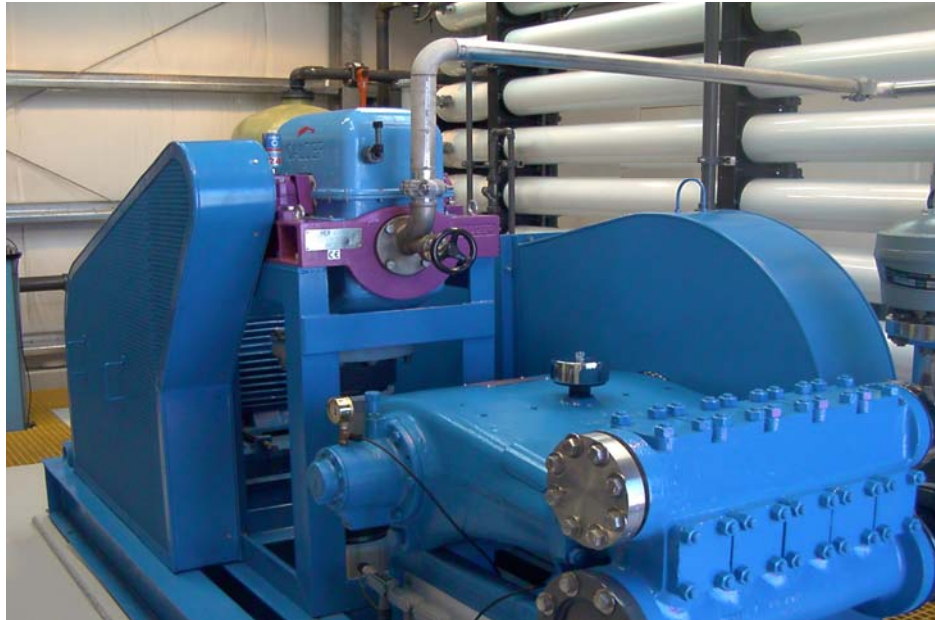
Quando os processos convencionais de pré-tratamento tornam-se muito caros ou não conseguem conferir qualidade á água de alimentação, podem ser usadas tecnologias baseadas em membranas de microfiltração ou ultrafiltração. Os índices de fouling conseguidos com pré-tratamento de águas superficiais, com o uso de membranas, são significativamente inferiores aos alcançados com tecnologias convencionais. No entanto, são processos ainda muito caros e só usados em situações especiais, quanto os benefícios conseguem superar os custos.

2.3.1.2 - Sistema de alta pressão e recuperação de energia

O sistema consiste num conjunto de eletro-bomba de alta pressão associada a um equipamento de recuperação de parte da energia empregada no processo.

As bombas empregadas são de múltiplos estágios, construídas com materiais resistentes às agressões da água do mar, com grandes alturas manométricas.

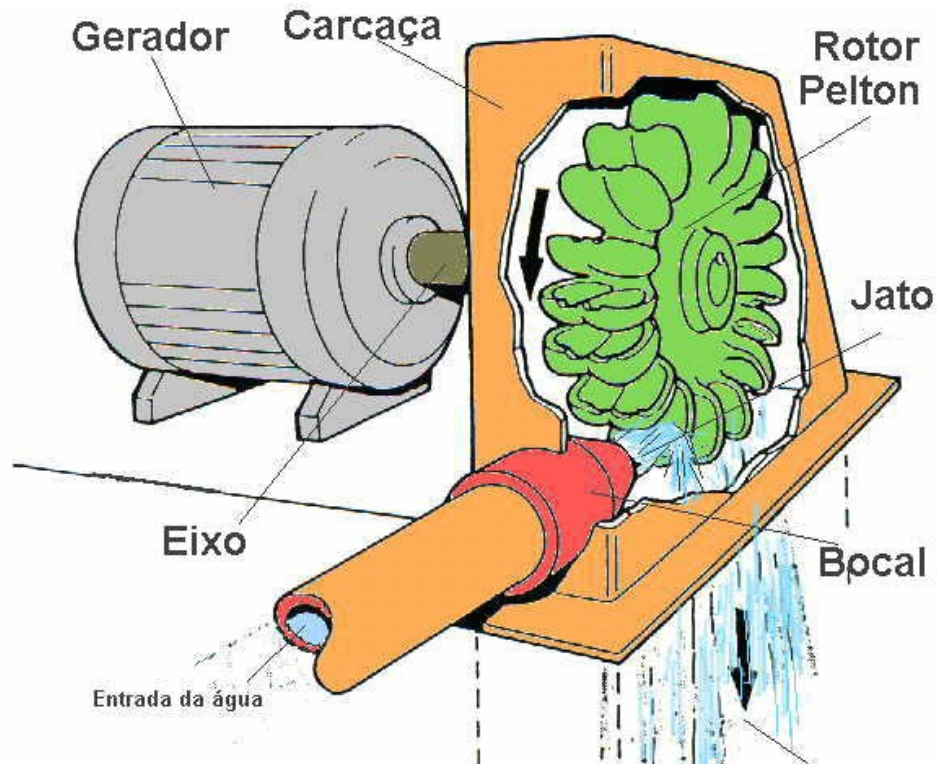
Figura 2. 14 – Bomba de Alta Pressão



Os primeiros sistemas de recuperação de energia eram turbinas do tipo Pelton. As turbinas mais modernas (Pelton) permitem o funcionamento com salmoura (rejeito), o que não era possível com as antigas turbinas Francis. A recuperação de energia com o uso de turbinas varia de 0,20 a 0,28 kWh/m³ e não são esperados ganhos adicionais em futuro próximo.

Na turbina tipo Pelton, o injetor lança o fluxo de água diretamente contra a série de palhetas em forma de colher, montadas ao redor da borda de uma roda. A turbina Pelton guarda muita semelhança com uma roda d'água. Cada palheta inverte o fluxo da água, absorvendo sua energia e fazendo girar a turbina. As palhetas são montadas aos pares para manter equilibradas as forças na roda. A turbina tipo Pelton é a mais eficiente em aplicações com grandes impulsos (pressões) da água. Como a água é um fluido incompressível, quase toda a energia disponível é extraída na primeira etapa da turbina. Por isso, a turbina Pelton tem uma só roda.

Figura 2.15 – Representação Esquemática de uma Turbina Pelton.



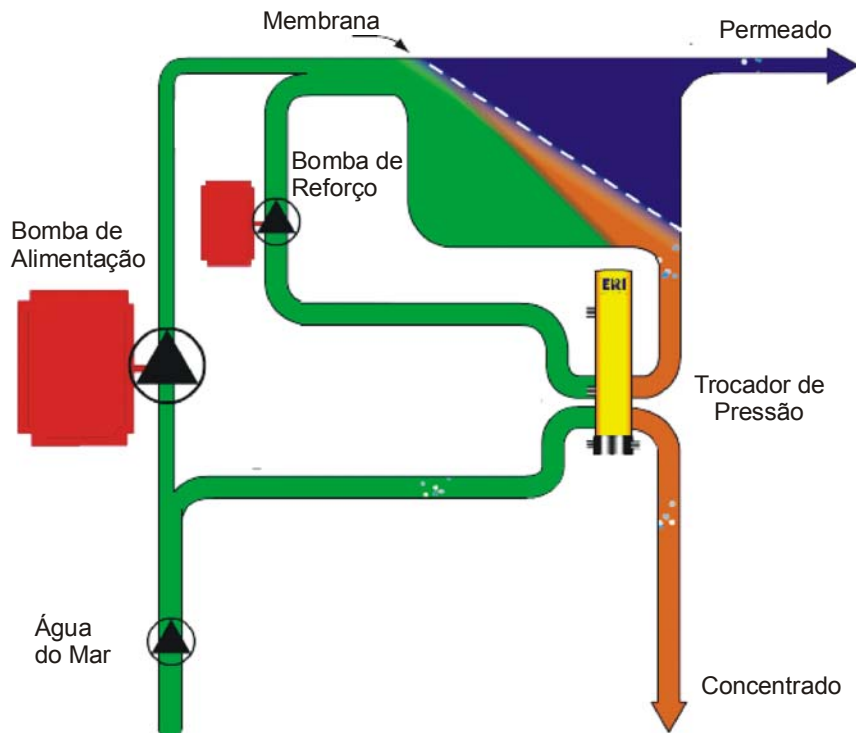
A tendência atual aponta claramente para uma importante mudança de concepção no sistema de recuperação de energia, baseado em conversores hidráulicos ou em câmaras hiperbáricas. Esses equipamentos, todos eles baseados no princípio físico de transmissão de pressão do concentrado sobre a água de alimentação, deram origem a modelos mecânicos diferentes que estão sendo desenvolvidos e aperfeiçoados de forma bastante rápida. Já foram aprovadas diversas patentes relacionadas com esses modelos mecânicos.

Os sistemas de trocadores de pressão são os mais auspiciosos em termos de eficiência na recuperação de energia, chegando já a pouco mais de 50% de recuperação.

Figura 2.16 – Sistema de trocadores de pressão.



Figura 2.17 – Representação Esquemática do Sistema de Trocadores de Pressão



A economia energética pode representar de 0,4 a 0,5 kwh/m³. Do ponto de vista teórico o limite seria de 1 kwh/m³. O consumo total de energia no processo ficaria entre 2,4 e 2,5 kwh/m³. Já existem protótipos experimentais que funcionam com gasto em torno de 1,5 kwh/m³.

2.3.1.3 - As membranas usadas na Osmose Reversa

As membranas usadas nos processos de osmose reversa, construídas com acetato de celulose, foram substituídas pelas poliamidas, que dominam o mercado de dessalinização de águas marinhas.

Dentre as membranas de poliamidas existem duas tipologias bem diferentes: as de fibra oca e as de enrolamento espiral. Por razões de preço e de menor consumo, as membranas de enrolamento espiral estão dominando o mercado.

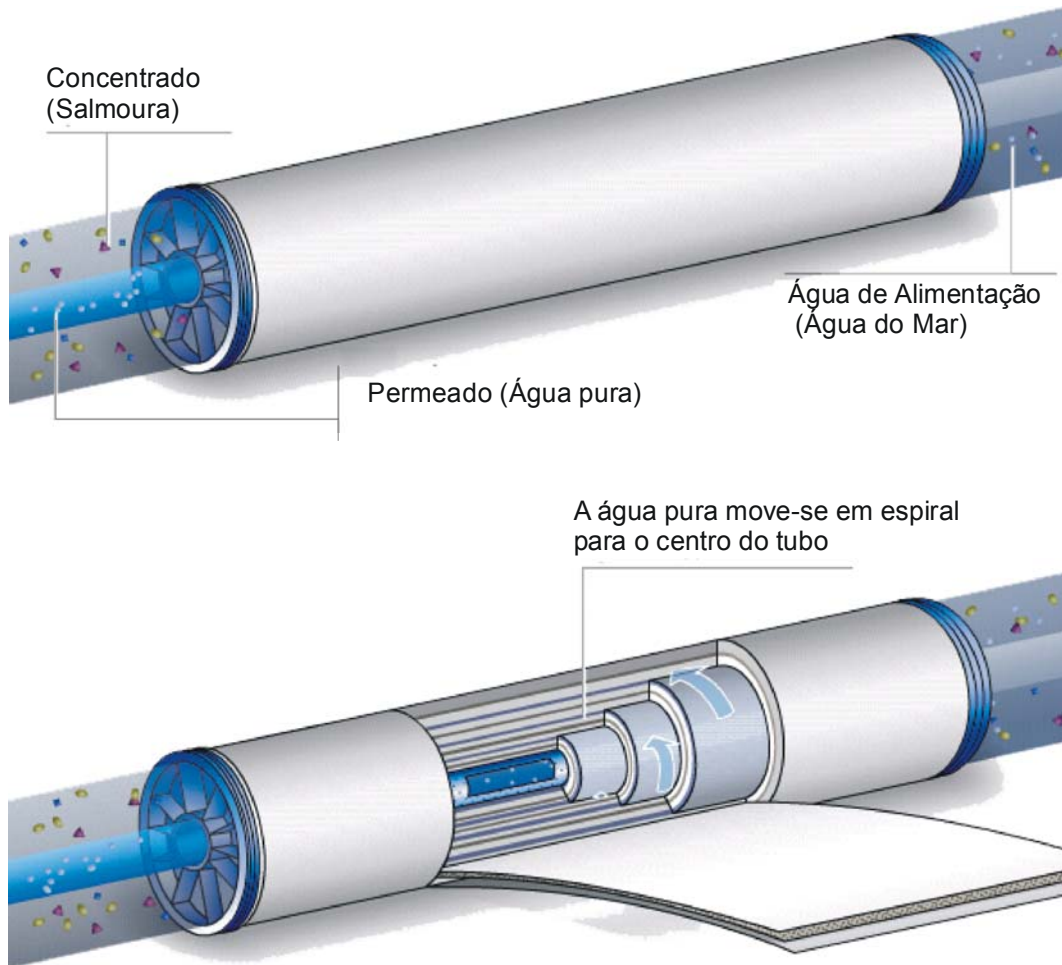
A disputa do mercado tem levado os fabricantes a buscarem na pesquisa o desenvolvimento de novas membranas e no aprimoramento das existentes. Esse caminho não parece ter limites e as novas pesquisas em desenvolvimento apontam para os seguintes linhas:

- Resistência ao cloro e a outros oxidantes;
- Maior resistência ao fouling por coloides;
- Maior produtividade com menor pressão de funcionamento;
- Maior seletividade para retenção do boro e íons monovalentes;
- Menor retenção de íons bivalentes.

Muitas dessas propostas poderão dar resultado em pouco tempo, com o aparecimento de membranas de nova geração. Todos os caminhos são importantes, mas a linha mais auspiciosa certamente é a que visa diminuir a pressão de funcionamento e incrementar a permeabilidade das membranas.

O avanço tecnológico das novas membranas e a melhoria dos sistemas de pressão e de recuperação de energia deverão baixar ainda mais o consumo energético específico da dessalinização.

Figura 2.18 – Representação Esquemática de um Vaso de Membranas em Espiral



2.3.1.4 - Pós-tratamento

A água dessalinizada, ao passar pelas membranas, apresenta um pH ligeiramente ácido e uma elevada agressividade. Uma forma de melhorar as características da água é misturar com água de outra procedência. Caso não seja possível, realiza-se o pós-tratamento à saída da dessalinizadora, com a adição de Hidróxido de Cálcio e CO₂, para torná-la potável. Obviamente, o tipo de pós-tratamento dependerá da utilização que será dada à água.

2.4 - DISPOSIÇÃO DO CONCENTRADO

Toda usina de dessalinização dá origem a um vertido hipersalino que é devolvido ao mar. Devolvem-se ao mar os mesmos sais que dele foram retirados, só que em concentrações maiores.

Embora não se adicionem outros sais aos que foram captados junto com a água salina, é verdade que são devolvidos ao mar de forma concentrada. Desta forma, a devolução dos rejeitos de uma usina de dessalinização deve ser objeto de estudos de meio ambiente, pela elevada concentração de sais e pelas possíveis influências, mesmo que localizadas, na flora e na fauna marinhas.

Estudos levados a efeito em outros países apontam para a facilidade com que os sais devolvidos são reincorporados à água mar, sem impactos que mereçam registro. Como exemplo, cita-se o caso das ilhas Canárias (4), onde criterioso estudo buscou determinar os impactos ambientais da descarga da salmoura, com elevada concentração de sais, proveniente de uma usina de dessalinização. De forma sistemática foram coletadas amostras e realizadas medições para a verificação do tempo de reabsorção dos sais pela água do mar.

O volume de água do mar captada era de 42.000 m³ por dia, com a produção de 25.000 m³ de água potável por dia. A descarga de salmoura alcançava 17.000 m³ por dia. A concentração da água do mar, determinada em amostras coletadas em mar aberto variava de 36 a 38 psu (practical salinity unit), enquanto a concentração da salmoura alcançava valores de até 75,16 psu.

As principais conclusões do estudo foram as seguintes:

- a diluição da solução dá-se de forma muito rápida, pois em apenas 20 metros de distância do ponto de descarga, passa de 75,16 psu para 38,5 psu;
- no raio de uma milha marítima (1.853,25 metros) os valores da concentração de sais são absolutamente normais (36 psu);

⁴ Talavera, José Pérez & Ruiz, José Quesada. Identification of the mixing processes in brine discharges carried out in Barranco Del Toro Beach, south of Gran Canária. Março de 2001. Espanha

- as amostras coletadas nos locais de banho não mostraram qualquer variação das concentrações de sais;
- os valores da salinidade em toda a área coberta pelo estudo foram semelhantes aos considerados normais para as águas marinhas;
- não foram detectados efeitos nas comunidades biológicas marinhas.

Em mar aberto, como é o caso da praia do Pecém, o regime das marés proporciona a rápida diluição do vertido (salmoura), com influência praticamente nula na flora e na fauna marinha.

Uma forma de mitigar possíveis efeitos da vertição da salmoura no mar é o uso de difusores, que espalham o vertido numa área maior, facilitando a reincorporação, de forma praticamente instantânea, dos sais e sua diluição na água do mar.

2.5 - A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE OSMOSE REVERSA

2.5.1 - A VIABILIZAÇÃO DA OSMOSE REVERSA

Na atualidade, dentre as tecnologias disponíveis para a dessalinização de águas marinhas, a osmose reversa é que viabiliza a produção de água potável, com o menor consumo de energia e, portanto, com o menor custo operacional.

Com a exceção do Oriente Médio, onde é usada de forma preponderante a destilação térmica, no resto do mundo predomina a utilização do processo de osmose reversa. A maior utilização, ainda existente, pelos países árabes do Golfo Pérsico do processo de destilação térmica explica-se pela abundância e pelo baixo custo do petróleo e gás natural.

A preferência mundial pelo uso da osmose reversa para dessalinização de águas marinhas justifica-se por motivos econômicos e tecnológicos, merecendo destaque: i) redução do consumo de energia; ii) otimização das plantas, com incorporação de economias de escala; iii) desenvolvimento de novos tipos de membranas, mais eficientes e menos sujeitas ao fouling.

Nada mais ilustrativo para a análise da evolução dos custos da água dessalinizada que comparar dados de 1995, de hoje e de previsões realistas para o curto prazo. Os custos têm decrescido em decorrência do menor consumo específico de energia e do mais baixo custo de investimento.

O consumo de energia por m³ de água filtrada tem sido reduzido, de forma considerável, nas últimas décadas. (Quadro 2.4). A redução tem ocorrido, em parte, pelo aumento da capacidade instalada por planta, que enseja otimização hidráulica e ganhos de escala, em parte pelo aumento da eficiência energética do bombeamento, pelo uso de rotação variável nas bombas de alta pressão.

Quadro 2.4 Consumo de Energia em Usinas de Osmose Reversa de Dessalinização de Água do Mar

Planta	Ano	Consumo de energia (kWh/m ³)	Capacidade de produção (m ³ /dia)
Lanzarote II	1986	7,60	2.500
Tigne	1987	6,00	3.000
Jeddah 1	1988	8,30	5.680
Las Palmas 3	1990	6,20	6.000
Inalsa 1	1990	6,00	5.000
Lanzarote III	1994	5,60	5.000
Eilat Shaba C	1997	4,40	8.000
Eilat Shaba C	1998	4,25	10.000

Fonte: Schneider, René Peter & Tsutiya, Milton Tomoyuki. Membranas Filtrantes – para o tratamento de água, esgoto e água de reuso, ABES, São Paulo, 2001

Outro importante fator de redução do consumo energético tem sido a utilização de unidades de recuperação de energia do permeado. O sistema de recuperação de energia aproveita a pressão do permeado e transfere parte da energia para a água de alimentação.

A partir de seu primeiro uso, na década de cinquenta do século passado, a Osmose Reversa tem sido cada vez mais comumente utilizada para purificação, remoção de sais e de impurezas, bem como para melhoria da coloração, do sabor e de outras propriedades da água para tornar adequada sua potabilidade.

Ao mesmo tempo, a OR tem buscado novos usos industriais em função de sua efetividade e de sua eficiência de custo.

2.5.2 - APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DA ÁGUA DESSALINIZADA

Os sistemas de OR podem ser usados principalmente para atender os seguintes usos industriais:

- **Água de alimentação de caldeiras:** a OR é usada para reduzir os sólidos contidos na água para alimentação de caldeiras para geração de energia e outros usos industriais;
- **Indústria farmacêutica:** a OR é um processo de tratamento aprovado para a produção de fármacos e para diversas aplicações farmacêuticas;
- **Alimentos e bebidas:** a água usada em processamento de alimentos e de bebidas é, freqüentemente, tratada por sistema de OR.
- **Indústria de semi-condutores:** a OR é um processo de tratamento aceito na produção de água ultrapura usada na indústria de semicondutores.
- **Acabamento de metais:** os sistemas de OR têm sido aplicados com sucesso numa grande variedade de operações de acabamento de metais, tais como diversos tipos de eletro-revestimento de cobre, níquel e zinco; selo de níquel acetato; e cobertura preta.

2.5.3 - A OSMOSE REVERSA NA INDÚSTRIA DE GERAÇÃO DE ENERGIA

O uso da OR tem crescido rapidamente em muitos ramos industriais, mas muito mais rapidamente no setor de geração de energia. O tratamento de água para a geração de energia já ultrapassa os 30% de toda a venda da indústria de tratamento de água.

Muitas usinas de geração de energia que usam carvão, gás, óleo ou combustível nuclear produzem vapor que aciona a turbina para a produção de eletricidade. Impurezas no vapor podem causar problemas, reduzindo a eficiência na produção de energia. Isto significa custos mais elevados e aumento na quantidade de combustível consumida para a produção de energia. Em casos extremos, impurezas na água podem causar danos e paralisações que impedem a usina de produzir eletricidade.

Historicamente, os produtores de energia têm usado uma combinação de coagulação, floculação e resinas para troca de íons para produzir água de elevada pureza para a formação de vapor. Entretanto, essas tecnologias requerem o uso de produtos químicos perigosos, como ácido sulfúrico e soda cáustica. Como consequência, muitas operadoras de usinas de geração de energia têm adotado a filtração com membranas - Osmose Reversa – como tecnologia de purificação da água, porque não requer o uso de produtos químicos perigosos.

2.5.4 - VANTAGENS E BENEFÍCIOS DA OSMOSE REVERSA

A OR está sendo adotada de forma crescente pelas geradoras de energia como método de tratamento de purificação da água para alimentação das caldeiras e em processos de descarga zero de líquidos. A injeção de água de elevada pureza, produzida pela tecnologia da OR, numa turbina de gás pode melhorar a eficiência de operação e a produção de energia em, pelo menos, 10% .

De outra parte, os preços das soluções ácidas e cáusticas continuam subindo, enquanto os custos das unidades de OR e os elementos de membranas continuam caindo.

Há, também, diferença na eficiência de operação entre a OR e a troca de íons. As resinas de troca de cátions e de ânions necessitam ser regeneradas quando atingem a capacidade de troca. Sua eficiência é relacionada diretamente à quantidade de sólidos dissolvidos que passam pelo sistema. Contrariamente, o custo operacional da OR não varia com o nível de sólidos dissolvidos na água de alimentação, já que o custo operacional está baseado na taxa de fluxo.

Os sistemas de OR não requerem paralisações significativas. Rotineiramente, são necessárias manutenções trimestrais ou semestrais. Os sistemas de OR são automatizados, exigindo muito pequena intervenção do operador. Em contraste, durante a regeneração, que pode necessitar até de doze horas, período no qual o equipamento da troca de cátions não pode ser usado e fica paralisada a produção de água.

Com essas vantagens, há expectativa de continuar o crescimento do uso da tecnologia da OR também no setor industrial, particularmente para aplicação na geração de energia.

2.6 - EXPERIÊNCIA MUNDIAL EM DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR

A tecnologia da dessalinização, com aplicação em escala comercial iniciada nos anos cinquenta do século passado, disseminou-se por todo o mundo, com inúmeros países apostando nessa saída para o atendimento complementar da demanda de água.

Os países do Oriente Médio foram os pioneiros e ainda concentram a maior parque de dessalinização do Mundo, até pela disponibilidade abundante de petróleo, fonte de energia usada nos processos. Nesses países, ainda prevalece o uso dos processos de destilação, embora muitas unidades com base na osmose reversa já tenham sido instaladas.

Muitos outros países, em especial os Estados Unidos da América e a Espanha, já instalaram expressivo parque industrial de dessalinização, baseados principalmente nos processos de filtração com o uso de membranas semipermeáveis e de osmose reversa.

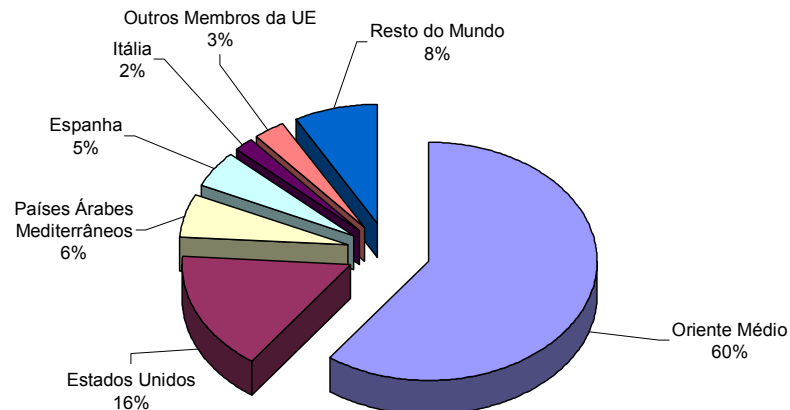
Atualmente, já são produzidos mais de 32 milhões de metros cúbicos por dia de água dessalinizada, em todo o Mundo, a partir de águas marinhas e salobras. Esse número equivale a uma vazão média de 370 m³/s. O gráfico, a seguir apresentado, mostra a disseminação da dessalinização no Mundo:

2.6.1 - A EXPERIÊNCIA DA ESPANHA

A experiência da Espanha em dessalinização, nos últimos 30 anos, leva a um balanço muito positivo, com o reconhecimento internacional. Desde que foram construídas as primeiras usinas dessalinizadoras na Espanha, nos anos 60, as tecnologias têm sido aperfeiçoadas de tal forma que a dessalinização converteu-se em método para compensar os déficits hídricos existentes em muitas zonas do País. Se bem que, num primeiro momento, o uso dos processos de dessalinização

estivesse restrito ao arquipélago das Canárias, onde a escassez de recursos hídricos já ameaçava seu desenvolvimento, hoje estão sendo usados também na costa mediterrânea.

A Dessalinização no Mundo



Quando se observa o desenvolvimento experimentado pelas ilhas marítimas Lanzarote e Fuerteventura, que só usam recursos hídricos provenientes de dessalinização, pode-se constatar os benefícios desse processo numa região com potencialidades de crescimento e com restrições na oferta de água doce. Situação semelhante pode ser observada na Gran Canaria, Tenerife, Ceuta, Mallorca, Ibiza e, mais recentemente, em Alicante, na costa mediterrânea.

2.6.1.1 - As Ilhas Canárias

O arquipélago das Canárias é formado por sete ilhas: Gran Canaria, Lanzarote, Fuerteventura, Tenerife, El Hierro, La Palma e La Gomera. A orla marítima é de 1.531 km e a população é de 1.600.000 habitantes. As ilhas constituem um dos principais destinos turísticos da Espanha, dispoendo de mais de 2.700 hotéis, com mais de 355.000 apartamentos. As ilhas recebem mais de 10,5 milhões de turistas por ano.

As primeiras usinas de dessalinização começaram a operar na segunda metade dos anos 60. Atualmente, existem mais de 253 usinas instaladas e em

operação, sendo 140 delas usando águas marinhas e produzindo 177.000 m³/dia, 110 usando águas salobras (cloreto de sódio ou bicarbonato de sódio) produzindo 123.000 m³/dia, além de 3 que tratam água de reuso, produzindo 15.000 m³/dia.

A grande maioria dessas usinas, 216 unidades, usa a tecnologia de membranas com osmose reversa. As mais antigas usam os processos de destilação ou de eletrodialise. As usinas de osmose reversa produzem 220.000 m³/dia.

Quanto ao tamanho das plantas, a frequência está retratada no Quadro 2.5, a seguir.

Quadro 2.5 - Usinas de Dessalinização nas Ilhas Canárias - Tamanho das Plantas

Intervalo do tamanho (m ³ /dia)	Número de plantas
Pequenas - menor ou igual a 1000	120
Médias - entre 1000 e 5000	111
Grandes - entre 5000 e 30000	21
Muito grande - maior de 30000	1

Fonte: La Desalacion en España, Situacion actual e previsiones. El Plan Hidrológico Nacional Y la Gestion Sostenible Del Água.

Das usinas em operação, 227 são privadas, com investimento de 55 milhões de dólares americanos, produzindo 100.000 m³/dia; 26 são públicas, com investimento de 100 milhões de dólares americanos, produzindo 215.000 m³/dia. Pode-se concluir que o setor público é responsável pela instalação e operação das maiores plantas.

Com relação à fonte de energia, 87% das usinas usam fuel oil e 13% usam reaproveitamento energético, ou energias de fontes alternativas, como a eólica e a solar.

Uma informação muito relevante refere-se à redução do consumo de energia por volume de água dessalinizada, ao longo dos últimos anos, como pode ser verificado no Quadro 2.6, a seguir.

Quadro 2.6 - Evolução do Consumo de Energia nas Plantas de Osmose Reversa na Espanha

Ano	Kwh/m ³	Número Índice
1975	22	100,00
1980	17	77,27
1985	14	63,63
1990	9	40,91
1995	5	22,72
2000	2,9	13,18

Fonte: Guijarro, Luis. Água Dulce, Água Salada, Madri, 2001.

Com variações e dependendo do caso, os consumos específicos de energia situam-se entre 2 e 2,4 kwh por m³ de água dessalinizada. A esse consumo deve-se somar 1 kwh/m³ relativos aos bombeamentos antes e depois da usina. Em alguns casos nas Ilhas Canárias, o consumo de energia pode oscilar entre 3,2 e 4,8 kwh/m³, dependendo do estado e da data de construção das instalações.

A população atendida era de 1.400.000 pessoas, ao final de 2005.

As ilhas Canárias converteram-se num dos principais centros de desenvolvimento de tecnologias de dessalinização do mundo.

O consumo de água per capita anual passou de 92 litros por habitante, em 1983, para 169 litros por habitante em 2003. Ao final de 2005, 87% da oferta de água era proveniente das usinas dessalinizadoras.

O caso da ilha de Lanzarote é tão expressivo que merece ser apresentado de forma específica. Em 1965, a ilha de Lanzarote tinha 12.000 habitantes, em 2004 a população chegou a 180.000 pessoas. A produção de água dessalinizada passou de 1,2 milhões de m³ em 1975 para 19 milhões de m³ em 2004.

Lanzarote era uma pequena ilha desértica no meio do Oceano Atlântico. Hoje, passa por período de progresso graças à oferta de água dessalinizada a partir de águas marinhas. A oferta de água dessalinizada corresponde a 98,8% da oferta total de água doce em Lanzarote, a 85,5% em Fuerteventura e 52% na Gran Canária.

2.6.1.2 - Evolução da Dessalinização na Espanha

Os números falam por si. A Espanha produz cerca de 400 milhões de metros cúbicos de água dessalinizada por ano, em 750 usinas, espalhadas pelo arquipélago das ilhas Canárias, das Baleares e na costa mediterrânea, atendendo à população de 2,5 milhões de pessoas. Do total de água dessalinizada, quase a metade (48%), 192 milhões e m³, tem como fonte as águas do mar, processadas em 200 usinas. O restante usa como matéria prima águas salobras.

O atual Plano Hidrológico Nacional prevê a instalação de mais 41 usinas de dessalinização da água do mar, com previsão de duplicação dos volumes, chegando em 2008 a cerca de 400 milhões de m³ de água dessalinizada a partir de águas marinhas. No total, o volume de água dessalinizada de todas as fontes ultrapassaria o montante de 850 milhões de m³ por ano, até o ano de 2010.

Figura 2.19 - Foto da Usina de Dessalinização ADEJE-ARONA, nas Canárias.



Figura 2.20 – Usina de Dessalinização de Arucas Moya, nas Canárias



2.6.2 - A EXPERIÊNCIA DA CALIFÓRNIA

O crescimento da população e a seca que se abateu sobre a Califórnia, entre 1988 e 1993, contribuíram para a conscientização da real escassez da água e levaram municipalidades e indústrias a proporem a construção, em larga escala, de usinas de dessalinização de água do mar.

Em março de 2004, a California Coastal Commission editou um estudo sobre a dessalinização de água do mar (5). O texto aqui apresentado foi elaborado com base nesse estudo.

2.6.2.1 - Usinas de dessalinização existentes na costa da Califórnia

Existiam, em 2004, cerca de doze usinas de dessalinização ao longo da costa da Califórnia. Essas usinas são relativamente pequenas e a produção máxima total de todas elas era de 131,44 l/s.

2.6.3 - USINAS PLANEJADAS

O total de capacidade de produção das usinas projetadas na Califórnia chega a 10.157,27 l/s, apresentando crescimento de quase 80 vezes a atual capacidade instalada.

⁵ Seawater Desalination and the California Coastal Act, California Coastal Commission, março de 2004.

Quadro 2.7 - Usinas de dessalinização instaladas na Califórnia 2004

Operador Localização	Finalidade Público / Privado	Capacidade Máxima	Situação
Chevron Gaviola	Indústria Privada	17,96 l/s	Ativa
Município Cidade de Morro Bay	Abastecimento Público	36,36 l/s	Uso intermitente
Município Cidade de Santa Bárbara	Abastecimento Público		Inativa
Duke Energy Morro Bay Power Plant	Indústria Privada	18,84 l/s	Desconhecida
Duke Energy Moss Landing Power Plant	Indústria Privada	21,03 l/s	Ativa
Water District Marina Coast	Abastecimento Pública	13,14 l/s	Ativa
Monterey Bay Aquarium	Uso dos visitantes Entidade sem fins lucrativos	1,75 l/s	Ativa
PG&E Diablo Canyon	Indústria Privada	25,24 l/s	Desconhecida
Ilha de Santa Catalina	Abastecimento Privada	5,78 l/s	Desconhecida
Marinha dos EEUU Ilha de Nicholas	Abastecimento Governo Federal	1,05 l/s	Desconhecida
Plataformas offshore de petróleo e de gás	Uso geral Privado	0,09 a 1,31 l/s	Ativa
Capacidade Total de Produção		131,44 l/s	

Fonte: Seawater Desalination and the California Coastal Act, California Coastal Commission, março de 2004.

2.6.3.1 - A Evolução da Dessalinização na Califórnia

A dessalinização foi iniciada na Califórnia a partir do ano de 1965. A capacidade instalada tem crescido de forma muito rápida, em função dos expressivos melhoramentos na tecnologia de membranas e da elevação dos custos de obtenção da água por meios convencionais.

O Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia (Department of Water Resources) criou, em 2003, uma força tarefa para estudar as questões ligadas à dessalinização, com o objetivo de identificar:

- potenciais oportunidades de dessalinização de águas marinhas e salobras;
- restrições ao uso da tecnologia da dessalinização;
- qual o papel do Estado no incremento do uso dos processos de dessalinização.

Quadro 2.8 - Usinas de Dessalinização Planejadas na Califórnia

Operador Localização	Finalidade Público / Privado	Capacidade Máxima	Situação
Municipalidade Distrito de água de Cambria	Abastecimento Público	21,88	Em projeto
Ocean View Plaza Monterey	Hotel Privado	0,23	Em projeto
Municipalidade Carmel	Abastecimento Público	Sem informação	Sem informação
Municipalidade San Buenaventura	Abastecimento Público	Sem informação	Sem informação
Municipalidade Sand City	Abastecimento Público	1,17	Em projeto
Municipalidade Santa Cruz City	Abastecimento público	109,39	Em projeto
East-West Ranch Cambria	Uso múltiplo Privado	Sem informação	Sem informação
Distrito de água de Marina Coast Fort Ord	Abastecimento Público	117,20	Em projeto
Municipalidade Long Beach	Pesquisa Público	13,09	Em concepção
Municipalidade Long Beach	Abastecimento Público	429,73	Em projeto
Municipalidade Los Angeles	Abastecimento Público	429,73	Em projeto
Monterey Bay Shores Monterey	Privado	0,86	Sem informação
Distrito de Água da Península de Monterey Monterey	Abastecimento Público	328,16	Em projeto
Municipalidade Moss Landing Power Plant	Abastecimento Público	390,66	Em projeto
Distrito de Águas de Orange Dana Point	Abastecimento Público	1.172,00	Em projeto
Poseidon Resources Huntington Beach	Uso múltiplo Privado	2.148,65	Estudos ambientais concluídos (EIR)
Municipalidade San Diego	Abastecimento Público	TBD	Em projeto
Municipalidade SanDiego	Abastecimento Público	2.148,65	Em projeto
Municipalidade San Diego	Abastecimento Público	2.148,65	Em projeto
Marinha dos EEUU San Diego	Abastecimento Governo Federal	30,47	Sem informação
Distrito de Águas de West Basin	Abastecimento Público	859,46	Em projeto
Produção total proposta	10.157,27 l/s		

Fonte: Seawater Desalination and the California Coastal Act, California Coastal Commission, março de 2004

Após seis meses de estudos e discussões, a força tarefa completou sua missão e entregou as recomendações ao DWR. As principais sugestões do documento foram:

Recomendações Gerais:

1. os projetos serão analisados caso a caso, de acordo com suas características específicas;
2. A dessalinização, quando econômica e ambientalmente viável, deve ser um elemento do balanço hídrico;
3. assegurar o acesso equitativo aos benefícios advindos da dessalinização;
4. o Estado criará mecanismos para assegurar benefícios ambientais advindos da transição de fontes tradicionais para a dessalinização;
5. o Estado trabalhará em conjunto com os governos municipais, para a viabilização dos projetos;
6. os resultados do monitoramento dos projetos de dessalinização devem ser divulgados e um banco de dados deve ser criado;
7. criar estrutura dentro do Department of Water Resources para avançar no acompanhamento da dessalinização.

Recomendações sobre fontes de energia e sobre meio ambiente:

8. assegurar que os projetos de dessalinização sejam concebidos e operados para evitar, reduzir ou minimizar impactos ambientais. Os impactos inevitáveis devem ser mitigados com medidas efetivas.
9. identificar meios de melhorar a qualidade da água pela mistura da água dessalinizada com a de outras fontes.
10. quando possível e adequado, utilizar a descarga de águas servidas para a descarga da salmoura.
11. Estimar os benefícios, os custos e os impactos ambientais da dessalinização e compará-los com os de água de outras fontes.

12. reconhecendo a importância do custo da energia para o custo total da dessalinização, considerar estratégias de buscar fontes mais baratas.
13. Realizar estudos do uso intensivo de energia e de seu custo, para os principais processos de obtenção e tratamento de água, inclusive a dessalinização.

Recomendações para o planejamento e para autorizações:

14. melhorar a comunicação, a cooperação e a consistência nos procedimentos de autorização de funcionamento das usinas de dessalinização.
15. Avaliar as novas estratégias de oferta de água, incluindo a dessalinização, harmonizando-as com os planos gerais, regionais e urbanos.

2.6.3.2 - Benefícios da Dessalinização para Abastecimento Municipal na Califórnia

Os benefícios esperados da dessalinização são:

- Aumento da oferta de água;
- Tratamento e recuperação de águas de má qualidade;
- Aumento da garantia na oferta de água, durante o período de seca;
- Diversificação das fontes de oferta de água;
- Melhoria da qualidade da água;
- Proteção da saúde pública.

2.6.3.3 - Custos da Dessalinização

Os avanços tecnológicos recentes nos processos de dessalinização reduziram de forma significativa os custos da água dessalinizada, tornando-os comparáveis e até competitivos com outras fontes alternativas de aumento de oferta. As tecnologias de dessalinização tornaram-se mais eficientes, menos demandadoras de energia e de menor custo de investimento e operacional.

Progressos significativos e inovações nas tecnologias de membranas, como a osmose reversa, ajudaram na redução dos custos. A osmose reversa tem provado, nas últimas décadas, em muitos lugares do mundo, que é possível produzir água potável de boa qualidade, tendo como fonte águas marinhas ou salobras.

O custo da água dessalinizada, tendo como fonte águas marinhas, na Califórnia, pode variar entre US\$ 0,64 a US\$ 1,62 por metro cúbico.

2.6.3.4 - Principais Questões da Dessalinização na Califórnia

Historicamente, o custo da dessalinização associado ao uso intensivo de energia constituíram os principais impedimentos do uso mais generalizado do processo. Como os custos da dessalinização declinaram e aumentaram os custos do fornecimento de fontes tradicionais, a dessalinização entrou na ordem do dia nos estados costeiros dos EEUU.

Como consequência, duas questões passaram a ser consideradas: os impactos ambientais e o controle das autorizações para construção e funcionamento das usinas.

2.6.3.5 - Aspectos econômicos da dessalinização

Pontos principais:

- é difícil de determinar, de forma completa, os custos e benefícios de qualquer oferta de água, inclusive da dessalinização;
- para os fornecedores de água, uma vantagem para instalação de usinas dessalinizadoras de águas marinhas é que, do ponto de vista econômico, a água do mar é considerada um bem livre;
- a energia é a maior parcela dos custos de dessalinização;
- a dessalinização ainda é mais cara que outras fontes de água, mas seu preço mais elevado pode ser visto como um prêmio a ser pago pela maior garantia de água local;

- o documento inclui considerações sobre o desenvolvimento de medidas de economia de energia;

É difícil a determinação, de forma completa, do custo econômico de qualquer oferta de água. A oferta de água requer o levantamento de custos determinados de forma direta, como o custo do investimento, o custo de operação e de manutenção, o custo de energia, bem como os custos indiretos e não monetários que são mais difíceis de serem determinadas como, por exemplo, os custos ambientais.

2.6.3.6 - Fatores que influenciam os custos da dessalinização

Uso de energia e custos

A energia representa o mais importante custo unitário direto do processo de dessalinização. Avanços já alcançados na tecnologia de dessalinização, em especial na última década, reduziram de forma significativa a quantidade de energia necessária para a produção de um determinado volume de água.

Mesmo assim a participação do custo da energia varia de 1/3 a 1/2 do custo total da dessalinização, de tal forma que o custo total do processo é bastante sensível ao preço da energia. Estima-se que, na Califórnia, cada centavo de dólar no preço do kWh de energia causa diferença de US\$ 40,58 na produção de 1.000 m³ de água dessalinizada.

A dessalinização de águas marinhas é mais cara que a de águas salobras, devido à maior concentração de sólidos solúveis. As águas salobras têm índices de concentração de sais de 5 a 20 ppm, enquanto as águas marinhas têm concentrações superiores a 30 ppm. De outra parte, as usinas litorâneas situam-se em cotas baixas, o que obriga o bombeamento da água dessalinizada para as estruturas de armazenamento e distribuição.

Fonte de água

Há dois componentes principais de custos relacionados à fonte de água: o próprio custo inicial da água; e o nível de tratamento necessário para a produção da água com a qualidade desejada.

Em relação ao custo inicial, do ponto de vista econômico, um dos principais benefícios das águas marinhas como uma fonte de água potável, é que têm preço zero.

A água do mar é vista como fonte inesgotável e contínua, não sujeita a variações de preços subordinada a escassez de oferta ou ao crescimento da demanda.

Método de Dessalinização

Dos dois principais métodos de dessalinização, a destilação tem maior consumo de energia que a osmose reversa, por causa da necessidade de aquecer a água a ser tratada.

Escala e capacidade de produção

É provável que algumas instalações de dessalinização se beneficiem de economias de escala, na dependência das características particulares, do local e da capacidade de cada instalação.

Infra-estrutura

Uma unidade de dessalinização deve poder interligar-se ao sistema de distribuição existente ou será necessária a construção de novas adutoras ou novo sistema de distribuição. Em função das distâncias e da complexidade da distribuição, este custo poderá ser significativo.

Manutenção e Limpeza

Cada instalação de dessalinização requer algum nível de tratamento anti-fouling e de manutenção e limpeza regulares, procedimentos que variarão principalmente em função do método usado e da qualidade da fonte de alimentação.

Recentes desenvolvimentos tecnológicos estenderam a vida útil das membranas, dos filtros e de materiais associados.

Conformidade com as ofertas de água existentes

Quando águas de várias fontes são misturadas num mesmo sistema de distribuição, devem ser quimicamente compatíveis. Os tratamentos a que sejam submetidas devem ser compatíveis. Esta tem sido uma das preocupações das administrações municipais da costa da Califórnia.

Qualidade desejada para o produto final

Nem sempre toda a água dessalinizada será destinada ao consumo humano como água de beber e os custos do processo varia com a qualidade que se deseja para o produto final e de acordo com sua destinação, como indústria, agricultura ou abastecimento humano.

Operação contínua ou intermitente

Instalações que operam de forma descontínua certamente terão custos mais elevados que outras de funcionamento contínuo, pois os custos fixos devem ser pagos com ou sem produção.

Outras variáveis que podem influir nos custos podem ser determinadas, como incentivos e subsídios, financiamentos em condições especiais.

Não obstante o maior custo da água dessalinizada, há uma disposição de alguns provedores e usuários da Califórnia para pagar um prêmio pela água não sujeita à seca e menos vulnerável à interrupção no fornecimento.

Embora a tendência de redução de diferença de custos seja percebida, a água dessalinizada continuará ainda por um bom tempo mais cara que a água proveniente de fontes tradicionais. No entanto, a água dessalinizada a partir de água do mar será uma fonte local, inesgotável e imune a secas.

2.6.3.7 - Informações Sobre Algumas Usinas da Califórnia

Usina Chevron Gaviota

A unidade de dessalinização junto à Indústria de Processamento de Óleo e Gás da Chevron Gaviota começou a operar em 1987, usando tecnologia de osmose reversa. A capacidade de processamento é de 19,715 l/s de água com recuperação de cerca de 35%, obtendo 6,703 l/s de água dessalinizada, usando energia de cogeração. A água produzida tem diversas finalidades e a concentração de sais varia de 50 a 500 ppm. A usina ocupa área de 1.100 m² e o maior componente tem altura de 4,6 metros.

O gasto de energia é de 12,16 kWh/m³ e o custo médio da água dessalinizada é de US\$ 3,24 /m³. O custo é alto porque a unidade é pequena, não ocorrendo economias de escala; a unidade não faz uso da recuperação de energia; a qualidade da construção e as especificações de segurança são semelhantes às da unidade industrial.

Usina da Cidade de Morro Bay

A cidade de Morro Bay construiu, para uso emergencial e temporário, uma unidade de dessalinização, com processo de osmose reversa, para substituir água de fontes subterrâneas. A decisão de construir a usina foi consequência dos seis anos de seca que ocorreu no Oeste Americano, no final da década de 80 do século passado. A capacidade de processamento é de 26,28 l/s, com aproveitamento de 40% para a água do mar, que é captada em seis poços. O consumo de energia é de 7,215 kWh por m³. O custo da água é de US\$ 1,42 por m³.

A usina está paralisada, pois foi construída e autorizada a funcionar apenas nos momentos de emergência, ocasionada pelo colapso na oferta de água, durante os anos do final da década de 1980.

Cidade de Santa Bárbara

A usina foi inaugurada em março de 1992 e autorizada a funcionar de forma emergencial e temporária. Com a volta das chuvas e a repleção dos reservatórios de água superficial, a usina foi paralisada. Por meio de votação, a população da cidade aprovou o funcionamento permanente da usina e esta solicitação está sendo examinada pelo órgão ambiental da Califórnia.

Sua capacidade é de 293 l/s, equivalente a 21% da demanda das cidades de Santa Bárbara, Goleta e Montecito, antes da ocorrência do período de seca. O custo da água dessalinizada era de US\$ 1,55/m³.

A taxa de recuperação da água era de 45%. A qualidade da água foi projetada para ficar entre 284 e 400 ppm tds. Durante os testes a qualidade verificada foi de 300 ppm tds.

Departamento de Parques e Lazer – Região de São Simeão

O Departamento de Parques e Lazer da Califórnia instalou uma usina de osmose reversa no centro de visitantes da região de São Simeão para abastecimento durante os meses de verão, em substituição de carros pipa. A capacidade de processamento da usina é de 1,75 l/s, portanto pequena. Mesmo assim, a usina funciona apenas 16 horas por dia, de maio a setembro para atendimento à demanda de 1,14 l/s.

A tomada d'água é marinha, por meio de uma tubulação que entra 650 metros no mar. A taxa de aproveitamento da usina varia de 28 a 40%, ou seja, entre 28 e 40% da água que alimenta a usina é dessalinizada. A água dessalinizada apresenta de 200 a 400 ppm tds e o vertido apresenta concentrações de sais de 45000 a 63000 ppm tds.

Aquário da Baía de Monterey

A administração do Aquário da Baía de Monterey construiu uma pequena usina de dessalinização para o uso não potável das necessidades dos visitantes. A produção máxima será de 1,88 l/s, com média de 0,94 l/s.

Ilha de Santa Catarina

Uma empresa privada construiu, em 1991, uma usina de dessalinização com capacidade de processamento de 5,78 l/s. Esta vazão correspondia a cerca de 25% da demanda da ilha.

A captação é feita por duas tubulações diretamente no mar e a descarga do vertido ocorre em conjunto com o emissário de resfriamento da água de uma usina termoelétrica.

2.7 - PROCESSO SELECIONADO

De forma sintética, pode-se afirmar que dois processos principais são utilizados para dessalinização das águas marinhas e salobras: os processos baseados na destilação e os processos baseados na filtração com membranas semipermeáveis.

Os processos baseados na destilação – evaporação seguida de condensação - são ainda muito usados no Oriente Médio, mais precisamente nos países árabes. Esses processos são intensivos no uso da energia, que provém do petróleo, abundante naquela região.

Os processos que têm por princípio físico a filtração com o uso de membranas semipermeáveis têm passado por aperfeiçoamentos tecnológicos significativos, nas últimas décadas. Tais avanços refletem-se na eficiência dos sistemas e na diminuição contínua dos custos.

Os processos de microfiltração e ultrafiltração já estão sendo usados no tratamento de água para fins de abastecimento humano, para a remoção de materiais particulados e coloidais das águas brutas. Em muitos casos, esses

processos substituem com vantagens técnicas, ambientais e econômicas os processos tradicionais.

A eletrodialise é um processo de filtração com membranas, que usa a corrente elétrica para a separação de contaminantes iônicos. A purificação da água ocorre pela remoção dos íons de cargas elétricas positivas e negativas, que são transportados através das membranas com carga elétrica em sentido contrário ao gradiente de concentração. A eletrodialise é usada, dentre outras aplicações, na dessalinização de águas salobras. Não é indicada para águas marinhas, pois a elevada concentração de sais da água do mar (> 30.000 ppm tds) provoca a rápida acumulação de sais na superfície das membranas, reduzindo de forma drástica a eficiência do sistema.

A osmose reversa é, na atualidade, o processo mais utilizado para a dessalinização de águas marinhas, salobras e outras águas de superfície. Dentre todos os sistemas de dessalinização da água com elevado índice de salinidade, como as águas marinhas, a osmose reversa é a que apresenta menor consumo de energia.

Fora do Oriente Médio, onde o consumo de energia não parece ser importante face à grande disponibilidade de petróleo, o processo de osmose reversa predomina na preferência dos investidores públicos e privados na busca de água doce a partir do manancial dos oceanos.

Com base nos avanços tecnológicos da osmose reversa, que ensejaram a drástica redução do consumo de energia e a melhor eficiência e maior durabilidade das membranas, a adoção dessa tecnologia passou a ser uma unanimidade em todos os países do mundo.

O contínuo e expressivo desenvolvimento da tecnologia da osmose reversa, com diminuição do consumo de energia por volume de água processada e com a queda nos custos dos investimentos, tem produzido dois efeitos diretos: a substituição das antigas usinas baseadas na destilação, porque se tornaram obsoletas; e a rápida expansão do uso de água dessalinizada.

Os avanços tecnológicos do processo de osmose reversa têm sido de tal forma significativos, que não cabe mais falar de outros processos para a dessalinização de águas com elevadas concentrações de sais, como as águas marinhas.

É evidente a importância da osmose reversa, quando se analisa a dessalinização de água do mar para produção de água potável, pois as águas marinhas constituem 97,5 % da água disponível em nosso planeta. Com a contínua elevação da demanda por água, em função do desenvolvimento econômico e do crescimento demográfico, a fonte segura de água para a humanidade será a água salgada disponível nos oceanos. Os aglomerados populacionais litorâneos poderão ser atendidos com maior facilidade pelos processos de dessalinização da água do mar, dentre os quais destaca-se a osmose reversa.

Em decorrência da drástica redução, nos últimos anos, dos custos de investimento e de operação dos sistemas de membranas, o uso dos processos de filtração e de osmose reversa têm sido massificados para a obtenção de água de mais alta qualidade. O uso dos processos de membrana estão sendo usados não só para a dessalinização de águas salobras e salgadas, mas também para tratamento de água em substituição aos sistemas tradicionais.



3. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO

3 - ESTUDOS DE CONCEPÇÃO

3.1 - INTRODUÇÃO

Os Estudos de Concepção da Usina de Dessalinização de Água do Mar seguiram, rigorosamente, os Termos de Referência, que determinam:

- localização na área do Porto do Pecém;
- captação direta no mar;
- tamanho e modulação da planta → 20, 40 e 60 l/s;
- qualidade da água produzida → adequada para uso humano.

Essas são as principais indicações e balizamentos, constantes dos Termos de Referência para a concepção da Usina de Dessalinização do Pecém. A partir desses parâmetros principais, a VBA Consultores elaborou os estudos de concepção do projeto da Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém.

No entanto, depois de elaborados os estudos preconizados, a COGERH e a SRH decidiram reduzir o tamanho da usina para 5 l/s de água permeada.

3.2 – CARACTERIZAÇÃO GERAL

A planta de dessalinização a ser instalada na área do Porto do Pecém usará a tecnologia da filtração por membranas semipermeáveis, através do processo de osmose reversa.

Terá sistema de pré-tratamento para retenção das partículas coloidais, orgânicas e inorgânicas, para minimizar o risco de incrustamento (fouling) na superfície das membranas.

O sistema de osmose reversa está concebido para que possa ser obtida água para consumo humano (potável) do ponto de vista físico, químico e microbiológico, de acordo com as leis e normas vigentes no País.

A água de alimentação da usina será captada diretamente no mar. A concentração de sais na água do mar, no Pecém, varia de 32.000 a 35.000 ppm de

totais de sólidos dissolvidos. A água produzida deverá ser de alta qualidade com menos de 400 ppm de sólidos totais dissolvidos por litro.

Os Termos de Referência prevêm a implantação da usina em três módulos de 20 l/s, podendo chegar a 60 l/s, quando e se instalado o terceiro módulo. No entanto, quando foram elaborados os estudos de demanda e de viabilidade econômica, a SRH e a COGERH decidiram reduzir o tamanho da planta para 5 litros por segundo de água permeada.

3.3 - CAPTAÇÃO DA ÁGUA DO MAR

Em decorrência da existência das estruturas portuárias, a captação será feita diretamente no mar (open intake). O sistema de captação será instalado na ponte de acesso ao píer do porto do Pecém, aproximadamente a 800 metros de distância da orla.

Está projetada a instalação de dois bombeadores submersíveis, sendo um ativo e outro de reserva, de eixo vertical, multi-estágio, construídos com materiais resistentes à agressão da água do mar. Os bombeadores serão fixados numa coluna de concreto da ponte de acesso ao píer e deverão ter submersão suficiente para o bom funcionamento, sem a possibilidade de ocorrência de cavitação. Além disso, deverão estar situados a distância adequada do piso do mar, para evitar a sucção de areia e de outros materiais nocivos ao bom rendimento do sistema. Como o rendimento estimado para a Usina é de 40% e com projeta-se a produção de 5 l/s de água permeada, cada bombeador de água salgada deve captar vazão de 12,5 l/s. Prevê-se a operação contínua de 24 horas.

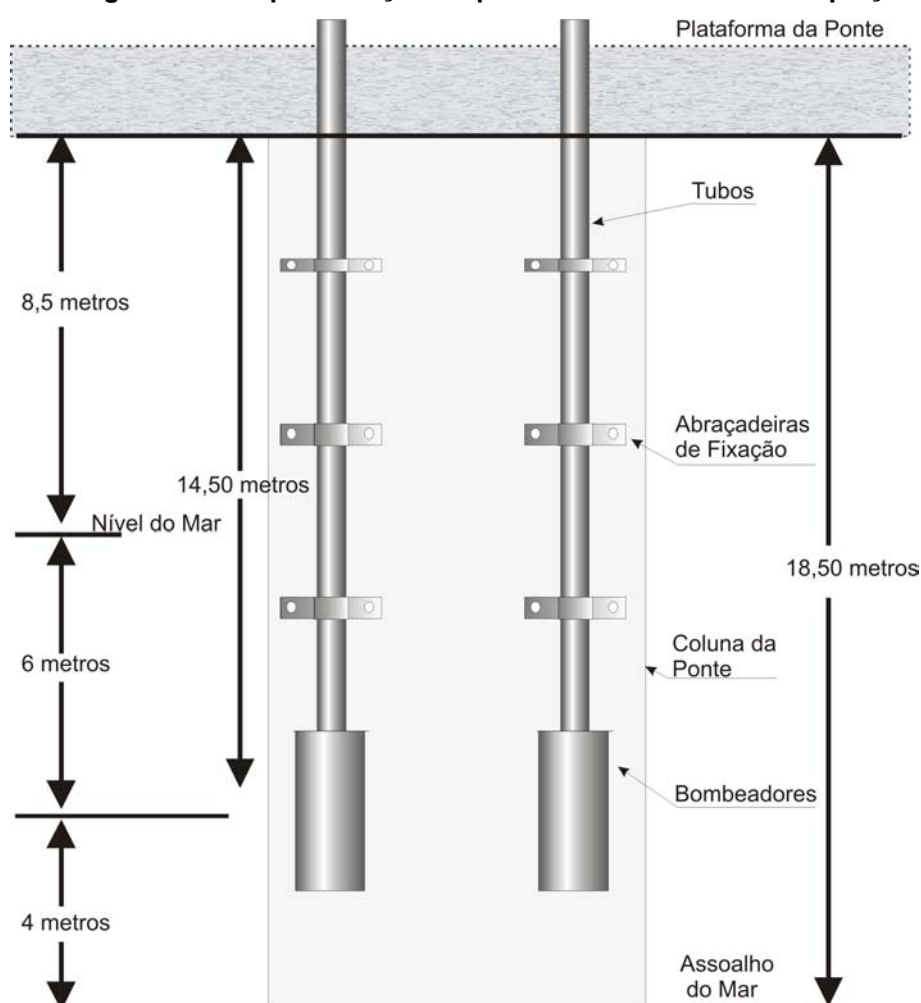
Optou-se em projetar bombas com motores de maior voltagem como compensação pelo acionamento à distância.

A tubulação de subida deverá ser ancorada na coluna de concreto da ponte e terá diâmetro de 160 mm.

A Figura 3.1 representa, de forma esquemática, a concepção do sistema de captação da usina, com a disposição dos bombeadores em relação à coluna da ponte de acesso ao píer e em relação ao piso e à superfície do mar.

A tubulação de captação levará água marinha até o reservatório de água salgada, de onde será levada ao pré-tratamento e depois ao módulo de osmose reversa.

Figura 3.1 – Representação Esquemática do Sistema de Captação



3.4 - ADUÇÃO DA ÁGUA DO MAR (ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO)

A adutora de água do mar levará a água captada até o reservatório de reservação de água salgada, em terra, junto às instalações da usina de

dessalinização. Será ancorada na tubulação do emissário da Termelétrica e serão constituídas de materiais resistentes à corrosão e às demais ações agressivas da água do mar. Seus demais parâmetros serão definidos quando da elaboração do projeto básico.

Figura 3.2 – Fotos da Tubulação do Emissário da Termelétrica, onde será Ancorada a Adutora de Alimentação da Usina de Dessalinização.



3.5 - RESERVAÇÃO DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO

A água captada no mar e aduzida até o local da usina será armazenada num reservatório estanque, construído em concreto armado, apoiado e semi-enterrado, com revestimento interno em epóxi ou material semelhante. O reservatório terá função de compensação interhorária de bombeamento, como prevenção a possíveis panes ou para manutenções periódicas do sistema de captação e/ou adução. Outra função do reservatório é a de controle liga/desliga das bombas. Em caso de necessidade, nesse reservatório poderão ser efetuadas as primeiras etapas do pré-tratamento da água salgada, como a decantação da areia e a cloração, retirando-se parte dos sólidos suspensos.

3.6– PRÉ-TRATAMENTO

O pré-tratamento é de dois tipos, o químico e o físico. O pré-tratamento químico consiste na adição de produtos químicos, com o objetivo de preparar a água salgada para o processo de osmose reversa. Os principais produtos químicos utilizados são: ácidos, anti-incrustantes, coagulantes e metabissulfito de sódio.

A experiência sobre os tratamentos químicos mostra os esforços de minimizar o uso de produtos químicos no processo de dessalinização. As grandes companhias que instalam sistemas de dessalinização para água do mar relatam que tem encontrado mais problemas operacionais nos sistemas de dessalinização via osmose inversa com o uso de produtos químicos do que com aqueles que não fazem o uso deles. Para controlar a precipitação de sais solúveis na superfície da membrana tem-se usado a prática do ajuste do pH.

No sentido de evitar o uso excessivo de produtos químicos no pré-tratamento, após o sistema de filtros multimeios é recomendável adicionar, periodicamente, metabissulfito de sódio (agente oxidante) para reduzir a concentração de oxigênio dissolvido.

O pré-tratamento físico é composto, basicamente, por dois sistemas de filtração: filtros multimeios e filtros de cartuchos. A primeira unidade de filtração (multimeios) é usada para reter partículas de até 20 microns. Esta filtração deve ser composta por várias camadas de diferentes meios filtrantes e a retrolavagem deve ser automática. O material construtivo dos filtros e depósitos deve ser resistente à corrosão e à oxidação – PVC ou fibra de vidro. O volume dos tanques e as vazões de filtração devem ser compatíveis com a capacidade de processamento do(s) módulo(s) de dessalinização.

A água vem do tanque de armazenamento de água marinha, pressurizada, passa através de sistema de filtros que removem os sólidos em suspensão, maiores de 20 microns. Esses sólidos não podem chegar às membranas, pois irão obstruí-las, criando crostas (fouling), que diminuem a eficiência da osmose reversa.

Os filtros de cartuchos retêm partículas de até 5 microns e serão instalados logo após os filtros multimeios, com a finalidade de polir a água para levá-la depois para os módulos de osmose reversa.

Figura 3.3 – Filtros multimeios.



Figura 3.4 – Filtros de Cartuchos.



A partir do reservatório, a água salgada, depois do primeiro pré-tratamento, é aduzida por meio de bombas de alimentação até a unidade de filtração. As bombas devem ser resistentes à corrosão e à oxidação, construídas em aço inoxidável ou material equivalente.

Os filtros precisam ser lavados para a retirada dos sólidos retidos. Esta operação chama-se retro-lavagem, pois a água de lavagem volta em contrafluxo, arrastando consigo os sólidos retidos nas malhas filtrantes. Cada filtro pode ser

lavado individualmente para não parar a produção. Enquanto se lava um filtro os demais continuam em funcionamento.

A limpeza dos filtros é levada a efeito com a utilização das bombas de retrolavagem. Essas bombas são centrífugas e as partes em contato com a água salgada são construídas com material resistente – aço inoxidável ou alumínio, níquel e bronze.

3.7 – UNIDADE DESSALINIZADORA

3.7.1 – BOMBA DE ALTA PRESSÃO

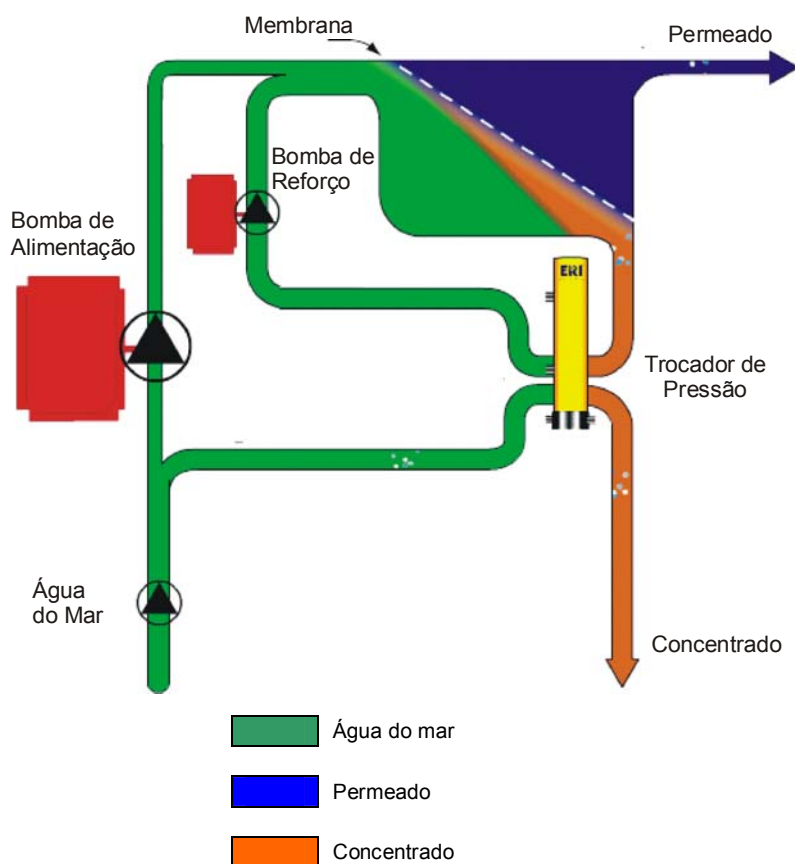
A água de alimentação é, então, bombeada sob alta pressão para o sistema de osmose reversa. A altura manométrica desse sistema pode chegar a mais de 600 MCA (metros de coluna d'água). As bombas devem ser construídas (rotor e câmara de bombeamento) em material resistente à corrosão, oxidação e outros tipos de agressão física e química da água salgada. As vazões do sistema devem ser compatíveis com a modulação da usina.

3.7.2 – SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA

Em conjunto com a bomba de alta pressão, funciona a unidade de recuperação de energia. Como se gasta muita energia para efetuar a osmose reversa (filtração através das membranas semi-permeáveis sob alta pressão), é recomendável que se faça a recuperação de parte da energia consumida no processo. O concentrado, ou seja a água não “filtrada”, sai das membranas com pressões ainda muito elevadas. O sistema de recuperação de energia usa a energia latente do concentrado para impulsionar a água de alimentação, através de trocadores de pressão, que funcionam como êmbulo.

Será instalado moderno instrumental digital de controle de todo o funcionamento dos módulos dessalinizadores, para monitorar os principais parâmetros (corrente elétrica, pressão, vazão, temperatura etc), no sentido de evitar problemas de funcionamento e de garantir a eficiência projetada.

Figura 3.5 – Sistema de Osmose Reversa com Recuperação de Energia.



3.7.3 – MÓDULOS DE OSMOSE REVERSA

A água do mar, depois de pré-tratada, chega ao sistema de dessalinização, composto de módulos de osmose inversa.

Os vasos de pressão da osmose reversa são unidades muito resistentes, fabricados de fibra de vidro. Devem ser do tipo “side port” com capacidade de resistir a pressões de até 700 mca.

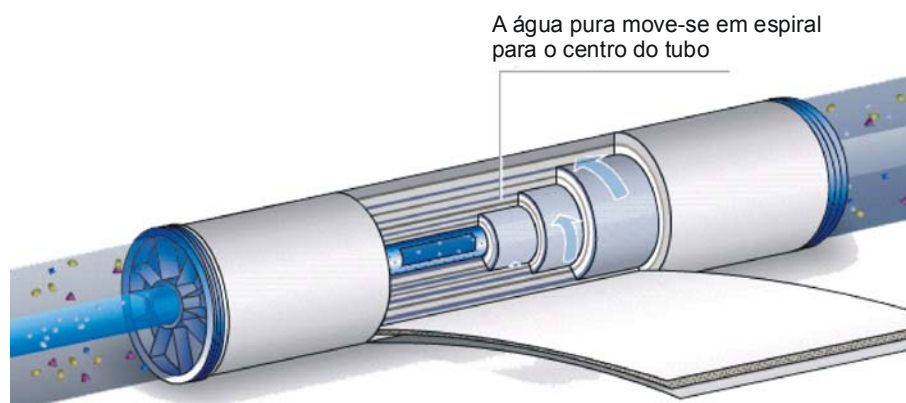
Figura 3.6 - Vaso de Pressão



Quarenta por cento (40%) da água passa através de módulos de membranas. Os outros sessenta por cento (60%), que constituem o vertido concentrado, são carregados de volta ao mar.

As membranas de osmose reversa são fabricadas em poliamida-polisulfona, materiais que fazem uma filtração extraordinária, pois, o poro é menor que 0,0001 micron, o que impede a passagem de minerais e microorganismos. Estas membranas vêm instaladas dentro dos vasos de pressão, que servem de suporte e ajudam a movimentação da água.

Figura 3.7 - Membranas em espiral.



A água marinha, que entra no sistema de dessalinização, contém entre 32.000 e 35.000 mg/litro de sólidos totais dissolvidos e a água que sai contém menos de 400 mg/litro.

3.8 – PÓS-TRATAMENTO

O pós-tratamento da água dessalinizada depende da qualidade da água de alimentação do sistema. Para o presente processo, a água do mar pode ser acidificada no pré-tratamento para reduzir o potencial de incrustação nas superfícies das membranas. Dependendo da composição do permeado, a água pode passar por um pós-tratamento, com a adição de carbonato de cálcio, no sentido de elevar o potencial hidrogeniônico da água.

Para fins de consumo humano, deve-se também adicionar um agente oxidante do tipo hipoclorito de sódio para evitar a proliferação de bactérias e outros tipos de patógenos.

Figura 3.8 – Foto de uma unidade dessalinizadora



3.9 – DISPOSIÇÃO DO CONCENTRADO

O processo de dessalinização produz duas correntes: a água permeada, com qualidade para uso humano e industrial e o concentrado, água com elevada concentração de sal que deve ser devolvida ao mar. O concentrado é também conhecido como salmoura (brine) ou rejeito (reject).

Na dessalinização da água do mar, os sistemas operam, em geral, com uma recuperação de 40%. Isso significa que do total da vazão que alimenta o sistema, apenas 40% dela é permeada, enquanto 60% é convertida em concentrado.

Tratando-se do concentrado gerado a partir da dessalinização da água do mar, este pode ser retornado para o próprio mar, possibilitando a dissolução devido ao volume insignificante em relação ao do oceano.

A disposição do concentrado no mar será efetuada a cerca de quatrocentos metros da orla, em área onde ocorrem correntes favoráveis à rápida diluição e reincorporação da água salina.

Considerando as condições do Porto do Pecém, a tubulação do concentrado será ancorada no emissário da Termelétrica, disposto ao longo das longarinas da ponte de acesso ao píer. A adutora do concentrado será em material resistente à ação agressiva dos sais e terá diâmetro de 150 mm.

3.10 - RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DESSALINIZADA

A última etapa do processo refere-se à adução, à reservação e à distribuição da água dessalinizada.

O reservatório da água produzida será construído em concreto, apoiado e semi-enterrado, com revestimento interno de epóxi ou material semelhante.

O sistema de distribuição será concebido e detalhado, quando da definição do contratante sobre o uso e a destinação da água dessalinizada.



4 - ESTUDO LOCACIONAL

4 - ESTUDO LOCACIONAL

4.1 – DEFINIÇÃO DA MACRO-LOCALIZAÇÃO

Os Termos de Referência já trazem a definição da macro-localização da Usina de Dessalinização: Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP. Certamente, a escolha do CIPP para a localização da Usina explica-se pelos seguintes principais motivos:

- i) existência de infra-estrutura pública já implantada;
- ii) disponibilidade de terreno de propriedade do Estado, não sendo necessárias novas desapropriações;
- iii) fácil acesso ao mar, para coleta da água salgada e para disposição do vertido;
- iv) presença da COGERH na área.

4.2 – SELEÇÃO DO TERRENO

4.2.1 – TERRENO CONTÍGUO AO COQUEIRAL

Em dezembro de 2005, técnicos da COGERH e da VBA estiveram em visita ao CIPP com o objetivo de identificar:

- possíveis locais para instalação da Usina de Dessalinização;
- possíveis pontos de captação de água do mar;
- possíveis locais para disposição do concentrado.

Pela COGERH, estiveram o Diretor Nilo César Moura Cesarano e a Assessora Deborah Mithya Barros Alexandre; pela VBA Consultores, participaram Joaquim Francisco de Sousa Neto, Almir Fernandes Távora Filho e Kepler França, este último consultor e especialista em processos de dessalinização.

Os técnicos da COGERH / VBA foram recebidos pelo Diretor de Infra-estrutura e Operação do Porto, Engenheiro Francisco Humberto Castelo Branco Araújo, ocasião em que o Engenheiro Nilo Cesarano informou a motivação da visita. Houve receptividade muito positiva por parte do Diretor Humberto, que indicou dois

possíveis locais para a instalação da usina: um terreno contíguo ao “coqueiral” (Figura 4.1 e Figura 4.2) e outro na praia à direita da entrada da ponte de acesso aos piers, ambos fora da área murada das instalações portuárias strictu sensu. O Diretor deixou claro que a usina não poderia ser construída dentro da área do porto, por ser uma área alfandegada e, portanto, de acesso restrito.

Como a segunda área parece ser de propriedade do Patrimônio da União, enquanto a primeira, embora fora dos muros do Porto, pertence ao Estado, todos concordaram que a área contígua ao “coqueiral” seria a melhor opção.

A visita à área contígua ao “coqueiral” confirmou sua adequação à implantação da usina de dessalinização pelos seguintes principais motivos:

- localização fora da área do Porto;
- próxima à orla, facilitando a captação de água marinha e a descarga do concentrado;
- de propriedade do Estado;
- área disponível de 1.000 a 1,500 m², suficiente para a implantação da usina;
- ausência de interferências com outros interesses do Porto;
- facilidade de construção de acesso, a partir da estrutura já implantada no Porto;
- facilidade de implantação das tubulações de alimentação de água marinha e de descarga do concentrado.

A VBA conseguiu junto à SEINFRA, plantas desta área em meio digital, o que permitiu, em primeira aproximação, o levantamento de informações para os estudos de locação da Usina. No entanto, era necessária a autorização da Ceará Portos para que a VBA pudesse realizar os levantamentos de campo para o correto planejamento da Usina.



Na mesma ocasião, em visita à ponte de acesso aos piers, os técnicos da COGERH / VBA avaliaram preliminarmente a possibilidade de instalação das duas adutoras (água do mar e concentrado), ancoradas sobre a tubulação do emissário da termelétrica, uma à esquerda e outra à direita. Caso houvesse a concordância da Ceará Portos a respeito dessa alternativa, a VBA elaboraria a concepção, com desenhos e dimensionamentos das duas adutoras.

Como conclusão, podia-se dizer que estava identificado o terreno adequado para a localização da Usina de Dessalinização do Pecém.

No entanto, em fevereiro de 2006, a Ceará Portos comunicou à COGERH a impossibilidade de utilização do terreno vizinho ao Coqueiral, pois parte dele estava encravado em terreno pertencente ao Patrimônio da União. Além desse impedimento, havia o risco de a construção da Usina, neste local, vir a interferir em projetos da Petrobrás já em andamento.

4.2.2 – TERRENO JUNTO À SUBESTAÇÃO ELÉTRICA

Nova visita foi realizada ao Porto, em março de 2006, desta vez sob a liderança do novo Diretor de Planejamento da COGERH, Engenheiro Jurandir Picanço. Foi, então, indicado pela Ceará Portos o terreno situado entre a área ocupada pela subestação elétrica e a estrada que liga o porto à vila do Pecém. Esse terreno é de propriedade do Estado e a construção da Usina não trará nenhuma interferência ao desenvolvimento do Porto.

Como na avaliação da COGERH e da VBA, o terreno atende às necessidades da Usina, acertou-se a realização dos necessários levantamentos topográficos. Tais levantamentos foram realizados, confirmando a adequação do terreno às necessidades da Usina.

O terreno é bem situado, perto da sede administrativa do Porto e próximo à vila do Pecém, com fácil acesso e área de 14.063,78 m². É, no entanto, ondulado, o que irá exigir movimento de terra, para seu melhor aproveitamento. (Figuras 4.3, 4.4 e 4.5).



Este é, então, o terreno indicado pela CEARAPORTOS e aceito pela COGERH para a instalação da Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém.

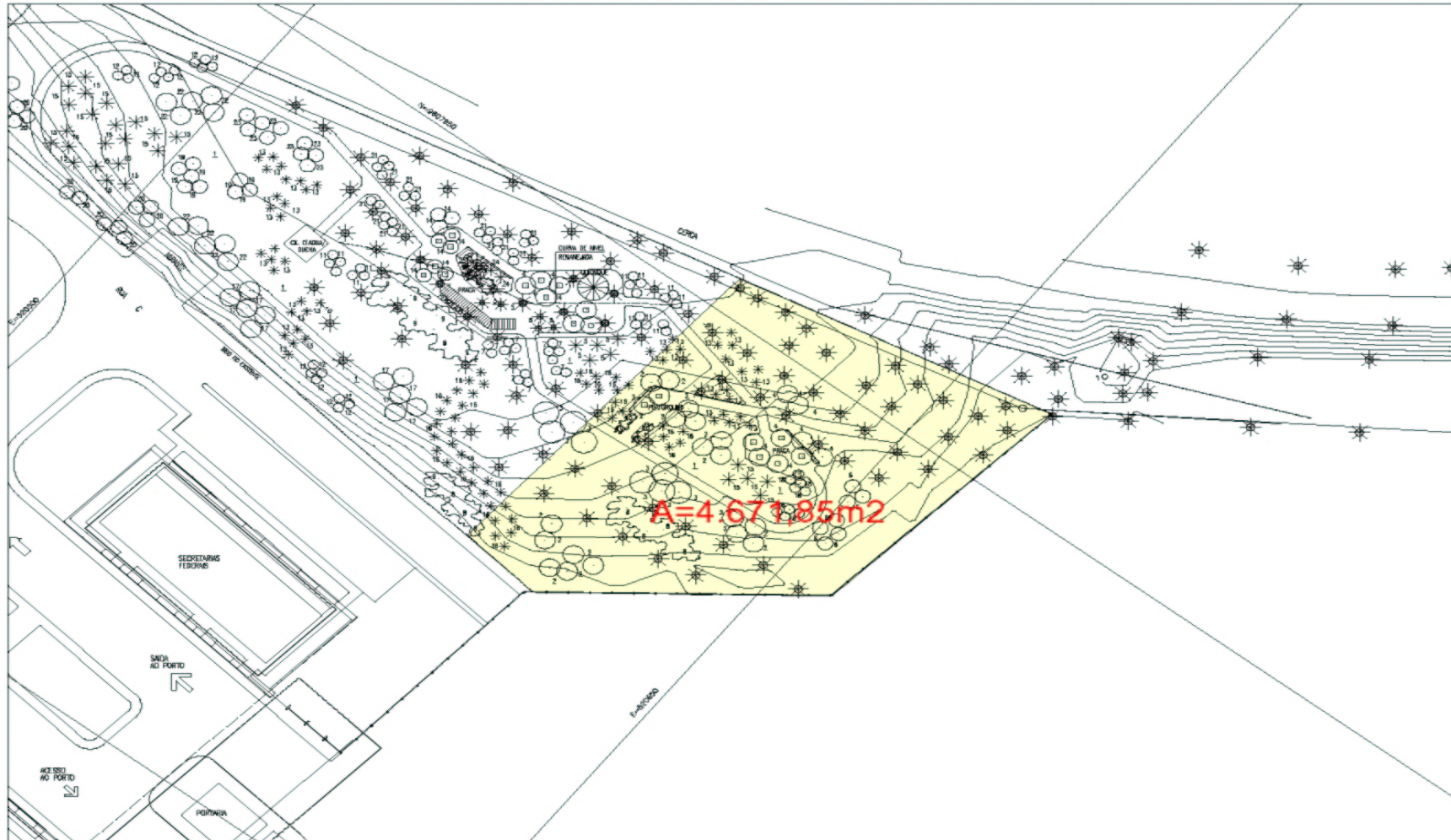


Figura 4.1 - Planta do terreno vizinho ao Coqueiral, inicialmente indicado para a instalação da Usina.



Figura 4.2 - Terreno contíguo ao “coqueiral”, inicialmente indicado para a instalação da Usina.



Figura 4.3 - Foto aérea da área do porto do Pecém, com destaque para a localização definitiva da Usina.



Figura 4.4 - Foto da área do terreno da Usina.



Figuras 4.1

Figuras 4.2

Figuras 4.3

Figuras 4.4

Figuras 4.5

Índice

4 - ESTUDO LOCACIONAL	2
4.1 – DEFINIÇÃO DA MACRO-LOCALIZAÇÃO	2
4.2 – SELEÇÃO DO TERRENO.....	2
4.2.1 – TERRENO CONTÍGUO AO COQUEIRAL	2
4.2.2 – TERRENO JUNTO À SUBESTAÇÃO ELÉTRICA.....	4



5 - AMBIENTE MARINHO

5 - AMBIENTE MARINHO

5.1 - PADRÃO DE QUALIDADE PARA DESCARGAS SUBMARINAS

De acordo com o artigo 5º da resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, que trata da classificação das águas salinas (com salinidade igual ou superior a 30 ‰), as águas do mar nas cercanias do Porto do Pecém são classificadas como de Classe 3, destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Para as águas salinas de Classe 3, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece, no Art. 20, as seguintes condições e padrões:

“Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;

VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e

IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades”

5.2 - CORRENTES, REGIME DE ONDAS E DE MARÉS

De acordo com os estudos oceanográficos realizados pela VBA Consultores em nov/2000, como parte integrante do Projeto de Esgotamento Sanitário da área do CIPP, as campanhas de campo levadas a efeito para o reconhecimento do regime de correntes atuante na área marítima do Pecém, foram realizadas cobrindo todas as condições de mar ocorrentes na área. Para tanto, foram planejadas campanhas utilizando-se correntômetros, correntógrafos e flutuadores.

As medições obtidas de referida campanha de campo, informam sobre a direção e a velocidade da corrente em cada profundidade, espaçada de 2 metros, do fundo para a superfície. Também dá a informação dos dados de salinidade e temperatura, na mesma seqüência de camadas de água em que foram medidas a direção e a velocidade das correntes.

O regime de ondas na costa do Pecém vem sendo medido desde março de 1997, através de um Waverider direcional, marca Datawell. O ondógrafo se encontra fundeado em um ponto ao largo do Pecém, com coordenadas 03° 29' 31" S, 38° 59' 03" W, à profundidade de 18 metros. Os registros efetuados são repassados à terra por um sistema receptivo composto de Warep, antena e micro computador, estabelecidos na estação oceanográfica montada na vila do Pecém.

Nos levantamentos efetuados e na interpretação dos seus registros, são utilizados como parâmetros definidores:

- Data/hora: data e hora do registro;
- T: período da onda, em segundo;
- D: direção de propagação da onda, em graus;
- H_{máx} : altura máxima da ondas, em metros;
- H_s : altura significativa, em metros.

Foram analisados os registros de ondas registradas pelo Waverides direcional ao longo do Pecém, no período de março de 1997 a janeiro de 1999.

Estas análises foram analisadas sob dois enfoques: análise dos registros de 3 em 3 horas; análise dos registros contínuos.

No Quadro 5.1, resumidamente, são apresentadas as estatísticas primárias representativas dos dois processos utilizados na análise das ondas registradas ao longo do Pecém.

Quadro 5.1 - Comparação entre os Registros de Ondas, de 3 em 3 horas, com os Registros Contínuos

ONDAS MÁXIMAS				
1º classe mais frequente	$2,0 < H_{\text{máx}} < 2,1$	8,99%	$2,0 < H_{\text{máx}} < 2,1$	6,75%
2º classe mais frequente	$1,9 < H_{\text{máx}} < 2,0$	8,72%	$1,9 < H_{\text{máx}} < 2,0$	6,54%
Grupamento mais frequente de $H_{\text{máx}}$	$1,4 < H_{\text{máx}} < 2,9$	90,70%	$1,4 < H_{\text{máx}} < 3,2$	90,98%
Classe mais alta de $H_{\text{máx}}$	$4,1 < H_{\text{máx}} < 4,2$	0,04%	$4,6 < H_{\text{máx}} < 4,7$	0,03%
ONDAS SIGNIFICATIVAS				
1º classe mais frequente	$1,4 < H_s < 1,5$	16,17%	$1,3 < H_s < 1,4$	11,84%
2º classe mais frequente	$1,3 < H_s < 1,4$	15,34%	$1,4 < H_s < 1,5$	11,44%
Grupamento mais frequente de H_s	$0,9 < H_s < 1,9$	95,12%	$0,9 < H_s < 2,1$	96,32%
Classe mais alta de H_s	$2,4 < H_s < 2,5$	0,02%	$2,4 < H_s < 2,5$	0,04%
DIREÇÃO DAS ONDAS				
1º classe mais frequente	$90^\circ \leq D \leq 105^\circ$	31,87%	$105^\circ \leq D \leq 120^\circ$	35,37%
2º classe mais frequente	$30^\circ < D \leq 60^\circ$	24,59%	$30^\circ < D \leq 60^\circ$	21,19%
Grupamento mais frequente de D	$90^\circ \leq D \leq 120^\circ$	61,65%	$90^\circ \leq D \leq 120^\circ$	66,74%
Classes extremas de D	$0^\circ \leq D \leq 15^\circ$	0,30%	$0^\circ \leq D \leq 15^\circ$	0,35%
	$125^\circ \leq D \leq 135^\circ$	0,32%	$120^\circ \leq D \leq 135^\circ$	0,55%
PERÍODO DAS ONDAS				
1º classe mais frequente	$5'' \leq T \leq 6''$	30,94%	$6'' \leq T \leq 7''$	28,60%
2º classe mais frequente	$6'' < T \leq 7''$	23,47%	$5'' < T \leq 6''$	26,81%
Frequência de curto período	$4'' < T < 10''$	79,67%	$3'' \leq T < 10''$	81,79%
Frequência de longo período	$10,1'' \leq T < 20''$	20,19%	$10,1'' \leq T < 20''$	18,19%
Maior período medido	$19'' \leq T < 20''$	0,08%	$19'' \leq T < 20''$	0,05%

No Quadro 5.2, são apresentadas as ondas máximas e respectivas ondas significativas. Observa-se que estas ondas são de curto período, abaixo de 10 segundos e encontram-se no quadrante 90° a 180° . Baseadas no conhecimento eólico regional, conclui-se que são ondas geradas próximas ao litoral pelos ventos de direção NE.

Quadro 5.2 - Maiores Ondas Ocorridas entre Março/97 e Dezembro/98

Data	Tpeak	D	Hs	Hmáx	Ano
5260138	6,60	104°	1,80	4,44	98
6230402	7,14	102°	2,30	4,68	98
9290006	7,14	111°	2,31	4,14	98
9290306	7,14	103°	2,04	4,13	98
10042238	7,14	95°	2,12	4,59	98
7090320	7,70	99°	2,11	4,03	97
7100320	7,14	100°	2,39	4,44	97
8030050	7,14	107°	2,06	4,64	97
8030450	7,14	108°	2,15	4,45	97
8200719	7,14	103°	1,88	4,05	97
8221649	5,90	114°	1,87	4,36	97
8221819	6,60	101°	1,92	4,29	97
8270314	6,60	106°	2,03	4,29	97
8280118	7,14	101°	2,22	4,03	97
8280218	7,14	105°	2,16	4,09	97
10090151	6,25	110°	2,00	4,10	97

Em continuidade ao mês de Dezembro de 1998, o mês de Janeiro de 1999 caracteriza-se por uma freqüência alta de ondas, cujas diferenças chegaram até 75°, enfatizando-se os valores de freqüência para as classes $45^\circ < D < 60^\circ$, com 56,97% e $30^\circ < D < 45^\circ$, com 28,78%. Estas ondas apresentaram períodos longos, compreendidos entre $10 < T < 20$ s, com freqüência de 81,32%.

5.3 - BATIMETRIA E CARTOGRAFIA

O levantamento batimétrico realizado na área de influência do empreendimento e apresentado no relatório dos estudos oceanográficos, elaborado pela VBA Consultores, teve como objetivo o conhecimento mais detalhado do “ piso oceânico”, na zona de abrangência do projeto de esgotamento, cuja conformação influenciará na movimentação hidráulica.

A batimetria complexa tem um efeito importante nas condições de ondas e na hidrodinâmica litorânea. A ausência de areia em muitas localidades irá decrescer consideravelmente o potencial de transporte litorâneo de sedimentos.

As áreas entre as profundidades de aproximadamente 1 m e 17 m foram objeto de levantamento batimétrico realizado pela DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação, em 1995, enquanto que a área entre o nível de preamar e a isobata de 1 m foi objeto de medições detalhadas de perfis de praia realizadas pelo INPH – Instituto de Pesquisas Hidroviárias, também em 1995.

O levantamento batimétrico realizado demonstra que a região do Pecém é fortemente dominada pela ocorrência de rochas em sua zona marítima adjacente. Além da Ponta do Pecém e de outros promontórios menores, grandes áreas submersas estão cobertas por rochas. Do lado oriental da Ponta do Pecém observa-se que as isobatas apresentam uma tendência de paralelismo, embora alguns desvios ocorram nas proximidades da isobata de 5 m. A oeste da Ponta do Pecém, a batimetria é bastante irregular, ocorrendo, em frente à vila, uma grande área de rocha submersa, a qual, durante a baixa-mar, provoca a rebentação das ondas a uma distância de várias centenas de metros da costa.

A batimetria complexa, ocorrente na área marítima do Pecém, tem um efeito importante nas condições de propagação das ondas e na hidrodinâmica costeira, sendo que a ausência de areia em muitos locais irá decrescer consideravelmente o potencial do transporte litorâneo de sedimentos.

O INPH – Instituto de Pesquisas Hidroviárias vem realizando medições contínuas de níveis d'água no Pecém desde março de 1996. A estação maregráfica, com um limnógrafo de registro mensal, modelo LNG-15M, fabricado pela Hidrologia SA, está instalada na parte interna do TEP - Terminal de Embarque, no ponto de coordenadas geográficas 521.272,00 E e 9.608.366,00 N.

A análise dos maregramas correspondentes ao período de março de 1996 a maio de 1999 indicou que a variação da maré em Pecém é da ordem de 3 m. Em relação ao nível de redução da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, os níveis d'água em Pecém estão assim caracterizados:

- Preamar máxima = 3,09 m
- Baixa-mar mínima = - 0,11 m
- Nível médio = 1,43 m

O resultado do levantamento batimétrico realizado deu origem as plantas cartográficas da área de interesse, conforme mostra a Figura 5.1, a seguir, com o mapa das curvas de nível.

5.4 - PERFIS DE PRAIA E SEDIMENTOLOGIA

5.4.1 - NÍVEIS D'ÁGUA

A DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegações, realizou a “Análise Estatística e Harmônica da Maré”, que define o NR – Nível de Redução de Sondagem, utilizado em trabalhos hidrográficos da área. A partir daí, desde março de 1996, o INPH – Instituto de Pesquisas Hidroviárias, vem realizando medições marítimas de níveis d’água naquela área. A estação maregráfica em operação compõe-se de um linígrafo de registro mensal, modelo LNG – 15 M, fabricado pela Hidrologia S.A e está instalada na parte interna do TEP – Terminal Embarque Provisório, no ponto de coordenadas gráficas 521272 mE 9608366 mN.

Os mapeamentos obtidos no Porto de Pecém durante o período de análise, foram então interpretados e digitados (de hora em hora). Através destes dados, foram montados os quadros de ordenadas horárias mensais os quais apresentam, ainda, os valores de níveis d’água máximo, mínimo e médio mensal, e a plotagem de dados horários.

Analisando-se os dados apresentados, pode-se dizer que, no período considerado, o valor do nível d’água máximo observado foi 3,16 m em relação ao Nível de Redução da DHN. O nível médio calculado para o período foi de 1,0 m em relação ao Nível de Redução da DHN.

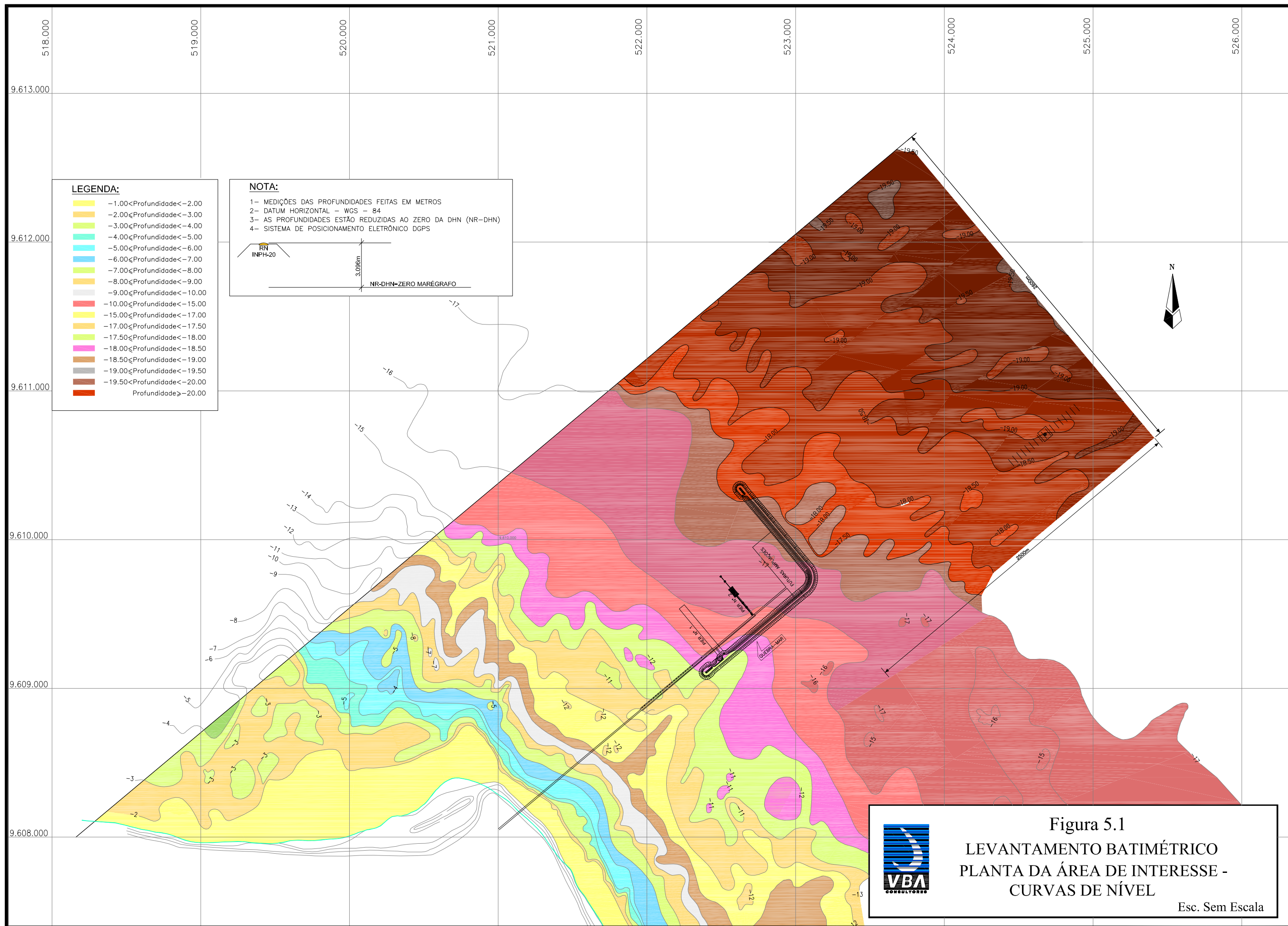
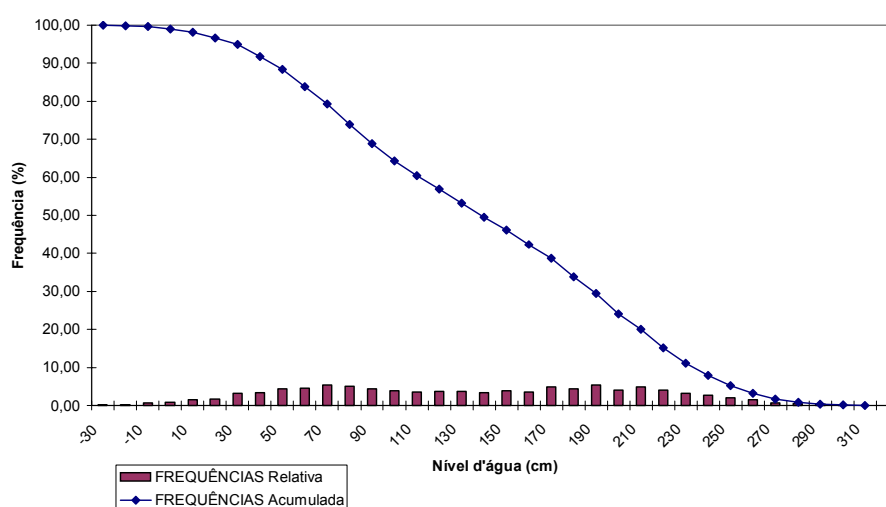


Figura 5.1
LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO
PLANTA DA ÁREA DE INTERESSE -
CURVAS DE NÍVEL
 Esc. Sem Escala



Através dos dados horários obtidos no período, foi mostrado o Gráfico de Permanência de Níveis d'Água no Pecém. Destes pode-se dizer que, em 99% do tempo, estiveram acima do Nível de Redução do DHN, em 50% do tempo os níveis estiveram acima de 1,44 m e em 0% do tempo estiveram acima de 3,16 m.

**Figura 5.2 - Gráfico de Permanência de Níveis D'água
Período 01/03/98 a 18/01/99**



Fonte: Estudos Oceanográficos – Projeto de Esgotamento Sanitário do CIPP – VBA Consultores, nov2000

5.4.2 - SEDIMENTOLOGIA

a) Campo de escoamento nas vizinhanças da Ponta do Pecém

As conclusões do relatório dos impactos na morfologia costeira mostram que as condições das correntes na área em estudo são de grande importância para o traspasse de sedimentos para a área costeira a oeste da Ponta do Pecém, a qual atua como um gargalo em relação ao transporte litorâneo na direção da Vila do Pecém. Imediatamente a oeste do promontório, o escoamento está acelerado, devido à convergência das curvas batimétricas nessa área. Depois da passagem, o escoamento se torna desprendido da linha de costa e decresce rapidamente de intensidade na direção oeste.

Na zona litorânea o transporte de sedimentos é quase sempre dominado pelo transporte em suspensão, devido aos altos níveis de turbulência causados pela arrebentação da onda.

A linha de costa, na área de Pecém, é caracterizada por praias curvas de areias, interrompidas por pequenos promontórios rochosos.

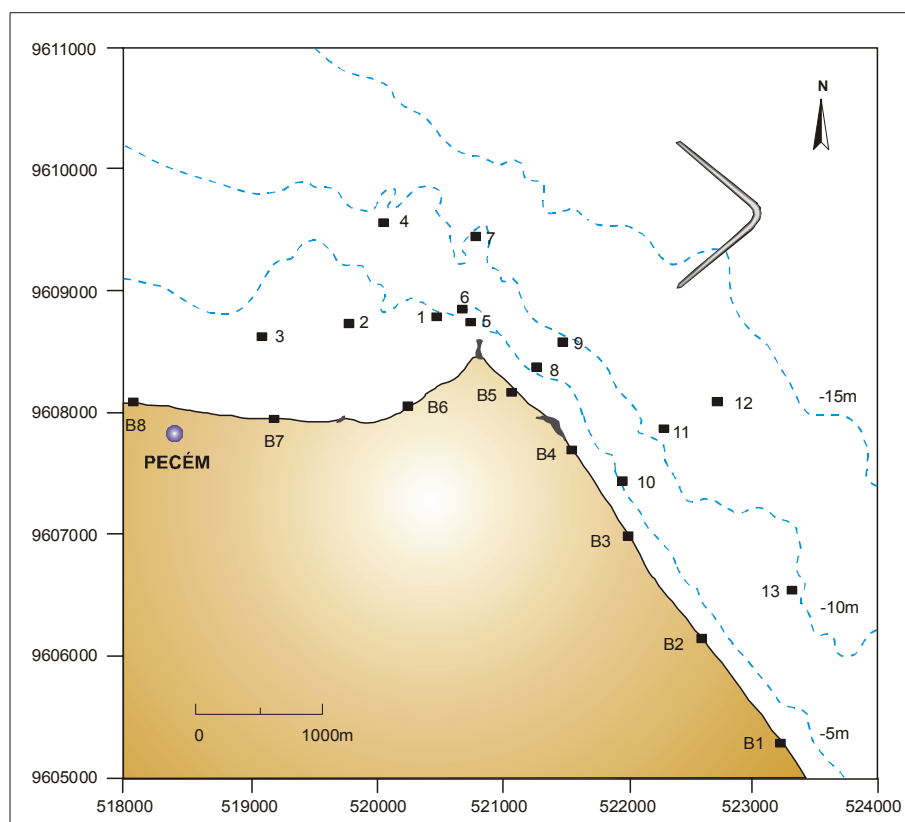
A leste da Ponta do Pecém, as praias são bastante longas e uniformes, tendo-se verificado que apenas em alguns poucos locais a rocha fica exposta na praia. A uma profundidade aproximadamente igual a 4 m abaixo do nível médio do mar, o fundo do mar está coberto quase que inteiramente por rochas. Localmente estão disponíveis pequenos bolsões de areia. Areia fina pode ser encontrada mais ao largo, mas este material está localizado fora da zona ativa do litoral.

Imediatamente a oeste da Ponta do Pecém pode-se encontrar areia apenas numa estreita faixa de praia entre o nível médio do mar e o pé das dunas eólicas. O fundo do mar está constituído por rocha e é localmente coberto por vegetação. Indo mais além para o ocidente em frente à Vila do Pecém, a areia está presente em profundidades menores do que cerca de 2 m abaixo do nível médio do mar. O declive da praia aqui é muito suave e, durante a baixa-mar, a arrebentação das ondas ocorre nas rochas, a uma distância de várias centenas de metros da costa.

O material de praia geralmente consiste de areia média a fina, com diâmetro médio do grão tipicamente da ordem de 0,25 mm. A disponibilidade de material móvel varia ao longo do ano. De dezembro a março grandes quantidades de areia são transportadas para águas mais profundas pelas ondas predominantes de swell, fazendo com que as rochas de fundo fiquem expostas em muitos locais ao longo da costa. De abril a novembro a areia é gradualmente transportada de volta para a praia.

Durante os trabalhos em Fortaleza, o INPH e o DHI coletaram novas amostras dos sedimentos de fundo da região de Pecém. O conjunto de dados inclui tanto amostras de praia como amostras da região litorânea, até uma profundidade de aproximadamente 10 m. A localização das amostras de sedimentos coletadas é mostrada na Figura 5.3, a seguir.

Figura 5.3 - Localização das Amostras de Fundo Coletadas (Pecém)



Fonte: CDRJ - Companhia Docas do Rio de Janeiro
 INPH - Instituto de Pesquisas Hidroviárias
 Avaliação dos Impactos na Morfologia Costeira - Porto do Pecém/CE

As análises granulométricas foram feitas no laboratório de solos e pavimentação, do Departamento de Engenharia Hidráulico e Ambiental da UFC, seguindo a metodologia indicada pelo DHI, a qual consiste em:

- remoção de conchas e outros materiais não sedimentares antes das análises;
- lavagem das amostras (para a retirada do sal) antes da secagem

- colocação de várias peneiras intermediárias da série Tyler, para o detalhamento das curvas granulométricas de números 16, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 140, 170 e 200.

A análise granulométrica mostrou que fragmentos de conchas eram abundantes em muitas amostras, em particular naquelas coletadas a profundidades maiores do que aproximadamente 5 m, as quais continham mais do que 50% de fragmentos de conchas e, em alguns casos, material vegetal. Se os fragmentos de conchas tivessem sido incluídos na análise granulométrica teria ocorrido um aumento do diâmetro médio do grão, que iria afetar os cálculos das taxas de transporte de sedimentos. Assim sendo, todos os sedimentos não clássicos foram removidos das amostras, antes de ser feita a análise granulométrica. Os valores obtidos para o diâmetro médio dos grãos estão listados no Quadro 5.3, a seguir.

Quadro 5.3 - Diâmetro Médio dos Grãos dos Sedimentos de Fundo de Pecém

Amostra	Praia		Zona Litorânea		
	D50 (mm)	Conchas (%)	Amostra	D50 (mm)	Conchas (%)
B1	0,17	<5	1	0,24	40
B2	0,19	<5	2	0,24	75
B3	0,30	<5	3	0,31	28
B4	0,24	<5	4	0,29	51
B5	0,22	<5	5	0,34	55
B6	-	Rocha	6	0,33	86
B7	0,20	<5	7	0,83	50
B8	0,24	<5	8	1,09	16
			9	1,18	9
			10	5,03	20
			11	-	100
			12	0,21	10
			13	0,20	63

b) Os sedimentos em suspensão

De 22/01 a 10/02/96 o INPH realizou medições das concentrações de sólidos em suspensão ao longo do litoral de Pecém, nas profundidades de 6 e de 10 m.

Nos pontos localizados à profundidade de 6 m as concentrações medidas variaram de 0,40 mg/l a 26,00 mg/l, sendo a concentração média igual a 10,37 mg/l. Nos pontos localizados à profundidade de 10 m elas variam de zero a 12,80 mg/l, com média igual a 4,97 mg/l, bem menores portanto, do que as concentrações medidas à profundidade de 6 metros.

5.5 - ÁGUA DOCE, ÁGUA DO MAR E SALMOURA

Dos pontos de vista químico e físico, as diferenças entre água doce, água do mar e salmoura restringem-se ao grau de concentração de sais de cada uma delas, variando de 0,5 gramas por litro na água doce, 34 a 38 gramas por litro na água do mar, 65 a 75 gramas por litro na salmoura. Os parâmetros de salinidade da água do mar do Pecém foram determinados em campanhas de levantamentos de amostras a diversas profundidades. Os resultados estão sumarizados no Quadro 5.4.

Uma inspeção apenas visual não permite a diferenciação entre elas, pois são três líquidos transparentes, sem cor ou odor. O sabor as diferencia de forma expressiva, face às grandes diferenças de concentração de sais.

Num processo de dessalinização, para cada litro de água captada no mar obtém-se 0,40 l de água dessalinizada e 0,60 l de salmoura.

Deve ficar bastante claro que não se adiciona ao mar nenhum novo elemento ou substância, apenas são devolvidos os mesmos sais em menor quantidade de água.

Desta forma, deve-se verter a salmoura da forma que melhor e mais rapidamente seja diluída na massa da água do mar. A solução está em buscar-se uma dissolução natural e rápida da salmoura na massa de água do mar, até alcançar os limites médios de salinidade.

Os estudos dos parâmetros oceânicos, tais como as correntes marítimas, os ventos, das marés, as ondas, são determinantes para a aplicação de modelos que

otimizem a concepção e a construção dos emissários de salmoura, para permitir que a re-incorporação dos sais seja feita de forma rápida e restrita a uma pequena área.

Quadro 5.4 - Parâmetros de Salinidade em níveis de profundidade no mar do Pecém

Prof.	Salinidade	
	a) CAMPANHA INVERNO	b) CAMPANHA VERÃO
2m	Na profundidade de 02 metros do fundo, temos as salinidades com frequência concentradas entre 35,8‰ – 36,0‰ e 36,0‰ – 36,2‰, correspondendo a 97,6% das observações na situação de quadratura e 94,7% na situação de sizígia. Como se nota, entre as condições diferentes de marés, a salinidade não se altera.	Na época de maré de sizígia, a salinidade nos diversos pontos da malha de medições, varia entre 35‰ e 36,6‰, com concentração entre 35,6‰ e 35,8‰, com 87,8% de frequência. No período de quadratura, a distribuição das salinidades se dá entre 34,4‰ e 35,8‰ com frequência de 81,4% nas concentrações entre 35‰ e 35,6‰.
4m	A 04 metros do fundo, as maiores frequências de salinidade, aparecem entre 35,8‰ e 36,2‰ tanto na quadratura como na sizígia.	Para a profundidade de 4 metros acima do fundo, na maré de sizígia, a salinidade variou entre 35,6 e 36,6%, com concentração de 87,0% entre 35,6 e 35,8‰. Na maré de quadratura, a distribuição de salinidade se deu entre 34,4 e 35,8‰ apresentando os valores entre 35 e 35,6‰ em frequência de 84,5%
6m	A 06 metros do fundo, mantêm-se os mesmos padrões de 2 a 4 metros. As salinidades, para a quadratura e a sizígia, mantêm os padrões de 35,8‰ com maior frequência	Na maré de sizígia, a distribuição da salinidade se deu entre 34,8‰ e 36,6‰, mostrando entre 35,6 e 35,8‰ uma frequência de 85,4%. Na maré de quadratura, a distribuição das salinidades se deu entre 34,8 e 35,8%, tendo entre 34,8 e 35‰, 71,9% das observações.
8m	Na profundidade de 08 metros do fundo, praticamente o nível médio local, nas quadraturas e nas sizíguas há repetição dos padrões das maiores profundidades, com salinidade entre 35,8‰ e 36,2‰ apresentando as maiores frequências de ocorrência (95,2% na quadratura e 99,2% na sizígia).	Na maré de sizígia, a salinidade se distribuiu entre 34,8‰ e 35,8‰, com concentração de frequência de 80,9% entre salinidades se deu entre 34,8‰ e 35,8‰, concentração de frequência de 80,9% entre 35,6‰ e 35,8%. Na quadratura, a distribuição das salinidades se deu entre 34,8‰ e 35,8‰, com concentração entre 34,8 e 35,4‰, de 93%
10m	A 10 metros do fundo, a salinidade apresenta variações entre 35,8‰ e 36,2‰, totalizando 93,7% das ocorrências na quadratura e 99,3% na sizígia.	Na maré de sizígia, a salinidade se distribuiu entre 34,8‰ e 35,8‰, com concentração entre 35,4‰ e 35,8‰, de 90,8%. Na maré de quadratura, a distribuição de salinidade se deu também entre 34,8‰ e 35,8‰, com concentração entre 34,8‰ e 35,2‰ de 87,6% nesta profundidade na maré de sizígia,
12m	A 12 metros do fundo, temos as salinidades na quadratura e na sizígia variando entre 35,6‰ e 36,0‰, com os percentuais de 95,7% e 97,0%, respectivamente.	A distribuição das salinidades se deu entre 34,8‰ e 35,8‰, com frequência de 87,8% entre 35,2‰ e 35,6‰. Para a maré de quadratura, nesta profundidade, a distribuição das salinidades se deu entre 34,8‰ e 35,8‰, com frequência de 93% entre as concentrações 34,8‰ e 35,2‰
14m	A 14 metros do fundo, nota-se que a salinidade na quadratura apresenta maiores percentuais entre 35,6‰ e 36,0‰, com 96,9%, enquanto na sizígia os maiores percentuais estão entre 35,4% e 35,8%, com 94,7%.	Na maré de sizígia a distribuição das salinidades se deu entre 34,6‰ e 35,8‰, com frequência de 90,90% entre 35,2‰ e 35,6‰. Para a maré de quadratura, as salinidades se distribuíram entre 34,6‰ e 35,4‰, com frequência de 93% entre salinidades de 34,8‰ e 35,2‰
16m	A 16 metros do fundo a salinidade apresenta valores entre 35,6‰ e 36,2‰ em 94,4% das medições na quadratura e na sizígia entre 35,4‰ e 35,8‰, se apresentavam 91,6% das frequências mostrando em uma constância nos referidos parâmetros.	Na maré de sizígia, a distribuição da salinidade se deu entre 34,6‰ e 35,6‰, com frequência de 85,6% entre 35,2‰ e 35,6‰. Na maré de quadratura, as salinidades se distribuíram entre 34,6‰ e 35,6‰, com frequência de 81,4% entre 34,8‰ e 35,2‰.
18m	A 18 metros do fundo, já próximo à superfície, nas marés de quadratura a salinidade permaneceu entre 35,6‰ e 36,0‰, em 94,5% das medições, enquanto na sizígia, a salinidade se firmou entre 35,4‰ e 35,8‰ em 86,4% das medidas, notabilizando que a variação entre as duas marés é mínimas.	Na maré de sizígia, a distribuição da salinidade se fez entre 34,4‰ e 35,6‰, com frequência de 86,3% entre 35‰ e 35,4‰. Na maré de quadratura a distribuição das salinidades se deu entre 34,2‰ e 35,6‰, com frequência de 76,8% entre 34,6‰ e 34,8‰.



Ao lado dos estudos oceanográficos e da aplicação de modelos e metodologias matemáticas que determinem a melhor solução para a concepção de construção do emissário do concentrado, existe ainda a possibilidade do uso de dispositivos – difusores – que acelerem a homogeneização da salmoura com a água do mar.

No caso específico do Pecém, as correntes marítimas são muito favoráveis, pois além de apresentarem elevadas velocidades, especialmente incrementadas depois da construção do porto, são paralelas à praia.

No leito do mar, na região do Pecém, não há vegetação, mas apenas areia e rocha, de tal forma que não se pode cogitar de impacto à flora. Pela rapidez com que ocorre a homogeneização da salmoura com a água do mar e em decorrência da pequena área em que isto ocorre, os impactos à fauna podem ser descritos como desprezíveis.



6. ESTUDO DE DEMANDA

6 - ESTUDO DE DEMANDA

6.1 - INTRODUÇÃO

No intuito de dar destinação para a água produzida na Usina de Dessalinização, foram listadas inicialmente as seguintes alternativas:

- envasamento como água potável “mineral”, inclusive com mercado cativo da aquisição do Governo do Estado para consumo nas repartições públicas;
- abastecimento das necessidades das instalações portuárias do Pecém e dos navios;
- abastecimento da vila do Pecém;
- abastecimento da Vila da Taíba.

6.2 - ENVASAMENTO COMO ÁGUA MINERAL

As informações de produção de água mineral, no estado do Ceará, aqui utilizadas, têm como fonte os Anuários de Produção Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral.- DNPM do Ministério de Minas e Energia.

Quadro 6.1 - Produção de Água Mineral no Estado do Ceará

Anos	Volume Produzido (litros)
1999	114.239.957
2000	140.277.186
2001	126.408.000
2002	150.298.000
2003	117.178.000
2004	115.609.000
Média Anual	127.335.024

Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM

Para que se tenha um termo de comparação, transforma-se a produção anual de água mineral em vazão média contínua. A produção média anual de 127.335.024 litros equivale à vazão média contínua de 3,01 litros por segundo.

Pode-se afirmar que a produção de água mineral é superior à demanda, pois o Ceará é sede de importantes empresas envasadoras de água mineral. Embora não existam estatísticas confiáveis sobre importações e exportações, pode-se afirmar, pelo tipo de produto e pela relação valor/volume, que as exportações e as importações são pouco significativas no Estado. Como simplificação metodológica, pode-se aceitar que o mercado de água mineral do Ceará é igual à sua produção.

Por outro lado, a evolução da produção não mostra de forma clara uma tendência de crescimento. A produção de 2004 é pouco superior à de 1999, embora em 2002 tenha atingido o volume recorde de oferta.

Pela elevada competitividade existente neste mercado e por seu diminuto tamanho, entende-se que não vale a pena pensar em atendê-lo com parte da água dessalinizada produzida na Usina do Pecém. A entrada dessa produção poderia causar desequilíbrios no mercado.

Por outro lado, o consumo de água mineral nas repartições públicas estaduais é insignificante (em torno de 2000 litros por dia), em relação a este mercado, não assegurando o nível mínimo de garantia à Usina, para que possa ser realizado o investimento necessário.

Além do mais, não seria racional o Governo do Estado induzir um investimento que, certamente, iria dismantelar o segmento de produção e comercialização de água mineral no Estado.

Por todos esses motivos, esta alternativa foi abandonada.

6.3 - AS DEMANDAS DO PORTO E DOS NAVIOS

A segunda alternativa é o abastecimento das instalações portuárias do Pecém e dos navios que ali aportam.

As informações sobre o consumo de água do Porto do Pecém foram fornecidas pela CEARÁPORTOS, empresa administradora das instalações portuárias e responsável pelo abastecimento dos navios.

Quadro 6.2 - Consumo de Água do Porto do Pecém - 2005

Meses	Consumo (m ³ /mês)	Consumo (l/s)
Janeiro	1.812,3	0,68
Fevereiro	2.750,6	1,06
Março	1.676,7	0,63
Abril	1.359,1	0,52
Mai	1.980,9	0,74
Junho	1.630,9	0,63
Julho	1.752,9	0,65
Agosto	1.980,7	0,74
Setembro	2.930,1	1,13
Outubro	2.846,4	1,06
Novembro	1.961,3	0,76
Dezembro	2.047,9	0,76
Total Anual	24.729,80	0,78

Poder-se-ia estimar o crescimento do consumo de água do porto, incluindo-se o abastecimento dos navios, em 20% ao ano nos primeiros cinco anos, em 10% nos cinco anos seguintes e 5% nos demais. O resultado levaria ao seguinte cenário:

Quadro 6.3 - Projeção da Demanda de Água do Porto do Pecém

Anos	Demanda (l/s)
2007	1,12
2012	2,13
2017	3,28
2022	4,19
2027	5,35

A água consumida no Porto, como também a entregue aos navios é fornecida pela CAGECE, a partir do Sistema de Abastecimento da Vila do Pecém, descrito no Capítulo 7.

6.4 - DEMANDAS DA VILA DO PECÉM E DA TAÍBA

6.4.1 – PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO

O Censo Demográfico do IBGE, realizado em 2000, traz as seguintes informações sobre a população residente na Vila do Pecém e na Taíba:

Quadro 6.4 - População Residente em 2000

Especificação	Urbana	Rural	Total
Pecém	2.765	4.695	7.460
Taíba	2.775	1.136	3.911

Considerando-se apenas a população urbana e projetando-se seu crescimento com base na taxa de 3% ao ano para o Pecém e de 3,5% ao ano para a Taíba, ter-se-ia o seguinte cenário para o horizonte de 20 anos.

Quadro 6.5 - Projeção da População Urbana – 2007 / 2027

Especificação	Pecém	Taíba
2007	3.401	3.531
2012	3.942	4.193
2017	4.570	4.980
2022	5.298	5.915
2027	6.142	7.025

6.4.2 - CONSUMO “PER CAPITA”

Adotou-se a recomendação do Plano Diretor do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, desenvolvido no ano 2000 pela CV Engineering, que sugeriu o consumo “per capita” de 200 litros por habitante por dia.

6.4.3 - DEMANDA DE ÁGUA

Com base nas informações aqui reunidas, pode-se montar o seguinte cenário de demanda de água das localidades do Pecém e da Taíba, para o horizonte de projeto de 20 anos.

Quadro 6.6 – Demandas de Água das Vilas do Pecém e da Taíba

Anos	Pecém		Taíba	
	População	Demanda de Água (l/s)	População	Demanda de Água (l/s)
2007	3.401	7,9	3.531	8,2
2012	3.942	9,1	4.193	9,7
2017	4.570	10,6	4.980	11,5
2022	5.298	12,3	5.915	13,7
2027	6.142	14,2	7.025	16,3

6.5 - CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS

As projeções das demandas, elaboradas nos itens anteriores, estão consolidadas no Quadro 6.7, a seguir.

Quadro 6.7 - Demandas Estimadas até 2027

Anos	Pecém	Taíba	Porto	Total
2007	7,9	8,2	1,12	17,22
2012	9,1	9,7	2,13	20,93
2017	10,6	11,5	3,28	25,38
2022	12,3	13,7	4,19	30,19
2027	14,2	16,3	5,35	35,85

Como o povoado da Taíba não é servido por sistema de abastecimento de água, o suprimento com a água da Usina exigiria a construção de sistema de adução e de distribuição.

Já a Vila do Pecém tem sistema de adução e de distribuição, que chega até o porto, o que facilitaria o abastecimento a partir da Usina de Dessalinização.

Desta forma, aceita-se como possível mercado para a água produzida na Usina de Dessalinização a Vila do Pecém, o Porto e o suprimento dos navios. As demandas estimadas são, então, as seguintes:

Quadro 6.8 – Demandas Estimadas para a Vila do Pecém e Porto

Anos	Pecém	Porto	Total
2007	7,9	1,12	9,02
2012	9,1	2,13	11,23
2017	10,6	3,28	13,88
2022	12,3	4,19	16,49
2027	14,2	5,35	19,55



7 - ABASTECIMENTO D'ÁGUA DO PECÉM

7 - ABASTECIMENTO D'ÁGUA DO PECÉM

7.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo, faz-se breve descrição do sistema de abastecimento d'água do distrito do Pecém, em especial sobre a captação e o tratamento. Faz-se, também, uma análise superficial da produção, dos custos operacionais de captação e de tratamento da água e do faturamento pelo fornecimento de água.

O sistema de abastecimento da Vila do Pecém é de propriedade da CAGECE e por ela é administrado.

7.2 - MANANCIAL ATUAL

O manancial é a lagoa do Pecém, pequeno reservatório natural, do tipo lagoa interdunar. Não existem estudos hidrológicos da lagoa e não há informações sobre a capacidade de acumulação ou sobre suas vazões regularizadas. No entanto, até os dias atuais, o manancial foi suficiente para o atendimento das demandas do povoado e das instalações portuárias do Pecém.

Os estudos para o abastecimento do Complexo Industrial e Portuário do Pecém indicam o reforço na oferta de água para o Pecém com derivação de vazões do Sistema Adutor Sítios Novos.

Figura 7.1 - Vistas parciais da Lagoa do Pecém, fotos de fevereiro de 2006, podendo-se observar a acentuada depleção do reservatório.



7.3 - CAPTAÇÃO

A captação é composta por bombeadores ancorados em estruturas flutuantes (float cap), situados a cerca de 50 metros da margem da lagoa, com vazão de 15 l/s, altura manométrica de 14 m.c.a. e potência de 7,5 cv.

Figura 7.2 - Flutuadores da captação do Sistema de Abastecimento do Pecém.



7.4 – ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA

Para o trecho entre o flutuador e a margem da lagoa, a adução é feita em tubo PEAD PN-10, com diâmetro de 225 mm. Para o trecho em terra, a adução é feita em tubo de ferro fundido flangeado, com diâmetro de 200 mm.

Figura 7.3 – Sistema de Captação e de Adução de Água Bruta na Lagoa do Pecém.



7.5 – RELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA

O desnível geométrico é de 13,3 m, constituindo a diferença entre a cota da calha de saída do filtro (cota 28) e a cota do nível mínimo de água da lagoa (cota 14,7). As perdas de carga somam 0,56 m. Assim a altura manométrica da reelevatória de água bruta é de 13,86 mca. A potência do motor da reelevatória é de 7,5 CV.

7.6 - TRATAMENTO

O tratamento é realizado por filtração ascendente, utilizando filtros com diâmetros de 2,80 m, que constituem o padrão da CAGECE. O leito filtrante é de pedra e areia. Os filtros foram dimensionados para a vazão nominal de 7,5 l/s, com taxa de filtração de 120 m³/m²/dia.

O tratamento é realizado na ETA específica, que tem capacidade de tratamento de 15 l/s. A ETA é formada por três filtros rápidos ascendentes (tipo russo), pela casa de química e por um reservatório apoiado de 75.000 litros.

Figura 7.4 - Vista Parcial da ETA do Pecém.



7.7 – VOLUME PRODUZIDO E NÚMERO DE LIGAÇÕES

O volume produzido mensal (janeiro de 2006) foi de 17.873 metros cúbicos de água tratada. Admitindo-se que este volume foi produzido de forma contínua, tem-se que a vazão média de abastecimento foi de 6,7 l/s. Não foi informado o índice de perdas. Aparentemente, esse índice é alto, pois a diferença entre o volume tratado e o volume faturado é elevado.

As informações da CAGECE indicam a existência de 900 ligações ativas e 1.175 ligações reais.

7.8 - CUSTOS OPERACIONAIS MENSAIS

Atendendo solicitação da COGERH, a CAGECE forneceu informações sobre os custos operacionais do sistema de abastecimento d'água do Pecém, quanto aos segmentos de captação e de tratamento. Tais informações estão reunidas no Quadro 7.1, a seguir.

Quadro 7.1 – Custos Operacionais Mensais

Especificação dos Custos	Custos (R\$)
Mão de obra	1.458,79
Insumos para o tratamento	661,33
Água bruta (COGERH)	1.328,83
Energia	1.992,48
Custo Operacional Total	5.441,43

Considerando-se o valor atual do investimento na captação e na ETA em R\$700.000,00 e adotando-se para a manutenção anual o índice de 2,5%, tem-se o valor de R\$ 17.500,00 anuais. O valor mensal para a manutenção seria de R\$1.458,00.

Custos anuais de manutenção → R\$ 17.500,00

Custos mensais de manutenção → R\$ 1.458,00

Custos mensais de operação e de manutenção → R\$ 6.899,43

Dividindo-se o custo total pelo volume produzido, tem-se o custo unitário, que foi de R\$ 0,39 por metro cúbico, em janeiro de 2006.



7.9 - FATURAMENTO MENSAL E TARIFA MÉDIA

O faturamento total de janeiro de 2006 foi de R\$ 34.650,00 reais. Dividindo-se esta receita total pelo volume produzido, tem-se a tarifa média obtida, no mês, que foi de R\$ 1,94 por metro cúbico.



8 - PROJETO BÁSICO - TEXTO

8 PROJETO BÁSICO

8.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo constitui o projeto básico da Usina de Dessalinização da Água do Mar a ser implantada no Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP, no município de São Gonçalo do Amarante, no Estado do Ceará.

Em função das estruturas e externalidades existentes no CIPP, foi escolhida a captação da água do mar de forma direta (open intake), fazendo-se uso da ponte de acesso ao pier do porto como suporte para ancoragem do sistema de captação e de adução de água salgada e de disposição do concentrado.

O pré-tratamento da água de alimentação consta da adição periódica de metabissulfito de sódio, como agente redutor da taxa de oxigênio dissolvido, e de um sistema de filtração com retrolavagem, composto de filtros multimeios e de cartuchos.

O processo de dessalinização é realizado pelo método de osmose inversa, utilizando-se membranas. O sistema de osmose inversa funcionará em conjunto com um sistema de trocadores de pressão, objetivando a recuperação parcial da energia existente na corrente do concentrado.

Embora o processo produza água com qualidade dentro dos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde, faz-se uso de um processo de pós-tratamento no sentido equilibrar alguns parâmetros, conferindo elevada pureza ao produto final.

Inicialmente, previa-se a implantação da Usina em três fases, cada uma delas com vazões de 20 l/s de produção de água permeada (dessalinizada). No entanto, os estudos técnicos e econômicos, elaborados em fase anterior, indicaram que a melhor alternativa era instalar uma usina de menor porte, pelos custos envolvidos e em função da necessidade de desenvolver-se conhecimentos sobre as novas tecnologias ligadas aos processos de osmose reversa.

Desta forma, a SRH e a COGERH decidiram que o novo Projeto Básico fosse elaborado para a produção de 5 l/s de água permeada. Como o rendimento da usina é de 40%, faz-se necessária a captação de 12,5 l/s de água do mar para a alimentação da unidade.

O processo de dessalinização de águas salobras e salinas via osmose inversa vem mostrando resultados satisfatórios para atender a pequenas, médias e grandes comunidades em muitos países. Os Estados Unidos da América, a Espanha e países do Golfo Pérsico têm investido em muitas usinas de purificação e de dessalinização, com o uso de membranas, em especial para o abastecimento humano em áreas com escassez de água ou com prenúncio de desequilíbrio entre oferta e demanda.

Considerando o crescimento contínuo da demanda por água para o abastecimento humano e para o desenvolvimento, os cientistas e pesquisadores indicam a fonte inesgotável dos oceanos com alternativa de atendimento futuro, por meio do processo de osmose inversa, com o uso das modernas tecnologias ligadas aos sistemas de membranas.

No Brasil, o uso desse processo começou na década de 90, a partir do “Programa Água Boa” da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, que é coordenado tecnicamente pelo Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES), da Universidade Federal de Campina Grande. Atualmente, o LABDES investe no desenvolvimento de protótipos de equipamentos inteligentes e na formação de técnicos, mestres e doutores na área de dessalinização de águas, processos de tratamento de águas e produção de membranas. Além de contar com a experiência de projetos, para pequenas comunidades, tem projetado e instalado sistemas de grande porte de dessalinização de água do mar como, por exemplo, o do Arquipélago de Fernando de Noronha (PE), com capacidade de produção de 16,0 m³/h (4,4 l/s) para atender 2.600 habitantes, e o do Rio de Mariricu/São Mateus (ES), com capacidade de produção de 100 m³/h (27,8 l/s), que atende 25.000 habitantes da Ilha de Guriri.

A recuperação de energia a partir do aproveitamento da energia latente do concentrado gerado durante o processo de dessalinização reduz o consumo de energia na ordem de 4,5 a 5,0 kWh/m³, equivalendo a uma redução de aproximadamente 50% do consumo comparando-se com o mesmo sistema sem a implantação da recuperação da energia.

O estado do Ceará possui um potencial considerável de energia eólica e solar, que poderá também ser utilizado para fins de processos de dessalinização de água do mar. Atualmente, já existe tecnologia para dessalinização via osmose inversa, em unidades de pequeno porte, operando com energia eólica sem uso de baterias.

A unidade projetada, além de produzir água de excelente qualidade, poderá servir como disseminadora dos processos e das tecnologias empregadas, para a formação de técnicos especializados em processos de membranas e em gestão ambiental e social.

O custo da água do mar dessalinizada varia em função de muitos parâmetros, dentre os quais podem ser destacados: tipo de captação e descarga de água, pré-tratamento, tipo de energia utilizada, recuperação, pós-tratamento, mão de obra, manutenção, reposição de elementos de membranas, obras civis etc.

8.2 TAMANHO DA USINA

Inicialmente, a usina foi dimensionada de forma modulada, em três etapas de 20 l/s cada, até o tamanho de 60 l/s. Posteriormente, a SRH e a COGERH determinaram a reformulação dos estudos, fixando em 5 l/s de água permeada o tamanho da usina.

A Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém está projetada para a produção 5 l/s de água doce. Para este nível de produção, está dimensionado o número de elementos de membranas que é função do fluxo de água que as atravessa e que define a quantidade água que alimenta a membrana por área, normalmente expresso em litro por metro quadrado por hora (LMH) ou galão por pé

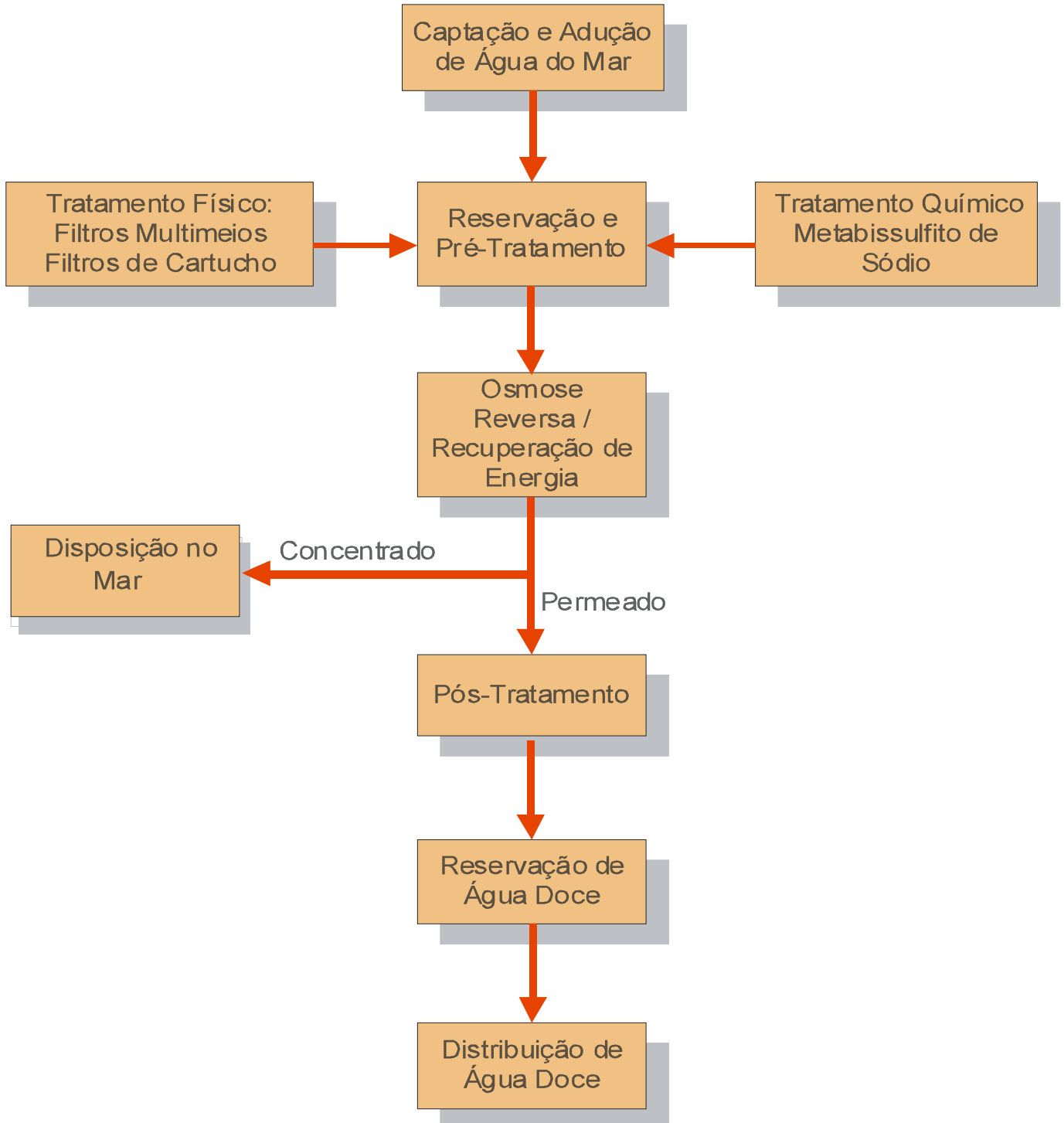
quadrado por dia (GFD). Para este caso foi utilizada a quantidade de 10,0 GFD (ou 16,8 LMH), compatível com a indicação técnica dos fabricantes de membranas.

8.3 ESQUEMA GERAL DOS PROCESSOS

Os processos envolvidos na Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém são os seguintes:

- Captação e adução da água do mar;
- Reservação de água salgada
- Pré-tratamento (Químico / Físico)
- Osmose Reversa (Dessalinização)
- Recuperação de Energia
- Disposição do Concentrado no mar
- Pós-tratamento do Permeado
- Reservação de água doce
- Distribuição de água doce

Figura 8.1 - Diagrama dos Processos



O processo de dessalinização da água do mar, via osmose inversa, produz duas correntes: o permeado e o concentrado. A concentração final de sólidos totais dissolvidos na corrente da água permeada depende do uso que se deseja para a água processada. No caso de água para consumo humano, a concentração total de sólidos deverá estar menor do que 400 mg/l, conforme os padrões de potabilidade da Portaria do Ministério da Saúde, nº 518, de 25 de março de 2004 (**Anexo 1**).

Antes de o concentrado retornar para o mar de forma tecnicamente adequada será dirigido para um trocador de pressão, com o objetivo de recuperação parcial da energia latente na corrente do concentrado.

8.4 RENDIMENTO DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO

Em termos médios, o rendimento da Usina de Dessalinização é de 40%, ou seja, bombeiam-se 100 unidades de volume de água do mar para que sejam conseguidas 40 unidades de água doce. No Quadro 8.1, apresenta-se à sinopse das vazões de captação, do permeado e do concentrado.

Quadro 8.1 - Vazões de Captação, do Permeado e do Concentrado

Parâmetros de Operação	Vazões	
	m ³ /h	l/s
Vazão de alimentação	45,0	12,5
Vazão média do permeado	18,0	5,0
Vazão média concentrado	27,0	7,5
Rendimento médio		40,0%

O projeto prevê os seguintes processos: captação da água do mar de forma direta (open intake) e adução até o reservatório de alimentação da usina; reservação de água salgada; pré-tratamento, composto de filtros multimeios e filtros de cartuchos; retrolavagem dos filtros multimeios; osmose inversa / recuperação de energia; pós-tratamento; reservação de água doce; emissão do concentrado de volta ao mar; sistemas de controle automático.

8.5 COMPOSIÇÃO DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO, DO PERMEADO E DO CONCENTRADO

Tomando como base as concentrações médias dos componentes presentes na água do mar, o Quadro 8.2 apresenta os valores da água de alimentação, do permeado, concentrado e os valores máximos permissíveis, de acordo com Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde. As variações de temperatura e turbidez da água, que podem ocorrer em função das condições climáticas, são parâmetros que influenciam a qualidade da água de alimentação, e conseqüentemente o desempenho do sistema.

Quadro 8.2 - Concentração dos elementos da água de alimentação, do permeado e do concentrado

Forma iônica (mg/l)	Alimentação (mg/l)	Concentrado (mg/l)	Permeado (mg/l)	VMP(*) (mg/l)
Cálcio	408	703	18,0	---
Magnésio	1.298	2.236	2,36	---
Sódio	10.768	18.515	71,4	200
Potássio	388,0	667,0	2,9	---
Bário	0,0	0,0	0,0	0,7
Estrôncio	0,0	0,0	0,0	---
Amônia	0,0	0,0	0,0	1,5
Ferro	0,0	0,0	0,0	0,3
Bicarbonato	143,0	103,0	53,0	---
Cloretos	19.380	33.419	115,0	250
Sulfatos	2.702	4.654	6,53	250
Nitrato	0,0	0,0	0,0	10,0
Fluoreto	0,0	0,0	0,0	1,5
Boro (***)	1,1	1,72	0,24	5,0
Sílica	15,0	25,8	0,12	---
Fosfato	0,5	0,86	0,0008	---
Carbonato	2,29	0,053	0,0093	---
STD	35.106	60.326	200 (**)	1.000
pH	7,8	6,21	6,5	

(*)VMP – Valor Máximo Permitido, conforme a Legislação Brasileira (Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde).

(**) – Sólidos Totais Dissolvidos obtidos a partir do simulador de membranas da TorayRO v 2.0.28.

(***) ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), Resolução RDC nº 274, de 22 de Setembro de 2005.

Para sistema de médio porte, como o aqui proposto, é recomendável a captação direta da água do mar (open intake), pelo mais fácil acesso e pela garantia de atendimento das vazões necessárias. Considerando essa opção de captação é recomendável a realização de levantamentos periódicos para detectar possíveis variações da qualidade da água em termos de concentração e dos componentes presentes no mar, temperatura, pH, a taxa de oxigênio, óleos e graxas, coliformes fecais etc.

O monitoramento das águas oceânicas na área do Terminal Portuário do Pecém vem sendo realizado pelo Instituto de Estudos e Projetos – IEPRO da Universidade Estadual do Ceará UECE e pela CEARÁPORTOS. Os resultados dos relatórios mostram que as variações da qualidade das águas encontram-se dentro de padrões da resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 (**Anexo II**).

De acordo com o artigo 5° da resolução CONAMA N° 357, acima citada, que trata da classificação das águas salinas (com salinidade igual ou superior a 30 ‰), as águas do mar nas cercanias do Porto do Pecém são classificadas como de Classe 3, destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Para as águas salinas de Classe 3, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece, no Art. 20, as seguintes condições e padrões:

“Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;

VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e

IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2unidades.”

De acordo com os dados dos relatórios monitoramento da CEARAPORTOS, a qualidade das águas oceânicas está sendo mantida, não havendo nenhum indício de degradação ambiental em virtude do movimento portuário. O **Anexo 3** é um dos relatórios de acompanhamento da qualidade das águas do Porto do Pecém – “Monitoramento das águas oceânicas na área do terminal portuário do Pecém, Fortaleza-2005”.

8.6 PROCESSOS DE PRODUÇÃO

8.6.1 - CAPTAÇÃO

A concepção e definição da captação da água do mar pressupõem o estudo e a análise das características físico-químicas, de dados oceanográficos e meteorológicos, da biologia marinha, da presença de poluentes, incrustantes, bem como informações sobre a navegação no local. Essas informações estão no Capítulo 5 – Ambiente Marinho.

O tipo e a forma de captação da água do mar para sistema de dessalinização via osmose reversa são pontos importantes para a definição dos processos de pré-tratamento da água de alimentação do sistema.

A escolha da forma de captação da água do mar para alimentar o sistema de osmose reversa é sempre uma decisão muito importante, que tem significativas implicações no desempenho, nos custos de operação e na vida útil do sistema.

A qualidade da água do mar é susceptível a uma vasta faixa de variação, em função de alguns parâmetros: sólidos suspensos, algas, bactérias, temperatura e mesmo a salinidade. As principais causas dessas variações incluem as deságuas dos rios ou resíduos municipais ou industriais, passagem de navios, variações das marés e das estações do ano.

A captação da água do mar pode, basicamente, ser realizada de duas formas distintas: captação direta (*open intake*) ou através de poços praianos (*beach wells*). A escolha de um dos dois tipos básicos estará na dependência das vazões requeridas, dos custos envolvidos, de aspectos ambientais, de aspectos ligados ao

paisagismo e ao uso da praia, topografia e geomorfologia do litoral, dentre muitos outros.

8.6.1.1 Poço de praia (beach well)

O projeto e a perfuração de poço na praia estão diretamente relacionados com a geomorfologia do local e com o potencial hidrogeológico. Geralmente, são usados poços de praia, quando a usina é de pequeno porte, com produção de pequenas vazões de permeado.

O numero de poços de praia para atender a demanda de um dado sistema de dessalinização dependerá da vazão nominal de cada poço. Normalmente, considera-se a vazão útil como 50% da vazão nominal.

A implantação de poços na praia com suas estruturas de extração e de adução de água enfeiam a paisagem e causam dificuldades ao uso do litoral para o lazer. Esta é uma desvantagem que deve ser levada em conta, na hora da tomada de decisão.

Mesmo nos poços de praia, a concentração dos sólidos totais dissolvidos (STD) pode variar significativamente em relação à água do mar. Dependendo da geoquímica do local, as concentrações podem ser semelhantes e até mesmo mais elevadas. A composição das águas superficiais e subterrâneas também pode interferir na qualidade da água.

Os poços de praia também apresentam problemas como qualquer outro tipo de captação. O desempenho do poço está diretamente relacionado com sua operação e manutenção em geral. Corrosão e outros problemas são resultados da alta concentração dos componentes da água do mar. Dependendo da construção do poço a qualidade da água pode sofrer variações. Desenvolvimento de organismos, formação de concentrações de minerais, incrustação na tela do poço e diminuição da vazão, estes são os principais pontos que podem afetar o desempenho do poço.

8.6.1.2 Captação direta (*open intake*)

Existem várias formas de captação direta da água do mar, cada uma delas com peculiaridades próprias. A seguir são descritas, de maneira sucinta, as formas mais comuns de captação direta no mar.

8.6.2 CANAL DE APROXIMAÇÃO

Dependendo da topografia do local, pode-se construir um canal ligando o mar a um reservatório, situado na praia. Esse tipo de captação tem a desvantagem da grande probabilidade de desenvolvimento de atividades biológicas na água do reservatório, devido à sua exposição ao ar e à luz. Neste caso, o pré-tratamento necessário seria bem mais complexo, no intuito de manter o controle da vida marinha, o que oneraria os custos desse segmento do processo. A cloração seria uma medida indicada para o controle do processo de desenvolvimento de atividades biológicas, no entanto os resíduos de cloro devem ser removidos da água, antes do processo de dessalinização.

8.6.3 CAPTAÇÃO FLUTUANTE

Em áreas remotas, como ilhas, onde não existem estruturas disponíveis, a captação da água do mar pode ser realizada através de sistemas flutuantes, que oferecem condições de captar água de boa qualidade. Este tipo só é viável para pequenas captações, pelo custo das estruturas flutuantes e de suas manutenções, especialmente em mar aberto. Em águas calmas, como baías e enseadas, o custo pode ser minimizado.

8.6.4 CAPTAÇÃO ANCORADA EM ESTRUTURA PRÉ-EXISTENTE

Quando já existem estruturas (pontes, piers, molhes etc) próximas ao local de instalação da usina, pode ser conveniente captar a água do mar a partir de sistema de bombeamento ancorado sobre as mesmas. Nesses casos, a instalação do sistema de captação pode ser facilitada, com menores custos e garantindo a alimentação do sistema com água de boa qualidade.

Esse é exatamente o caso da localização da Usina objeto deste projeto, dentro do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, junto às estruturas do próprio porto.

A água do mar captada dessa forma pode ser obtida com boa qualidade e com o adequado controle de vida marinha. Outro item importante é a operacionalidade para a manutenção de equipamentos de bombeamento e de adução.

O uso de tubos de concreto para captar água não é recomendado devido a sua porosidade servir como local de proliferação da vida marinha. Os tubos poliméricos flexíveis recomendados são do tipo ABS (Estireno Butadieno Acrilonitrila), PEAD (Polietileno de Alta Densidade). A parte do tubo que fica submersa na água do mar não deve ser de tubos de PVC (Policloreto de Venila) ou de FRP (Poliéster de Fibra Reforçado), devido suas fragilidades.

8.6.4.1 Definição da captação da água do mar no Porto do Pecém

A captação da água para alimentar o sistema de dessalinização está prevista diretamente do mar (*open intake*), tomando como suporte colunas e vigas de sustentação da ponte de acesso ao “pier” do Porto do Pecém, conforme mostra, de forma esquemática, a Figura 8.2.

A captação da água do mar deve ser realizada com no mínimo 1,5 m de distância da superfície do assoalho mar e 3,0 m abaixo do nível da maré baixa.

Para o caso deste projeto, a altura da captação da água do mar ficará a 4,0 metros a partir do assoalho do mar. Isso implica a uma distância média de 6,0 metros da superfície da água do mar. O tubo de captação deverá ser fixado com abraçadeiras de metal do tipo aço inox 316L ou similar, junto à coluna de concreto.

8.6.4.2 Sistema de Bombeamento (Estação Elevatória de Água Salgada – EE-AS)

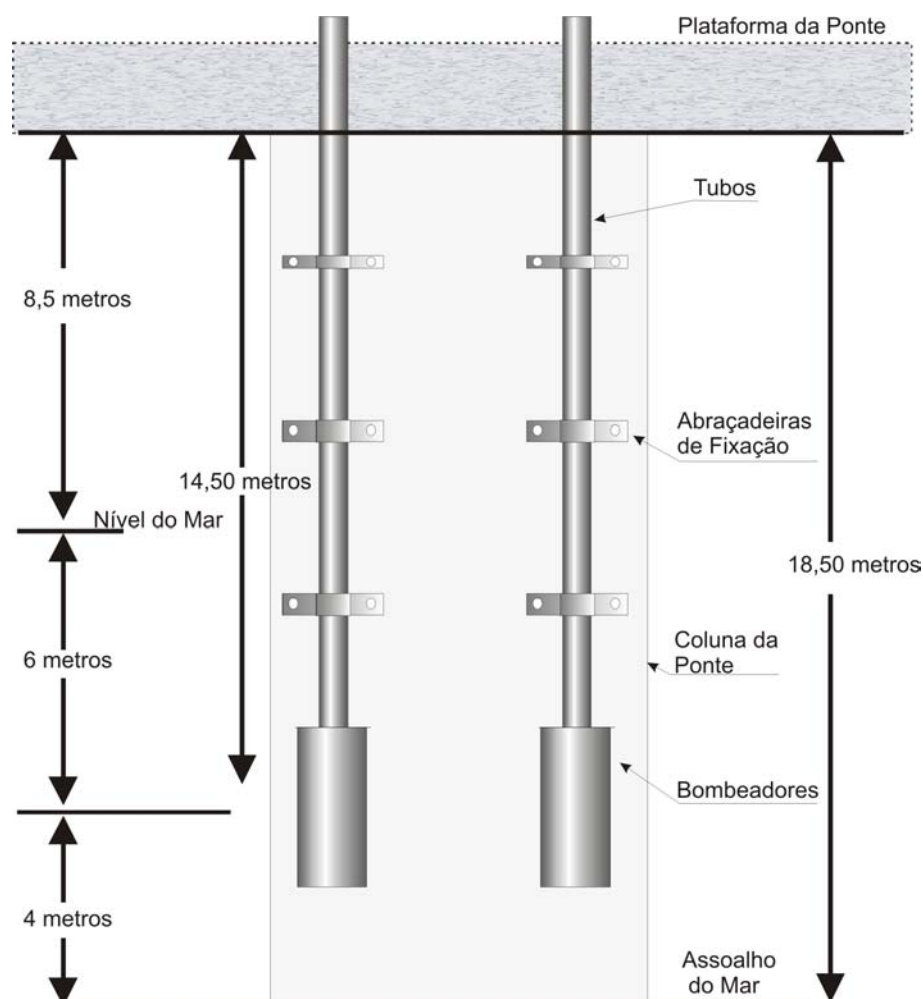
A bomba selecionada é do tipo submersa, multi-estágio, centrífuga de eixo vertical. Para o sistema de produção de 5 l/s de água permeada, faz-se necessária a

captação de 12,5 l/s, já que o rendimento do processo de dessalinização é de 40%. Foram projetadas duas bombas, sendo uma ativa e outra de reserva, com as seguintes principais características individuais:

- Vazão: 12,5 l/s; 45 m³/h;
- Altura manométrica: 32 MCA
- Material da bomba: aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr 904 L AISI ou material com características semelhantes
- Material do rotor: aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr 904 L AISI ou material com características semelhantes
- Motor: 7,5 CV trifásico 440 V
- Fator de potência: 0,80
- Rotação: 3450 rpm
- Material do motor; aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr 904 L AISI ou material com características semelhantes

Optou-se em projetar bombas com motores de maior voltagem como compensação pelo acionamento à distância.

Figura 8.2 - Desenho esquemático da captação



8.6.5 ADUTORA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SALGADA (AD-AS)

A adutora de captação de água salgada – AD-AS – divide-se em dois trechos: o primeiro inicia-se ancorado na coluna da ponte de acesso ao píer até a plataforma da ponte pela parte externa. Daí em diante, a adutora segue ancorada no tubo de descarga do emissário da Termelétrica, até a praia. (Figura 8.3) No segundo trecho, já fora da zona de arrebenção, a adutora segue enterrada até o reservatório de água salgada, no terreno da Usina.

As especificações da adutora principal são as seguintes:

Trecho 1

Material: PEAD

Comprimento: 700 m

Diâmetro: 160 mm

Vazão: 12,5 ls

Trecho 2

Material: PVC DEFoFo

Comprimento: 1.168 m

Diâmetro: 200 mm

Vazão: 12,5 ls

Figura 8.3 – Tubulação do Emissário da Termelétrica do Pecém



8.6.6 RESERVAÇÃO DE ÁGUA SALGADA

A reservação de água salgada projetada tem as funções de controle liga/desliga das bombas, de compensação inter-horária (2 horas) para cobertura de falhas do sistema e para operações de manutenção.

A água armazenada não pode ter contato com a luz, para evitar o desenvolvimento de vida vegetal, por meio de reações fotossintéticas. Deve ser construída uma janela de visita/inspeção para limpeza periódica.

O reservatório de água salgada tem as seguintes características:

Capacidade: 100 m³

Material construtivo: concreto com revestimento interno de epóxi ou similar.

Tipo: apoiado/semienterrado

O reservatório de água salgada foi projetado, tirando-se proveito do desnível do terreno, através da otimização de corte e aterro.

8.6.7 PRÉ-TRATAMENTO

8.6.7.1 Pré-tratamento e Qualidade da Água do Mar

A especificação e o dimensionamento do sistema e dos processos de pré-tratamento da água salgada estão diretamente relacionados às características e à qualidade da água do mar. Considerando-se que, no caso deste projeto, optou-se pela captação direta da água no mar, foi necessário analisar a qualidade da água em termos de concentração iônica e vida aquática, visando qualificar e quantificar os produtos que serão utilizados para controlar as concentrações dos componentes que possam produzir incrustações na superfície das membranas.

Como fonte para tais definições foram usadas as análises contidas nos relatórios “Monitoramento das Águas Oceânicas na Área do Terminal Portuário do Pecém – Consolidação Anual – 2005”, elaborados pela CEARÁPORTOS –

Companhia de Integração Portuária do Ceará e pela Universidade Estadual do Ceará, por meio do Instituto de Estudos, Pesquisa e Projeto – IEPRO. (**Anexo 3**).

Foram também lavadas em consideração, informações constantes dos estudos oceanográficos contratados pelo Governo do Estado do Ceará a diversas entidades públicas e empresas privadas de consultoria.

As informações disponíveis indicam que a água no mar do Pecém é de boa qualidade, com tendência à estabilidade, não havendo qualquer indício de poluentes na área. Os controles estabelecidos pela CEARAPORTOS têm apresentado os resultados esperados de conservação da qualidade intrínseca da água do mar.

Desta forma, pela ausência de poluentes ou de contaminantes específicos, o sistema de pré-tratamento projetado é o usual e objetiva preparar a água salgada para a entrada no processo de osmose reversa, com o objetivo principal de proteger as membranas do fenômeno da incrustação (fouling).

8.6.7.2 Tipos de Pré-Tratamento

O sistema de pré-tratamento pode ser segmentado em dois tipos:

- (a) Químico e
- (b) Físico

O uso de substâncias químicas no pré-tratamento da água salgada (água de alimentação), dependerá do grau de solubilidade dos componentes presentes na água.

O pré-tratamento físico é composto de um conjunto de filtros, os quais se classificam da seguinte forma:

- (a) Filtros de multimeios e
- (b) Filtros de cartucho

A determinação do número de filtros de cartuchos e de multimeios é obtida em função da vazão de alimentação requerida e da própria qualidade da água de alimentação.

8.6.7.3 Tratamento químico

A experiência sobre os tratamentos químicos tem levantado muita discussão sobre suas eficiência e conveniência. Há pesquisadores que defendem a minimização do uso de produtos químicos no pré-tratamento, tais como acidificantes, anti-incrustantes, bissulfito de sódio, coagulantes, etc. As grandes companhias que instalam sistemas de dessalinização para água do mar relatam que têm encontrado mais problemas operacionais nos sistemas de dessalinização via osmose reversa, por causa do uso de produtos químicos do que com aqueles que não fazem o uso deles.

Considerando que a água do mar apresenta potencial de formação de incrustação a partir do carbonato de cálcio (CaCO_3), indica-se o uso dos modernos anti-incrustantes ou dispersantes ou de ambos. De modo geral, a literatura indica o uso da prática do ajuste do pH para o controle da precipitação de sais solúveis na superfície da membrana.

No sentido de evitar o uso inadequado ou mesmo excessivo de produtos químicos no pré-tratamento após o sistema de filtros multimeios é recomendável periodicamente adicionar metabissulfito de sódio (agente oxidante) para reduzir a concentração de oxigênio dissolvido. A planilha de dados do sistema, apresentada no final deste capítulo, mostra que devem ser injetados 20 mg/l de metabissulfito de sódio na água de alimentação. Como a vazão de alimentação é de 12,5 l/s, a injeção de metabissulfito de sódio será de 21,6 kg por dia.

Outra forma econômica de controlar a incrustação de matéria biológica e/ou inorgânica na membrana é através de um jato de água dessalinizada (*flushing*) na alimentação dos elementos de membranas. Essa etapa pode ser programada para ser realizada durante o processo de dessalinização.

Para o caso da Usina do Pecém, o pré-tratamento químico se resume na injeção de metabissulfito de sódio e de um inibidor (anti-incrustante). A dosagem de produtos químicos anti-incrustantes, colocadas na água de alimentação, é de 3 mg/l na corrente de alimentação (12,5 l/s), para minimizar a concentração de carbonato de cálcio na alimentação, evitando assim sua incrustação nas membranas. O consumo diário será de 3,1 litros de anti-incrustantes. Nesse caso o pH da água é ajustado para 6,0 na alimentação.

As características da bomba dosadora dos produtos químicos do pré-tratamento são as seguintes:

Vazão máxima: 12,2 l/dia

Potência do motor: 0,1 kW ou ¼ HP

Material: aço inoxidável

8.6.7.4 Filtro Multimeios

O conjunto de filtros multimeios tem o papel de reter substâncias orgânicas e em suspensão. Os filtros multimeios são acompanhados com um sistema de lavagem, no sentido de aumentar sua vida útil e evitar a proliferação de bactérias e outros tipos de contaminantes.

Os filtros multimeios são constituídos por um leito de filtração, formado por uma ou mais camadas de substâncias sólidas de granulometrias diferentes, sendo mais comuns: areia, carvão mineral, silicato e pedrisco.

O melhor desempenho da filtração é alcançado de acordo com ordem de cada substância filtrante no interior do filtro. Normalmente, os grãos maiores de baixa densidade ficam no topo do leito com pelo menos uma camada de grãos menores de alta densidade. Durante o processo de filtração as partículas maiores que se encontram em suspensão são removidas pela camada de menor densidade, deixando as partículas de menor tamanho para serem filtradas pela de maior densidade. Esse tipo de filtração opera com uma velocidade de $1,35 \times 10^{-3}$ l/s/cm²

(20,0 gal/min./pe²) e sua melhor eficiência para remover pequenas partículas ocorre na faixa de $2,1 \times 10^{-4}$ a $3,4 \times 10^{-4}$ l/s/cm² ou (3,0 a 5,0 gal/min./pe²) (McPerson, 1981).

A ordem da seqüência das substâncias que formam o leito filtrante, em função de suas granulometrias e densidades, tem outro papel importante durante a lavagem do leito (backwash), a qual ocorre no sentido contrário ao de sua alimentação. Isto implica em uma desordem no leito, com o propósito de romper as interfases para remover as substâncias filtradas. Ao terminar a lavagem, as camadas filtrantes voltam para suas posições em função de suas propriedades físicas.

Sendo a vazão de alimentação do sistema de dessalinização do Pécem de 12,5 l/s, há necessidade de 2 filtros multimeios de 2,44 metros de diâmetro cada, apresentando uma área de 4,67 m². Esse projeto leva a uma carga nominal de 4,82 m³/h/m² (1,97 gal/min/pe²).

Figura 8.4 – Corte Lateral de um Filtro Multimeios



Os filtros multimeios podem ser fabricados em fibra de vidro, em aço carbono com revestimento de epóxi ou mesmo em aço inoxidável, no formato de tanques verticais. O sistema de condução da água sob pressão deve funcionar nos dois sentidos – filtração e retrolavagem. As conexões devem ser de PVC 80 ou produto semelhante. Os filtros devem ter válvulas automáticas de alívio, porta de drenagem e dreno manual de água.

A bomba de alimentação dos filtros multimeios tem as seguintes principais características:

Vazão: 12,5 l/s

Altura manométrica total: 41 mca

Potência do motor: 15 kW (20 HP)

Material: aço inoxidável

A lavagem e enxágüe dos filtros multimeios pode ser realizada com água do mar. Para tanto, há necessidade de uma bomba de retrolavagem (backwash). A retrolavagem pode ser realizada durante 10 minutos com, aproximadamente, 0,32 metros cúbicos por hora por metro quadrado de filtro.

A lavagem pode ser de controle automático ou manual. Considerando que a temperatura é um parâmetro que pode provocar a variação da vazão, durante a lavagem dos filtros, o controle manual, às vezes, se faz necessário. Quando a temperatura aumenta, a vazão deve ser aumentada para suspender todo o leito dos filtros. Por outro lado, quando a temperatura da água diminui, há necessidade de reduzir a vazão para evitar perda de material filtrante.

A bomba de retrolavagem tem as seguintes características principais:

Vazão: 12,5 l/s

Altura manométrica total: 41 mca

Potência do motor: 15 kw (20 HP)

Material: Aço inoxidável

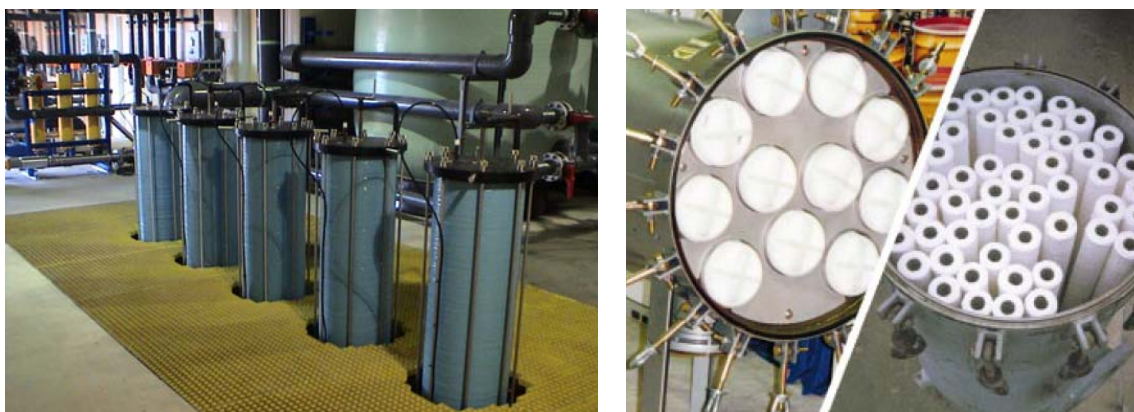
8.6.7.5 Filtros de cartucho

Os filtros de cartucho mais comuns são de microfibras de polipropileno, de 5 microns, em configuração horizontal ou vertical. A vantagem dos filtros de configuração vertical é que ocupa menor área na usina, para a mesma quantidade de superfície filtrante.

Os filtros de cartucho são instalados logo após aos filtros multimeios, com a função de “polir” a água de alimentação, antes de levá-la ao conjunto de elementos de membranas.

Para atender a vazão de alimentação do sistema de 12,5 l/s, o sistema necessita de 2 conjuntos de filtros de cartuchos, cada um composto de 22 elementos de 1,0 metro de comprimento cada, com capacidade de carga de 1,02 m³/h/elemento de filtro.

Figura 8.5 - Filtros de Cartucho, vistas externa e interna.



8.6.8 BOMBA DE ALTA PRESSÃO

A bomba de alta pressão tem por finalidade levar a água salgada pré-tratada através dos elementos de membrana, forçando a osmose reversa que resulta na formação do permeado.

A bomba de alta pressão deve ser resistente à ação corrosiva e agressiva da água salgada, construída em aço inoxidável ou material com características semelhantes.

Como está previsto um trem (skid) de elementos de membranas, está também projetada uma bomba de alta pressão, com as seguintes principais características:

Tipo: centrífuga multiestágio

Material: aço inoxidável ou semelhante

Vazão: 5 l/s

Altura manométrica total: 563 mca

Potência do motor: 40 CV

Do pressuposto de que o sistema necessita de uma vazão de alimentação de 12,5 L/s e que a bomba de alta pressão contribui com 5 L/s, a outra parcela é suprida pelo sistema de trocador de pressão (PX), que corresponde a 7,5 L/s totalizando, assim, 12,5 L/s.

8.6.9 SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA

O sistema de recuperação de energia, com um trocador de pressão, trabalha em paralelo com a bomba de alta pressão, acionado por uma bomba auxiliar.

O sistema de recuperação de energia gera as seguintes economias:

- Reduz os tamanhos da bomba de alta pressão e seu motor, diminuindo a taxa de bombeamento para aproximadamente a da vazão do permeado;
- Gera um baixo custo de consumo de energia;
- Permite a bomba operar com energia elétrica ou a diesel;
- Mantém a pressão residual no concentrado.

Os trocadores de pressão devem ser construídos em aço inox A16NX (ou similar) de alta pressão (Schedule 80). A bomba de auxílio (booster), também em aço inoxidável, é controlada fazendo-se uso de inversor de frequência.

O esquema do funcionamento do sistema de recuperação de energia pode ser visto na Figura 8.6, a seguir. O sistema de recuperação de energia com trocador de pressão (PX) consegue recuperar cerca de 55% da energia do concentrado.

A bomba de reforço (booster) do sistema de recuperação de energia tem as seguintes principais características:

Vazão: 7,5 l/s

Altura manométrica total: 561 mca

Potência do motor: 2,9 kW (3 HP)

Material: aço inoxidável ou material semelhante

Figura 8.6 - Diagrama de Fluxo – Sistema de Alta Pressão e de Recuperação de Energia

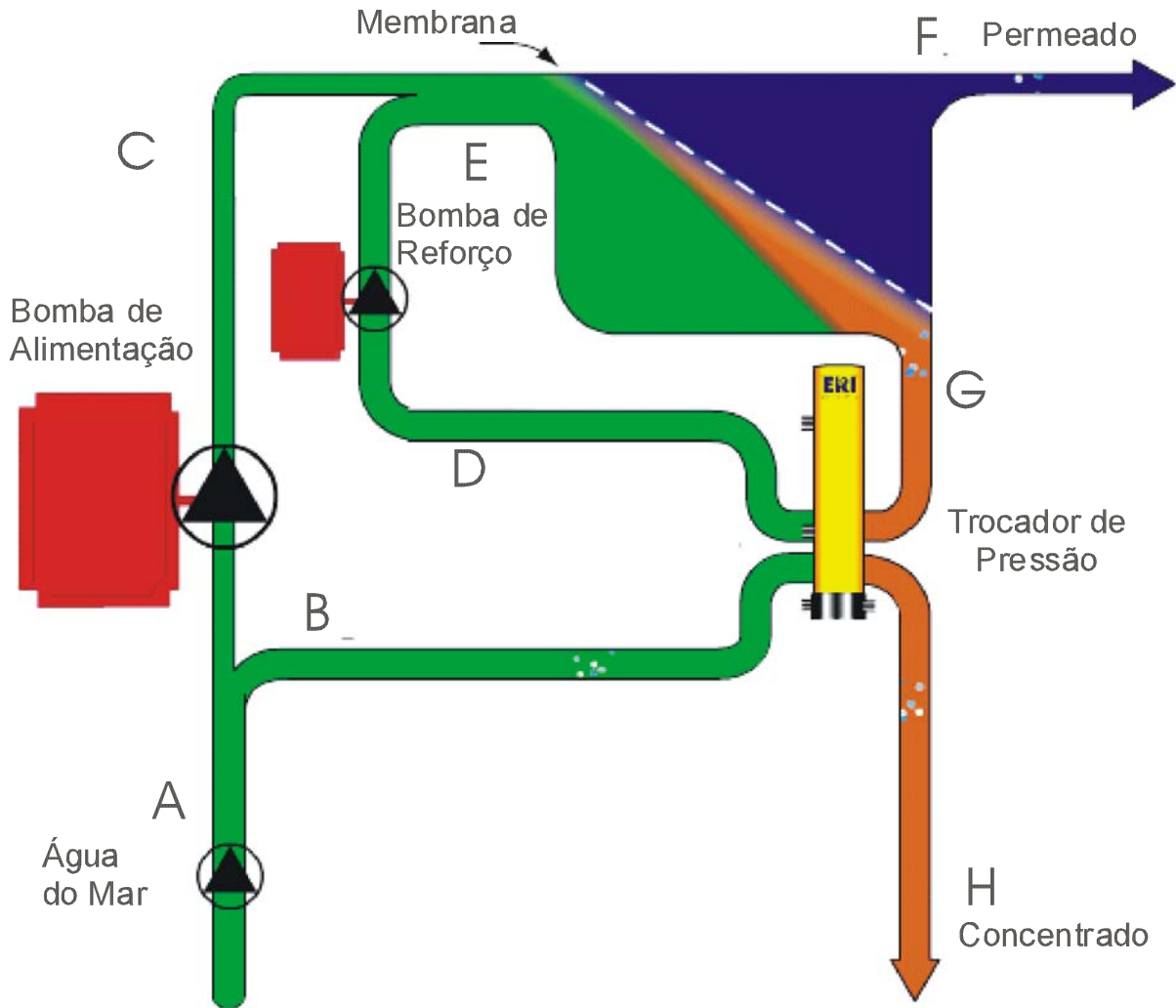


Tabela de Fluxo l/s							
A	B	C	D	E	F	G	H
12,50	7,50	5,00	7,50	12,50	5,00	7,50	7,50

8.6.10 SISTEMA DE MEMBRANAS

O trem do sistema de elementos de membrana será composto por 5 vasos de pressão, sendo que cada um deve conter 6 elementos de membrana, totalizando 30 elementos de membranas, com produção diária de 432.000 litros de água doce.

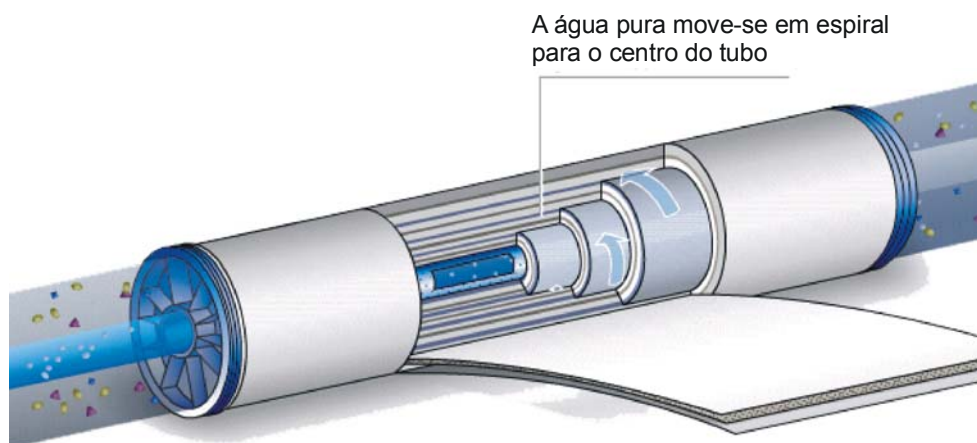
8.6.10.1 Elementos de Membrana

Existem vários tipos de elementos de membranas de diferentes fabricantes que podem ser utilizados para fins dessalinização de água do mar. O Quadro 8.3 apresenta dados técnicos de elementos de membranas de dois fabricantes, que podem ser utilizados na Usina do Pecém.

Quadro 8.3 - Dados técnicos de dois elementos de membranas.

Modelo	Diâmetro pol. (mm)	Área de membrana pé ² (m ²)	Rejeição de Sal %	Vazão do Permeado gal/min. (m ³ /d)
A	8" (203,2)	400 (37)	99,75	7.500 (28)
B	7,9" (201)	400 (37)	99,75	7.500 (28)

Figura 8.7 – Elementos de membranas dispostas em espiral.



8.6.10.2 Vasos de alta pressão

Os vasos de alta pressão podem ser do tipo de conexão lateral (sideport connection) de preferência com um espaçador que permita o serviço de manutenção isolado, ou do tipo saída no final do vaso (endport).

Foi projetado um trem contendo 5 vasos de alta pressão, cada um recebendo 6 elementos de membrana, totalizando 30 elementos por trem. O projeto mostra que o conjunto de trem com 5 vasos de alta pressão produz 5 l/s de permeado.

Figura 8.8 – Vaso de alta pressão



8.6.11 FLUSHING AUTOMÁTICO

O sistema de dessalinização deverá contar com o apoio de um sistema automático do tipo *flushing* (jato) para “expulsar” a água do mar remanescente nos elementos de membranas, logo após sua parada e/ou durante o processo. Essa prática evita a formação de incrustação ou corrosão durante os períodos em que o sistema pode ficar parado.

A bomba de limpeza das membranas (*flushing*) tem as seguintes principais características:

Vazão: 12,5 l/s

Altura manométrica total: 41 mca

Potência do motor: 15 kW (20 HP)

Material: aço inoxidável

8.6.12 - CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO

A planta deve ser munida de um alto grau de automação que permita ao operador, de forma presencial ou remota, visualizar e controlar o funcionamento da

planta. Para alguns sistemas é necessário também que haja a possibilidade de operação manual ou automática, isto tudo, gerenciado por um Controlador Lógico Programável (CLP) robusto que se comunicará com todos os dispositivos inteligentes, tais como: Transmissores de Pressão, Nível, Vazão, Fluxo, pH, etc. O CLP, através de suas entradas e saídas digitais e analógicas e as suas topologias de rede embarcadas, comandará a abertura e fechamento de válvulas, partida e parada de motores, bombas etc.

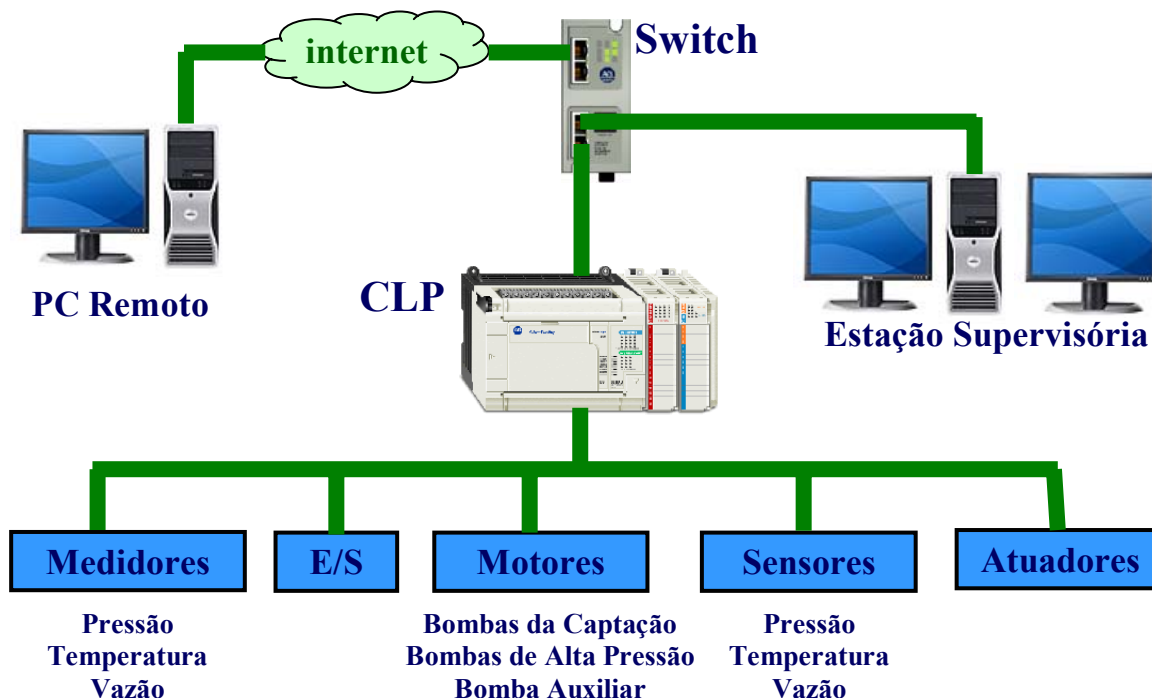
Além do CLP, se faz necessário também o uso de interfaces homem-máquina (IHM) na sala das máquinas, na sala de bombas de captação e na sala de controle. As duas primeiras interfaces são IHM sensível ao toque (touch screen) por onde os operadores visualizam valores das medições e seus pré-ajustes ou fazem as correções necessárias ao funcionamento da planta. A IHM da sala de controle é do tipo supervisório, instalado em um computador dedicado que se comunica com o CLP, possibilitando assim, monitoração e ou controle de todas as variáveis da planta, respeitando para tanto, uma hierarquia criada por vários níveis de senhas de acesso que vão desde a gerência até um visitante.

Todas as variáveis importantes da planta tais como: temperatura, vazão do permeado e concentrado, pressões de entrada e saídas dos elementos de filtros de cartuchos e membranas, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico etc, devem apresentar um indicador local e transmissor que chegará ao CLP via rede e esse disponibiliza ao Sistema de Supervisão.

8.6.13 PÓS-TRATAMENTO

O pós-tratamento da água dessalinizada depende da qualidade da água de alimentação do sistema. Para o presente projeto, a água do mar pode ser acidificada no pré-tratamento para reduzir o potencial de incrustação nas superfícies das membranas. Dependendo da aplicação do permeado, a água pode passar por um pós-tratamento, através de adição de carbonato de cálcio, no sentido de elevar o potencial hidrogeniônico e conseqüentemente minimizar sua capacidade de corrosão.

Figura 8.9 – Diagrama do Sistema de Controle Lógico Programável.



Para fins de consumo humano, deve-se também adicionar um agente oxidante do tipo hipoclorito de sódio para evitar a proliferação de bactérias e outros tipos de organismos de ordem patogênica. A capacidade volumétrica de cada tanque de polietileno das soluções diárias dos pós-tratamento é de 454,0 litros.

As quantidades que devem ser dosadas por dia, durante o processo, são as seguintes:

Hipoclorito de sódio: 5,41 litros

Silicato de Sódio: 2,6 kg

Carbonato de Cálcio: 8,7 kg

Para a incorporação desses produtos no sistema de pós-tratamento são necessárias três bombas dosadoras, com as seguintes principais características:

Vazão máxima: 22 l/dia

Altura manométrica total: 0

Potência do motor: 0,1 kW (1/4 HP)

Material: aço inoxidável

8.6.14 DISPOSIÇÃO DO CONCENTRADO

O processo de dessalinização via osmose reversa produz duas correntes: permeado e concentrado. O concentrado é também conhecido como salmoura (*brine*) ou rejeito (*reject*).

Em geral, para dessalinização da água do mar, os sistemas operam com uma recuperação de 40%. Isso significa que dos 100% da vazão de alimentação do sistema, 40% resultam em água doce e 60% serão convertidos em concentrado, que é devolvido ao mar, possibilitando a rápida dissolução devido ao seu pequeno volume em relação ao enorme volume de água do mar.

Para realizar corretamente a disposição do concentrado no mar, foram realizados os seguintes estudos: batimetria do local; direções das correntes marítimas durante as estações do ano; o levantamento das marés; e a dispersão da pluma.

A disposição do concentrado será realizada por tubulação ancorada no emissário da termelétrica. A figura 8.10 mostra o emissário da termelétrica, onde será ancorada a adutora do concentrado.

A adutora do concentrado divide-se em dois trechos o primeiro inicia-se na usina e segue até o início da ponte de acesso ao píer, neste trecho a adutora segue enterrada, no segundo trecho a área passa a ser área e fica ancorada ao emissário de esgoto da siderúrgica até o ponto de descarga.

As características da adutora do concentrado são as seguintes:

Trecho 1

Material: PVC DEFoFo

Comprimento: 33,26 m

Diâmetro: 300 mm

Trecho 2

Material: PVC DEFoFo

Comprimento: 1.138,88 m

Diâmetro: 200 mm

Vazão: 7,5 l/s

Trecho 3

Material: PEAD

Comprimento: 500 m

Diâmetro: 125 mm

Vazão: 7,5 l/s

Como a Usina será construída em terreno em cota elevada, o concentrado será devolvido ao mar de forma gravitatoria, sem necessidade de reservação nem de bombeamento.

O monitoramento das tubulações do concentrado deve fazer parte das atividades de operação e manutenção do sistema, visando não apresentar nenhuma chance de agressão e danos para o sistema de dessalinização, meio ambiente e a vida marinha.

O Quadro 8.4 apresenta as vazões e concentrações salinas da água do mar, da água dessalinizada e do concentrado (salmoura).

Quadro 8.4 - Usina de Dessalinização do Pecém – Água de Alimentação, Permeada e Concentrada

Unidades	Captação	Água Tratada	Salmoura
	Vazões		
l/s	12,50	5,00	7,50
m ³ /h	45,00	18,00	27,00
m ³ /dia	1.080,00	432,00	648,00
	Sal		
t/dia	37,914	0,076	37,838
	Concentração salina (TDS)		
g/l	35,106	0,176	58,393

Figura 8.10 - Vista Parcial da Ponte de Acesso ao Pier, com a Tubulação do Emissário da Termelétrica





9 - ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA

9 - ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA

9.1 - INTRODUÇÃO

Para atender os termos de referência, a VBA levantou, inicialmente, os custos de implantação, de manutenção e de operação de uma usina de 20 l/s. No entanto, como ficou evidente, no Capítulo 6 – Estudos de Demanda, que o mercado atual apontava para uma usina de, no máximo, 10 l/s de produção de água dessalinizada, a VBA recebeu orientação da SRH e da COGERH para levantar os custos dos investimentos, de manutenção e de operação para três tamanhos de planta: 20, 10 e 5 l/s.

9.2 – CUSTO DA PLANTA DE 20 L/S

9.2.1 – INVESTIMENTOS

Os investimentos necessários para a implantação da Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém, com capacidade de processamento para 20 l/s de água potável, foram compostos da seguinte forma:

Quadro 9.1 - Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém – Módulo de 20 l/s Investimentos – R\$ 1,00

item	Especificação	20 l/s
1	Captação de água marinha	880.000,00
2	Adução de Água Salgada até o Reservatório de Água Salgada	590.000,00
3	Reservatório de Água Salgada	340.000,00
4	Reelevatória de água salgada	180.000,00
5	Sistema de Osmose Reversa com Recuperação de Energia	3.520.000,00
6	Reservatório de Água Produzida (Permeado)	380.000,00
7	Emissário do Concentrado	505.000,00
8	Construções civis	1.225.000,00
9	Sistema Elétrico	400.000,00
	TOTAL	8.020.000,00

Para a análise de recuperação dos investimentos foram considerados três cenários: a recuperação total dos investimentos, a recuperação parcial dos investimentos (25%) e a não recuperação dos investimentos.

Foram também considerados os seguintes parâmetros: vida útil do projeto de 20 anos e taxa de desconto de 6% ao ano.

Para o módulo de 20 l/s, a produção anual seria de 630.720 metros cúbicos de água dessalinizada.

Com essas premissas colocadas, ter-se-iam os seguintes custos unitários da água produzida para a necessária recuperação do investimento:

Quadro 9.2 – Recuperação do Investimento

Especificação	Valor em R\$
Custo do m ³ para recuperação de 100% do investimento	1,11
Custo do m ³ para recuperação de 25% do investimento	0,28

Obviamente, com todo o investimento afundado, o custo unitário da água produzida seria zero.

9.2.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Para a manutenção da Usina, foi considerada a necessidade de gastos anuais equivalentes a 3% do investimento total. Dessa forma, o custo anual total de manutenção seria de R\$ 240.600,00. Já o custo unitário por metro cúbico seria de R\$ 0,38.

9.2.3 – CUSTO OPERACIONAL DE PRODUÇÃO

Para a composição dos custos operacionais de produção foram levados em conta: custos de energia; custos de pessoal; custos de insumos; outros custos.

O custo mensal de energia apurado foi de R\$ 36.163,00, resultando no custo unitário por metro cúbico de R\$ 0,69.

O custo mensal de pessoal estimado foi de R\$ 16.245,00, determinando o custo unitário de R\$ 0,31 por metro cúbico de água produzida.

O gasto mensal com insumos foi calculado em R\$ 16.223,00, que significa um custo unitário de R\$ 0,31 por metro cúbico de água dessalinizada.

Os demais gastos foram agrupados e somaram R\$ 1.200,00 por mês, o que representa o custo unitário de R\$ 0,02 por metro cúbico de permeado.

O Quadro 9.3 apresenta as parcelas dos custos operacionais, bem como os custos unitários de produção.

Quadro 9.3 - Custos Operacionais de Produção do módulo de 20 l/s

Especificação	Custo Mensal R\$	Custo Anual R\$	Produção Anual m ³	Custo Unitário R\$/m ³
Energia	36.163	433.952	630.720	0,69
Pessoal	16.245	194.940	630.720	0,31
Insumos	16.223	194.676	630.720	0,31
Outros	1.200	14.400	630.720	0,02
Total	69.831	837.968	630.720	1,33

O custo operacional mensal foi estimado em R\$ 69.831,00 e o custo anual em R\$837.968,00. O custo operacional unitário da água produzida está estimado em R\$ 1,33 por metro cúbico.

9.2.4 – CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO

Levando-se em consideração os custos dos investimentos (com recuperação de 100%), de manutenção e de operação da Unidade de 20 l/s, temos os seguintes custos unitários da água dessalinizada por metro cúbico.

Quadro 9.4 - Custos Unitários em R\$ / m3

Com recuperação de 100% do Investimento	Planta de 20 L/s
Custo para recuperação de 100% do investimento	1,11
Custo para manutenção	0,38
Custo operacional de produção	1,33
Total	2,82

Considerando-se a recuperação de apenas 25% do investimento e mais os custos totais de manutenção e de operação da Unidade de 20 l/s, temos no Quadro 9.5 os custos unitários da água produzida.

Quadro 9.5 - Custos Unitários em R\$ / m³

Com recuperação de 25% do Investimento	Planta de 20 l/s
Custo para recuperação de 25% do investimento	0,28
Custo para manutenção	0,38
Custo operacional de produção	1,33
Total	1,99

Sem levar em conta a recuperação do capital, ou seja, considerando-se totalmente afundados os investimentos, temos os seguintes custos unitários:

Quadro 9.6 - Custos Unitários em R\$ / m³

Sem recuperação do Investimento	Planta de 20 l/s
Custo sem recuperação do investimento	-
Custo para manutenção	0,38
Custo operacional de produção	1,33
Total	1,71

Em resumo, temos que o custo por metro cúbico da água produzida na Planta de 20 l/s terá os seguintes valores, em função do nível que for fixado para a recuperação do investimento:

Quadro 9.7 - Custo Unitário da Água Produzida – R\$ / m³

Especificação	R\$ / m³
Custo com recuperação de 100% do investimento	2,82
Custo com recuperação de 25% do investimento	1,99
Custo sem recuperação do investimento	1,71

9.3 – CUSTO DA PLANTA DE 10 L/S

9.3.1 – INVESTIMENTOS

Os investimentos necessários para a implantação da Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém, no tamanho de 10 l/s, foram compostos da seguinte forma:

Quadro 9.8 - Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém – Módulo de 10 l/s Investimentos – R\$ 1,00

Item	Investimentos	Planta de 10 l/s
1	Captação de água marinha	616.000,00
2	Adução de Água Salgada até o Reservatório de Água Salgada	413.000,00
3	Reservatório de Água Salgada	238.000,00
4	Reelevatória de água salgada	126.000,00
5	Sistema de Osmose Reversa com Recuperação de Energia	2.112.000,00
6	Reservatório de Água Produzida (Permeado)	266.000,00
7	Emissário do Concentrado	353.500,00
8	Construções civis	918.750,00
9	Sistema Elétrico	280.000,00
	Total em R\$	5.323.250,00

Para a análise da recuperação dos investimentos foram considerados três cenários: a recuperação total dos investimentos, a recuperação parcial dos investimentos (25%) e a não recuperação dos investimentos.

Foram também considerados os seguintes parâmetros: vida útil do projeto de 20 anos e taxa de desconto de 6% ao ano.

Para o módulo de 10 l/s, a produção anual seria de 315.360 metros cúbicos de água dessalinizada.

Com essas premissas colocadas, ter-se-iam os seguintes custos unitários da água produzida para a necessária recuperação do investimento:

Quadro 9.9 – Recuperação de Investimentos

Especificação	Valor em R\$
Custo do m ³ para recuperação de 100% do investimento	1,47
Custo do m ³ para recuperação de 25% do investimento	0,37

Obviamente, com todo o investimento afundado, o custo unitário da água produzida seria zero.

9.3.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Para a manutenção da Usina, foi considerada a necessidade de gastos anuais equivalentes a 3% do investimento total. Dessa forma, o custo anual total de manutenção seria de R\$ 159.697,50. Já o custo unitário por metro cúbico seria de R\$ 0,51.

9.3.3 – CUSTO OPERACIONAL DE PRODUÇÃO

Para a composição dos custos operacionais de produção foram levados em conta: custos de energia; custos de pessoal; custos de insumos; outros custos.

O custo mensal de energia apurado foi de R\$ 24.975,00, resultando no custo unitário por metro cúbico de R\$ 0,95.

O custo mensal de pessoal estimado foi de R\$ 11.780,00, determinando o custo unitário de R\$ 0,45 por metro cúbico de água produzida.

O gasto mensal com insumos foi calculado em R\$ 7.905,00, que significa um custo unitário de R\$ 0,30 por metro cúbico de água dessalinizada.

Os demais gastos foram agrupados e somaram R\$ 800,00 por mês, o que representa o custo unitário de R\$ 0,03 por metro cúbico de permeado.

O Quadro 9.10 apresenta as parcelas dos custos operacionais, bem como os custos unitários de produção.

Quadro 9.10 - Custos Operacionais de Produção do módulo de 10 l/s

Especificação	Custo Mensal R\$	Custo Anual R\$	Produção Anual m³	Custo / Produção R\$/m³
Energia	24.975	299.700	315.360	0,95
Pessoal	11.780	141.360	315.360	0,45
Insumos	7.905	94.860	315.360	0,30
Outros	800	9.600	315.360	0,03
Total	45.460	545.520	315.360	1,73

O custo operacional mensal foi estimado em R\$ 45.460,00 e o custo anual em R\$ 545.520,00. O custo operacional unitário da água produzida está estimado em R\$ 1,73 por metro cúbico.

9.3.4 – CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO

Levando-se em consideração os custos dos investimentos (com recuperação de 100%), de manutenção e de operação da unidade de 10 l/s, temos os seguintes custos unitários da água dessalinizada por metro cúbico.

Quadro 9.11 - Custos Unitários em R\$ / m³

Com recuperação de 100% do Investimento	Planta de 10 L/s
Custo para recuperação de 100% do investimento	1,47
Custo para manutenção	0,51
Custo operacional de produção	1,73
Total	3,71

Considerando-se a recuperação de apenas 25% do investimento e mais os custos totais de manutenção e de operação da Unidade de 10 l/s, temos no Quadro 2,5 os custos unitários da água produzida.

Quadro 9.12 - Custos Unitários em R\$ / m³

Com recuperação de 25% do Investimento	Planta de 10 l/s
Custo para recuperação de 25% do investimento	0,37
Custo para manutenção	0,51
Custo operacional de produção	1,73
Total	2,60

Sem levar em conta a recuperação do capital, ou seja, considerando-se totalmente afundados os investimentos, temos os seguintes custos unitários:

Quadro 9.13 - Custos Unitários em R\$ / m³

Sem recuperação do Investimento	Planta de 10 l/s
Custo sem recuperação do investimento	---
Custo para manutenção	0,51
Custo operacional de produção	1,73
Total	2,24

Em resumo, ter-se-ia que o custo por metro cúbico da água produzida na Planta de 10 l/s assumiria os seguintes valores, em função do nível que for fixado para a recuperação do investimento:

Quadro 9.14 - Custo Unitário da Água Produzida

Especificação	R\$ / m³
Custo com recuperação de 100% do investimento	3,71
Custo com recuperação de 25% do investimento	2,60
Custo sem recuperação do investimento	2,24

9.4 – CUSTO DA PLANTA DE 5 L/S

9.4.1 – INVESTIMENTOS

Os investimentos necessários para a implantação da Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém, para o processamento de 5 l/s foram compostos da seguinte forma:

Quadro 9.15 - Usina de Dessalinização de Água do Mar do Pecém – Módulo de 5 l/s Investimentos – R\$ 1,00

Item	Investimentos	Planta de 5 l/s
1	Captação de água marinha	431.200,00
2	Adutora de Água Salgada até o Reservatório de Água Salgada	289.100,00
3	Reservatório de Água Salgada	166.600,00
4	Reelevatória de água salgada	88.200,00
5	Sistema de Osmose Reversa com Recuperação de Energia	1.267.200,00
6	Reservatório de Água Produzida (Permeado)	186.200,00
7	Emissário do Concentrado	247.450,00
8	Construções civis	689.062,50
9	Sistema Elétrico	196.000,00
	Total em R\$	3.561.012,50

Para a análise foram considerados três cenários: a recuperação total dos investimentos, a recuperação parcial dos investimentos (25%) e a não recuperação dos investimentos.

Foram também considerados os seguintes parâmetros: vida útil do projeto de 20 anos e taxa de desconto de 6% ao ano.

Para o módulo de 5 l/s, a produção anual será de 315.360 metros cúbicos de água dessalinizada.

Com essas premissas colocadas, ter-se-iam os seguintes custos unitários da água produzida para a necessária recuperação do investimento:

Quadro 9.16 – Custo Unitário para a Recuperação do Investimento

Especificação	Valor em R\$
Custo do m ³ para recuperação de 100% do investimento	1,97
Custo do m ³ para recuperação de 25% do investimento	0,49

Obviamente, com todo o investimento afundado, o custo unitário da água produzida seria zero.

9.4.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Para a manutenção da Usina, foi considerada a necessidade de gastos anuais equivalentes a 3% do investimento total. Dessa forma, o custo anual total de manutenção seria de R\$ 106.830,38. Já o custo unitário por metro cúbico seria de R\$ 0,68.

9.4.3 – CUSTO OPERACIONAL DE PRODUÇÃO

Para a composição dos custos operacionais de produção foram levados em conta: custos de energia; custos de pessoal; custos de insumos; outros custos.

O custo mensal de energia apurado foi de R\$ 15.091, resultando no custo unitário por metro cúbico de R\$ 1,15.

O custo mensal de pessoal estimado foi de R\$ 8.360,00, determinando o custo unitário de R\$ 0,64 por metro cúbico de água produzida.

O gasto mensal com insumos foi calculado em R\$ 4.028,00, que significa um custo unitário de R\$ 0,31 por metro cúbico de água dessalinizada.

Os demais gastos foram agrupados e somaram R\$ 500,00 por mês, o que representa o custo unitário de R\$ 0,04 por metro cúbico de permeado.

O Quadro 3.3 apresenta as parcelas dos custos operacionais, bem como os custos unitários de produção.

Quadro 9.17 - Custos Operacionais de Produção do módulo de 5 l/s

Especificação	Custo Mensal R\$	Custo Anual R\$	Produção Anual m ³	Custo / Produção R\$/m ³
Energia	15.091	181.092	157.680	1,15
Pessoal	8.360	100.320	157.680	0,64
Insumos	4.028	48.336	157.680	0,31
Outros	500	6.000	157.680	0,04
Total	27.979	335.748	157.680	2,13

O custo operacional mensal foi estimado em R\$ 27.979,00 e o custo anual em R\$ 335.748,00. O custo operacional unitário da água produzida está estimado em R\$ 2,13 por metro cúbico.

9.4.4 – CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO

Levando-se em consideração os custos dos investimentos (com recuperação de 100%), de manutenção e de operação da Unidade de 5 l/s, ter-se-iam os seguintes custos unitários da água dessalinizada por metro cúbico.

Quadro 9.18 - Custos Unitários em R\$ / m3

Com recuperação de 100% do Investimento	Planta de 5 L/s
Custo para recuperação de 100% do investimento	1,97
Custo para manutenção	0,68
Custo operacional de produção	2,13
Total	4,78

Considerando-se a recuperação de apenas 25% do investimento e mais os custos totais de manutenção e de operação da Unidade de 5 l/s, tem-se no Quadro 9.19 os custos unitários da água produzida.

Quadro 9.19 - Custos Unitários em R\$ / m3

Com recuperação de 25% do Investimento	Planta de 5 l/s
Custo para recuperação de 25% do investimento	0,49
Custo para manutenção	0,68
Custo operacional de produção	2,13
Total	3,30

Sem levar em conta a recuperação do capital, ou seja, considerando-se totalmente afundados os investimentos, tem-se os seguintes custos unitários:

Quadro 9.20 - Custos Unitários em R\$ / m³

Sem recuperação do Investimento	Planta de 5 l/s
Custo sem recuperação do investimento	-
Custo para manutenção	0,68
Custo operacional de produção	2,13
Total	2,81

Em resumo, tem-se que o custo por metro cúbico da água produzida na Planta de 10 l/s terá os seguintes valores, em função do nível que for fixado para a recuperação do investimento:

Quadro 9.21 - Custo Unitário da Água Produzida R\$ / m³

Especificação	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	4,78
Custo com recuperação de 25% do investimento	3,30
Custo sem recuperação do investimento	2,81

9.5 – RESUMO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DA ÁGUA DESSALINIZADA

O quadro seguinte apresenta os custos unitários de produção para os diversos cenários de recuperação de investimentos e de tamanho da planta de dessalinização.

Quadro 9.22 - Custo Unitário da Água Produzida R\$ / m³

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	2,82	3,71	4,78
Custo com recuperação de 25% do investimento	1,99	2,60	3,30
Custo sem recuperação do investimento	1,71	2,24	2,81

Para viabilizar a operação da Usina, deve-se sobrepor ao custo de produção os valores equivalentes aos impostos e ao lucro da operadora. Estima-se em 25% incidente sobre o custo de produção o percentual necessário para cobrir tais itens.

Quadro 9.23 - Custo Unitário Total da Água Produzida R\$ / m³

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	3,53	4,64	5,93
Custo com recuperação de 25% do investimento	2,49	3,25	4,13
Custo sem recuperação do investimento	2,14	2,80	3,51

9.6 – LIMITAÇÃO DA PRODUÇÃO PELA DEMANDA

Os custos seriam os apresentados nos itens anteriores, caso as plantas produzissem 20, 10 e 5 litros por segundo de água dessalinizada. No entanto, a demanda atual para a água produzida foi limitada a 9,02 litros por segundo.

Neste item, serão calculados os custos unitários reais da água produzida. Nos dois primeiros tamanhos de usina (20 e 10 l/s), a produção real seria de 9,02 l/s. No terceiro caso (5 l/s), a produção seria de fato de 5 l/s.

9.6.1 – PLANTA DE 20 L/S

Embora a planta tenha capacidade de produzir 20 l/s, ou 630.720 m³ por ano, a restrição de demanda (9,02 l/s), reduz a produção anual a 284.455 m³.

Os novos valores unitários da água para a recuperação do investimento estão no Quadro 9.24, a seguir.

Quadro 9.24 – Recuperação do Investimento

Especificação	Valor em R\$
Custo do m ³ para recuperação de 100% do investimento	2,46
Custo do m ³ para recuperação de 25% do investimento	0,62

Para cobrir os custos de manutenção, o custo da água é de R\$ 0,84.

Os custos operacionais de produção estão no Quadro 9.25, a seguir. Considera-se que o custo de pessoal é o item influenciado diretamente pela restrição de demanda.

Quadro 9.25 - Custos Operacionais de Produção do módulo de 20 l/s

Especificação	Custo Mensal R\$	Custo Anual R\$	Produção Anual m ³	Custo Unitário R\$/m ³
Energia	36.163	433.952	284.455	0,69
Pessoal	16.245	194.940	284.455	0,69
Insumos	16.223	194.676	284.455	0,31
Outros	1.200	14.400	284.455	0,02
Total	69.831	837.968	284.455	1,71

Somando-se os custos unitários (de recuperação do investimento, de manutenção e de operação) tem-se que:

Quadro 9.26 - Custo Unitário da Água Produzida – R\$ / m³

Especificação	R\$ / m ³
Custo com recuperação de 100% do investimento	5,01
Custo com recuperação de 25% do investimento	3,17
Custo sem recuperação do investimento	2,55

9.6.2 – PLANTA DE 10 L/S

Embora a planta tenha capacidade de produzir 10 l/s, ou 315.360 m³ por ano, a restrição de demanda (9,02 l/s), reduz a produção anual a 284.455 m³.

Os novos valores unitários da água para a recuperação do investimento estão no Quadro 9.27, a seguir.

Quadro 9.27 – Recuperação do Investimento

Especificação	Valor em R\$
Custo do m ³ para recuperação de 100% do investimento	1,63
Custo do m ³ para recuperação de 25% do investimento	0,41

Para cobrir os custos de manutenção, o custo da água é de R\$ 0,56.

Os custos operacionais de produção estão no Quadro 9.25, a seguir. Considera-se que o custo de pessoal é o item influenciado diretamente pela restrição de demanda.

Quadro 9.28 - Custos Operacionais de Produção do módulo de 100 l/s

Especificação	Custo Mensal R\$	Custo Anual R\$	Produção Anual m ³	Custo Unitário R\$/m ³
Energia	36.163	433.952	284.455	0,95
Pessoal	16.245	194.940	284.455	0,50
Insumos	16.223	194.676	284.455	0,30
Outros	1.200	14.400	284.455	0,03
Total	69.831	837.968	284.455	1,78

Somando-se os custos unitários (de recuperação do investimento, de manutenção e de operação) tem-se que:

Quadro 9.29 - Custo Unitário da Água Produzida – R\$ / m³

Especificação	R\$ / m ³
Custo com recuperação de 100% do investimento	3,97
Custo com recuperação de 25% do investimento	2,75
Custo sem recuperação do investimento	2,34

9.6.3 – PLANTA DE 5 L/S

A planta de 5 l/s não é atingida pela restrição de demanda que é maior que sua capacidade de produção. Desta forma, os custos levantados no item 9.4 permanecem válidos, sendo apenas aqui repetidos.

Quadro 9.30 - Custo Unitário da Água Produzida R\$ / m³

Especificação	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	4,78
Custo com recuperação de 25% do investimento	3,30
Custo sem recuperação do investimento	2,81

9.7 – RESUMO DOS CUSTOS UNITÁRIOS COM RESTRIÇÃO DE DEMANDA

O quadro seguinte apresenta os custos unitários de produção para os diversos cenários de recuperação de investimentos e de tamanho da planta de dessalinização. Estes custos estão relacionados com o nível real de produção, limitada à demanda real atual de 9,02 l/s.

Quadro 9.31 - Custo Unitário da Água Produzida R\$ / m³

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	5,01	3,97	4,78
Custo com recuperação de 25% do investimento	3,17	2,75	3,30
Custo sem recuperação do investimento	2,55	2,34	2,81

Para viabilizar a operação da Usina, deve-se sobrepor ao custo de produção os valores equivalentes aos impostos e ao lucro da operadora. Estima-se em 25% incidente sobre o custo de produção o percentual necessário para cobrir tais itens.

Quadro 9.32 - Custo Unitário Total da Água Produzida R\$ / m³

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	6,26	4,96	5,93
Custo com recuperação de 25% do investimento	3,96	3,44	4,13
Custo sem recuperação do investimento	3,19	2,93	3,51

9.8 – EQUALIZAÇÃO DOS CUSTOS DA USINA COM A TARIFA DA CAGECE

Como a tarifa média praticada pela CAGECE é de R\$ 1,94 por metro cúbico, necessária se faz a equalização entre esta tarifa e os custos reais de produção da Usina, para cada cenário, ou seja, para os três níveis de recuperação de investimentos e para cada tamanho de planta. Em cada uma das situações, importa calcular a diferença entre o custo efetivo de produção da água dessalinizada e a tarifa praticada pela CAGECE.

Esta equalização é o caminho indicado a ser seguido, caso a própria CAGECE venha a operar a Usina.

Quadro 9.33 - Equalização entre os Custos da Usina e a Tarifa da CAGECE

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	1,94-6,26=-4,32	1,94-4,96=-3,02	1,94-5,93=-3,99
Custo com recuperação de 25% do investimento	1,94-3,96=-2,02	1,94-3,44=-1,50	1,94-4,13=-2,19
Custo sem recuperação do investimento	1,94-3,19=-1,25	1,94-2,93=-0,99	1,94-3,51=-1,57

No quadro seguinte, são apresentados os valores anuais, referentes aos vários cenários, necessários para a equalização entre a tarifa da CAGECE e os custos unitários da Usina.

Quadro 9.34 - Equalização Anual entre os Custos da Usina e a Receita da CAGECE

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	1.228.846	859.054	628.354
Custo com recuperação de 25% do investimento	574.599	426.682	344.530
Custo sem recuperação do investimento	355.569	281.610	247.951

Convertendo-se os valores de anuais para mensais, ter-se-iam os seguintes dados:

Quadro 9.35 - Equalização Mensal entre os Custos da Usina e a Receita da CAGECE

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	102.404	71.588	52.362
Custo com recuperação de 25% do investimento	47.883	35.557	28.710
Custo sem recuperação do investimento	29.631	23.468	20.662

9.9 – EQUALIZAÇÃO ENTRE O CUSTO DA CAGECE E O DA USINA

Caso não seja a CAGECE a operadora da Usina, caberia equalizar seus custos atuais de compra de água bruta e de tratamento com os custos de produção de água dessalinizada. Os custos de operação apurados de pagamento à COGERH, de captação e de tratamento somados aos de manutenção do sistema de captação e de tratamento são de R\$ 0,39. Os quadro seguinte mostra os valores necessários à equalização em cada um dos cenários de recuperação de investimentos e de tamanho da planta de dessalinização.

Quadro 9.36 - Equalização entre os Custos da Usina e da CAGECE

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	0,39-6,26=-5,87	0,39-4,96=-4,57	0,39-5,93=-5,54
Custo com recuperação de 25% do investimento	0,39-3,96=-3,57	0,39-3,44=-3,05	0,39-4,13=-3,74
Custo sem recuperação do investimento	0,39-3,19=-2,80	0,39-2,93=-2,54	0,39-3,51=-3,12

No próximo quadro, estão apresentados os valores anuais a serem despendidos para a equalização dos custos.

Quadro 9.37 - Equalização Anual entre os Custos da Usina e os da CAGECE

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	1.669.751	1.299.959	872.759
Custo com recuperação de 25% do investimento	1.015.504	867.588	588.935
Custo sem recuperação do investimento	796.474	722.516	492.356

Os gastos mensais necessários para a equalização dos custos estão alinhados no quadro a seguir.

Quadro 9.38 - Equalização Mensal entre os Custos da Usina e os CAGECE

Especificação	Planta de 20 l/s	Planta de 10 l/s	Planta de 5 l/s
Custo com recuperação de 100% do investimento	139.146	108.330	72.730
Custo com recuperação de 25% do investimento	84.625	72.299	49.078
Custo sem recuperação do investimento	66.373	60.210	41.030

9.10 – CENÁRIOS PARA A TOMADA DE DECISÃO

9.10.1 – EQUALIZAÇÃO ENTRE CUSTOS DA USINA E TARIFA DA CAGECE, SEM RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO

No Quadro 9.39 são alinhadas as variáveis mais importantes para a tomada de decisão sobre a implantação da Usina, para cada tamanho de planta: custos unitários de produção da usina, investimentos e os dispêndios necessários para a equalização entre os custos da usina e a tarifa da CAGECE.

O dispêndios mensais equivalem ao total de recursos necessários para a equalização dos custos de produção em relação à tarifa média da CAGECE, ou seja, quanto será o prejuízo mensal ao se comparar o custo da água desalinizada com o faturamento do abastecimento da vila do Pecém e do Porto do Pecem.

Quadro 9.39 – Custo Unitário de Produção, Investimento e Dispêndio Mensal

Planta	Custo de Produção (R\$/m ³)	Investimento (R\$)	Dispêndio Mensal (R\$)*
20 l/s	3,19	8.020.000	29.631
10l/s	2,93	5.323.250	23.468
5l/s	3,51	3.561.013	20.662

9.10.2 – EQUALIZAÇÃO ENTRE CUSTOS DA USINA E OS CUSTOS DE OPERAÇÃO DA CAGECE, SEM RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO

No Quadro 9.40 são alinhadas as variáveis mais importantes para a tomada de decisão sobre a implantação da Usina, para cada tamanho de planta: custos unitários de produção da usina, investimentos e os dispêndios necessários para a

equalização entre os custos da Usina e os custos de operação da CAGECE na ETA da vila do Pecém.

O dispêndios mensais equivalem ao total de recursos necessários para a equalização dos custos de produção da usina em relação aos custos de operação da CAGECE, ou seja, quanto será o prejuízo mensal ao se comparar o custo da água desalinizada com o custo atual da água para abastecimento da vila e do porto do Pecém.

Quadro 9.40 – Custo Unitário de Produção, Investimento e Dispêndio Mensal

Planta	Custo de Produção (R\$/m3)	Investimento (R\$)	Dispêndio Mensal (R\$)*
20 l/s	3,19	8.020.000	66.373
10l/s	2,93	5.323.250	60.210
5l/s	3,51	3.561.013	41.030



ANEXOS



ANEXO I – PORTARIA N° 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004, MINISTÉRIO DA SAÚDE



MINISTÉRIO DA SAÚDE

PORTARIA N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004

Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

O MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE, no uso de suas atribuições e considerando o disposto no Art. 2º do Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977,

RESOLVE:

Art. 1º Aprovar a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, na forma do Anexo desta Portaria, de uso obrigatório em todo território nacional.

Art. 2º Fica estabelecido o prazo máximo de 12 meses, contados a partir da publicação desta Portaria, para que as instituições ou órgãos aos quais esta Norma se aplica, promovam as adequações necessárias a seu cumprimento, no que se refere ao tratamento por filtração de água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização e da obrigação do monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas.

Art. 3º É de responsabilidade da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal a adoção das medidas necessárias para o fiel cumprimento desta Portaria.

Art. 4º O Ministério da Saúde promoverá, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS, a revisão da Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano estabelecida nesta Portaria, no prazo de 5 anos ou a qualquer tempo, mediante solicitação devidamente justificada de órgãos governamentais ou não governamentais de reconhecida capacidade técnica nos setores objeto desta regulamentação.

Art. 5º Fica delegada competência ao Secretário de Vigilância em Saúde para editar, quando necessário, normas regulamentadoras desta Portaria.

Art. 6º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

HUMBERTO COSTA

NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

CAPÍTULO I DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Esta Norma dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece seu padrão de potabilidade e dá outras providências.

Art. 2º Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Art. 3º Esta Norma não se aplica às águas envasadas e a outras, cujos usos e padrões de qualidade são estabelecidos em legislação específica.

CAPÍTULO II DAS DEFINIÇÕES

Art. 4º Para os fins a que se destina esta Norma, são adotadas as seguintes definições:

I. água potável – água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;

II. sistema de abastecimento de água para consumo humano – instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão;

III. solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano – toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical;

IV. controle da qualidade da água para consumo humano – conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição;

V. vigilância da qualidade da água para consumo humano – conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende à esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana;

VI. coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

VII. coliformes termotolerantes - subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

VIII. *Escherichia Coli* - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa,

não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;

IX. contagem de bactérias heterotróficas - determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0, \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas;

X. cianobactérias - microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde; e

XI. cianotoxinas - toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, incluindo:

a) microcistinas - hepatotoxinas heptapeptídicas cíclicas produzidas por cianobactérias, com efeito potente de inibição de proteínas fosfatases dos tipos 1 e 2A e promotoras de tumores;

b) cilindrospermopsina - alcalóide guanidínico cíclico produzido por cianobactérias, inibidor de síntese protéica, predominantemente hepatotóxico, apresentando também efeitos citotóxicos nos rins, baço, coração e outros órgãos; e

c) saxitoxinas - grupo de alcalóides carbamatos neurotóxicos produzido por cianobactérias, não sulfatados (saxitoxinas) ou sulfatados (goniautoxinas e C-toxinas) e derivados decarbamil, apresentando efeitos de inibição da condução nervosa por bloqueio dos canais de sódio.

CAPÍTULO III DOS DEVERES E DAS RESPONSABILIDADES

Seção I Do Nível Federal

Art. 5º São deveres e obrigações do Ministério da Saúde, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde - SVS:

I. promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal e com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS;

II. estabelecer as referências laboratoriais nacionais e regionais, para dar suporte às ações de maior complexidade na vigilância da qualidade da água para consumo humano;

III. aprovar e registrar as metodologias não contempladas nas referências citadas no artigo 17 deste Anexo;

III. definir diretrizes específicas para o estabelecimento de um plano de amostragem a ser implementado pelos Estados, Distrito Federal ou Municípios, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS; e

IV. executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação estadual, nos termos da regulamentação do SUS.

Seção II Do Nível Estadual e Distrito Federal

Art. 6º São deveres e obrigações das Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal:

I. promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com o nível municipal e os responsáveis pelo controle de qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS;

II. garantir, nas atividades de vigilância da qualidade da água, a implementação de um plano de amostragem pelos municípios, observadas as diretrizes específicas a serem elaboradas pela SVS/MS;

III. estabelecer as referências laboratoriais estaduais e do Distrito Federal para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano; e

IV. executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação municipal, nos termos da regulamentação do SUS.

Seção III Do Nível Municipal

Art. 7º São deveres e obrigações das Secretarias Municipais de Saúde:

I. exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, de acordo com as diretrizes do SUS;

II. sistematizar e interpretar os dados gerados pelo responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, assim como, pelos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, em relação às características da água nos mananciais, sob a perspectiva da vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população;

III. estabelecer as referências laboratoriais municipais para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano;

IV. efetuar, sistemática e permanentemente, avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre:

- a) a ocupação da bacia contribuinte ao manancial e o histórico das características de suas águas;
- b) as características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água;
- c) o histórico da qualidade da água produzida e distribuída; e
- d) a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema.

V. auditar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas;

VI. garantir à população informações sobre a qualidade da água e riscos à saúde associados, nos termos do inciso VI do artigo 9 deste Anexo;

VII. manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível à população e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VIII. manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes;

IX. informar ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano sobre anomalias e não conformidades detectadas, exigindo as providências para as correções que se fizerem necessárias;

X. aprovar o plano de amostragem apresentado pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, que deve respeitar os planos mínimos de amostragem expressos nas Tabelas 6, 7, 8 e 9;

XI. implementar um plano próprio de amostragem de vigilância da qualidade da água, consoante diretrizes específicas elaboradas pela SVS; e

XII. definir o responsável pelo controle da qualidade da água de solução alternativa.

Seção IV Do Responsável pela Operação de Sistema e/ou Solução Alternativa

Art. 8º Cabe ao(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, exercer o controle da qualidade da água.

Parágrafo único. Em caso de administração, em regime de concessão ou permissão do sistema de abastecimento de água, é a concessionária ou a permissionária a responsável pelo controle da qualidade da água.

Art. 9º Ao(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

I. operar e manter sistema de abastecimento de água potável para a população consumidora, em conformidade com as normas técnicas aplicáveis publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e com outras normas e legislações pertinentes;

II. manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de:

- a) controle operacional das unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição;
- b) exigência do controle de qualidade, por parte dos fabricantes de produtos químicos utilizados no tratamento da água e de materiais empregados na produção e distribuição que tenham contato com a água;
- c) capacitação e atualização técnica dos profissionais encarregados da operação do sistema e do controle da qualidade da água; e
- d) análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes que compõem o sistema de abastecimento.

III. manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída;

IV. encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação do atendimento a esta Norma, relatórios mensais com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo estabelecido pela referida autoridade;

V. promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 19 deste Anexo, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

VI. fornecer a todos os consumidores, nos termos do Código de Defesa do Consumidor, informações sobre a qualidade da água distribuída, mediante envio de relatório, dentre outros mecanismos, com periodicidade mínima anual e contendo, no mínimo, as seguintes informações:

- a) descrição dos mananciais de abastecimento, incluindo informações sobre sua proteção, disponibilidade e qualidade da água;
- b) estatística descritiva dos valores de parâmetros de qualidade detectados na água, seu significado, origem e efeitos sobre a saúde; e
- c) ocorrência de não conformidades com o padrão de potabilidade e as medidas corretivas providenciadas.

VII. manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VIII. comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia operacional no sistema ou não conformidade na qualidade da água tratada, identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 29 deste Anexo; e

IX. manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes.

Art. 10. Ao responsável por solução alternativa de abastecimento de água, nos termos do inciso XII do artigo 7 deste Anexo, incumbe:

I. requerer, junto à autoridade de saúde pública, autorização para o fornecimento de água apresentando laudo sobre a análise da água a ser fornecida, incluindo os parâmetros de qualidade previstos nesta Portaria, definidos por critério da referida autoridade;

II. operar e manter solução alternativa que forneça água potável em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, e com outras normas e legislações pertinentes;

III. manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de análises laboratoriais, nos termos desta Portaria e, a critério da autoridade de saúde pública, de outras medidas conforme inciso II do artigo anterior;

IV. encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação, relatórios com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo e periodicidade estabelecidos pela referida autoridade, sendo no mínimo trimestral;

V. efetuar controle das características da água da fonte de abastecimento, nos termos do artigo 19 deste Anexo, notificando, imediatamente, à autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

VI. manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VII. comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública competente e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 29; e

VIII. manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes.

CAPÍTULO IV DO PADRÃO DE POTABILIDADE

Art.11. A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme Tabela 1, a seguir:

Tabela 1

Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

§1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que as novas amostras revelem resultado satisfatório.

§2º Nos sistemas de distribuição, a coleta deve incluir, no mínimo, três amostras simultâneas, sendo uma no mesmo ponto e duas outras localizadas a montante e a jusante.

§3º Amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, devendo, neste caso, ser efetuada a verificação e confirmação dos resultados positivos.

§4º O percentual de amostras com resultado positivo de coliformes totais em relação ao total de amostras coletadas nos sistemas de distribuição deve ser calculado mensalmente, excluindo as amostras extras (recoleta).

§5º O resultado negativo para coliformes totais das amostras extras (recoletas) não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§6º Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa na Tabela 1, não são tolerados resultados positivos que ocorram em recoleta, nos termos do § 1º deste artigo.

§7º Em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml, devem ser providenciadas imediata recoleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

§8º Em complementação, recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp.

§9º Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

Art. 12. Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2

Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

TRATAMENTO DA ÁGUA	VMP ⁽¹⁾
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0 UT ⁽²⁾
Filtração lenta	2,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade de turbidez.

§ 1º Entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores aos VMP estabelecidos na Tabela 2, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 UT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição.

§ 2º Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp., recomenda-se, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 UT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 UT.

§ 3º O atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso na Tabela 2, deve ser verificado, mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta e a cada quatro horas para filtração rápida, preferivelmente, em qualquer caso, no efluente individual de cada unidade de filtração.

Art. 13. Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Parágrafo único. Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida neste artigo.

Art.14. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3

Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
INORGÂNICAS		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto ⁽²⁾	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
ORGÂNICAS		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzof[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70
AGROTÓXICOS		
Alaclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6

Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20
CIANOTOXINAS		
Microcistinas ⁽³⁾	µg/L	1,0
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre ⁽⁴⁾	mg/L	5
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

§ 1º Recomenda-se que as análises para cianotoxinas incluam a determinação de cilindrospermopsina e saxitoxinas (STX), observando, respectivamente, os valores limites de 15,0 µg/L e 3,0 µg/L de equivalentes STX/L.

§ 2º Para avaliar a presença dos inseticidas organofosforados e carbamatos na água, recomenda-se a determinação da atividade da enzima acetilcolinesterase, observando os limites máximos de 15% ou 20% de inibição enzimática, quando a enzima utilizada for proveniente de insetos ou mamíferos, respectivamente.

Art. 15. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de radioatividade expresso na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4

Padrão de radioatividade para água potável

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Radioatividade alfa global	Bq/L	0,1 ⁽²⁾
Radioatividade beta global	Bq/L	1,0 ⁽²⁾

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

Art. 16. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5

Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3

Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mg Pt–Co/L).

(3) critério de referência

(4) Unidade de turbidez.

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

§ 3º Recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez nas Tabelas 6 e 7.

Art. 17. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da *publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*, ou das normas publicadas pela ISO (*International Standardization Organization*).

§ 1º Para análise de cianobactérias e cianotoxinas e comprovação de toxicidade por bioensaios em camundongos, até o estabelecimento de especificações em normas nacionais ou internacionais que disciplinem a matéria, devem ser adotadas as metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em sua publicação *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*.

§ 2º Metodologias não contempladas nas referências citadas no § 1º e “caput” deste artigo, aplicáveis aos parâmetros estabelecidos nesta Norma, devem, para ter validade, receber aprovação e registro pelo Ministério da Saúde.

§ 3º As análises laboratoriais para o controle e a vigilância da qualidade da água podem ser realizadas em laboratório próprio ou não que, em qualquer caso, deve manter programa de controle de qualidade interna ou externa ou ainda ser acreditado ou certificado por órgãos competentes para esse fim.

CAPÍTULO V DOS PLANOS DE AMOSTRAGEM

Art. 18. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública, o plano de

amostragem de cada sistema, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos nas Tabelas 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6

Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

PARÂMETRO	TIPO DE MANANCIAL	SAÍDA DO TRATAMENTO (NÚMERO DE AMOSTRAS POR UNIDADE DE TRATAMENTO)	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)		
			População abastecida		
			< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor Turbidez pH	Superficial	1	10	1 para cada 5.000 hab.	40 + (1 para cada 25.000 hab.)
	Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
CRL ⁽¹⁾	Superficial	1	(Conforme § 3º do artigo 18).		
	Subterrâneo	1			
Fluoreto	Superficial ou Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
Cianotoxinas	Superficial	1 (Conforme § 5º do artigo 18)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	1	1 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾
	Subterrâneo	-	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
Demais parâmetros ⁽³⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾

NOTAS: (1) Cloro residual livre.

(2) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.

(3) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(4) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 7

Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

PARÂMETRO	TIPO DE MANANCIAL	SAÍDA DO TRATAMENTO (FREQUÊNCIA POR UNIDADE DE TRATAMENTO)	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)		
			População abastecida		
			<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor Turbidez pH Fluoreto	Superficial	A cada 2 horas	Mensal	Mensal	Mensal
	Subterrâneo	Diária			
CRL ⁽¹⁾	Superficial	A cada 2 horas	(Conforme § 3º do artigo 18).		
	Subterrâneo	Diária			
Cianotoxinas	Superficial	Semanal (Conforme § 5º do artigo 18)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
	Subterrâneo	-	Anual	Semestral	Semestral
Demais parâmetros ⁽²⁾	Superficial ou Subterrâneo	Semestral	Semestral ⁽³⁾	Semestral ⁽³⁾	Semestral ⁽³⁾

NOTAS: (1) Cloro residual livre.

(2) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(3) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 8

Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.

PARÂMETRO	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)			
	População abastecida			
	< 5.000 hab.	5.000 a 20.000 hab.	20.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Coliformes totais	10	1 para cada 500 hab.	30 + (1 para cada 2.000 hab.)	105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000

NOTA: na saída de cada unidade de tratamento devem ser coletadas, no mínimo, 2 (duas) amostras semanais, recomendando-se a coleta de, pelo menos, 4 (quatro) amostras semanais.

Tabela 9

Número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa, para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.

PARÁ METRO	TIPO DE MANANCIAL	SAÍDA DO TRATAMENTO (para água canalizada)	NÚMERO DE AMOSTRAS RETIRADAS NO PONTO DE CONSUMO ⁽¹⁾ (para cada 500 hab.)	FREQÜÊNCIA DE AMOSTRAGEM
Cor, turbidez, pH e coliformes totais ⁽²⁾	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Mensal
⁽³⁾ CRL ⁽²⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	1	Diário

NOTAS: (1) Devem ser retiradas amostras em, no mínimo, 3 pontos de consumo de água.

(2) Para veículos transportadores de água para consumo humano, deve ser realizada 1 (uma) análise de CRL em cada carga e 1 (uma) análise, na fonte de fornecimento, de cor, turbidez, PH e coliformes totais com freqüência mensal, ou outra amostragem determinada pela autoridade de saúde pública.

(3) Cloro residual livre.

§ 1º A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:

I. distribuição uniforme das coletas ao longo do período; e

II. representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, entendidos como aqueles próximos a grande circulação de pessoas (terminais rodoviários, terminais ferroviários, etc.) ou edifícios que alberguem grupos populacionais de risco (hospitais, creches, asilos, etc.), aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição (pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras, sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, etc.) e locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas agentes de veiculação hídrica.

§ 2º No número mínimo de amostras coletadas na rede de distribuição, previsto na Tabela 8, não se incluem as amostras extras (recoletas).

§ 3º Em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas deve ser efetuada, no momento da coleta, medição de cloro residual livre ou de outro composto residual ativo, caso o agente desinfetante utilizado não seja o cloro.

§ 4º Para uma melhor avaliação da qualidade da água distribuída, recomenda-se que, em todas as amostras referidas no § 3º deste artigo, seja efetuada a determinação de turbidez.

§ 5º Sempre que o número de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, exceder 20.000 células/ml (2mm³/L de biovolume), durante o monitoramento que trata o § 1º do artigo 19, será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo que esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.

Art. 19. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento supridos por manancial superficial devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

§ 1º O monitoramento de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, deve obedecer freqüência mensal, quando o número de cianobactérias não exceder 10.000 células/ml (ou 1mm³/L de biovolume), e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor.

§ 2º É vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de cianobactérias ou qualquer intervenção no manancial que provoque a lise das células desses microrganismos, quando a densidade das cianobactérias exceder 20.000 células/ml (ou 2mm³/L de biovolume), sob pena de comprometimento da avaliação de riscos à saúde associados às cianotoxinas.

Art. 20. A autoridade de saúde pública, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, deve implementar um plano próprio de amostragem, consoante diretrizes específicas elaboradas no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS.

CAPÍTULO VI DAS EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AOS SISTEMAS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Art. 21. O sistema de abastecimento de água deve contar com responsável técnico, profissionalmente habilitado.

Art. 22. Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico desta Norma.

Art. 23. Toda água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração.

Art. 24. Em todos os momentos e em toda sua extensão, a rede de distribuição de água deve ser operada com pressão superior à atmosférica.

§ 1º Caso esta situação não seja observada, fica o responsável pela operação do serviço de abastecimento de água obrigado a notificar a autoridade de saúde pública e informar à população, identificando períodos e locais de ocorrência de pressão inferior à atmosférica.

§ 2º Excepcionalmente, caso o serviço de abastecimento de água necessite realizar programa de obras na rede de distribuição, que possa submeter trechos a pressão inferior à atmosférica, o referido programa deve ser previamente comunicado à autoridade de saúde pública.

Art. 25. O responsável pelo fornecimento de água por meio de veículos deve:

- I. garantir o uso exclusivo do veículo para este fim;
- II. manter registro com dados atualizados sobre o fornecedor e, ou, sobre a fonte de água; e
- III. manter registro atualizado das análises de controle da qualidade da água.

§ 1º A água fornecida para consumo humano por meio de veículos deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L.

§ 2º O veículo utilizado para fornecimento de água deve conter, de forma visível, em sua carroceria, a inscrição: “ÁGUA POTÁVEL”.

CAPÍTULO VII DAS PENALIDADES

Art. 26. Serão aplicadas as sanções administrativas cabíveis, aos responsáveis pela operação dos sistemas ou soluções alternativas de abastecimento de água, que não observarem as determinações constantes desta Portaria.

Art. 27. As Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios estarão sujeitas a suspensão de repasse de recursos do Ministério da Saúde e órgãos ligados, diante da inobservância do contido nesta Portaria.

Art. 28. Cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às autoridades de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, representadas pelas respectivas Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes, fazer observar o fiel cumprimento desta Norma, nos termos da legislação que regulamenta o Sistema Único de Saúde – SUS.

CAPÍTULO VIII DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 29. Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Art. 30. O responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água pode solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de determinados parâmetros estabelecidos nesta Norma.

Parágrafo único. Após avaliação criteriosa, fundamentada em inspeções sanitárias e, ou, em histórico mínimo de dois anos do controle e da vigilância da qualidade da água, a autoridade de saúde pública decidirá quanto ao deferimento da solicitação, mediante emissão de documento específico.

Art. 31. Em função de características não conformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco, a autoridade de saúde pública competente, com fundamento em relatório técnico, determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água que amplie o número mínimo de amostras, aumente a frequência de amostragem ou realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais ao estabelecido na presente Norma.

Art. 32. Quando não existir na estrutura administrativa do estado a unidade da Secretaria de Saúde, os deveres e responsabilidades previstos no artigo 6º deste Anexo serão cumpridos pelo órgão equivalente.



ANEXO II – RESOLUÇÃO N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 - CONAMA



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

IV - ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;

V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;

VI - aqüicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;

VII - carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

VIII - cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;

IX - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;

X - classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;

XI - coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;

XII - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

XIII - condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;

XIV - controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;

XV - corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

XVI - desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;

XVII - efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;

XVIII - efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;

XIX - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;

XX - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI - ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;

XXII - ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

XXIII - *Escherichia coli (E.Coli)*: bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas;

XXIV - metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

XXVI - padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX - programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI - recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

XXXIV - tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - tributário (ou curso de água afluente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI - vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH;

XXXVII - virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

XXXVIII - zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I

Das Águas Doces

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salinas

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

e

- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salobras

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

e,

- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

- b) à proteção das comunidades aquáticas;

- c) à aquicultura e à atividade de pesca;

- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e

e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e

- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e

- b) à harmonia paisagística.

CAPÍTULO III

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção I

Das Disposições Gerais

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Parágrafo único. Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do art. 34, desta Resolução.

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11. O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12. O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Seção II

Das Águas Doces

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;

j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e

m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P

Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L

Lindano (γ -HCH)	0,02 $\mu\text{g/L}$
Malation	0,1 $\mu\text{g/L}$
Metolacloro	10 $\mu\text{g/L}$
Metoxicloro	0,03 $\mu\text{g/L}$
Paration	0,04 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 $\mu\text{g/L}$
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,01 $\mu\text{g/L}$
2,4,5-TP	10,0 $\mu\text{g/L}$
Tributilestanho	0,063 $\mu\text{g/L TBT}$
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 $\mu\text{g/L}$
Xileno	300 $\mu\text{g/L}$

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 $\mu\text{g/L As}$
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzidina	0,0002 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(b)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(k)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Criseno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
3,3-Diclorobenzidina	0,028 $\mu\text{g/L}$
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 $\mu\text{g/L}$
Hexaclorobenzeno	0,00029 $\mu\text{g/L}$
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	3,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	1,6 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeteno	3,3 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,00028 $\mu\text{g/L}$
2,4,6-triclorofenol	2,4 $\mu\text{g/L}$

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser

determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila *a*: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L

Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L

Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ -HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17. As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto: não objetáveis;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;

VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,

VII - pH: 6,0 a 9,0.

Seção III Das Águas Salinas

Art. 18. As águas salinas de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada

em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; e

j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IV - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	1,5 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo Total	0,062 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tálio total	0,1 mg/L Tl
Urânio Total	0,5 mg/L U
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Etilbenzeno	25 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60 µg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L

Monoclorobenzeno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,2 mg/L LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,01 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80 µg/L
Tricloroeteno	30,0 µg/L

III - Nas águas salinas onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA V - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
1,2-Dicloroetano	37 µg/L
1,1-Dicloroeteno	3 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L

Art 19. Aplicam-se às águas salinas de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

c) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C; e

d) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O₂.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,21 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Fósforo total	0,093 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel	74 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,16 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;

VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e

IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

Seção IV

Das Águas Salobras

Art. 21. As águas salobras de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou

internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- b) carbono orgânico total: até 3 mg/L, como C;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/ L O₂;
- d) pH: 6,5 a 8,5;
- e) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; e

i) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total	0,124 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L

Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	10,0 µg/L
DDT (p,p'DDT+ p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Etilbenzeno	25,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ -HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,010 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 µg/L

III - Nas águas salobras onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA VIII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
1,1-Dicloroeteno	3,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	37,0 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
Tricloroeteno	30 µg/L

2,4,6-Triclorofenol

2,4 µg/L

Art. 22. Aplicam-se às águas salobras de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; e

d) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IX - CLASSE 2 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,210 mg/L Pb
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19,0 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Fósforo total	0,186 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel total	74,0 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,093 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido+ Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,160 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 23. As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - pH: 5 a 9;

II - OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O₂;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V - substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

VI - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

VII - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e

VIII - carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C.

CAPÍTULO IV

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:

I - acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e

II - exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

Art. 25. É vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos no art. 34, desta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos:

I - comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;

II - atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias;

III - realização de Estudo de Impacto Ambiental-EIA, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;

IV - estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e

V - fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

Art. 26. Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34, desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.

§ 1º No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor.

§ 2º O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.

§ 3º Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.

§ 4º O disposto no § 1º aplica-se também às substâncias não contempladas nesta Resolução, exceto se o empreendedor não tinha condições de saber de sua existência nos seus efluentes.

Art. 27. É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004.

Parágrafo único. Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.

Art. 28. Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1º As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.

§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

§ 3º Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

Art. 29. A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

Art. 30. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.

Art. 31. Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

Art. 32. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

§ 1º Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:

I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;

II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e

III - atender a outras exigências aplicáveis.

§ 2º No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.

Art. 33. Na zona de mistura de efluentes, o órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.

Parágrafo único. A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

Art. 34. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Art. 35. Sem prejuízo do disposto no inciso I, do § 1º do art. 24, desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras conseqüências:

I - acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos; ou

II - inviabilizar o abastecimento das populações.

Art. 36. Além dos requisitos previstos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

Art. 37. Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

CAPÍTULO V

DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO

Art. 38. O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

§ 1º O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2º Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

§ 3º As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

§ 4º As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

§ 5º Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

§ 6º Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 39. Cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes.

Art. 40. No caso de abastecimento para consumo humano, sem prejuízo do disposto nesta Resolução, deverão ser observadas, as normas específicas sobre qualidade da água e padrões de potabilidade.

Art. 41. Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Art. 43. Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, poderão a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos nesta Resolução.

§ 1º O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.

§ 2º O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

§ 3º As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

§ 4º O descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo será objeto de resolução específica, a ser publicada no prazo máximo de um ano, a contar da data de publicação desta Resolução, ressalvado o padrão de lançamento de óleos e graxas a ser o definido nos termos do art. 34, desta Resolução, até a edição de resolução específica.

Art. 44. O CONAMA, no prazo máximo de um ano, complementarará, onde couber, condições e padrões de lançamento de efluentes previstos nesta Resolução.

Art. 45. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente.

§ 1º Os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, no âmbito de suas respectivas competências, fiscalizarão o cumprimento desta Resolução, bem como quando pertinente, a aplicação das penalidades administrativas previstas nas legislações específicas, sem prejuízo do sancionamento penal e da responsabilidade civil objetiva do poluidor.

§ 2º As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

Art. 46. O responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica.

§ 1º A declaração referida no *caput* deste artigo conterà, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição.

§ 2º O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

Art. 47. Equiparam-se a perito, os responsáveis técnicos que elaborem estudos e pareceres apresentados aos órgãos ambientais.

Art. 48. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e respectiva regulamentação.

Art. 49. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 50. Revoga-se a Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986.

MARINA SILVA
Presidente do CONAMA



**ANEXO III – RELATORIO DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS OCEÂNICAS NA
ÁREA DO TRMINAL PORTUÁRIO DO PECÉM**

RELATÓRIO

MONITORAMENTO DAS ÁGUAS OCEANICAS NA ÁREA DO TERMINAL PORTUÁRIO DO PECEM

(Consolidação Anual)

Fortaleza
Setembro/2005

Apresentação

O presente relatório corresponde à consolidação anual dos resultados dos trabalhos de monitoramento das condições das águas oceânicas da região marítima do Terminal Portuário do Pecém. Este documento é um dos produtos previstos no contrato celebrado entre o IEPRO – Instituto de Estudos e Projetos / UECE e a CEARÁPORTOS, empresa administradora do Terminal Portuário do Pecém.

Os trabalhos de coleta de amostras foram executados a bordo de um barco tipo lancha com propulsão, nos dias 22 de setembro de 2004 (equinócio de primavera), 21 de dezembro de 2004 (solstício de verão), 19 de março de 2005 (equinócio de outono) e 21 de junho de 2005 (solstício de inverno). Os mesmos deram subsídios para o monitoramento das águas oceânicas nas proximidades do Terminal.

As coletas de amostras de água e as observações de campo in situ, foram realizadas em pontos pré-determinados, sendo levantadas as informações em seis estações, na campanha de 22/09/04, e sete estações nas demais campanhas, a três profundidades distintas (superfície, 5 metros e 10 metros), conforme previsto no EIA/RIMA do empreendimento. As coletas realizadas em campo envolveram amostras de água, para análise laboratorial, visando detectar o nível relativo de poluição do ambiente marítimo na área investigada, assim como a presença de material em suspensão, óleos, graxas e outras informações importantes ao conhecimento do segmento de mar em estudo. As observações in situ, forneceram dados sobre vários indicadores de poluição ambiental, sendo os trabalhos desenvolvidos por uma equipe multidisciplinar, envolvendo pesquisadores e técnicos do IEPRO/UECE.

1. Localização

O Terminal Portuário do Pecém está localizado no município de São Gonçalo do Amarante, no Complexo Industrial e Portuário do Pecém, distando aproximadamente 60 Km da capital do Ceará, Fortaleza. O acesso pode ser feito através da BR-222 do Estado do Ceará. Foi na área de influência do mesmo que os trabalhos foram realizados.

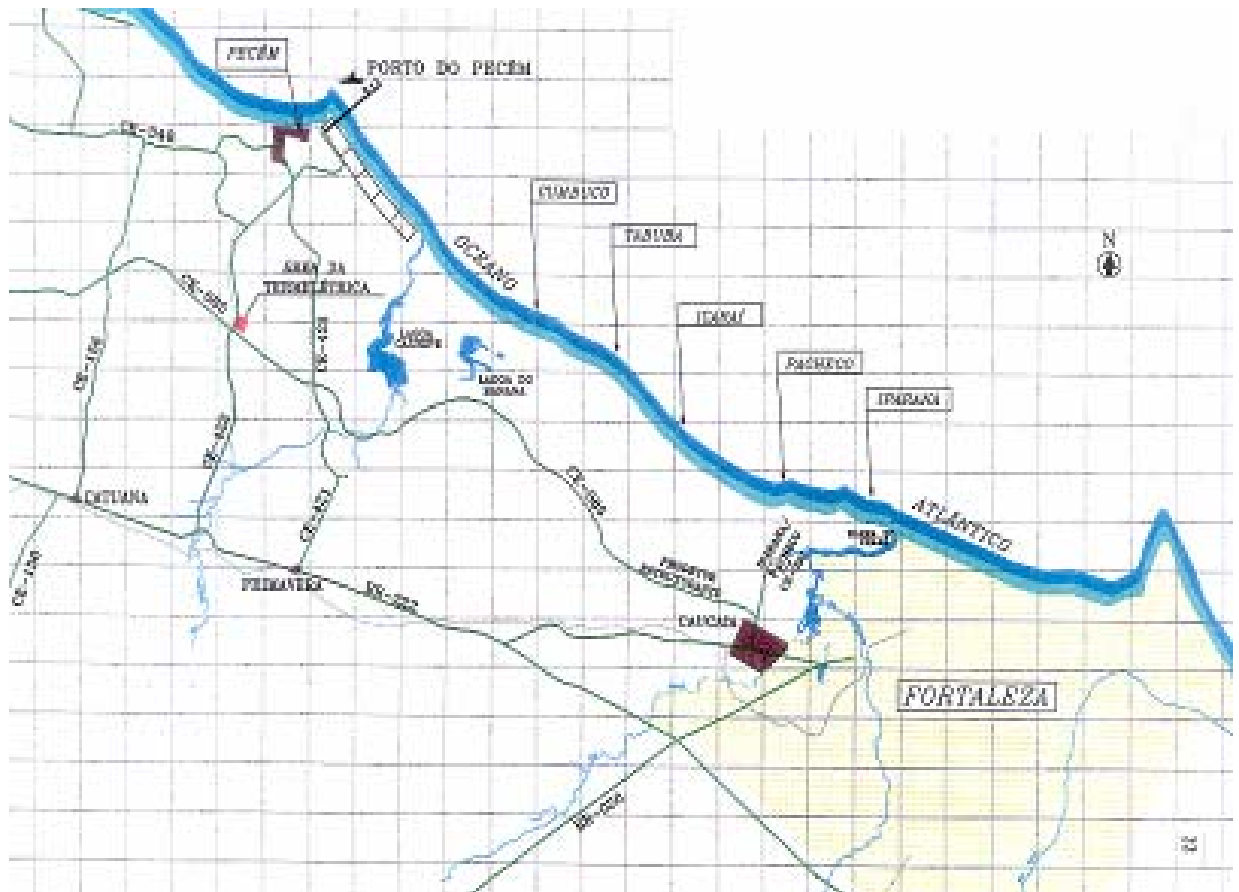


Figura 1 - Acesso à área do Terminal Portuário do Pecém

2. Descrição Físico-Geográfica da área

2.1. Área geográfica

A área monitorada localiza-se no litoral oeste do Ceará, a aproximadamente 60 km de Fortaleza, na Ponta do Pecém, município de São Gonçalo do Amarante. O polígono de estudo possui seis estações oceanográficas localizadas a oeste da linha de construção do quebra mar off shore do Terminal Portuário do Pecém, e uma a leste. As condições de vento, correntes e ondas, que atuam na região marítima do Pecém, de uma maneira geral se deslocam para oeste, tendo-se assim a tendência de uma movimentação de qualquer corpo estranho lançado nas águas, de se deslocarem também para oeste. Tal referência orientou a tomada de pontos de coleta na situação geográfica do terminal off shore. As posições geográficas das estações de coleta de amostras na área de pesquisa, foram determinadas utilizando-se um receptor GPS. As coordenadas das estações selecionadas, totalizando sete pontos amostrais, foram determinadas em UTM, e apresentadas abaixo.

Estação	Localização	Coordenadas em UTM	
		X (leste)	Y (norte)
01	A 0,5 km a NW da ponta do Pecém	520.416	9.608.932
02	A 1,0 km a NW da Ponta do Pecém	520.068	9.609.274
03	A 0,5 km sobre a ponta do Pecém	520.776	9.609.090
04	A 1,0 km sobre a ponta do Pecém	520.776	9.609.580
05	A 0,5 km a NE da ponta do Pecém	521.136	9.608.932
06	A 1,0 km a NE da ponta do Pecém	521.482	9.609.274
07	A 2,0 km a E da ponta do Pecém	522.811	9.608.567

Para cada ponto foram retiradas três amostras, à superfície e às profundidades de 5 e 10 metros. Os pontos de coleta estão apresentados na planta a seguir.

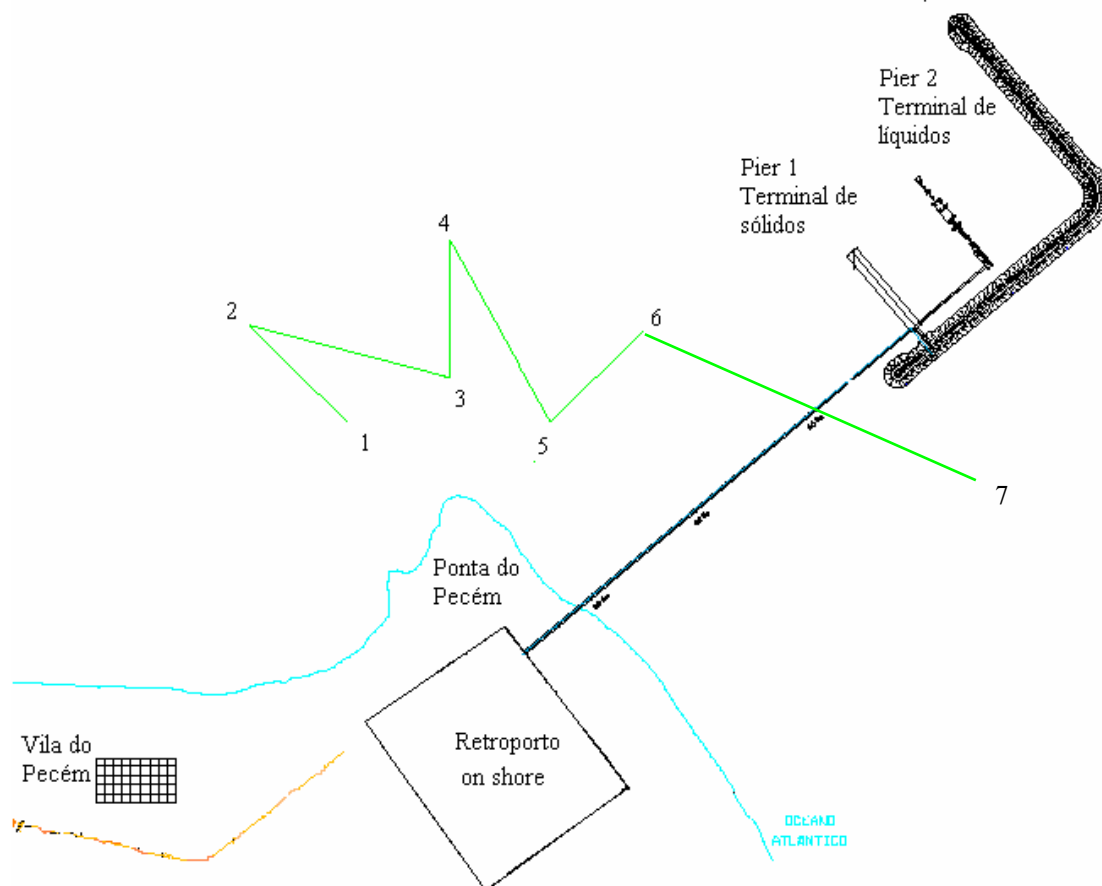


Figura 2 - Planta de localização dos pontos de estudo

2.2. Profundidades da área monitorada

As profundidades no polígono de estudo variam de 05 a 16 metros, referenciados ao Registro de Nível da DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.

3. Parâmetros físicos

3.1. Aspectos físicos gerais da área marítima do Pecém

A área marítima do Pecém apresenta regimes de ondas, correntes e marés semelhantes à toda costa do estado do Ceará. Além de ter uma costa arenosa e sujeita à ação dos ventos, e portanto com um grande movimento de sedimentos, temos ainda um processo de transporte litorâneo de sedimentos. O sistema de ventos atuante sobre a região marítima da costa do Ceará, notadamente os ventos alísios de nordeste, geram um regime de ondas que notoriamente se propaga sempre chegando à linha de costa de uma maneira oblíqua. Estes regimes de ondas influenciam no comportamento da hidrodinâmica da região, de modo a induzir o movimento das águas para o equador.

3.2. Marés

3.2.1. Correntes

Campanhas de campo efetivadas na área marítima do Pecém têm demonstrado que as correntes atuantes na área possuem velocidades de deslocamento com maior ocorrência entre 0,16 e 0,24 metros por segundo e suas direções de caminamento estão entre 265 e 330 graus com o norte verdadeiro.

3.2.2. Ondas

Por dispor de um registrador de ondas instalado na área marítima do Pecém, tem-se “on line”, ao longo das 24 horas diárias, informações sobre as condições de mar, conhecendo-se a altura, a direção e o período das ondas que se propagam naquele segmento de mar. Para a costa do Pecém e do Ceará como um todo, temos uma distribuição temporal das alturas das ondas, dos seus períodos e de suas

direções de propagação. Neste contexto é que encontramos o ataque de ondas curtas e altas, denominadas Sea, na época entre abril e outubro e a incidência de ondas tipo Swell, longas e baixas, no espaço de tempo entre outubro e fevereiro. As ondas tipo Sea, vem preferencialmente de direções NE e as ondas tipo Swell aparecem das direções mais ao norte.

3.2.3. Ventos

Os últimos levantamentos dos ventos, na área marítima do Pecém, para mais de um ano completo de levantamentos, portanto cobrindo todas as estações do ano e todas as condições meteorológicas possíveis, apresentou uma distribuição de velocidades e de direções bem definida e distribuída temporalmente, com predominância de direções Oeste / Sudoeste.

4. Coleta de dados

As amostragens foram realizadas a bordo de um barco tipo lancha com propulsão, e aparelho de localização tipo GPS. Os dados da embarcação encontram-se a seguir.

Título de Inscrição No. 0002441/2003

Nome da Embarcação: Pecém-II

No. de Inscrição: 161-006101-2

Data de Inscrição: 11/12/2002

Tipo: Lancha com Propulsão

Tripulação:

- João Manoel Carneiro
- Francisco Alberto Queiroz

As coletas de amostras e as medições “in situ” foram realizadas a boreste (estibordo) do barco, utilizando-se os equipamentos:

- Garrafa de Van Dorn
- pH-Metro de Campo
- Oxímetro de Campo

Considerando-se a necessidade de preservar as amostras coletadas em condições adequadas, até começarem as análises em laboratório, as amostras de água em volumes foram acondicionadas em garrafas plásticas opacas e em garrafas de vidro esterilizadas, conservadas em gelo, sendo mantidas a uma temperatura ideal.

Vale ainda ressaltar que o envio das amostras ao laboratório, foi imediata, e os procedimentos laboratoriais iniciaram-se na mesma data da coleta.

5. Metodologia de observação dos parâmetros

5.1. Salinidade

A salinidade foi determinada “in situ”, através do uso de um termosalinômetro.

5.2. Temperatura

A temperatura da água do mar foi medida “in situ” com o auxílio de um termômetro de precisão, calibrado na véspera da coleta.

5.3. Oxigênio dissolvido

O teor em oxigênio dissolvido na água foi determinado “in situ” com o auxílio de um oxímetro de campo.

5.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizado “in situ” utilizando-se um potenciômetro de campo.

5.5. Turbidez

A turbidez foi analisada em laboratório, com o uso de um nefelômetro.

5.6. Óleos e graxas

Foi realizada a constatação visual se a área em estudo apresentava manchas e foram coletadas amostras de água superficial que foram analisadas em laboratório, com os teores determinados através do método de Soxhlet;

5.7. Coliformes fecais

Foram coletadas amostras de água e levadas ao laboratório onde foram analisadas e determinadas a sua quantidade, em Número Mais Provável (NMP) por 100 mL.

6. Consolidação dos Resultados

Os resultados obtidos nas campanhas de campo do semestre são os seguintes, classificados por ponto e profundidade, respectivamente:

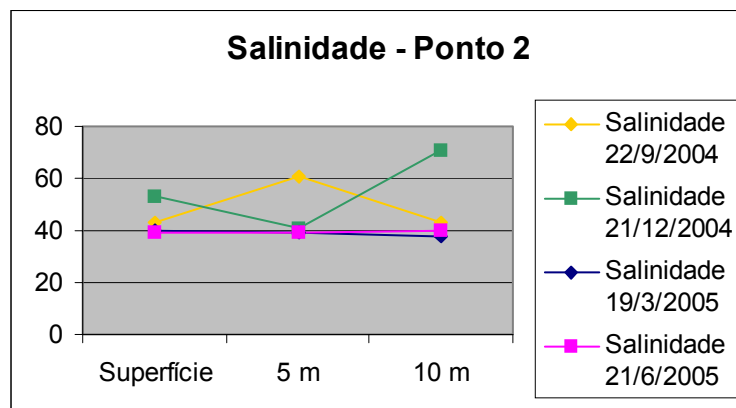
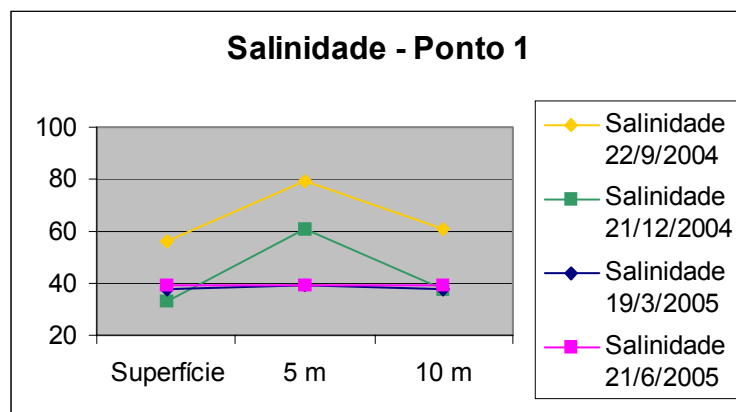
Ponto	Profundidade	Salinidade		Temperatura		O2 Dissolvido		pH		Turbidez		Óleos e Graxas		Coliformes Fecais	
		19/3/2005	21/6/2005	19/3/2005	21/6/2005	19/3/2005	21/6/2005	19/3/2005	21/6/2005	19/3/2005	21/6/2005	19/3/2005	21/6/2005	19/3/2005	21/6/2005
1	Superfície	38	39	28,0	27,5	5,1	7,1	7,70	7,8	4,9	2,4	Ausentes	Ausentes	300	10
	5 m	39	39	28,5	28,0	5,0	7,0	7,80	7,8	5,1	2,3	-	-	500	20
	10 m	38	39	28,0	28,0	5,0	7,0	7,70	7,9	5,0	2,5	-	-	500	20
2	Superfície	40	39	27,5	28,5	5,0	6,9	7,60	7,9	5,1	2,6	Ausentes	Ausentes	300	10
	5 m	39	39	27,5	28,5	5,1	6,9	7,70	7,9	5,2	2,8	-	-	300	20
	10 m	38	40	27,5	28,0	5,2	7,0	7,70	7,9	4,9	2,7	-	-	500	10
3	Superfície	39	38	27,0	27,5	5,1	7,4	7,60	7,7	5,3	2,3	Ausentes	Ausentes	120	20
	5 m	40	39	28,0	28,0	5,2	7,3	7,70	7,7	5,2	2,4	-	-	120	10
	10 m	39	39	27,5	28,0	5,2	7,2	7,60	7,8	5,3	2,3	-	-	220	10
4	Superfície	39	39	28,0	28,5	5,0	6,8	7,70	7,8	4,9	2,4	Ausentes	Ausentes	80	Ausentes
	5 m	40	39	28,0	28,0	5,1	6,9	7,70	7,8	5,0	2,4	-	-	220	10
	10 m	39	38	28,5	27,5	5,0	6,9	7,70	7,8	4,9	2,4	-	-	300	10
5	Superfície	36	40	27,5	28,0	4,9	6,5	7,70	7,8	4,1	2,3	Ausentes	Ausentes	220	10
	5 m	38	39	28,0	28,0	5,0	6,6	7,70	7,9	4,1	2,4	-	-	220	Ausentes
	10 m	39	39	28,0	27,5	5,0	6,5	7,70	7,8	4,2	2,3	-	-	300	10
6	Superfície	39	40	28,0	28,5	5,2	7,1	7,60	7,8	4,3	2,5	Ausentes	Ausentes	120	10
	5 m	40	40	28,5	28,0	5,1	7,2	7,60	7,8	4,1	2,4	-	-	80	10
	10 m	41	39	27,5	28,0	5,1	7,1	7,70	7,9	4,1	2,5	-	-	80	Ausentes
7	Superfície	39	38	28,0	27,5	5,2	6,6	7,50	7,9	4,0	2,2	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
	5 m	40	37	27,5	27,0	5,1	6,7	7,70	8	4,1	2,3	-	-	Ausentes	Ausentes
	10 m	39	38	27,0	27,0	5,2	6,7	7,70	7,9	4,2	2,3	-	-	Ausentes	Ausentes

Tabela 1 - Quadro de Resultados das Campanhas de Campo Realizadas em 19/03/2005 e 21/06/2005

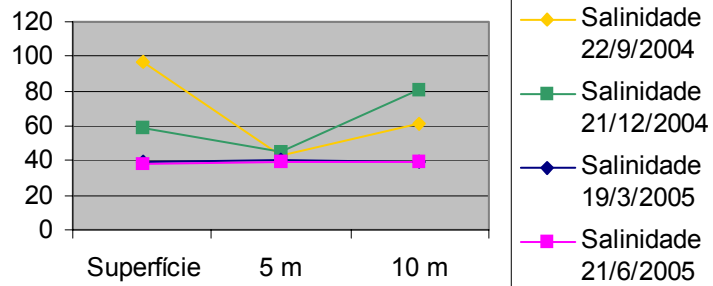
6.1. Consolidação Anual

Os gráficos de acompanhamento dos parâmetros, para cada um dos pontos monitorados, para todas as campanhas de campo realizadas no ano, encontram-se a seguir.

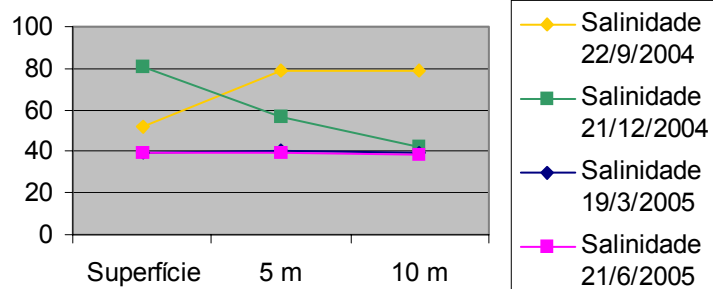
6.1.1. Salinidade



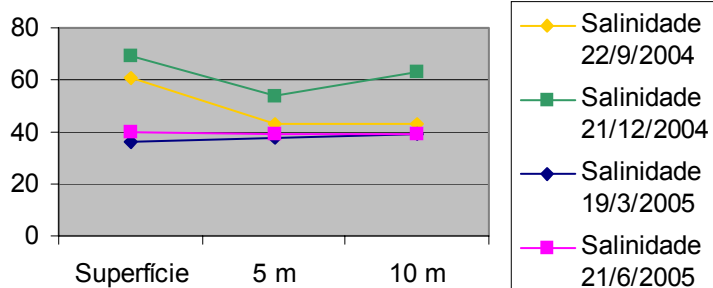
Salinidade - Ponto 3

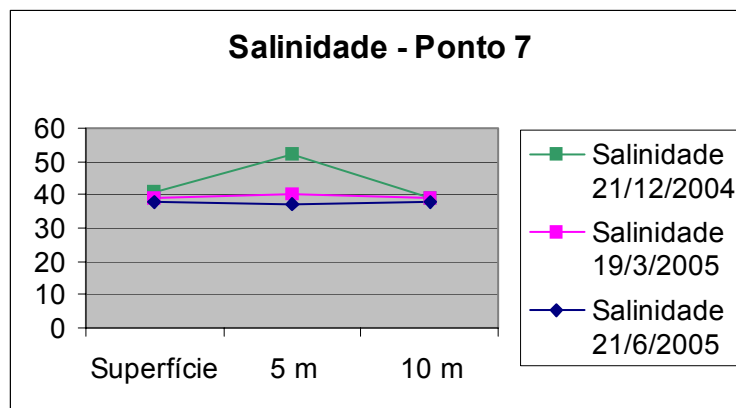
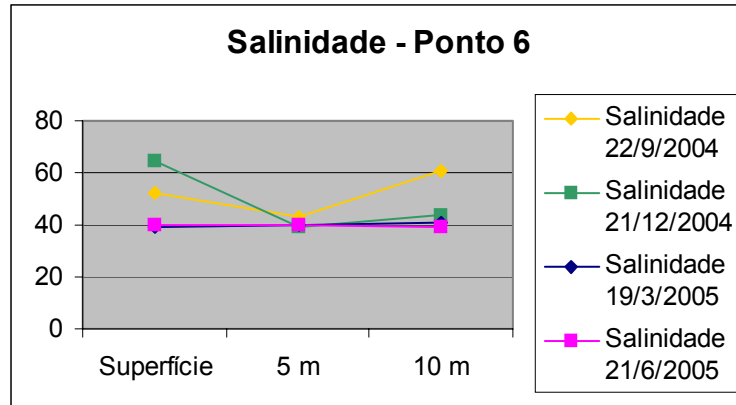


Salinidade - Ponto 4

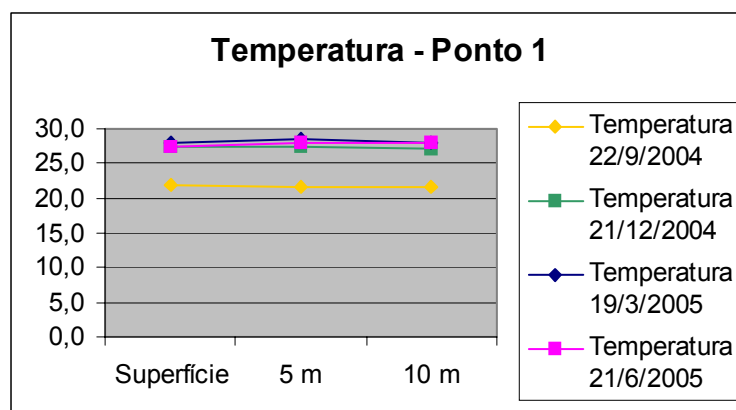


Salinidade - Ponto 5

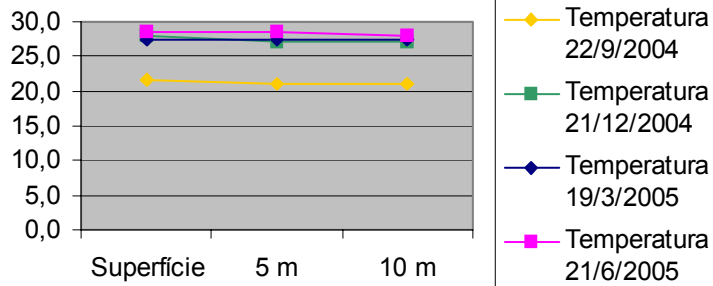




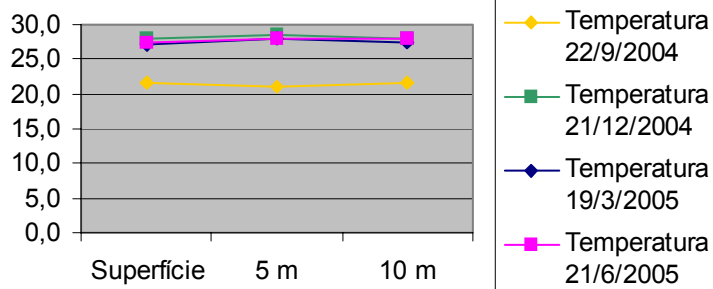
6.1.2. Temperatura



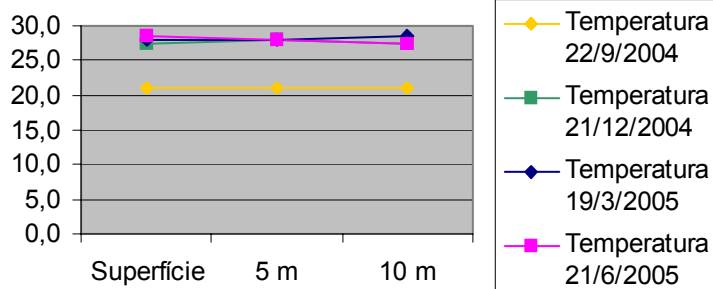
Temperatura - Ponto 2



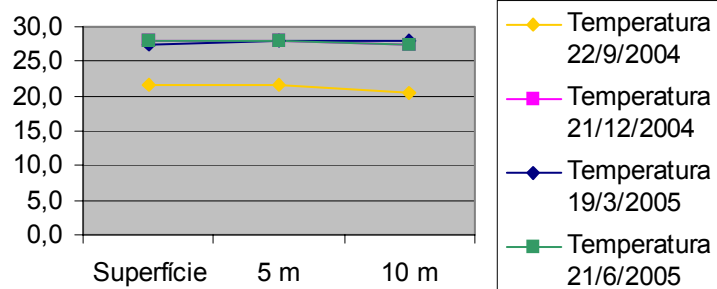
Temperatura - Ponto 3



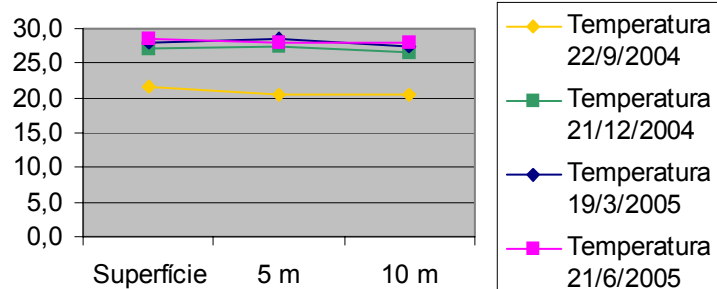
Temperatura - Ponto 4



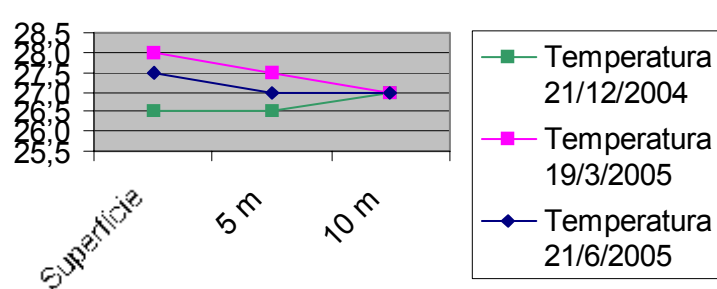
Temperatura - Ponto 5



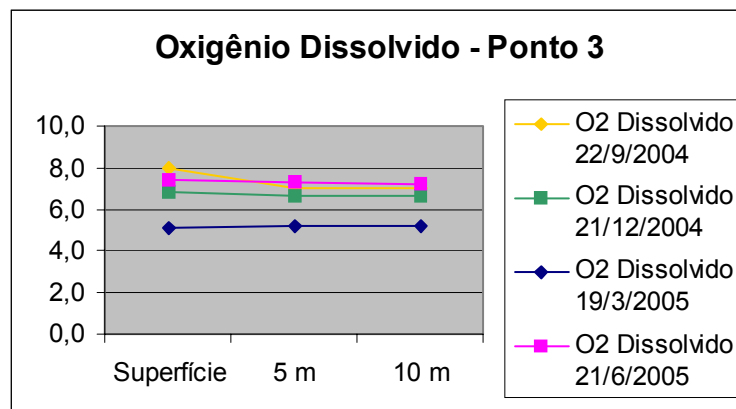
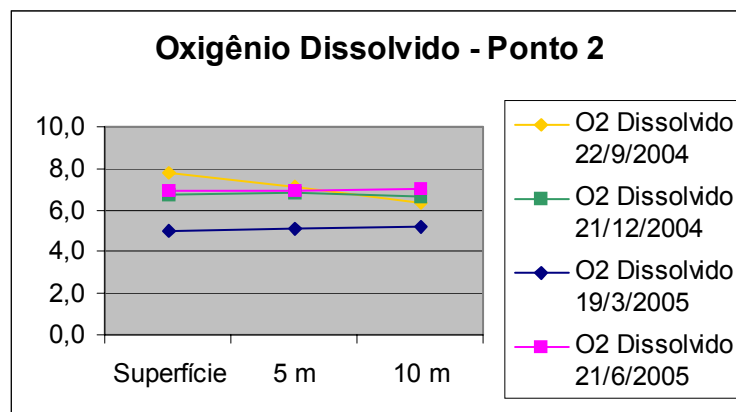
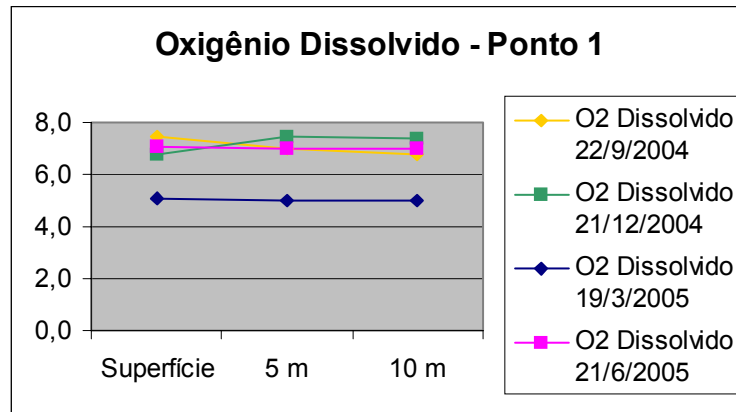
Temperatura - Ponto 6



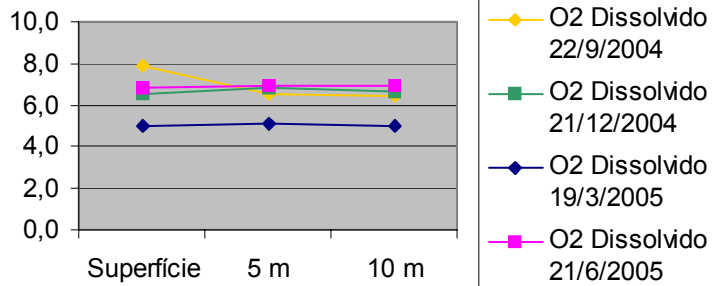
Temperatura - Ponto 7



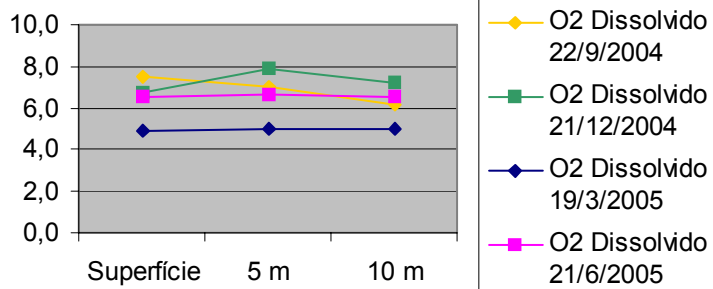
6.1.3. Oxigênio Dissolvido



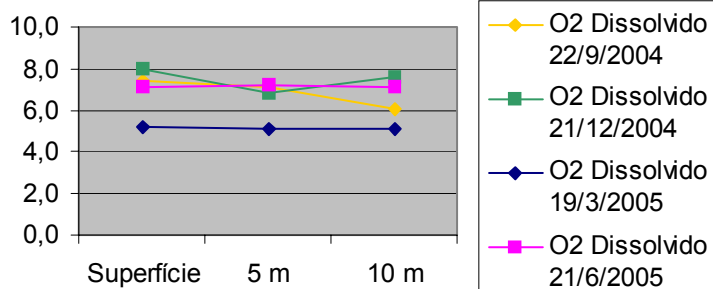
Oxigênio Dissolvido - Ponto 4

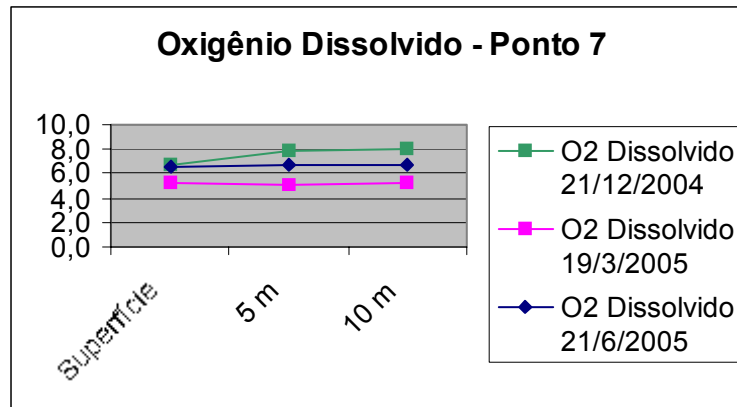


Oxigênio Dissolvido - Ponto 5

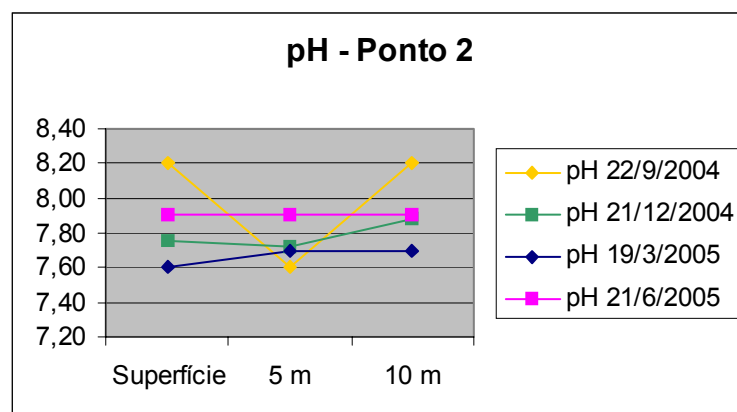
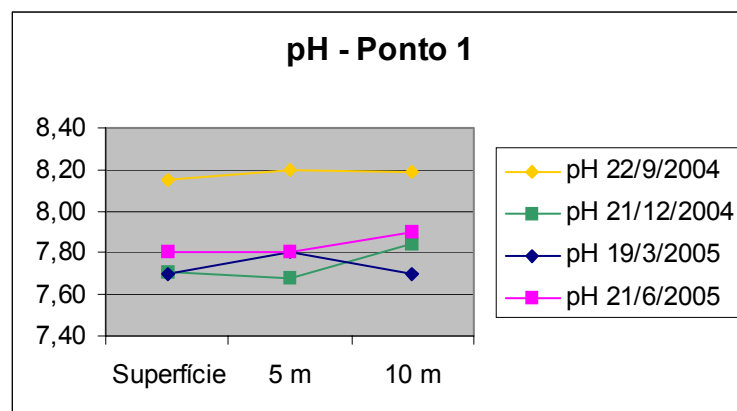


Oxigênio Dissolvido - Ponto 6

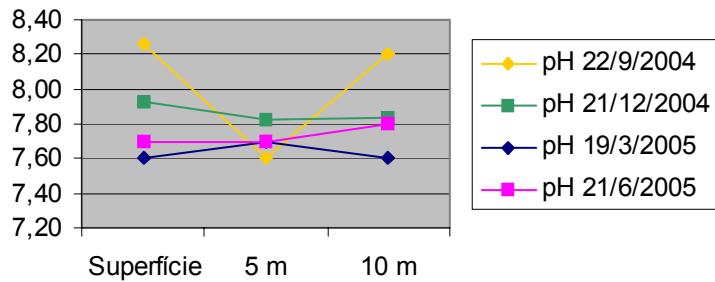




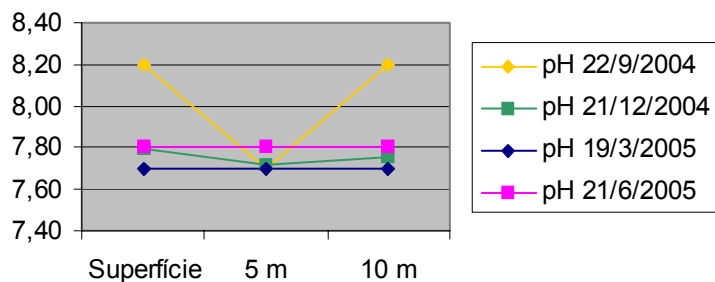
6.1.4. pH



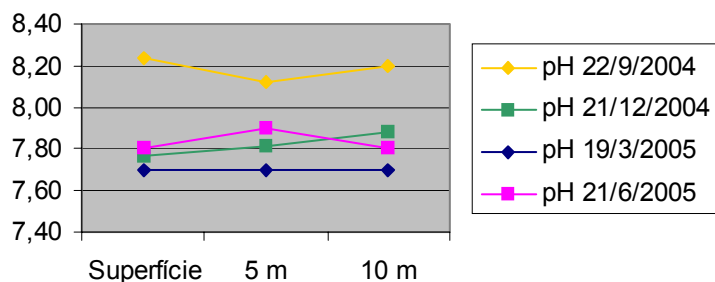
pH - Ponto 3

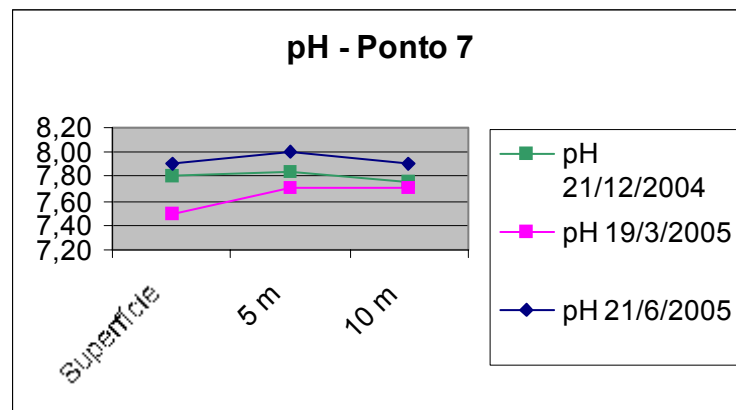
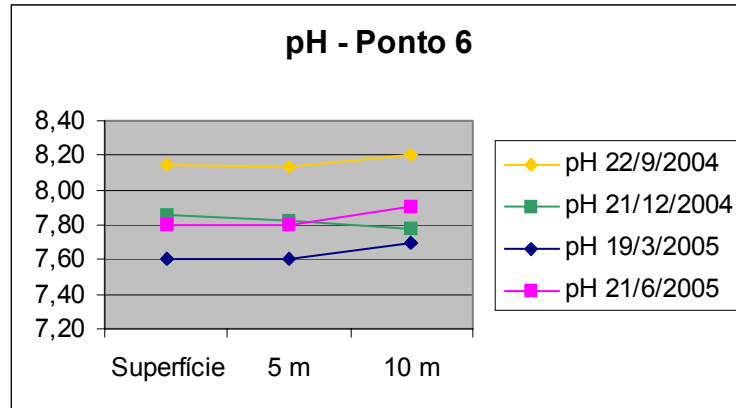


pH - Ponto 4

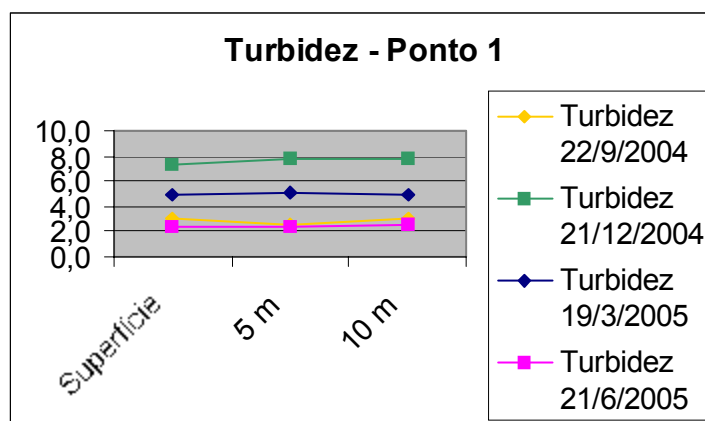


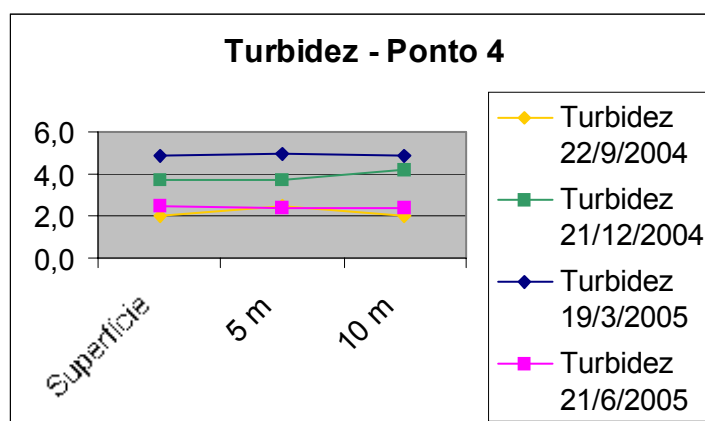
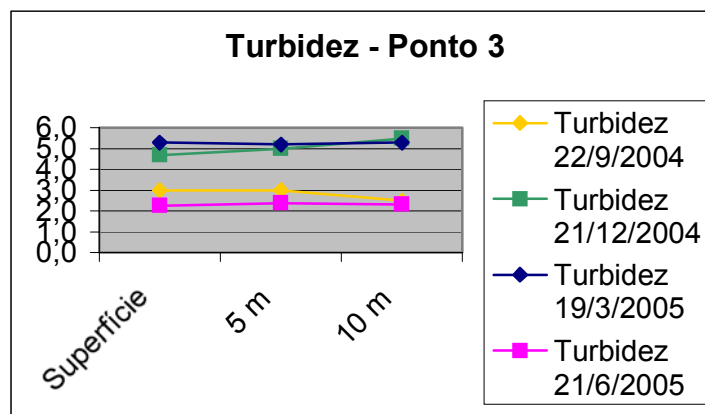
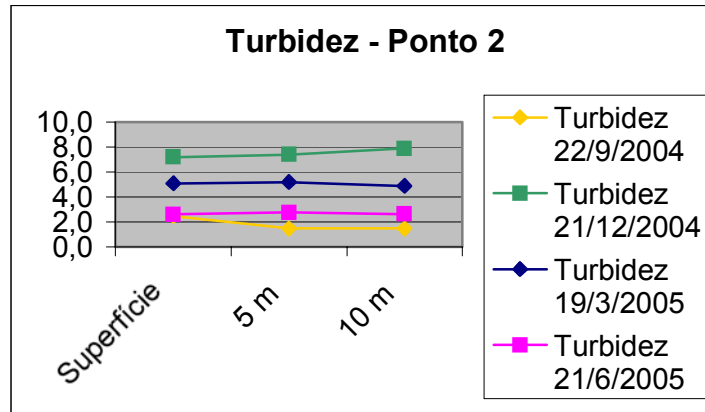
pH - Ponto 5

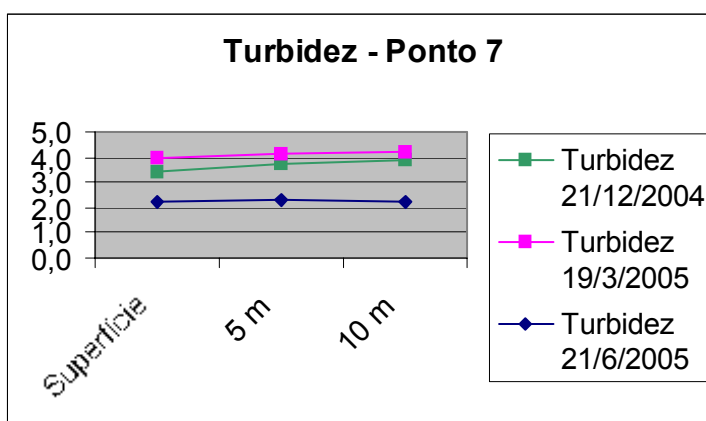
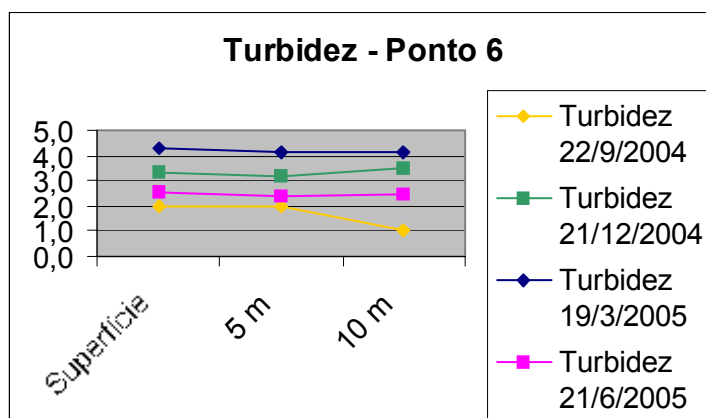
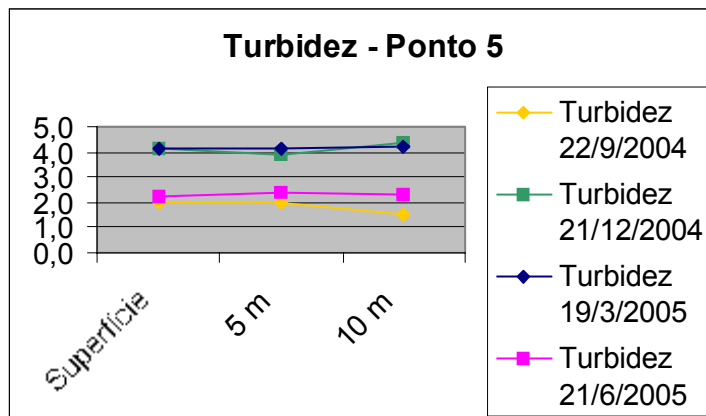




6.1.5. Turbidez







6.1.6. Óleos e Graxas

Com relação a este parâmetro, não foi encontrado em qualquer amostra teor que pudesse ser considerado como “objetável”, resultado que corroborou com a análise visual realizada *in loco*.

6.1.7. Coliformes Fecais

Em relação a este parâmetro, somente na campanha de 19/03/2005 houve alteração objetável nos resultados, apesar de os mesmos ainda terem se encontrado dentro de valores aceitáveis. Os resultados se normalizaram na campanha seguinte. Cabe ressaltar que a área monitorada pode sofrer influência de quaisquer contaminações advindas do Rio Cauípe, que também vem sendo acompanhado, mostrando-se até agora incapaz de atingir a área oceânica de influência do terminal.

7. Conclusões

Através da análise dos resultados, constata-se que os parâmetros monitorados têm uma variabilidade pequena, com alguma influência determinada pela sazonalidade (época do ano) e pelas correntes predominantes no momento da amostragem (em amostras retiradas em momento de preamar, há maior movimento de água e sedimentos à área, ao contrário do que ocorre na baixa-mar).

A pequena variabilidade pontual se dá pelo fato de a área monitorada se encontrar em região de mar aberto, favorecendo a sustentabilidade ambiental do empreendimento. A homogeneidade que se observa entre os valores destes parâmetros ambientais medidos ao longo das diversas estações, reflete a pouca mudança das condições físicas da área estudada e a hidrodinâmica ocorrente naquele segmento marítimo de fazer com que a dispersão de todos os parâmetros se desenvolvam para oeste.

Confirma-se então que, segundo a Resolução CONAMA N° 357/2005, a área em estudo pode ser enquadrada como de **Águas Salinas – Classe I , destinadas:**

- a) à recreação de contato primário,**
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e**
- c) à aqüicultura e à atividade de pesca.**

Comprova-se que a movimentação de carga que o Terminal Portuário do Pecém vem desenvolvendo não tem provocado variações na qualidade ambiental das águas oceânicas.

8. BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, Standard methods of the examination of water and wastewater. 20 ed. New York, 1998.
- AMINOT, A. et CHAUSSEPIED, M. Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin. Brest, Ed. Center National pour l'Exploitation des oceans, 395 p. 1983
- COVER DESIGN et F. COSTA, A laboratory and shipboard manual of oceanographic technique.
- DUCE, R. A. et DUURSMA, E. K. Input of organic matter to the ocean. Mar Chem, 5, 329-339;
- TOMMASI, L. R. Estudo de Impacto Ambiental. São Paulo. CETESB. Terragraph Artes e Informática, 354 p. 1994.



**ANEXO IV – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA
USINA DE DESSALINIZAÇÃO COM VAZÃO DO PERMEADO DE 5 L/S**

Sistema de Dessalinização da Água do Mar por Osmose Reversa
USINA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA DO MAR DO PECÉM 5 L/s
Planilha de Dimensionamento do Sistema de Produção

Unidades de Medidas	USCS (Sistema dos EEUU)	Sistema Métrico Decimal
Capacidade de Produção da Planta/Unidade, Gal/d (m ³ /d)	114.200	432
Produção Total da Planta, Gal/d (m ³ /d)	114.200	432
Recuperação da Planta, %	40,0%	40,0%
Capacidade de SWRO, Gal/m (L/s)	79	5
Número total de Tratamento (trem ou bancos de membranas.)	1	1
Número de trens produzindo água potável	1	1
Vazão de alimentação requerida, Gal/d (m ³ /d)	285.500	1.081
Elevação da planta, ft (meters)	30	9,1
Temperatura Max.da água bruta, (Celsius) C	28	28
Temperatura Mím.da água bruta, (Celsius) C	22	22
Produção diária da planta, Gal/d (m ³ /d)	109.632	415
Fator de projeto (%)	96,0%	96,0%

Água Bruta de Alimentação		
Fonte	Captação direta da água do mar	
<i>Tipo de Material de Captação</i>	Poliétileno de alta densidade	
Diâmetro Externo de Captação, polegadas (mm)	12,75	324
Captação SDR (<i>side diameter ratio</i>) em <i>f</i> (espessura do tubo)	17	17
Diâmetro da espessura da parede da tubulação, pol. (mm)	0,75	19,1
Diâmetro Interno da tubulação, pol. (mm)	11,25	285,8
Velocidade de entrada, ft/ (m/s)	0,64	0,20
Número de ralo (<i>basket strainers</i>) na captação da água bruta	2	2
Vazão para cada ralo, gpm (m ³ /h)	99	23
Fabricante do ralo (<i>basket strainers</i>)	Mermade FO - 8"	Mermade FO - 200 mm
Perda de pressão, psid (bar)	0,25	0,02
Número de bombas de captação	2	2
Vazão total da água de alimentação, Gal/m (m ³ /h)	198,3	45,0
Vazão por bomba, Gal/m (m ³ /h)	99,1	22,5
Tipo de bomba proposta	Sulzer 6X4-13	
Tipo de Material da Tubulação	Poliétileno de alta densidade	
Diâmetro externo da tubulação, polegadas (mm)	8,625	219
SDR da tubulação	11	11
Espessura externa da parede da tubulação, polegadas (mm)	0,78	19,9
Espessura interna da parede da tubulação, polegadas (mm)	7,06	179,2
Velocidade, ft/s (m/s)	1,63	0,50
Sucção da bomba NPSHR, ft (m)	8,00	2,44
Pressão nominal da bomba de captação, psi (bar)	53	3,6
Pressão da bomba de captação, psi (bar)	51	3,5
Eficiência da bomba, %	77,0%	77,0%
Eficiência do motor, %	93,6%	93,6%
Fator de Potência do motor, %	86,4%	86,4%
Motor (<i>rating</i>), HP (KW):	40	30
Carga em HP (KW)	3,95	2,95
KWH/1000 gals (m ³)	1,32	0,35

Adição de bissulfito de sódio		
Concentração de alimentação, mg/l	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/d)	47,6	21,6
Consumo mensal, libras (Kilograms)	666,7	303,0
Custo de Bissulfito de sódio, \$/ Lbs (Kilo)	\$0,30	\$0,66
Custo diário	\$14,29	\$14,29

Sistemas de Pré-Tratamento		
Filtração Multi-meios		
Diâmetro do filtro multimeios, pés (meters)	8,00	2,44
Área filtrante, pé ² (m ²)	50,24	4,67
Número de Filtros multi-meios	2	2
Vazão por Filtro, gpm (m ³ /h)	99	23
Número de filtros por trem	2	2
Diâmetro superior do filtro, in (mm)	8,0	203,2
Velocidade de tópo, ft/s (m/s)	1,27	0,39
Taxa efetiva de carga, Gal/m/ft ² (m ³ /h/m ²)	1,97	4,82
Perda mínima de pressão, psid (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psid (bar)	10,0	0,7

Sistema de Dessalinização da Água do Mar por Osmose Reversa

Sistema de Retro-lavagem (Backwash)		
Fluxo de retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal/min./pé ² (m ³ /h/m ²)	15	0,32
Duração de retro-lavagem do filtros (<i>backwash</i>), minutes	10	10
Vazão de retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal/min.(m ³ /h)	754	171
Volume de água para retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal (m ³)	7.536	28,5
Tipo de bomba proposta para retro-lavagem (<i>backwash</i>)		
Diâmetro superior do tubo retro-lavagem <i>backwash</i> , in (mm)	8	203,2
Velocidade, pés/s (m/s)	4,81	1,47
Pressão de descarga, psig (bar)	30	2,0

Adição de Inibidor (para prevenir incrustação)		
Concentração da corrente de alimentação, mg/l	3	3
Consumo diário, lbs/d (kg/d)	7,1	3,2
Consumo diário, Gal/d (L/d)	0,8	3,1
Consumo mensal, gal (L)	24,5	92,6
Custo do inibidor de incrustantes, \$/lbs (\$/kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$17,86	\$17,86

Filtração de cartucho		
Carga (nominal) / elem. de filtro, Gal/min./elem. (m ³ /h/elem.)	15	3,4
Número mínimo de cartuchos de filtros	13	13
Número de sistemas de filtros de cartuchos	2	2
Número de filtros de cartuchos por sistemas	22	22
Número real de filtros de 40" polegadas (1,0 metro)	44	44
Carga real por elem. de filtro, Gal/min./element (m ³ /h/element)	4,51	1,02
Perda mínima de pressão, psi (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psi (bar)	10,0	0,7
Custo por elemento de filtro de cartucho, \$	\$6,00	\$6,00
Vida útil do filtro de cartucho, months (valor estimado)	1	1
Custo por 1000 galões (m ³)	\$0,080	\$0,021

Sistema de Osmose Reversa		
Sistema de bombeamento		
Vazão da bomba de alta pressão, Gal/min. (m ³ /hr)	79	18
Número de bomba de alta pressão operando	1	1
Modelo da bomba de alta pressão	110Q-3L	110Q-3L
Vazão por bomba de alta pressão, Gal/min. (m ³ /hr)	79	18
Diâmetro do pistão da bomba, pol. (mm)	2,875	73,025
Curso do pistão pol. (mm)	3,50	88,90
Número de pistões	5	5
Volume Deslocado por ciclo, galões (litros)	0,492	1,860
Eficiência volumétrica da bomba,%	97%	97%
Velocidade da bomba (requerida), rpms	166	166
Pressão de Sucção mínima, psig (bar)	30	2,0
Pressão máxima de operação, psig (bar)	1000	68,0
Eficiência mecânica da bomba,%	90,0%	90,0%
Eficiência (drive),%	95%	95%
Eficiência de motor,%	95%	95%
Fator de potência de motor,%	86,9%	86,9%
Carga máxima em, HP (kW)	52,49	39,16
Motor (<i>rating</i>), HP (kW)	125	93
Potência de entrada kW	41,2	41,2
Razão Energia / Produção kWh/1.000 gal (m ³)	8,7	2,3

Membranas de Osmose Reversa		
Capacidade dos trens, Gal/d (m ³ /d)	114.200	432
Número de Vaso de pressão p/ trem	5	5
Pressão de operação das membranas, psig (bar)	800	54
Núm. de elemento de membrana por vaso de alta pressão	6	6
Numero total de Elementos por Trem	30	30
Número de trens de osmose reversa	1	1
Vazão da corrente de limpeza por vaso, Gal/min. (m ³ /hr)	40	9,1
TDS do permeado projetado, mg/l	200	200
Fluxo médio (produtividade), Gal/pé ² /d (L/m ² /d)	9,5	3,3
Custo de substituição de membrana, \$	\$1.000	\$1.000
Vida útil da membrana, anos	5	5

Sistema de Dessalinização da Água do Mar por Osmose Reversa

Sistema de limpeza química de membrana		
Número de vaso de pressão p/ trem	5	5
Tempo de retenção no tanque de limpeza, minutos	3	3
Vazão de limpeza, gpm (m ³ /hr)	200	45,4
Volume do tanque de limpeza, Gal. (m ³)	600	2,3
Diâmetro de tubo de alimentação da limpeza, em (mm)	6	152
Velocidade de alimentação da sol. de limpeza, pé/s (m/s)	2,3	0,7
Diâmetro do tubo de retorno de limpeza, pol. (mm)	6,0	152,4
Velocidade de retorno da solução de limpeza, pé/s (m/s)	2,3	0,7
Pressão de descarga da bomba de limpeza, psig (bar)	55	4
Fabricante da bomba e modelo	Sulzer 3 x 4	
Número de bombas de limpeza	1	1
Eficiência da bomba,%	64%	64%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	85,5%	85,5%
Motor (rated) o HP (kW):	25	18,65
Carga do motor HP (kW)	10,0	7,5
Potência do motor (kW)	7,5	7,5
Número de limpeza por ano	1	1
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal (m ³)	0,0023	0,0006

Recuperação de Energia		
Fluxo do concentrado por trem, Gal/min. (m ³ /hr)	119	27
Número de unidades de recuperação de energia (ER)	1	1
Fluxo do concentrado por unidade de ER, Gal/min. (m ³ /hr)	119	27
Pressão (boost) máxima requerida, psid (bar)	50	3,4
Fabricante da Bomba boost e modelo	Afton 3/4	
Eficiência da bomba boost %	65%	65%
Eficiência de motor, %	91,7%	91,7%
Fator de Potência do motor, %	99,0%	99,0%
Motor (rating), HP (KW)	15	11,19
Carga do motor HP (KW)	5,3	4,0
Potência do motor (kW)	4,0	4,0
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal. (m ³)	0,91	0,24

Bombas de distribuição		
Vazão, gpm (m ³ /h)	79	18,0
Pressão de descarga de bomba, psig (bar)	65	4,4
Número de bombas	1	1
Vazão para cada bomba, Gal/min.	79	18
Tipo de bomba e modelo	2K4x3-10 w/ 6-7/8"	
Eficiência da bomba,%	66,3%	66,3%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	99,0%	99,0%
Motor (rated), HP (KW):	40	29,8
Carga do motor HP (KW)	4,5	3,4
Potência do motor (kW)	3,4	3,4
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal. (m ³)	0,78	0,20

Sistema de Pós-Tratamento		
Adição de Hipoclorito de sódio		
Concentração da alimentação, mg/L	1,5	1,5
Potencial químico %	12,5%	12,5%
Consumo diário (puro), lbs/d (Kg/d)	1,4	0,6
Consumo diário, Gal./d (L/d)	1,43	5,41
Custo de hipoclorito de sódio, \$/ Gal. (\$/ Kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$3,57	\$3,57
Adição de Silicato de sódio		
Concentração da alimentação, mg/l	6	6
Consumo diário, lbs/d (Kg/d)	5,7	2,6
Consumo diário, Gal./d (L/d)	0,37	1,42
Custo de Silicato de sódio, \$/Lbs (\$/ Kg)	\$0,75	\$1,65
Custo diário	\$4,29	\$4,29

Sistema de Dessalinização da Água do Mar por Osmose Reversa

Adição de Carbonato de cálcio		
Concentração (desejada), mg/L	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/day)	19,0	8,7
Custo do CaCO ₃ , \$/ Lbs (\$/ Kg)	\$0,50	\$1,10
Cost diário	\$9,52	\$9,52
Diâmetro do contactor, pé (m)	5,0	1,5
Área do contactor, pé ² (m ²)	19,63	1,82
Contacto (sideshell), pé (m)	5,0	1,5
Número de Contactores	1	1
Vazão por contactor, Gal/min. (m ³ /h)	79,3	18,0
Percentual de esvaziamento (voids), %	50%	50%
Velocidade de processamento, pé/s (m/s)	0,02	0,01
Tempo de contato, (min.)	4,63	4,63

Mão de obra		
Número de operadores	4	4
Valor médio da hora de trabalho	\$8,00	\$8,00
Benefícios	20,0%	20,0%
Custo total da mão de obra por dia	\$307,20	\$307,20
Porcentagem de contrato	100,0%	100,0%
Valor unitário (mão de obra) \$/1,000 Gal. (\$/ m ³)	\$2,802	\$0,740

Resumo (Excluindo a potência)		
Custos dos produtos químicos, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,434	\$0,115
Manutenção mensal & limpeza de membranas, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,500	\$0,132
Filtro de cartucho, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,080	\$0,021
Mão de obra, \$/1000 (\$/ m ³)	\$2,802	\$0,740
Substituição de membrana, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,150	\$0,040
Total de operação & manutenção \$/1,000 (\$/ m ³)	\$3,966	\$1,048

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa
Potência e cargas em função do projeto de membrana

Capacidade da planta: 432 M3/D
 Potência: 440 VAC 60 Hz

Carga normal	Electrical Operating											
	Motor		Actual Load	Actual Load	Motor	Load	Hours					
Fonte	Rating, KW	Quantidade	KW each	KW, total	eff., %	KW	per Day	PF	Amps	KVA	KWH/D	KWH/M3
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	2	2,9	5,9	93,6%	6,3	24	86,4%	9,6	7	151	0,35
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	1	39,2	39,2	95,0%	41,2	24	86,9%	62,2	47	989	2,29
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	1	4,0	4,0	91,7%	4,3	24	99,0%	5,8	4	104	0,24
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	3,4	3,4	91,7%	3,7	24	99,0%	4,9	4	89	0,20
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	7,5	7,5	91,7%	8,2	0,03	85,5%	12,5	10	0	0,00
Subtotal 480 VAC 3 Phase				59,9		63,7			95,0	72,4	1.334	3,09
Fase única de potência:	110	VAC	60 Hz									
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,01
Bomba de alimentação de inibidor de incrustante		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	5,55
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	5,55
Bomba de alimentação de cloro		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	5,55
Controle de potência		1			99,0%	1,0	24	100%	9,1	1,0	24	55,52
Facilidade de potência		1			99,0%	25	24	95%	239,2	26,3	600	1388,09
Subtotal 110 VAC fase única						26,4			252,0	27,7	633,6	1460,28
440 VAC equivalente 3 Fase Amps									36,4			
Único e 3 Fase Total						90,1	KW		131,4	100,1	1.967	1.463,4
						4,55	KWHr/M3					
						90,0%	Plant PF					
Carga máxima			Carga		Electrical	Operating						
	Motor		Potencial	Motor	Load	Hours						
Fonte	Rating, KW	Quantidade	KW, total	eff., %	KW	per Day	PF	Amps	KVA	KWH/D	KWH/1,000	
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	2	59,7	93,6%	63,8	24,0	86,4%	96,8	74	1530	3540,23	
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	1	93,3	95,0%	98,2	24,0	86,9%	148,2	113	2356	5450,08	
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	1	11,2	91,7%	12,2	24,0	99,0%	16,2	12	293	677,55	
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	29,8	91,7%	32,5	24,0	99,0%	43,1	33	781	1806,79	
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	18,7	91,7%	20,3	0,0	85,5%	31,2	24	488	1129,24	
Subtotal 575 VAC 3 fase			212,6		227,0			335,6	255,7	5.448,0	12603,9	
Potência de fase única:												
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	5,55	
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	5,55	
Bomba de alimentação de cloração		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	5,55	
Controle de potência		1		99,0%	1,00	24,0	100,0%	9,1	1,0	24	55,52	
Facilidades de potência		1		99,0%	25,00	24,0	95,0%	239,2	26,3	600	1388,09	
Subtotal 110 VAC fase única					26,30			251,05	27,62	631,20	1460,27	
575 VAC equivalente 3 Fase Amps								34,7				
Único e 3 Fase Total					253,3	KW		370,3	283,4	6.079,2	14.064,2	
					14064,16	KWHr/M3						
					89,4%	Plant PF						

Dimensões da tubulação do processo

Correntes do processo	Vazão (m³/hr)	Diâmetro do tubo (mm)	Velocidade (m/s)	Tipo de material
Suprimento de água para planta	45	285,75	0,05	HDPE
Alimentação do sistema de filtros de multi-meios	23	200	0,05	PVC
Filtro de Cartucho individual (entrada/saída)	23	100	0,20	PVC
Dois filtros de multi-meios (entrada/saída)	45	150	0,18	PVC
Lavagem (backwash) dos filtros (entrada/saída)	171	200	0,38	PVC
Alimentação dos filtros de cartuchos (no topo)	45	200	0,10	PVC
Filtro de Cartucho individual Inlet/Outlet	23	100	0,20	PVC
Saída de filtro de cartucho (header)	45	200	0,10	PVC
Alimentação do trem de OI (Bomba + ER Unit)	45	150	0,18	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba de alta pressão	18	150	0,07	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba recup. de energia	27	150	0,11	PVC
Alimentação de cada unidade de recuperação de energia	27	40	1,49	PVC
Descarga da bomba de alta pressão	18	75	0,28	AL6XN
Descarga da bomba de recuperação de energia	27	75	0,42	AL6XN
Descarga das bombas de alta pressão + recuperação de energia	45	100	0,40	AL6XN
Concentrado da bomba de alta pressão	27	75	0,42	AL6XN
Concentrado na tubulação de baixa pressão	27	150	0,11	PVC
Concentrado total	27	200	0,06	PVC
Alimentação da solução de limpeza química	45	150	0,18	PVC
Retorno da solução de limpeza no concentrado	45	150	0,18	PVC
Retorno do produto de limpeza química	11	100	0,10	PVC
Conexões do produto individual	1,4	30	0,14	PVC
Produto por trem	18,0	150	0,07	PVC
Produto total	18,0	150	0,07	PVC
Conexões de CaCO ₃ (entrada/saída)	18,0	100	0,16	PVC
Água potável armazenada	18,0	150	0,07	PVC



**ANEXO V – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA
USINA DE DESSALINIZAÇÃO COM VAZÃO DO PERMEADO DE 20, 40 E 60 L/S**

**Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa
Produção de Água Dessalinizada 20 L/s**

Unidades de Medidas	USCS	Metric
Capacidade de Produção da Planta/Unidade, Gal/d (m3/d)	237.780	900
Produção Total da Planta, Gal/d (m3/d)	475.560	1.800
Recuperação da Planta,%	42,0%	42,0%
Capacidade de SWRO, Gal/m (L/s)	330	21
Número total de Tratamento (trens ou bancos de membs.)	2	2
Número de trens produzindo água potável	2	2
Vazão de alimentação requerida, Gal/d (m3/d)	1.132.286	4.286
Elevação da planta, ft (meters)	30	9,1
Temperatura Max da água bruta, (Ceusios) C	28	28
Temperatura Mím.da água bruta, (Ceusios) C	22	22
Produção diaria da planta, Gal/d (m3/d)	456.538	1.728
Fator de projeto (On-line),%	96,0%	96,0%

Água Bruta de Alimentação		
Fonte	Captação direta da água do mar	
<i>Tipo de Material de Captação</i>	Poliétileno de alta densidade	
Diâmetro Externo de Captação, polegadas (mm)	12,75	324
Captação SDR (<i>side diameter ratio</i>) em f. (espessura do tubo)	17	17
Diâmetro da espessura da parede da tubulação, pol. (mm)	0,75	19,1
Diâmetro Interno da tubulação, pol. (mm)	11,25	285,8
Velocidade de entrada, ft/ (m/s)	2,54	0,77
Número de ralo (<i>basket strainers</i>) na captação da água bruta	2	2
Vazão para cada ralo, gpm (m3/h)	393	89
Fabricante do ralo (<i>basket strainers</i>)	Mermade FO - 8"	Mermade FO - 200 mm
Perda de pressão, psid (bar)	0,25	0,02
Número de bombas de captação	1	1
Vazão total da água de alimentação, Gal/m (m3/h)	786	179
Vazão por bomba, Gal/m (m3/h)	786	179
Tipo de bomba proposta	Sulzer 6X4-13	
<i>Tipo de Material da Tubulação</i>	Poliétileno de alta densidade	
Diâmetro externo da tubulação, polegadas (mm)	8,625	219
SDR da tubulação	11	11
Espessura externa da parede da tubulação, polegadas (mm)	0,78	19,9
Espessura interna da parede da tubulação, polegadas (mm)	7,06	179,2
Velocidade, ft/s (m/s)	6,45	1,97
Sucção da bomba NPSHR, ft (m)	8,00	2,44
Pressão nominal da bomba de captação, psi (bar)	53	3,6
Pressão da bomba de captação, psi (bar)	51	3,5
Eficiência da bomba,%	77,0%	77,0%
Eficiência do motor,%	93,6%	93,6%
Fator de Potência do motor,%	86,4%	86,4%
Motor (<i>rating</i>), HP (KW):	40	30
Carga em HP (KW)	31,35	23,39
KWH/1000 gals (m3)	1,26	0,33

De-aeração (Adição de bisulfito de sódio)		
Concentração de alimentação, mg/l	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/d)	188,9	85,8
Consumo mensal, libras (Kilograms)	2644,1	1201,9
Custo de Bisulfito de sódio, \$/ Lbs (Kilo)	\$0,30	\$0,66
Custo diário	\$56,66	\$56,66

Sistemas de Pré-Tratamento		
Filtração Multi-meios		
Diâmetro do filtro multimeios, pés (meters)	8,00	2,44
Área filtrante, pé2 (m2)	50,24	4,67
Número de Filtros multi-meios	4	4
Vazão por Filtro, gpm (m3/h)	197	45
Número de filtros por trem	4	4
Diâmetro superior do filtro, in (mm)	8,0	203,2
Velocidade de tópo, ft/s (m/s)	5,02	1,53
Taxa efetiva de carga, Gal/m/ft2 (m3/h/m2)	3,91	9,56
Perda mínima de pressão, psid (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psid (bar)	10,0	0,7

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Sistema de Retro-lavagem (Backwash)		
Fluxo de retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal/min./pé2 (m3/h/m2)	15	0,32
Duração de retro-lavagem do filtros (backwash), minutes	10	10
Vazão de retro-lavagem (backwash), Gal/min.(m3/h)	754	171
Volume de água para retro-lavagem (backwash), Gal (m3)	7.536	28,5
Tipo de bomba proposta para retro-lavagem (backwash)		
Diâmetro superior do tubo retro-lavagem <i>backwash</i> , in (mm)	8	203,2
Velocidade, pé/s (m/s)	4,81	1,47
Pressão de descarga, psig (bar)	30	2,0

Adição de Inibidor (para prevenir incrustação)		
Concentração da corrente de alimentação, mg/l	3	3
Consumo diário, lbs/d (kg/d)	28,3	12,9
Consumo diário, Gal/d (L/d)	3,2	12,2
Consumo mensal, gal (L)	97,1	367,3
Custo do inibidor de incrustantes, \$/lbs (\$/kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$70,82	\$70,82

Filtração de cartucho		
Carga (nominal) / elem. de filtro, Gal/min./elem. (m3/h/element)	15	3,4
Número mínimo de cartuchos de filtros	52	52
Número de sistemas de filtros de cartuchos	3	3
Número de filtros de cartuchos por sistemas	22	22
Número real de filtros de 40" polegadas (1,0 metro)	66	66
Carga real por elem. de filtro, Gal/min./element (m3/h/element)	11,91	2,71
Perda mínima de pressão, psi (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psi (bar)	10,0	0,7
Custo por elemento de filtro de cartucho, \$	\$6,00	\$6,00
Vida útil do filtro de cartucho, months (valor estimado)	1	1
Custo por 1000 galões (m3)	\$0,029	\$0,008

Sistema de Osmose Inversa		
Sistema de bombeamento		
Vazão da bomba de alta pressão, Gal/min. (m3/hr)	330	75
Número de bomba de alta pressão operando	2	2
Modelo da bomba de alta pressão	110Q-3L	110Q-3L
Vazão por bomba de alta pressão, Gal/min. (m3/hr)	174	40
Diâmetro do pistão da bomba, pol. (mm)	2,875	73,025
Curso do pistão pol. (mm)	3,50	88,90
Número de pistões	5	5
Volume Deslocado por ciclo, galões (liters)	0,492	1,860
Eficiência volumétrica da bomba,%	97%	97%
Velocidade da bomba (requerida), rpms	346	346
Pressão de Sucção mínima, psig (bar)	30	2,0
Pressão máxima de operação, psig (bar)	1000	68,0
Eficiência mecânica da bomba,%	90,0%	90,0%
Eficiência (drive),%	95%	95%
Eficiência de motor,%	95%	95%
Fator de potência de motor,%	86,9%	86,9%
Carga máxima em, Hp (kW)	115,25	85,98
Motor (<i>rating</i>), Hp (kW)	125	93
Potência de entrada kW	90,5	90,5
Razão Energia / Produção kWh/1.000 gal (m3)	9,1	2,4

Membrnas de Osmose Inversa		
Capacidade dos trens, Gal/d (m3/d)	237.780	900
Número de Vaso de pressão p/ trem	10	10
Pressão de operação das membranas, psig (bar)	800	54
Núm. de elemento de membrana por vaso de alta pressão	6	6
Nenhum total. de Elementos por Train	60	60
Número de trens de osmose inversa (ou Osmose Reversa-RO)	2	2
Vazão da corrente de limpeza por vaso, Gal/min. (m3/hr)	40	9,1
TDS do permeado projetado, mg/l	200	200
Fluxo médio (produtividade), Gal/pé2/d (L/m2/d)	9,9	3,5
Custo de substituição de membrana, \$	\$1.000	\$1.000
Vida útil da membrana, anos	5	5

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Sistema de limpeza química de membrana		
Número de vaso de pressão p/ trem	10	10
Tempo de retenção no tanque de limpeza, minutos	3	3
Vazão de limpeza, gpm (m3/hr)	400	90,8
Volume do tanque de limpeza, Gal. (m3)	1.200	4,5
Diâmetro de tubo de alimentação da limpeza, em (mm)	6	152
Velocidade de alimentação da sol. de limpeza, pé/s (m/s)	4,5	1,4
Diâmetro do tubo de retorno de limpeza, pol. (mm)	6,0	152,4
Velocidade de retorno da solução de limpeza, pé/s (m/s)	4,5	1,4
Pressão de descarga da bomba de limpeza, psig (bar)	55	4
Fabricante da bomba e modelo	Sulzer 3 x 4	
Número de bombas de limpeza	1	1
Eficiência da bomba,%	64%	64%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	85,5%	85,5%
Motor (rated) o HP (kW):	25	18,65
Carga do motor HP (kW)	20,0	15,0
Potência do motor (kW)	15,0	15,0
Número de limpeza por ano	1	1
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal (m3)	0,0045	0,0012

Recuperação de Energia		
Fluxo do concentrado por trem, Gal/min. (m3/hr)	228	52
Número de unidades de recuperação de energia (ER)	3	3
Fluxo do concentrado por unidade de ER, Gal/min. (m3/hr)	76	17
Pressão (boost) máxima requerida, psid (bar)	50	3,4
Fabricante da Bomba boost e modelo	Afton 3/4	
Eficiência da bomba boost %	65%	65%
Eficiência de motor, %	91,7%	91,7%
Fator de Potência do motor, %	99,0%	99,0%
Motor (rating), HP (KW)	15	11,19
Carga do motor HP (KW)	10,2	7,6
Potência do motor (kW)	7,6	7,6
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal. (m3)	0,84	0,22

Bombas de distribuição		
Vazão, gpm (m3/h)	330	75,0
Pressão de descarga de bomba, psig (bar)	65	4,4
Número de bombas	1	1
Vazão para cada bomba, Gal/min.	330	75
Tipo de bomba e modelo	2K4x3-10 w/ 6-7/8"	
Eficiência da bomba,%	66,3%	66,3%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	99,0%	99,0%
Motor (rated), HP (KW):	40	29,8
Carga do motor HP (KW)	18,9	14,1
Potência do motor (kW)	14,1	14,1
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal. (m3)	0,78	0,20

Sistema de Pós-Tratamento		
Adição de Hipoclorito de sódio		
Concentração da alimentação, mg/L	1,5	1,5
Potencial químico %	12,5%	12,5%
Consumo diário (puro), lbs/d (Kg/d)	5,9	2,7
Consumo diário, Gal./d (L/d)	5,95	22,52
Custo de hipoclorito de sódio, \$/ Gal. (\$/ Kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$14,87	\$14,87
Adição de Silicato de sódio		
Concentração da alimentação, mg/l	6	6
Consumo diário, lbs/d (Kg/d)	23,8	10,8
Consumo diário, Gal./d (L/d)	1,56	5,90
Custo de Silicato de sódio, \$/Lbs (\$/ Kg)	\$0,75	\$1,65
Custo diário	\$17,85	\$17,85

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Adição de Carbonato de cálcio

Concentração (desejada), mg/L	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/day)	79,3	36,1
Custo do CaCO ₃ , \$/ Lbs (\$/ Kg)	\$0,50	\$1,10
Cost diário	\$39,66	\$39,66
Diâmetro do contactor, pé (m)	5,0	1,5
Área do contactor, pé ² (m ²)	19,63	1,82
Contactore (sideshell), pé (m)	5,0	1,5
Número de Contactores	2	2
Vazão por contactor, Gal/min. (m ³ /h)	165,1	18,8
Percentual de esvaziamento (voids), %	50%	50%
Velocidade de processamento, pé/s (m/s)	0,04	0,01
Tempo de contato, (min.)	2,22	2,22

Mão de obra

Número de operadores	4	4
Valor médio da hora de trabalho	\$8,00	\$8,00
Benefícios	20,0%	20,0%
Custo total da mão de obra por dia	\$307,20	\$307,20
Porcentagem de contrato	100,0%	100,0%
Valor unitário (mão de obra) \$/1,000 Gal. (\$/ m ³)	\$0,673	\$0,178

Resumo (Excluindo a potência)

Custos dos produtos químicos, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,420	\$0,111
Manutenção mensal & limpeza de membranas, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,500	\$0,132
Filtro de cartucho, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,029	\$0,008
Mão de obra, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,673	\$0,178
Substituição de membrana, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,144	\$0,038
Total de operação & manutenção \$/1,000 (\$/ m ³)	\$1,766	\$0,467

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa
Potência e cargas em função do projeto de membrana

Capacidade da planta: 1.800 M3/D
 Potência: 440 VAC 60 Hz

Carga normal	Electrical Operating											
	Motor		Actual Load	Actual Load	Motor	Load	Hours					
Fonte	Rating, KW	Quantidade	KW each	KW, total	eff., %	KW	per Day	PF	Amps	KVA	KWH/D	KWH/M3
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	1	23,4	23,4	93,6%	25,0	24	86,4%	37,9	29	600	0,33
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	2	86,0	172,0	95,0%	181,0	24	86,9%	273,3	208	4344	2,41
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	2	7,6	15,3	91,7%	16,7	24	99,0%	22,1	17	400	0,22
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	14,1	14,1	91,7%	15,4	24	99,0%	20,4	16	369	0,20
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	15,0	15,0	91,7%	16,3	0,07	85,5%	25,0	19	1	0,00
Subtotal 480 VAC 3 Phase				239,7		254,3			378,7	288,6	5.713	3,17
Fase única de potência:	110	VAC	60 Hz									
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,00
Bomba de alimentação de inibidor de incrustante		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	1,33
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	1,33
Bomba de alimentação de cloro		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	1,33
Controle de potência		1			99,0%	1,0	24	100%	9,1	1,0	24	13,33
Facilidade de potência		1			99,0%	25	24	95%	239,2	26,3	600	333,33
Subtotal 110 VAC fase única						26,4			252,0	27,7	633,6	350,67
440 VAC equivalente 3 Fase Amps									36,4			
Único e 3 Fase Total						280,7	KW		415,1	316,3	6.347	353,8
						3,53	KWHr/M3					
						88,7%	Plant PF					
Carga máxima			Carga		Electrical	Operating						
	Motor		Potencial	Motor	Load	Hours						
Fonte	Rating, KW	Quantidade	KW, total	eff., %	KW	per Day	PF	Amps	KVA	KWH/D	KWH/1,000	
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	1	29,8	93,6%	31,9	24,0	86,4%	48,4	37	765	425,07	
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	2	186,5	95,0%	196,3	24,0	86,9%	296,4	226	4712	2617,54	
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	2	22,4	91,7%	24,4	24,0	99,0%	32,3	25	586	325,41	
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	29,8	91,7%	32,5	24,0	99,0%	43,1	33	781	433,88	
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	18,7	91,7%	20,3	0,1	85,5%	31,2	24	488	271,17	
Subtotal 575 VAC 3 fase			287,2		305,5			451,5	344,1	7.331,5	4073,1	
Potência de fase única:												
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	1,33	
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	1,33	
Bomba de alimentação de cloração		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	1,33	
Controle de potência		1		99,0%	1,00	24,0	100,0%	9,1	1,0	24	13,33	
Facilidades de potência		1		99,0%	25,00	24,0	95,0%	239,2	26,3	600	333,33	
Subtotal 110 VAC fase única					26,30			251,05	27,62	631,20	350,67	
575 VAC equivalente 3 Fase Amps								34,7				
Único e 3 Fase Total					331,8	KW		486,2	371,7	7.962,7	4.423,7	
					4423,74	KWHr/M3						
					89,3%	Plant PF						

Dimensões da tubulação do processo

Correntes do processo	Vazão (m³/hr)	Diâmetro do tubo (mm)	Velocidade (m/s)	Tipo de material
Suprimento de água para planta	179	285,75	0,19	HDPE
Alimentação do sistema de filtros de multi-meios	143	200	0,32	PVC
Filtro de Cartucho individual (entrada/saída)	45	100	0,39	PVC
Dois filtros de multi-meios (entrada/saída)	89	150	0,35	PVC
Lavagem (backwash) dos filtros (entrada/saída)	171	200	0,38	PVC
Alimentação dos filtros de cartuchos (no topo)	179	200	0,39	PVC
Filtro de Cartucho individual Inlet/Outlet	95	100	0,84	PVC
Saída de filtro de cartucho (header)	179	200	0,39	PVC
Alimentação do trem de OI (Bomba + ER Unit)	91	150	0,36	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba de alta pressão	40	150	0,16	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba recup. de energia	52	150	0,20	PVC
Alimentação de cada unidade de recuperação de energia	17	40	0,95	PVC
Descarga da bomba de alta pressão	40	75	0,62	AL6XN
Descarga da bomba de recuperação de energia	52	75	0,81	AL6XN
Descarga das bombas de alta pressão + recuperação de energia	91	100	0,81	AL6XN
Concentrado da bomba de alta pressão	52	75	0,81	AL6XN
Concentrado na tubulação de baixa pressão	52	150	0,20	PVC
Concentrado total	104	200	0,23	PVC
Alimentação da solução de limpeza química	91	150	0,36	PVC
Retorno da solução de limpeza no concentrado	91	150	0,36	PVC
Retorno do produto de limpeza química	23	100	0,20	PVC
Conexões do produto individual	1,5	30	0,15	PVC
Produto por trem	37,5	150	0,15	PVC
Produto total	75,0	150	0,29	PVC
Conexões de CaCO ₃ (entrada/saída)	37,5	100	0,33	PVC
Água potável armazenada	37,5	150	0,15	PVC

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa
Produção de Água Dessalinizada 40 L/s

Unidades de Medidas	USCS	Metric
Capacidade de Produção da Planta/Unidade, Gal/d (m3/d)	237.780	900
Produção Total da Planta, Gal/d (m3/d)	951.120	3.600
Recuperação da Planta,%	42,0%	42,0%
Capacidade de SWRO, Gal/m (L/s)	661	42
Número total de Tratamento (trens ou bancos de membs.)	4	4
Número de trens produzindo água potável	2	2
Vazão de alimentação requerida, Gal/d (m3/d)	2.264.571	8.571
Elevação da planta, ft (meters)	30	9,1
Temperatura Max.da água bruta, (Ceusios) C	28	28
Temperatura Mím.da água bruta, (Ceusios) C	22	22
Produção diária da planta, Gal/d (m3/d)	913.075	3.456
Fator de projeto (On-line),%	96,0%	96,0%

Água Bruta de Alimentação		
Fonte	Captação direta da água do mar	
<i>Tipo de Material de Captação</i>	Polietileno de alta densidade	
Diâmetro Externo de Captação, polegadas (mm)	12,75	324
Captação SDR (<i>side diameter ratio</i>) em f. (espessura do tubo)	17	17
Diâmetro da espessura da parede da tubulação, pol. (mm)	0,75	19,1
Diâmetro Interno da tubulação, pol. (mm)	11,25	285,8
Velocidade de entrada, ft/ (m/s)	5,08	1,55
Número de ralo (<i>basket strainers</i>) na captação da água bruta	2	2
Vazão para cada ralo, gpm (m3/h)	786	179
Fabricante do ralo (<i>basket strainers</i>)	Mermade FO - 8"	Mermade FO - 200 mm
Perda de pressão, psid (bar)	0,25	0,02
Número de bombas de captação + booster	1	1
Vazão total da água de alimentação, Gal/m (m3/h)	1573	357
Vazão por bomba, Gal/m (m3/h)	1573	357
Tipo de bomba proposta	Sulzer 6X4-13	
<i>Tipo de Material da Tubulação</i>	Polietileno de alta densidade	
Diâmetro externo da tubulação, polegadas (mm)	8,625	219
SDR da tubulação	11	11
Espessura externa da parede da tubulação, polegadas (mm)	0,78	19,9
Espessura interna da parede da tubulação, polegadas (mm)	7,06	179,2
Velocidade, ft/s (m/s)	12,91	3,93
Sucção da bomba NPSHR, ft (m)	8,00	2,44
Pressão nominal da bomba de captação, psi (bar)	53	3,6
Pressão da bomba de captação, psi (bar)	51	3,5
Eficiência da bomba,%	77,0%	77,0%
Eficiência do motor,%	93,6%	93,6%
Fator de Potência do motor,%	86,4%	86,4%
Motor (<i>rating</i>), HP (KW):	40	30
Carga em HP (KW)	62,69	46,77
KWH/1000 gals (m3)	1,26	0,33

De-aeração (Adição de bisulfito de sódio)		
Concentração de alimentação, mg/l	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/d)	377,7	171,7
Consumo mensal, libras (Kilograms)	5288,2	2403,7
Custo de Bisulfito de sódio, \$/ Lbs (Kilo)	\$0,30	\$0,66
Custo diário	\$113,32	\$113,32

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Sistemas de Pré-Tratamento		
Filtração Multi-meios		
Diâmetro do filtro multimeios, pés (meters)	8,00	2,44
Área filtrante, pé ² (m ²)	50,24	4,67
Número de Filtros multi-meios	8	8
Vazão por Filtro, gpm (m ³ /h)	197	45
Número de filtros por trem	4	4
Diâmetro superior do filtro, in (mm)	8,0	203,2
Velocidade de tópo, ft/s (m/s)	5,02	1,53
Taxa efetiva de carga, Gal/m/ft ² (m ³ /h/m ²)	3,91	9,56
Perda mínima de pressão, psid (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psid (bar)	10,0	0,7

Sistema de Retro-lavagem (Backwash)		
Fluxo de retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal/min./pé ² (m ³ /h/m ²)	15	0,32
Duração de retro-lavagem do filtros (<i>backwash</i>), minutes	10	10
Vazão de retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal/min.(m ³ /h)	754	171
Volume de água para retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal (m ³)	7.536	28,5
Tipo de bomba proposta para retro-lavagem (<i>backwash</i>)		
Diâmetro superior do tubo retro-lavagem <i>backwash</i> , in (mm)	8	203,2
Velocidade, pé/s (m/s)	4,81	1,47
Pressão de descarga, psig (bar)	30	2,0

Adição de Inibidor (para prevenir incrustação)		
Concentração da corrente de alimentação, mg/l	3	3
Consumo diário, lbs/d (kg/d)	56,7	25,8
Consumo diário, Gal/d (L/d)	6,5	24,5
Consumo mensal, gal (L)	194,1	734,7
Custo do inibidor de incrustantes, \$/lbs (\$/kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$141,65	\$141,65

Filtração de cartucho		
Carga (nominal) / elem. de filtro, Gal/min./elem. (m ³ /h/elem.)	15	3,4
Número mínimo de cartuchos de filtros	105	105
Número de sistemas de filtros de cartuchos	5	5
Número de filtros de cartuchos por sistemas	22	22
Número real de filtros de 40' polegadas (1,0 metro)	110	110
Carga real por elem. de filtro, Gal/min./element (m ³ /h/element)	14,30	3,25
Perda mínima de pressão, psi (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psi (bar)	10,0	0,7
Custo por elemento de filtro de cartucho, \$	\$6,00	\$6,00
Vida útil do filtro de cartucho, months (valor estimado)	1	1
Custo por 1000 galões (m ³)	\$0,024	\$0,006

Sistema de Osmose Inversa		
Sistema de bombeamento		
Vazão da bomba de alta pressão, Gal/min. (m ³ /hr)	661	150
Número de bomba de alta pressão operando	4	4
Modelo da bomba de alta pressão	110Q-3L	110Q-3L
Vazão por bomba de alta pressão, Gal/min. (m ³ /hr)	174	40
Diâmetro do pistão da bomba, pol. (mm)	2,875	73,025
Curso do pistão pol. (mm)	3,50	88,90

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Número de pistões	5	5
Volume Deslocado por ciclo, galões (liters)	0,492	1,860
Eficiência volumétrica da bomba,%	97%	97%
Velocidade da bomba (requerida), rpms	346	346
Pressão de Sucção mínima, psig (bar)	30	2,0
Pressão máxima de operação, psig (bar)	1000	68,0
Eficiência mecânica da bomba,%	90,0%	90,0%
Eficiência (drive),%	95%	95%
Eficiência de motor,%	95%	95%
Fator de potência de motor,%	86,9%	86,9%
Carga máxima em, Hp (kW)	115,25	85,98
Motor (<i>rating</i>), Hp (kW)	125	93
Potência de entrada kW	90,5	90,5
Razão Energia / Produção kWh/1,000 gal (m3)	9,1	2,4

Membranas de Osmose Inversa

Capacidade dos trens, Gal/d (m3/d)	237.780	900
Número de Vaso de pressão p/ trem	10	10
Pressão de operação das membranas, psig (bar)	800	54
Núm. de elemento de membrana por vaso de alta pressão	6	6
Nenhum total. de Elementos por Train	60	60
Número de trens de osmose inversa (ou Osmose Reversa-RO)	4	4
Vazão da corrente de limpeza por vaso, Gal/min. (m3/hr)	40	9,1
TDS do permeado projetado, mg/l	200	200
Fluxo médio (produtividade), Gal/pé2/d (L/m2/d)	9,9	3,5
Custo de substituição de membrana, \$	\$1.000	\$1.000
Vida útil da membrana, anos	5	5

Sistema de limpeza química de membrana

Número de vaso de pressão p/ trem	10	10
Tempo de retenção no tanque de limpeza, minutes	3	3
Vazão de limpeza, gpm (m3/hr)	400	90,8
Volume do tanque de limpeza, Gal. (m3)	1.200	4,5
Diâmetro de tubo de alimentação da limpeza, em (mm)	6	152
Velocidade de alimentação da sol. de limpeza, pé/s (m/s)	4,5	1,4
Diâmetro do tubo de retorno de limpeza, pol. (mm)	6,0	152,4
Velocidade de retorno da solução de limpeza, pé/s (m/s)	4,5	1,4
Pressão de descarga da bomba de limpeza, psig (bar)	55	4
Fabricante da bomba e modelo	Sulzer 3 x 4	
Número de bombas de limpeza	1	1
Eficiência da bomba,%	64%	64%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	85,5%	85,5%
Motor (rated) o HP (kW):	25	18,65
Carga do motor HP (kW)	20,0	15,0
Potência do motor (kW)	15,0	15,0
Número de limpeza por ano	1	1
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal (m3)	0,0090	0,0024

Recuperação de Energia

Fluxo do concentrado por trem, Gal/min. (m3/hr)	228	52
Número de unidades de recuperação de energia (ER)	3	3
Fluxo do concentrado por unidade de ER, Gal/min. (m3/hr)	76	17
Pressão (boost) máxima requerida, psid (bar)	50	3,4

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Fabricante da Bomba boost e modelo	Afton 3/4	
Eficiência da bomba boost %	65%	65%
Eficiência de motor, %	91,7%	91,7%
Fator de Potência do motor, %	99,0%	99,0%
Motor (rating), HP (KW)	15	11,19
Carga do motor HP (KW)	10,2	7,6
Potência do motor (kW)	7,6	7,6
Consumo de energia KWhr/1,000 Gal. (m3)	0,84	0,22

Bombas de distribuição		
Vazão, gpm (m3/h)	330	75,0
Pressão de descarga de bomba, psig (bar)	65	4,4
Número de bombas	1	1
Vazão para cada bomba, Gal/min.	330	75
Tipo de bomba e modelo	2K4x3-10 w/ 6-7/8"	
Eficiência da bomba,%	66,3%	66,3%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	99,0%	99,0%
Motor (rated), HP (KW):	40	29,8
Carga do motor HP (KW)	18,9	14,1
Potência do motor (kW)	14,1	14,1
Consumo de energia KWhr/1,000 Gal. (m3)	0,39	0,10

Sistema de Pós-Tratamento		
Adição de Hipoclorito de sódio		
Concentração da alimentação, mg/L	1,5	1,5
Potencial químico %	12,5%	12,5%
Consumo diário (puro), lbs/d (Kg/d)	5,9	2,7
Consumo diário, Gal./d (L/d)	5,95	22,52
Custo de hipoclorito de sódio, \$/ Gal. (\$/ Kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$14,87	\$14,87
Adição de Silicato de sódio		
Concentração da alimentação, mg/l	6	6
Consumo diário, lbs/d (Kg/d)	23,8	10,8
Consumo diário, Gal./d (L/d)	1,56	5,90
Custo de Silicato de sódio, \$/Lbs (\$/ Kg)	\$0,75	\$1,65
Custo diário	\$17,85	\$17,85
Adição de Carbonato de cálcio		
Concentração (desejada), mg/L	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/day)	79,3	36,1
Custo do CaCO3, \$/ Lbs (\$/ Kg)	\$0,50	\$1,10
Cost diário	\$39,66	\$39,66
Diâmetro do contactor, pé (m)	5,0	1,5
Área do contactor, pé2 (m2)	19,63	1,82
Contactore (sidshell), pé (m)	5,0	1,5
Número de Contactores	2	2
Vazão por contactor, Gal/min. (m3/h)	165,1	37,5
Percentual de esvaziamento (voids), %	50%	50%
Velocidade de processamento, pé/s (m/s)	0,04	0,01
Tempo de contato, (min.)	2,22	2,22

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Mão de obra		
Número de operadores	4	4
Valor médio da hora de trabalho	\$8,00	\$8,00
Benefícios	20,0%	20,0%
Custo total da mão de obra por dia	\$307,20	\$307,20
Porcentagem de contrato	100,0%	100,0%
Valor unitário (mão de obra) \$/1,000 Gal. (\$/ m3)	\$0,336	\$0,089

Resumo (Excluindo a potência)		
Custos dos produtos químicos, \$/1000 (\$/ m3)	\$0,344	\$0,091
Manutenção mensal & limpeza de membranas, \$/1000 (\$/ m3)	\$0,500	\$0,132
Filtro de cartucho, \$/1000 (\$/ m3)	\$0,024	\$0,006
Mão de obra, \$/1000 (\$/ m3)	\$0,336	\$0,089
Substituição de membrana, \$/1000 (\$/ m3)	\$0,144	\$0,038
Total de operação & manutenção \$/1,000 (\$/ m3)	\$1,349	\$0,356

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa
Potência e cargas em função do projeto de membrana

Capacidade da planta: 3.600 M3/D
 Potência: 440 VAC 60 Hz

Carga normal	Motor Rating, kW	Quantidade	Carga Atual Unitária, kW	Carga Atual Total, kW	Eficiência do Motor	Carga Potencial kW	Operação h/D	Fator de Potência	Amps	kVA	kWh/D	kWh/m ³
Fonte												
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	1	46,8	46,8	93,6%	50,0	24	86,4%	75,9	58	1199	0,33
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	4	86,0	343,9	95,0%	362,0	24	86,9%	546,6	417	8688	2,41
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	4	7,6	30,5	91,7%	33,3	24	99,0%	44,1	34	799	0,22
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	14,1	14,1	91,7%	15,4	24	99,0%	20,4	16	369	0,10
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	15,0	15,0	91,7%	16,3	0,13	85,5%	25,0	19	2	0,00
Subtotal 480 VAC 3 Fase				450,3		477,0			712,1	542,7	11.058	3,07
Fase única de potência:	110	VAC	60 Hz									
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,00
Bomba de alimentação de inibidor de incrustante		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,67
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,67
Bomba de alimentação de cloro		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,67
Controle de potência		1			99,0%	1,0	24	100%	9,1	1,0	24	6,67
Facilidade de potência		1			99,0%	25	24	95%	239,2	26,3	600	166,67
Subtotal 110 VAC fase única						26,4			252,0	27,7	633,6	175,33
440 VAC equivalente 3 Fase Amps									36,4			
Único e 3 Fase Total						503,4			748,5	570,4	11.691	178,4
						3,25						
						88,3%						

Carga máxima	Motor Rating, kW	Quantidade	Carga Atual Unitária, kW	Eficiência do Motor	Carga Potencial kW	Operação h/D	Fator de Potência	Amps	kVA	kWh/D	kWh/m ³
Fonte											
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	1	29,8	93,6%	31,9	24,0	86,4%	48,4	37	765	212,54
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	4	373,0	95,0%	392,6	24,0	86,9%	592,9	452	9423	2617,54
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	4	44,8	91,7%	48,8	24,0	99,0%	64,7	49	1171	325,41
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	29,8	91,7%	32,5	24,0	99,0%	43,1	33	781	216,94
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	18,7	91,7%	20,3	0,1	85,5%	31,2	24	488	135,59
Subtotal 575 VAC 3 fase			496,1		526,2			780,3	594,7	12.628,9	3508,0
Potência de fase única:											
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	0,67
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	0,67
Bomba de alimentação de cloração		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	0,67
Controle de potência		1		99,0%	1,00	24,0	100,0%	9,1	1,0	24	6,67
Facilidades de potência		1		99,0%	25,00	24,0	95,0%	239,2	26,3	600	166,67
Subtotal 110 VAC fase única					26,30			251,05	27,62	631,20	175,33
575 VAC equivalente 3 Fase Amps								34,7			
Único e 3 Fase Total					552,5			815,0	622,3	13.260,1	3.683,3
					3683,35						
					88,8%						

Dimensões da tubulação do processo

Correntes do processo	Vazão (m³/hr)	Diâmetro do tubo (mm)	Velocidade (m/s)	Tipo de material
Suprimento de água para planta	357	285,75	0,39	HDPE
Alimentação do sistema de filtros de multi-meios	143	200	0,32	PVC
Filtro de Cartucho individual (entrada/saída)	45	100	0,39	PVC
Dois filtros de multi-meios (entrada/saída)	89	150	0,35	PVC
Lavagem (backwash) dos filtros (entrada/saída)	171	200	0,38	PVC
Alimentação dos filtros de cartuchos (no topo)	357	200	0,79	PVC
Filtro de Cartucho individual Inlet/Outlet	57	100	0,51	PVC
Saída de filtro de cartucho (header)	357	200	0,79	PVC
Alimentação do trem de OI (Bomba + ER Unit)	91	150	0,36	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba de alta pressão	40	150	0,16	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba recup. de energia	52	150	0,20	PVC
Alimentação de cada unidade de recuperação de energia	17	40	0,95	PVC
Descarga da bomba de alta pressão	40	75	0,62	AL6XN
Descarga da bomba de recuperação de energia	52	75	0,81	AL6XN
Descarga das bombas de alta pressão + recuperação de energia	91	100	0,81	AL6XN
Concentrado da bomba de alta pressão	52	75	0,81	AL6XN
Concentrado na tubulação de baixa pressão	52	150	0,20	PVC
Concentrado total	207	200	0,46	PVC
Alimentação da solução de limpeza química	91	150	0,36	PVC
Retorno da solução de limpeza no concentrado	91	150	0,36	PVC
Retorno do produto de limpeza química	23	100	0,20	PVC
Conexões do produto individual	1,5	30	0,15	PVC
Produto por trem	37,5	150	0,15	PVC
Produto total	150,0	150	0,59	PVC
Conexões de CaCO ₃ (entrada/saída)	37,5	100	0,33	PVC
Água potável armazenada	37,5	150	0,15	PVC

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa
Produção de Água Dessalinizada 60 L/s

Unidades de Medidas	USCS	Metric
Capacidade de Produção da Planta/Unidade, Gal/d (m3/d)	237.780	900
Produção Total da Planta, Gal/d (m3/d)	1.426.680	5.400
Recuperação da Planta,%	42,0%	42,0%
Capacidade de SWRO, Gal/m (L/s)	991	63
Número total de Tratamento (trens ou bancos de membs.)	6	6
Número de trens produzindo água potável	2	2
Vazão de alimentação requerida, Gal/d (m3/d)	3.396.857	12.857
Elevação da planta, ft (meters)	30	9,1
Temperatura Max.da água bruta, (Ceusios) C	28	28
Temperatura Mím.da água bruta, (Ceusios) C	22	22
Produção diária da planta, Gal/d (m3/d)	1.369.613	5.184
Fator de projeto (On-line),%	96,0%	96,0%

Água Bruta de Alimentação		
Fonte	Captação direta da água do mar	
<i>Tipo de Material de Captação</i>	Polietileno de alta densidade	
Diâmetro Externo de Captação, polegadas (mm)	12,75	324
Captação SDR (<i>side diameter ratio</i>) em f. (espessura do tubo)	17	17
Diâmetro da espessura da parede da tubulação, pol. (mm)	0,75	19,1
Diâmetro Interno da tubulação, pol. (mm)	11,25	285,8
Velocidade de entrada, ft/ (m/s)	7,62	2,32
Número de ralo (<i>basket strainers</i>) na captação da água bruta	2	2
Vazão para cada ralo, gpm (m3/h)	1179	268
Fabricante do ralo (<i>basket strainers</i>)	Mermade FO - 8"	Mermade FO - 200 mm
Perda de pressão, psid (bar)	0,25	0,02
Número de bombas de captação	1	1
Vazão total da água de alimentação, Gal/m (m3/h)	2359	536
Vazão por bomba, Gal/m (m3/h)	2359	536
Tipo de bomba proposta	Sulzer 6X4-13	
<i>Tipo de Material da Tubulação</i>	Polietileno de alta densidade	
Diâmetro externo da tubulação, polegadas (mm)	8,625	219
SDR da tubulação	11	11
Espessura externa da parede da tubulação, polegadas (mm)	0,78	19,9
Espessura interna da parede da tubulação, polegadas (mm)	7,06	179,2
Velocidade, ft/s (m/s)	19,36	5,90
Sucção da bomba NPSHR, ft (m)	8,00	2,44
Pressão nominal da bomba de captação, psi (bar)	53	3,6
Pressão da bomba de captação, psi (bar)	51	3,5
Eficiência da bomba,%	77,0%	77,0%
Eficiência do motor,%	93,6%	93,6%
Fator de Potência do motor,%	86,4%	86,4%
Motor (<i>rating</i>), HP (KW):	40	30
Carga em HP (KW)	94,04	70,16
KWH/1000 gals (m3)	1,26	0,33

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

De-aeração (Adição de bisulfito de sódio)		
Concentração de alimentação, mg/l	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/d)	566,6	257,5
Consumo mensal, libras (Kilograms)	7932,3	3605,6
Custo de Bisulfito de sódio, \$/ Lbs (Kilo)	\$0,30	\$0,66
Custo diário	\$169,98	\$169,98

Sistemas de Pré-Tratamento		
Filtração Multi-meios		
Diâmetro do filtro multimeios, pés (meters)	8,00	2,44
Área filtrante, pé ² (m ²)	50,24	4,67
Número de Filtros multi-meios	12	12
Vazão por Filtro, gpm (m ³ /h)	197	45
Número de filtros por trem	4	4
Diâmetro superior do filtro, in (mm)	8,0	203,2
Velocidade de tópo, ft/s (m/s)	5,02	1,53
Taxa efetiva de carga, Gal/m/ft ² (m ³ /h/m ²)	3,91	9,56
Perda mínima de pressão, psid (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psid (bar)	10,0	0,7

Sistema de Retro-lavagem (Backwash)		
Fluxo de retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal/min./pé ² (m ³ /h/m ²)	15	0,32
Duração de retro-lavagem do filtros (<i>backwash</i>), minutes	10	10
Vazão de retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal/min.(m ³ /h)	754	171
Volume de água para retro-lavagem (<i>backwash</i>), Gal (m ³)	7.536	28,5
Tipo de bomba proposta para retro-lavagem (<i>backwash</i>)		
Diâmetro superior do tubo retro-lavagem <i>backwash</i> , in (mm)	8	203,2
Velocidade, pé/s (m/s)	4,81	1,47
Pressão de descarga, psig (bar)	30	2,0

Adição de Inibidor (para prevenir incrustação)		
Concentração da corrente de alimentação, mg/l	3	3
Consumo diário, lbs/d (kg/d)	85,0	38,6
Consumo diário, Gal/d (L/d)	9,7	36,7
Consumo mensal, gal (L)	291,2	1102,0
Custo do inibidor de incrustantes, \$/lbs (\$/kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$212,47	\$212,47

Filtração de cartucho		
Carga (nominal) / elem. de filtro, Gal/min./elem. (m ³ /h/elem.)	15	3,4
Número mínimo de cartuchos de filtros	157	157
Número de sistemas de filtros de cartuchos	7	7
Número de filtros de cartuchos por sistemas	22	22
Número real de filtros de 40' polegadas (1,0 metro)	154	154
Carga real por elem. de filtro, Gal/min./element (m ³ /h/element)	15,32	3,48
Perda mínima de pressão, psi (bar)	2,0	0,1
Perda máxima de pressão, psi (bar)	10,0	0,7
Custo por elemento de filtro de cartucho, \$	\$6,00	\$6,00
Vida útil do filtro de cartucho, months (valor estimado)	1	1
Custo por 1000 galões (m ³)	\$0,022	\$0,006

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Sistema de Osmose Inversa		
Sistema de bombeamento		
Vazão da bomba de alta pressão, Gal/min. (m3/hr)	991	225
Número de bomba de alta pressão operando	6	6
Modelo da bomba de alta pressão	110Q-3L	110Q-3L
Vazão por bomba de alta pressão, Gal/min. (m3/hr)	174	40
Diâmetro do pistão da bomba, pol. (mm)	2,875	73,025
Curso do pistão pol. (mm)	3,50	88,90
Número de pistões	5	5
Volume Deslocado por ciclo, galões (liters)	0,492	1,860
Eficiência volumétrica da bomba,%	97%	97%
Velocidade da bomba (requerida), rpms	346	346
Pressão de Sucção mínima, psig (bar)	30	2,0
Pressão máxima de operação, psig (bar)	1000	68,0
Eficiência mecânica da bomba,%	90,0%	90,0%
Eficiência (drive),%	95%	95%
Eficiência de motor,%	95%	95%
Fator de potência de motor,%	86,9%	86,9%
Carga máxima em, Hp (kW)	115,25	85,98
Motor (<i>rating</i>), Hp (kW)	125	93
Potência de entrada kW	90,5	90,5
Razão Energia / Produção kWh/1,000 gal (m3)	9,1	2,4

Membrnas de Osmose Inversa		
Capacidade dos trens, Gal/d (m3/d)	237.780	900
Número de Vaso de pressão p/ trem	10	10
Pressão de operação das membranas, psig (bar)	800	54
Núm. de elemento de membrana por vaso de alta pressão	6	6
Nenhum total. de Elementos por Train	60	60
Número de trens de osmose inversa (ou Osmose Reversa-RO)	6	6
Vazão da corrente de limpeza por vaso, Gal/min. (m3/hr)	40	9,1
TDS do permeado projetado, mg/l	200	200
Fluxo médio (produtividade), Gal/pé2/d (L/m2/d)	9,9	3,5
Custo de substituição de membrana, \$	\$1.000	\$1.000
Vida útil da membrana, anos	5	5

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Sistema de limpeza química de membrana		
Número de vaso de pressão p/ trem	10	10
Tempo de retenção no tanque de limpeza, minutes	3	3
Vazão de limpeza, gpm (m3/hr)	400	90,8
Volume do tanque de limpeza, Gal. (m3)	1.200	4,5
Diâmetro de tubo de alimentação da limpeza, em (mm)	6	152
Velocidade de alimentação da sol. de limpeza, pé/s (m/s)	4,5	1,4
Diâmetro do tubo de retorno de limpeza, pol. (mm)	6,0	152,4
Velocidade de retorno da solução de limpeza, pé/s (m/s)	4,5	1,4
Pressão de descarga da bomba de limpeza, psig (bar)	55	4
Fabricante da bomba e modelo	Sulzer 3 x 4	
Número de bombas de limpeza	1	1
Eficiência da bomba,%	64%	64%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	85,5%	85,5%
Motor (rated) o HP (kW):	25	18,65
Carga do motor HP (kW)	20,0	15,0
Potência do motor (kW)	15,0	15,0
Número de limpeza por ano	1	1
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal (m3)	0,0135	0,0036

Recuperação de Energia		
Fluxo do concentrado por trem, Gal/min. (m3/hr)	228	52
Número de unidades de recuperação de energia (ER)	3	3
Fluxo do concentrado por unidade de ER, Gal/min. (m3/hr)	76	17
Pressão (boost) máxima requerida, psid (bar)	50	3,4
Fabricante da Bomba boost e modelo	Afton 3/4	
Eficiência da bomba boost %	65%	65%
Eficiência de motor, %	91,7%	91,7%
Fator de Potência do motor, %	99,0%	99,0%
Motor (rating), HP (KW)	15	11,19
Carga do motor HP (KW)	10,2	7,6
Potência do motor (kW)	7,6	7,6
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal. (m3)	0,84	0,22

Bombas de distribuição		
Vazão, gpm (m3/h)	330	75,0
Pressão de descarga de bomba, psig (bar)	65	4,4
Número de bombas	1	1
Vazão para cada bomba, Gal/min.	330	75
Tipo de bomba e modelo	2K4x3-10 w/ 6-7/8"	
Eficiência da bomba,%	66,3%	66,3%
Eficiência do motor,%	91,7%	91,7%
Fator de potência do motor,%	99,0%	99,0%
Motor (rated), HP (KW):	40	29,8
Carga do motor HP (KW)	18,9	14,1
Potência do motor (kW)	14,1	14,1
Consumo de energia kWhr/1,000 Gal. (m3)	0,26	0,07

Sistema de Pós-Tratamento		
Adição de Hipoclorito de sódio		
Concentração da alimentação, mg/L	1,5	1,5
Potencial químico %	12,5%	12,5%
Consumo diário (puro), lbs/d (Kg/d)	5,9	2,7

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa

Consumo diário, Gal./d (L/d)	5,95	22,52
Custo de hipoclorito de sódio, \$/ Gal. (\$/ Kg)	\$2,50	\$5,50
Custo diário	\$14,87	\$14,87
Adição de Silicato de sódio		
Concentração da alimentação, mg/l	6	6
Consumo diário, lbs/d (Kg/d)	23,8	10,8
Consumo diário, Gal./d (L/d)	1,56	5,90
Custo de Silicato de sódio, \$/Lbs (\$/ Kg)	\$0,75	\$1,65
Custo diário	\$17,85	\$17,85
Adição de Carbonato de cálcio		
Concentração (desejada), mg/L	20	20
Consumo diário, lbs/day (Kg/day)	79,3	36,1
Custo do CaCO ₃ , \$/ Lbs (\$/ Kg)	\$0,50	\$1,10
Cost diário	\$39,66	\$39,66
Diâmetro do contactor, pé (m)	5,0	1,5
Área do contactor, pé ² (m ²)	19,63	1,82
Contactor (sideshell), pé (m)	5,0	1,5
Número de Contactores	2	2
Vazão por contactor, Gal./min. (m ³ /h)	165,1	56,3
Percentual de esvaziamento (voids), %	50%	50%
Velocidade de processamento, pé/s (m/s)	0,04	0,01
Tempo de contato, (min.)	2,22	2,22

Mão de obra		
Número de operadores	4	4
Valor médio da hora de trabalho	\$8,00	\$8,00
Benefícios	20,0%	20,0%
Custo total da mão de obra por dia	\$307,20	\$307,20
Porcentagem de contrato	100,0%	100,0%
Valor unitário (mão de obra) \$/1,000 Gal. (\$/ m ³)	\$0,224	\$0,059

Resumo (Excluindo a potência)		
Custos dos produtos químicos, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,319	\$0,084
Manutenção mensal & limpeza de membranas, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,500	\$0,132
Filtro de cartucho, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,022	\$0,006
Mão de obra, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,224	\$0,059
Substituição de membrana, \$/1000 (\$/ m ³)	\$0,144	\$0,038
Total de operação & manutenção \$/1,000 (\$/ m ³)	\$1,210	\$0,320

Sistema de Dessalinização da Água do Mar via Osmose Inversa
Potência e cargas em função do projeto de membrana

Capacidade da planta: 5.400 M3/D
 Potência: 440 VAC 60 Hz

Carga normal	Electrical Operating											
	Motor		Actual Load	Actual Load	Motor	Load	Hours					
Fonte	Rating, KW	Quantidade	KW each	KW, total	eff., %	KW	per Day	PF	Amps	KVA	KWH/D	KWH/M3
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	1	70,2	70,2	93,6%	75,0	24	86,4%	113,8	87	1799	0,33
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	6	86,0	515,9	95,0%	543,0	24	86,9%	820,0	625	13033	2,41
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	6	7,6	45,8	91,7%	50,0	24	99,0%	66,2	50	1199	0,22
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	14,1	14,1	91,7%	15,4	24	99,0%	20,4	16	369	0,07
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	15,0	15,0	91,7%	16,3	0,20	85,5%	25,0	19	3	0,00
Subtotal 480 VAC 3 Fase				660,9		699,6			1.045,4	796,7	16.402	3,04
Fase única de potência:	110	VAC	60 Hz									
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,00
Bomba de alimentação de inibidor de incrustante		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,44
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,44
Bomba de alimentação de cloro		1			99,0%	0,10	24	100%	0,9	0,1	2	0,44
Controle de potência		1			99,0%	1,0	24	100%	9,1	1,0	24	4,44
Facilidade de potência		1			99,0%	25	24	95%	239,2	26,3	600	111,11
Subtotal 110 VAC fase única						26,4			252,0	27,7	633,6	116,89
440 VAC equivalente 3 Fase Amps									36,4			
Único e 3 Fase Total						726,0	KW		1.081,8	824,4	17.036	119,9
						3,15	KWHr/M3					
						88,1%	Plant PF					
Carga máxima			Carga		Electrical	Operating						
	Motor		Potencial	Motor	Load	Hours						
Fonte	Rating, KW	Quantidade	KW, total	eff., %	KW	per Day	PF	Amps	KVA	KWH/D	KWH/1,000	
Bomba de captação (abastecimento)	29,8	1	29,8	93,6%	31,9	24,0	86,4%	48,4	37	765	141,69	
Bomba de alta pressão do Sist.de Osmose inversa	93,3	6	559,5	95,0%	588,9	24,0	86,9%	889,3	678	14135	2617,54	
Bomba boost de recuperação de energia	11,2	6	67,1	91,7%	73,2	24,0	99,0%	97,0	74	1757	325,41	
Bomba de distribuição de água dessalinizada	29,8	1	29,8	91,7%	32,5	24,0	99,0%	43,1	33	781	144,63	
Bomba de limpeza química de membrana	18,7	1	18,7	91,7%	20,3	0,2	85,5%	31,2	24	488	90,39	
Subtotal 575 VAC 3 fase			705,0		746,9			1.109,1	845,2	17.926,2	3319,7	
Potência de fase única:												
Bomba de alimentação de bisulfito de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	0,44	
Bomba de alimentação de silicato de sódio		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	0,44	
Bomba de alimentação de cloração		1		99,0%	0,10	24,0	100,0%	0,9	0,1	2	0,44	
Controle de potência		1		99,0%	1,00	24,0	100,0%	9,1	1,0	24	4,44	
Facilidades de potência		1		99,0%	25,00	24,0	95,0%	239,2	26,3	600	111,11	
Subtotal 110 VAC fase única					26,30			251,05	27,62	631,20	116,89	
575 VAC equivalente 3 Fase Amps								34,7				
Único e 3 Fase Total					773,2	KW		1.143,8	872,9	18.557,4	3.436,5	
					3436,55	KWHr/M3						
					88,6%	Plant PF						

Dimensões da tubulação do processo

Correntes do processo	Vazão (m3/hr)	Diâmetro do tubo (mm)	Velocidade (m/s)	Tipo de material
Suprimento de água para planta	536	285,75	0,58	HDPE
Alimentação do sistema de filtros de multi-meios	143	200	0,32	PVC
Filtro de Cartucho individual (entrada/saída)	45	100	0,39	PVC
Dois filtros de multi-meios (entrada/saída)	89	150	0,35	PVC
Lavagem (backwash) dos filtros (entrada/saída)	171	200	0,38	PVC
Alimentação dos filtros de cartuchos (no topo)	536	200	1,18	PVC
Filtro de Cartucho individual Inlet/Outlet	41	100	0,36	PVC
Saída de filtro de cartucho (header)	536	200	1,18	PVC
Alimentação do trem de OI (Bomba + ER Unit)	91	150	0,36	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba de alta pressão	40	150	0,16	PVC
Alimentação do trem de OI pela bomba recup. de energia	52	150	0,20	PVC
Alimentação de cada unidade de recuperação de energia	17	40	0,95	PVC
Descarga da bomba de alta pressão	40	75	0,62	AL6XN
Descarga da bomba de recuperação de energia	52	75	0,81	AL6XN
Descarga das bombas de alta pressão + recuperação de energia	91	100	0,81	AL6XN
Concentrado da bomba de alta pressão	52	75	0,81	AL6XN
Concentrado na tubulação de baixa pressão	52	150	0,20	PVC
Concentrado total	311	200	0,69	PVC
Alimentação da solução de limpeza química	91	150	0,36	PVC
Retorno da solução de limpeza no concentrado	91	150	0,36	PVC
Retorno do produto de limpeza química	23	100	0,20	PVC
Conexões do produto individual	1,5	30	0,15	PVC
Produto por trem	37,5	150	0,15	PVC
Produto total	225,0	150	0,88	PVC
Conexões de CaCO3 (entrada/saída)	37,5	100	0,33	PVC
Água potável armazenada	37,5	150	0,15	PVC



ANEXO VI – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MEMBRANAS

Project Information: Projeto para a produção de 5 l/s de água dessalinizada, com alimentação de água do mar.

System Details

Feed Flow to Stage 1	7.27 m³/d	Pass 1 Permeate Flow	1.09 m³/d	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	7.27 m³/d	Pass 1 Recovery	15.00 %	Feed	1.63 bar
Feed Pressure	6.73 bar	Feed Temperature	28.0 C	Concentrate	1.91 bar
Fouling Factor	0.85	Feed TDS	2000.01 mg/l	Average	1.77 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	1	Average NDP	4.58 bar
Total Active Area	2.60 M²	Average Pass 1 Flux	17.46 lmh	Power	0.07 kW
Water Classification: RO Permeate SDI < 1				Specific Energy	1.56 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/d)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/d)	Conc Flow (m³/d)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/d)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	TW30-2540	1	1	7.27	6.39	0.00	6.18	6.31	1.09	17.46	0.00	0.00	33.10

Pass Streams (mg/l as Ion)					
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate
			Stage 1	Stage 1	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	786.75	786.75	923.30	13.02	13.02
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	1213.25	1213.25	1423.83	20.07	20.07
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TDS	2000.01	2000.01	2347.13	33.10	33.10
pH	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Design Warnings

-None-

Solubility Warnings

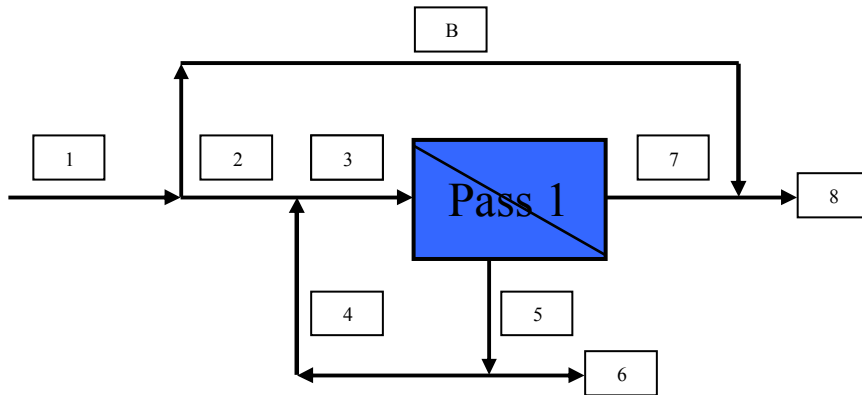
-None-

Stage Details

Stage 1 Element	Recovery	Perm Flow (m ³ /d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m ³ /d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.15	1.09	33.10	7.27	2000.01	6.39

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

System Design Overview



Raw Water TDS	2000.01 mg/l	% System Recovery (7/1)	15.00 %
Water Classification	RO Permeate SDI < 1	Fouling Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	28.0 C		

Pass #	Pass 1
Stage #	1
Element Type	TW30-2540
Pressure Vessels per Stage	1
Elements per Pressure Vessel	1
Total Number of Elements	1
Pass Average Flux	17.46 lmh
Stage Average Flux	17.46 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar
Chemical Dose	-
Energy Consumption	1.56 kWh/m ³

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. **DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN.** Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Pass 1			
Stream #	Flow (m³/d)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	7.27	0.00	2000.01
3	7.27	6.73	2000.01
5	6.18	6.31	2347.13
7	1.09	-	33.10
7/1	% Recovery	15.00	

Project Information:

Projeto para a produção de 5 l/s de água dessalinizada, com alimentação de água do mar.

Design Warnings:

-None-

Solubility Warnings:

-None-

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.



ANEXO VII – MODELAGEM DO PROGRAMA EPANET


```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Hydraulic and Water Quality                *
*                               Analysis for Pipe Networks                  *
*                               Version 2.0                               *
*****

```

Input File: Ida Adutora Usina - Nova Vazão - Uma Estação.net

SIMULAÇÃO ADUTORA USINA

Link - Node Table:

Link ID	Start Node	End Node	Length m	Diameter mm
TAM2	AM2	AM3	69.54	204.2
TAM3	AM3	AM4	31.16	204.2
TAM4	AM4	AM5	23.55	204.2
TAM5	AM5	AM6	1.71	204.2
TAM6	AM6	AM7	9.99	204.2
TAM7	AM7	AM8	109.8	204.2
TAM8	AM8	AM9	20.19	204.2
TAM9	AM9	AM10	24.05	204.2
TAM10	AM10	AM11	33.29	204.2
TAM11	AM11	AM12	15.85	204.2
TAM12	AM12	AM13	14.68	204.2
TAM13	AM13	AM14	68.58	204.2
TAM14	AM14	AM15	10.48	204.2
TAM15	AM15	AM16	123.95	204.2
TAM16	AM16	AM17	99.9	204.2
TAM17	AM17	AM18	13.86	204.2
TAM18	AM18	AM19	54	204.2
TAM19	AM19	AM20	0.26	204.2
TAM20	AM20	AM21	96.56	204.2
TAM21	AM21	AM22	99.23	204.2
TAM22	AM22	AM23	101.3	204.2
TAM23	AM23	AM24	12.25	204.2
TAM24	AM24	AM25	33.51	204.2
TAM25	AM25	AM26	53.99	204.2
TAM26	AM26	AM27	63.37	204.2
TAM30	AM27	AM28	2.15	204.2
TAM28	AM28	AM29	500.16	144.6
TAM29	AM29	AM30	200	144.6

Node Results:

Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
AM2	12.50	38.71	14.71	0.00
AM3	0.00	38.76	14.76	0.00
AM4	0.00	38.79	24.74	0.00
AM5	0.00	38.81	24.65	0.00
AM6	0.00	38.81	25.01	0.00
AM7	0.00	38.81	25.51	0.00
AM8	0.00	38.90	30.24	0.00
AM9	0.00	38.92	32.42	0.00
AM10	0.00	38.93	34.78	0.00
AM11	0.00	38.96	34.49	0.00
AM12	0.00	38.97	33.26	0.00
AM13	0.00	38.98	34.15	0.00
AM14	0.00	39.04	34.11	0.00
AM15	0.00	39.04	31.90	0.00
AM16	0.00	39.14	37.14	0.00
AM17	0.00	39.22	34.72	0.00
AM18	0.00	39.23	35.73	0.00
AM19	0.00	39.27	28.62	0.00
AM20	0.00	39.27	28.60	0.00
AM21	0.00	39.35	28.37	0.00
AM22	0.00	39.42	29.07	0.00
AM23	0.00	39.50	29.97	0.00
AM24	0.00	39.51	31.29	0.00
AM25	0.00	39.54	32.04	0.00
AM26	0.00	39.58	31.11	0.00
AM27	0.00	39.63	31.13	0.00
AM28	0.00	39.63	31.13	0.00
AM29	0.00	41.47	32.97	0.00
AM30	-12.50	42.20	0.00	0.00 Reservoir

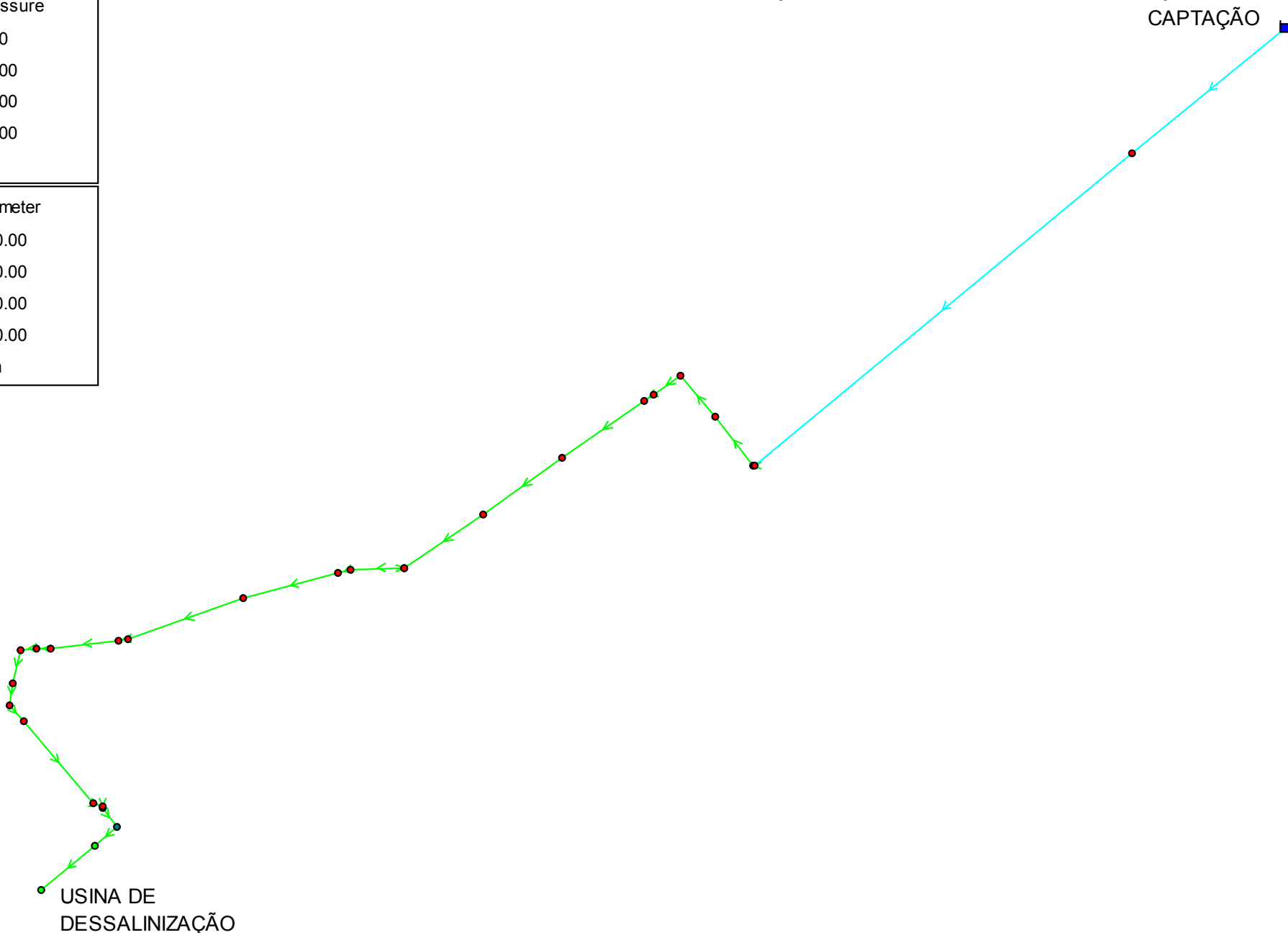
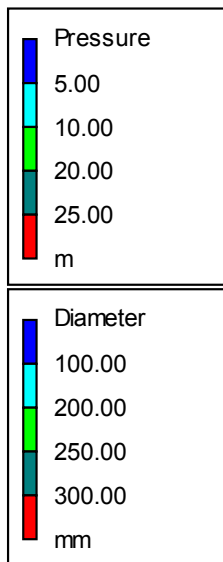
Link Results:

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Headloss m/km	Status
TAM2	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM3	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM4	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM5	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM6	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM7	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM8	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM9	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM10	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM11	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM12	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM13	-12.50	0.38	0.78	Open

Link Results: (continued)

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Headloss m/km	Status
TAM14	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM15	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM16	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM17	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM18	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM19	-12.50	0.38	0.77	Open
TAM20	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM21	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM22	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM23	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM24	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM25	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM26	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM30	-12.50	0.38	0.78	Open
TAM28	-12.50	0.76	3.67	Open
TAM29	-12.50	0.76	3.67	Open

SIMULAÇÃO ADUTORA USINA DESSALINIZAÇÃO - (TRECHO CAPTAÇÃO - USINA)



```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Hydraulic and Water Quality                 *
*                               Analysis for Pipe Networks                   *
*                               Version 2.0                                 *
*****

```

Input File: Volta Adutora Usina nova vazão.NET

SIMULAÇÃO ADUTORA USINA

Link - Node Table:

Link ID	Start Node	End Node	Length m	Diameter mm
TREJ1	REJ1	REJ2	82.65	108.4
TREJ2	REJ2	REJ3	30.76	108.4
TREJ3	REJ3	REJ4	22.57	108.4
TREJ4	REJ4	REJ5	1.56	252.00
TREJ5	REJ5	REJ6	9.98	108.4
TREJ6	REJ6	REJ7	109.93	108.4
TREJ7	REJ7	REJ8	20.42	108.4
TREJ8	REJ8	REJ9	24.31	108.4
TREJ9	REJ9	REJ10	33.65	108.4
TREJ10	REJ10	REJ11	16.2	108.4
TREJ11	REJ11	REJ12	14.69	108.4
TREJ12	REJ12	REJ13	68.57	108.4
TREJ13	REJ13	REJ14	10.43	108.4
TREJ14	REJ14	REJ15	123.92	108.4
TREJ15	REJ15	REJ16	99.91	108.4
TREJ16	REJ16	REJ17	13.91	108.4
TREJ17	REJ17	REJ18	54.05	108.4
TREJ18	REJ18	REJ19	0.12	252.00
TREJ19	REJ19	REJ20	96.41	108.4
TREJ20	REJ20	REJ21	99.22	108.4
TREJ21	REJ21	REJ22	101.3	108.4
TREJ22	REJ22	REJ23	12.25	108.4
TREJ23	REJ23	REJ24	33.97	108.4
TREJ24	REJ24	REJ25	54.45	108.4
TREJ25	REJ25	REJ26	63.02	108.4
TREJ26	REJ26	REJ27	1.71	252.00
TREJ27	REJ27	REJ28	500	113

Node Results:

Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
REJ2	0.00	21.46	-0.54	0.00
REJ3	0.00	21.25	7.20	0.00
REJ4	0.00	21.10	6.94	0.00
REJ5	0.00	21.10	7.30	0.00
REJ6	0.00	21.04	7.74	0.00
REJ7	0.00	20.31	11.65	0.00
REJ8	0.00	20.18	13.68	0.00
REJ9	0.00	20.02	15.87	0.00
REJ10	0.00	19.80	15.33	0.00
REJ11	0.00	19.69	13.98	0.00
REJ12	0.00	19.59	14.76	0.00
REJ13	0.00	19.14	14.21	0.00
REJ14	0.00	19.07	11.93	0.00
REJ15	0.00	18.26	16.26	0.00
REJ16	0.00	17.60	13.10	0.00
REJ17	0.00	17.51	14.01	0.00
REJ18	0.00	17.15	6.50	0.00
REJ19	0.00	17.15	6.48	0.00
REJ20	0.00	16.51	5.53	0.00
REJ21	0.00	15.86	5.51	0.00
REJ22	0.00	15.19	5.66	0.00
REJ23	0.00	15.11	6.89	0.00
REJ24	0.00	14.89	7.39	0.00
REJ25	0.00	14.53	6.06	0.00
REJ26	0.00	14.11	5.61	0.00
REJ27	0.00	14.11	5.61	0.00
REJ28	7.50	11.75	3.25	0.00
REJ1	-7.50	22.00	0.00	0.00 Reservoir

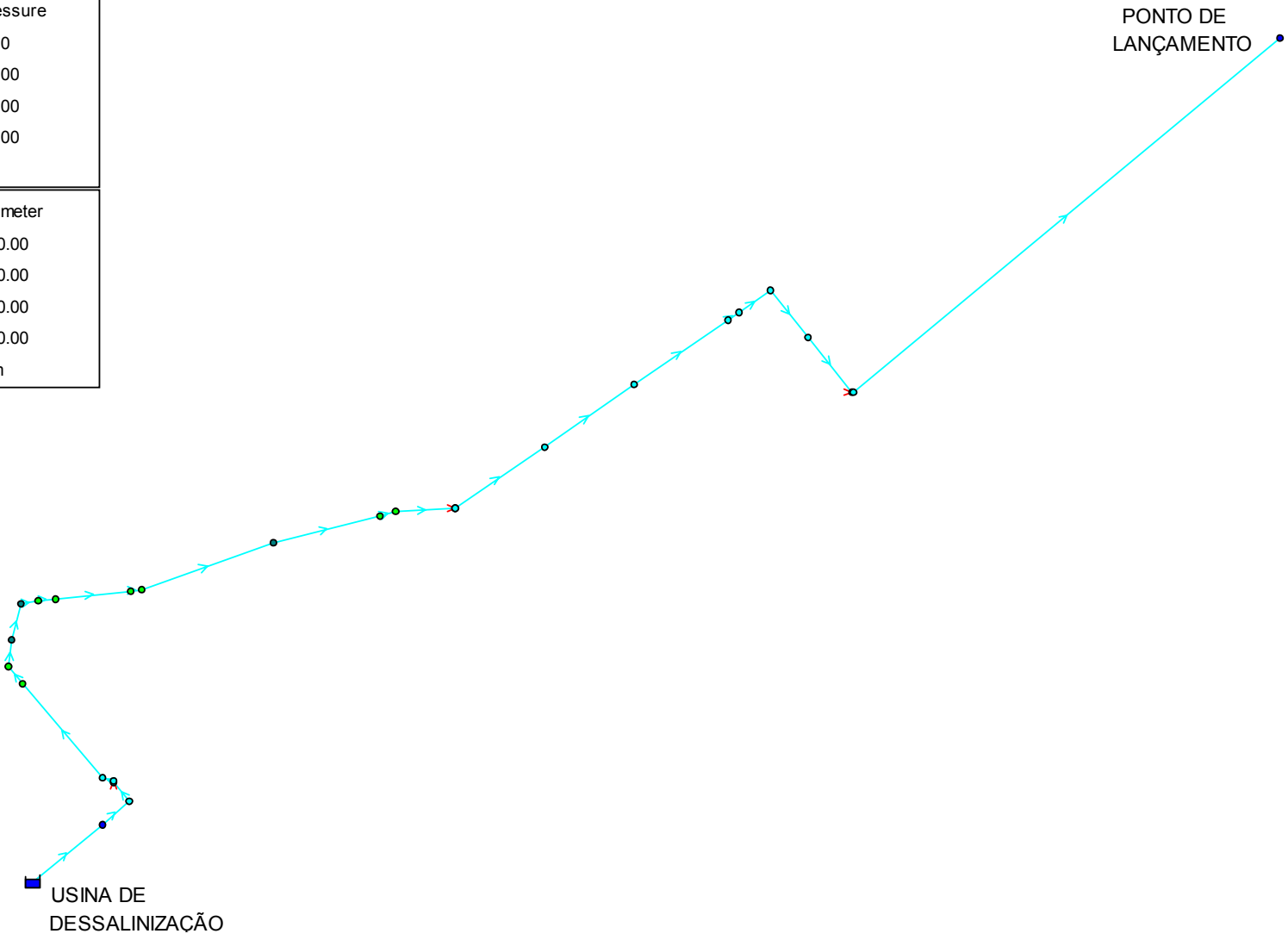
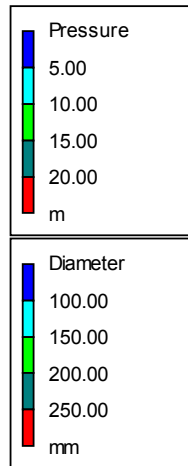
Link Results:

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Headloss m/km	Status
TREJ1	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ2	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ3	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ4	7.50	0.15	0.11	Open
TREJ5	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ6	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ7	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ8	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ9	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ10	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ11	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ12	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ13	7.50	0.81	6.59	Open

Link Results: (continued)

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Headloss m/km	Status
TREJ14	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ15	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ16	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ17	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ18	7.50	0.15	0.11	Open
TREJ19	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ20	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ21	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ22	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ23	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ24	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ25	7.50	0.81	6.59	Open
TREJ26	7.50	0.15	0.11	Open
TREJ27	7.50	0.75	4.74	Open

SIMULAÇÃO ADUTORA USINA DESSALINIZAÇÃO - (TRECHO USINA - LANÇAMENTO)





ANEXO VIII – ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS – MEMORIA DE CÁLCULOS

1 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

1.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA PRINCIPAL – EE-P

A Estação Elevatória – EE-AS recalca água do mar através da Adutora de Água Salgada – AD-AS ao Reservatório de Água Salgada – RAP-AS. A adutora divide-se em dois trechos o primeiro em tubo PEAD com diâmetro externo de 160 mm e extensão de 700,16 m e o segundo em tubo PVC DEFoFo com diâmetro de 200 mm e extensão de 1.230,70 m.

1.1.1 - DIMENSIONAMENTO

Conforme a Norma da ABNT P-NB-591/77 – capítulo 5.4.3.1 “*A condição 5.4.3 (“A linha piezométrica das adutoras em conduto forçado se situará nas condições mais desfavoráveis de escoamento previsto, isto pelo menos 2,0 m acima da geratriz superior do conduto e pelo menos 1,0 m acima da superfície do terreno”)* não será exigível nos trechos inicial e final do conduto ligado a um reservatório ou caixa em contato com a atmosfera”.

1.1.1.1 - Dados Gerais

- Vazão total: 12,5 l/s;
- Nº de bombas: 1A+1R;
- Vazão unitária: 12,5 l/s;

1.1.1.2 - Desnível Geométrico (Hg)

- Cota do Nível do Mar = 0,00 m
- Cota do Nível Máximo do RAP-AS = 27,80 m
- $h_g = 27,80 - 0 = 27,80$ m

1.1.1.3 - Perdas de Carga Localizadas

Não foram consideradas perdas de carga localizadas, pois as bombas são do tipo submersa.

1.1.1.4 - Perdas de Carga Distribuídas na Adutora (Hd)

As perdas de carga distribuídas ao longo da linha de recalque são obtidas a partir da Fórmula de Hazen-Williams:

$$h_{de} = 10,643 * (Q)^{1,85} * (C)^{-1,85} * (Di)^{-4,87} * L$$

Onde: h_{de} = perda de carga distribuída na linha de recalque (m);

Q = vazão (m^3/s);

C = coeficiente de rugosidade; $C = 140$ (PVC DEFoFo) e 150 (Polietileno);

Di = diâmetro interno (m);

L = comprimento da tubulação (m).

Trecho 1 → Captação à Praia (Polietileno DN 160 mm)

Dados: $Q = 12,5$ l/s, $L = 700,16$ m, $Di = 144,60$ mm, $C = 150$;

$$h_{de1} = 10,643 * (0,0125)^{1,85} * (150)^{-1,85} * (0,1446)^{-4,87} * 700,16$$

$$h_{de1} = 0,00372014 \times 700,16$$

$$h_{de1} = 2,61$$

Trecho 2 → Praia a Usina (PVC DEFoFo DN 200 mm)

Dados: $Q = 12,5$ l/s, $L = 1.203,70$ m, $Di = 204,20$ mm, $C = 140$;

$$h_{de2} = 10,643 * (0,0125)^{1,85} * (140)^{-1,85} * (0,2042)^{-4,87} * 1.230,70$$

$$h_{de2} = 0,00078712 \times 1.230,70$$

$$h_{de2} = 0,36 \text{ m}$$

$$h_{de} = h_{de1} + h_{de2} = 2,61 + 0,97$$

$$h_{de} = 3,58 \text{ m}$$

1.1.1.5 - Altura Manométrica Total (AMT)

$$- \quad A.M.T = h_g + h_{de}$$

$$- \quad A.M.T = 27,80 + 3,58 = 29,08 \text{ m}$$

1.1.1.6 - Potência Requerida Pelo Sistema

Potência Unitária

$$P = \frac{Q * AMT}{75 * n};$$

Onde:

P = potência em cv

Q = vazão em l/s

AMT = altura manométrica total (m)

$n = \text{rendimento do conjunto (\%)} = \text{rendimento bomba} \times \text{rendimento motor}$

$$- P_{UNITÁRIA} = \frac{Q_{UNITÁRIA} \times \text{AMT}}{75 \times n}$$

$$- P_{UNITÁRIA} = \frac{12,5 \times 31,38}{75 \times 0,583} = 8,97 \text{ cv}$$

Potência Adotada

Foi considerada uma folga de potência de 10%.

Potência calculada..... $1,10 \times 8,97 = 9,87 \text{ cv}$

Potência adotada..... 10 cv

1.1.1.7 - Bomba Escolhida para Cálculo

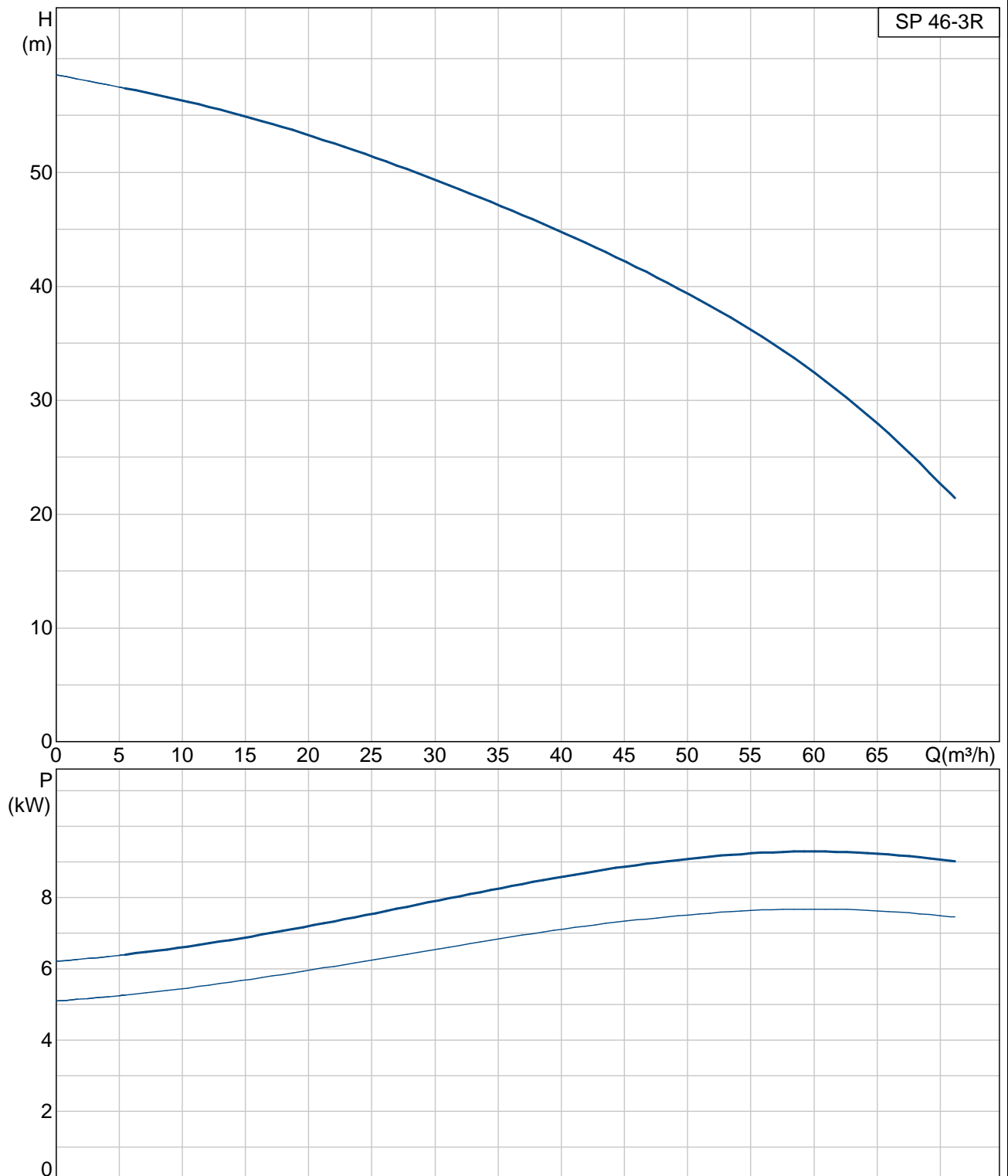
Para efeito de dimensionamento do sistema escolheu-se a eletrobomba submersível de eixo vertical de marca GRUNDFOS tipo SP 46-3R 3471 rpm, 400V/440V/60Hz.

A seguir apresenta-se a curva da bomba escolhida para cálculo.

Projecto: UŞINA DE DESSALINIZAÇÃO
Referência Número: -
Posio:

Cliente: COGERH
Número de Cliente: -
Contacto: -

15DV3603 SP 46-3R



Projecto: USINA DE DESSALINIZAÇÃO

Referência Número: -

Cliente: COGERH

Número de Cliente: -

Contacto: -

Posição	Qte.	Descrição	Preço unitário
	1	<p>SP 46-3R Código: 15DV3603 Electrobomba submersível própria para o abastecimento de água potável, sistemas de rega, rebaixamento de água subterrânea, pressurização e diversas aplicações industriais.</p> <p>Electrobomba totalmente concebida em Aço inoxidável DIN W.-Nr. 1.4539 DIN W.-Nr., própria tanto para instalação vertical como horizontal. A bomba incorpora uma válvula de retenção.</p> <p>A electrobomba possui um motor submersível 3-fásico, encapsulado com protecção contra areias, chumaceiras lubrificadas pelo próprio líquido e diafragma de equalização de pressão.</p> <p>Liquid: Max liquid t at 0.15 m/sec: 30 °C</p> <p>Technical: Speed for pump data: 3450 rpm Caudal nominal: 55 m³/h Altura nominal: 36 m Empanque para motor: SIC/SIC Tolerância da curva: ISO 9906 Annex A</p> <p>Materials: Bomba: Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI Impulsor: Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI Motor: Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI</p> <p>Installation: Descarga da bomba: Rp 4 Diâmetro do motor: 6 inch</p> <p>Electrical data: Tipo de motor: MS6000 Potência nominal - P2: 7.5 kW Frequência da rede: 60 Hz Tensão nominal: 3 x 440-460-480 V Método arranque: Directo online Factor de serviço: 1,15 Corrente nominal: 17,4-17,0-17,0 A Cos fi - factor de potência: 0,84-0,82-0,78 Velocidade nominal: 3440-3450-3470 rpm Classe de isolamento (IEC 34-5): IP58 Classe de isolamento (IEC 85): F</p>	A pedido



Nome da empresa: VBA CONSULTORES LTDA
Criado por: -
Telefone: (85) 3261 1077
Fax: (85) 3244 0979
Data: 19/10/2006


Projecto: UŞINA DE DESSALINIZAÇÃO
Referência Número: -

Cliente: COGERH
Número de Cliente: -
Contacto: -

Posiço	Qty.	Descriço	Preço unitário
		Built-in temp. transmitter: sim	
		Others:	
		Peso líquido: 49 kg	
		Peso bruto: 61 kg	
		Volume da embalagem: 0.1 m ³	

Projecto: UŞINA DE DESSALINIZAÇÃO
Referência Número: -

Cliente: COGERH
Número de Cliente: -
Contacto: -

Posio	Qte.	Descrio	Preço unitário
	1	<p>SP 46-3R</p>  <p>Nota! A imagem do produto pode diferir do produto actual</p> <p>Código: 15DV3603 Electrobomba submersivel própria para o abastecimento de água potável, sistemas de rega, rebaixamento de água subterranea, pressurização e diversas aplicações industriais.</p> <p>Electrobomba totalmente concebida em Aço inoxidável DIN W.-Nr. 1.4539 DIN W.-Nr., própria tanto para instalação vertical como horizontal. A bomba incorpora uma válvula de retenção.</p> <p>A electrobomba possui um motor submersivel 3-físico, encapsulado com proteco contra areias, chumaceiras lubrificadas pelo próprio liquido e diafragma de equalização de pressão.</p> <p>Liquid: Max liquid t at 0.15 m/sec: 30 °C</p> <p>Technical: Speed for pump data: 3450 rpm Caudal nominal: 55 m³/h Altura nominal: 36 m Empanque para motor: SIC/SIC Tolerância da curva: ISO 9906 Annex A</p> <p>Materials: Bomba: Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI Impulsor: Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI Motor: Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI</p>	A pedido

Projecto: UŞINA DE DESSALINIZAÇÃO
Referência Número: -

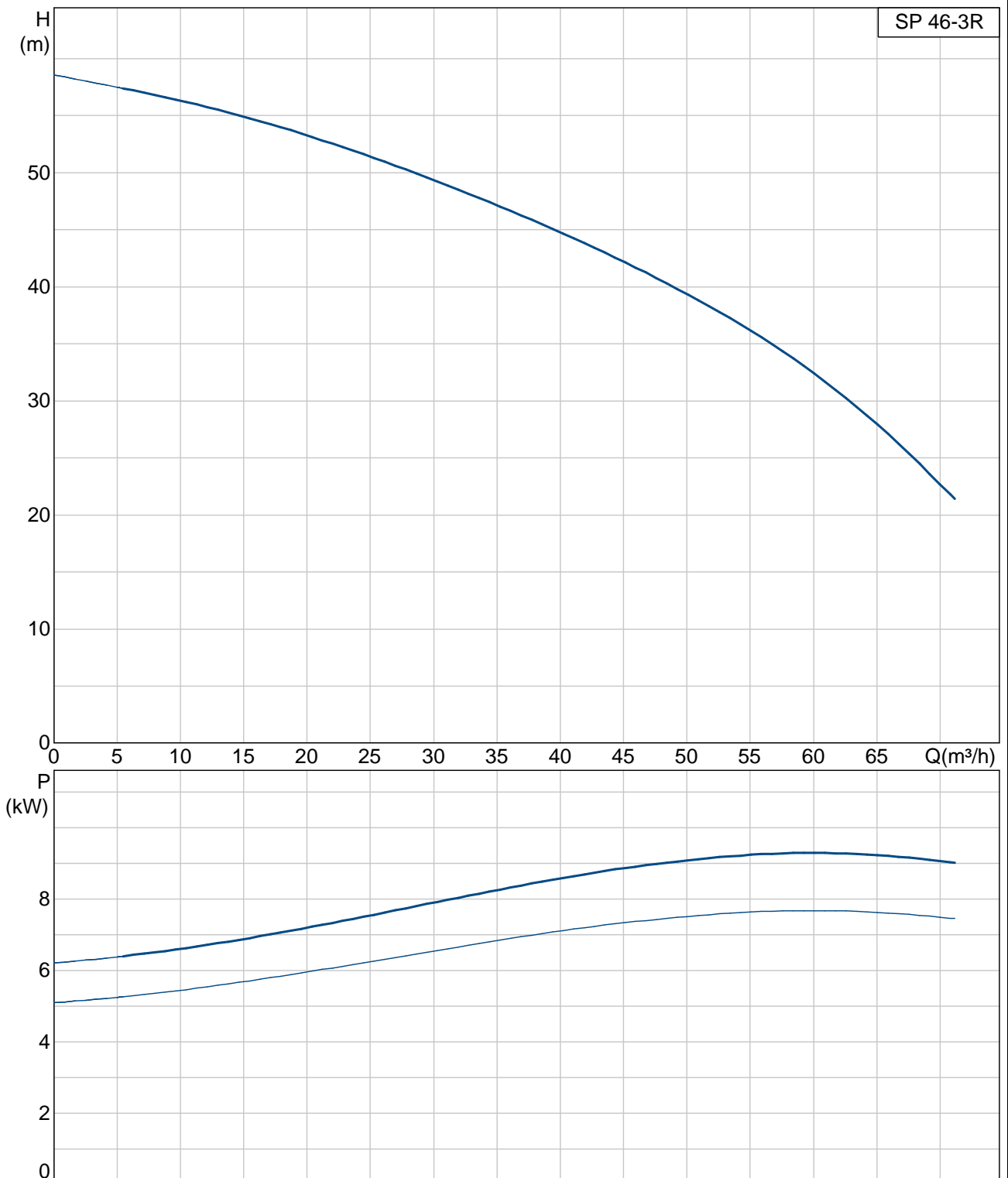
Cliente: COGERH
Número de Cliente: -
Contacto: -

Posio	Qte.	Descrio	Preço unitário
		Installation: Descarga da bomba: Rp 4 Diâmetro do motor: 6 inch Electrical data: Tipo de motor: MS6000 Potência nominal - P2: 7.5 kW Frequência da rede: 60 Hz Tensão nominal: 3 x 440-460-480 V Método arranque: Directo online Factor de serviço: 1,15 Corrente nominal: 17,4-17,0-17,0 A Cos fi - factor de potência: 0,84-0,82-0,78 Velocidade nominal: 3440-3450-3470 rpm Classe de isolamento (IEC 34-5): IP58 Classe de isolamento (IEC 85): F Built-in temp. transmitter: sim Others: Peso líquido: 49 kg Peso bruto: 61 kg Volume da embalagem: 0.1 m ³	

Projecto: UŞINA DE DESSALINIZAÇÃO
Referência Número: -
Posiço:

Cliente: COGERH
Número de Cliente: -
Contacto: -

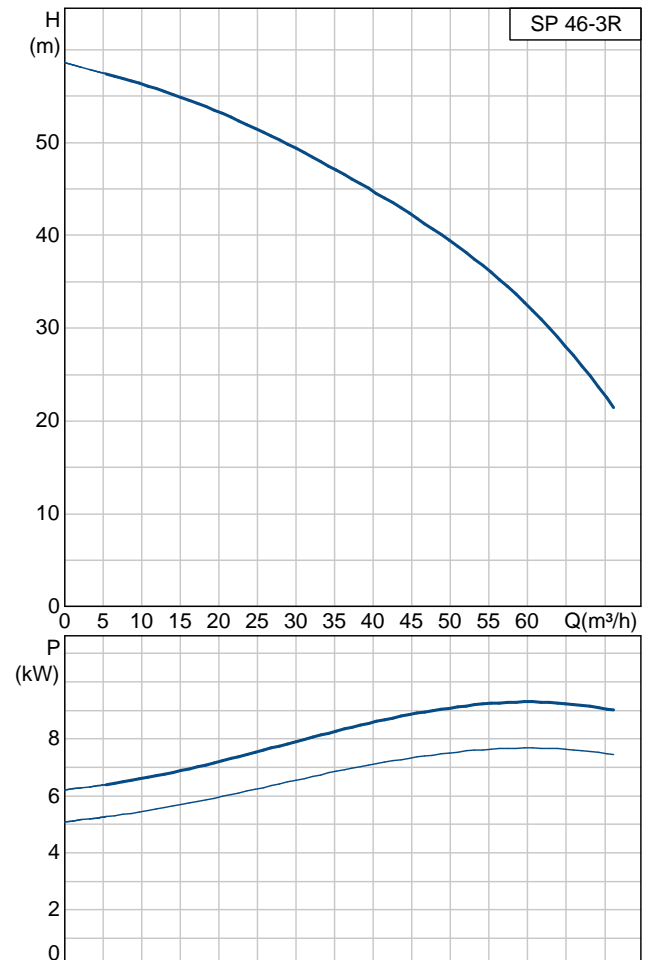
15DV3603 SP 46-3R



Projecto: UȘINA DE DESSALINIZAÇĂO
 Referência Número: -
 Posiçăo:

Cliente: COGERH
 Número de Cliente: -
 Contacto: -

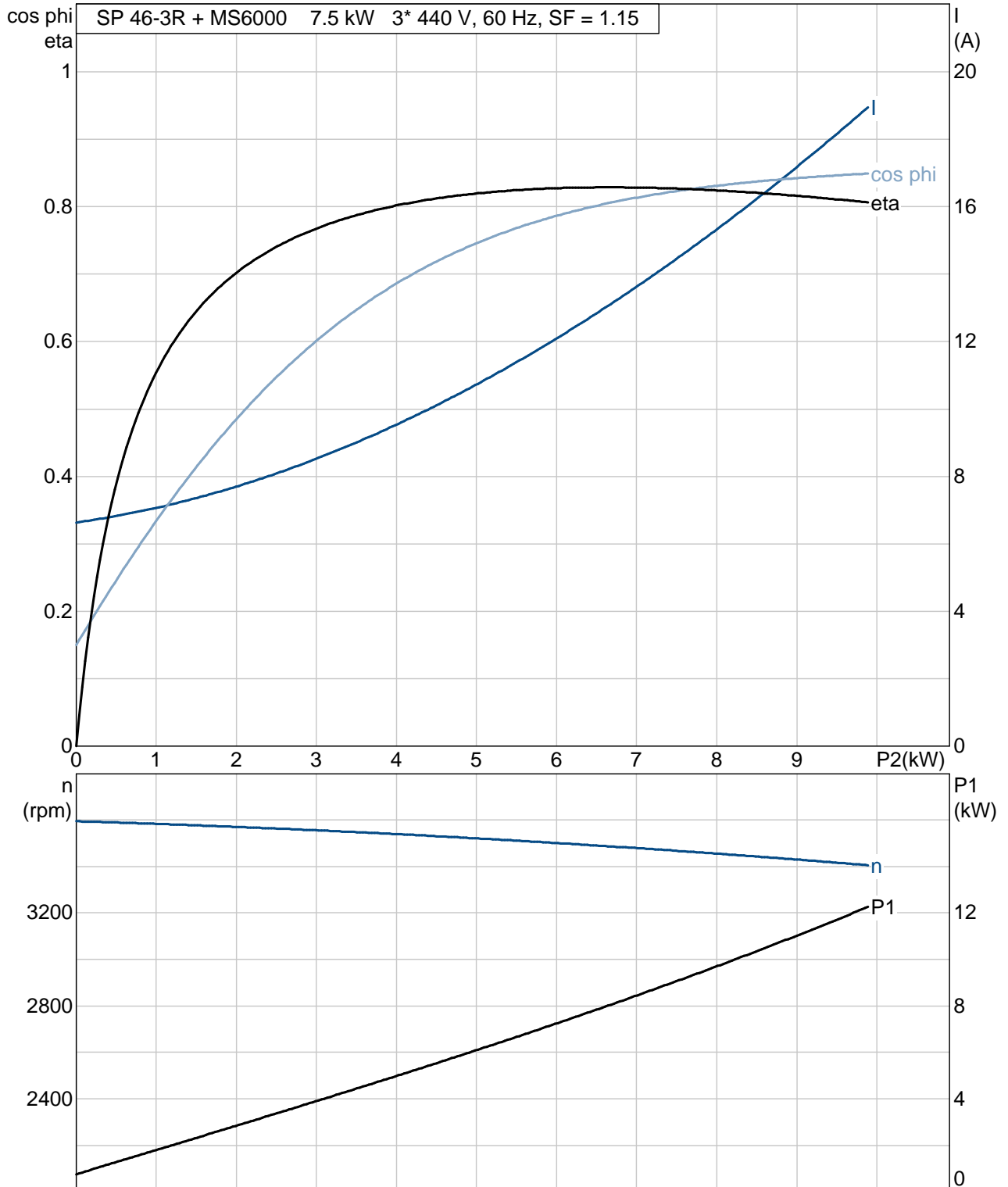
Descriçăo	Valor
Modelo do produto:	SP 46-3R
Código:	15DV3603
Número EAN:	5700391899225
Liquid:	
Max liquid t at 0.15 m/sec:	30 °C
Technical:	
Speed for pump data:	3450 rpm
Caudal nominal:	55 m ³ /h
Altura nominal:	36 m
Empanque para motor:	SIC/SIC
Tolerância da curva:	ISO 9906 Annex A
Bomba No:	15DV0003
Estágios:	3
Modelo:	A
Válvula:	bomba com válvula de retençăo incorporada
Materials:	
Bomba:	Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI
Impulsor:	Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI
Motor:	Aço inoxidável 1.4539 DIN W.-Nr. 904 L AISI
Installation:	
Descarga da bomba:	Rp 4
Diâmetro do motor:	6 inch
Electrical data:	
Tipo de motor:	MS6000
Motor aplic.:	NEMA
Potência nominal - P2:	7.5 kW
Frequência da rede:	60 Hz
Tensão nominal:	3 x 440-460-480 V
Método arranque:	Directo online
Factor de serviço:	1,15
Corrente nominal:	17,4-17,0-17,0 A
Cos fi - factor de potência:	0,84-0,82-0,78
Velocidade nominal:	3440-3450-3470 rpm
Classe de isolamento (IEC 34-5):	IP58
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Protecçăo do motor:	NONE
Protec térmica:	externo
Built-in temp. transmitter:	sim
Motor No:	78195612
Others:	
Peso líquido:	49 kg
Peso bruto:	61 kg
Volume da embalagem:	0.1 m ³



Projecto: UȘINA DE DESSALINIZAÇĂO
 Referência Número: -
 Posiçăo:

Cliente: COGERH
 Número de Cliente: -
 Contacto: -

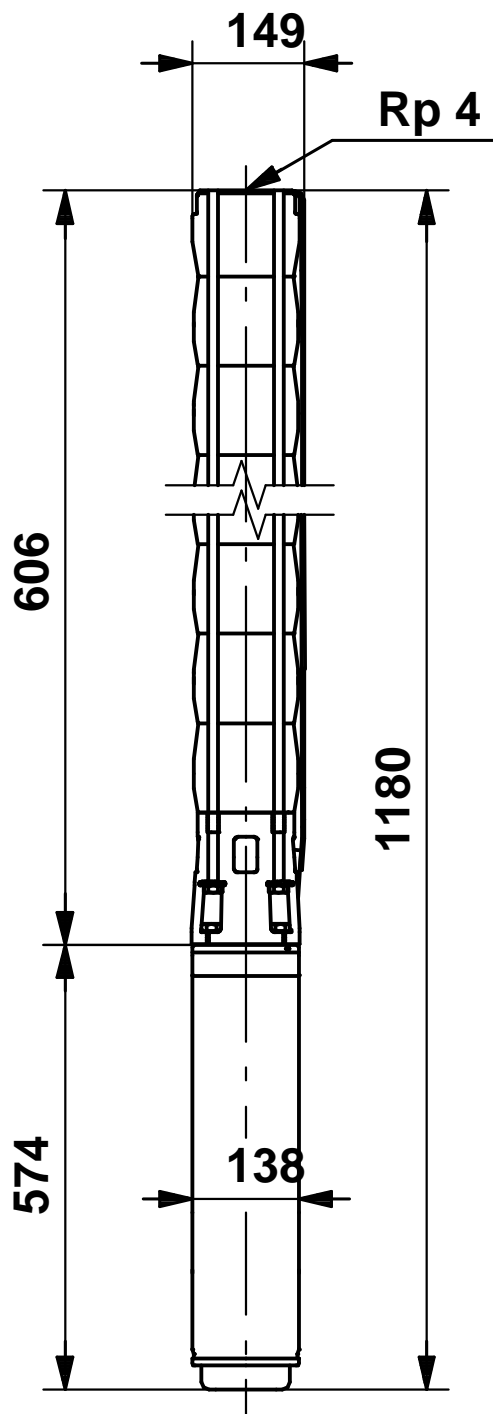
15DV3603 SP 46-3R



Projecto: USINA DE DESSALINIZAÇÃO
Referência Número: -
Posição:

Cliente: COGERH
Número de Cliente: -
Contacto: -

15DV3603 SP 46-3R

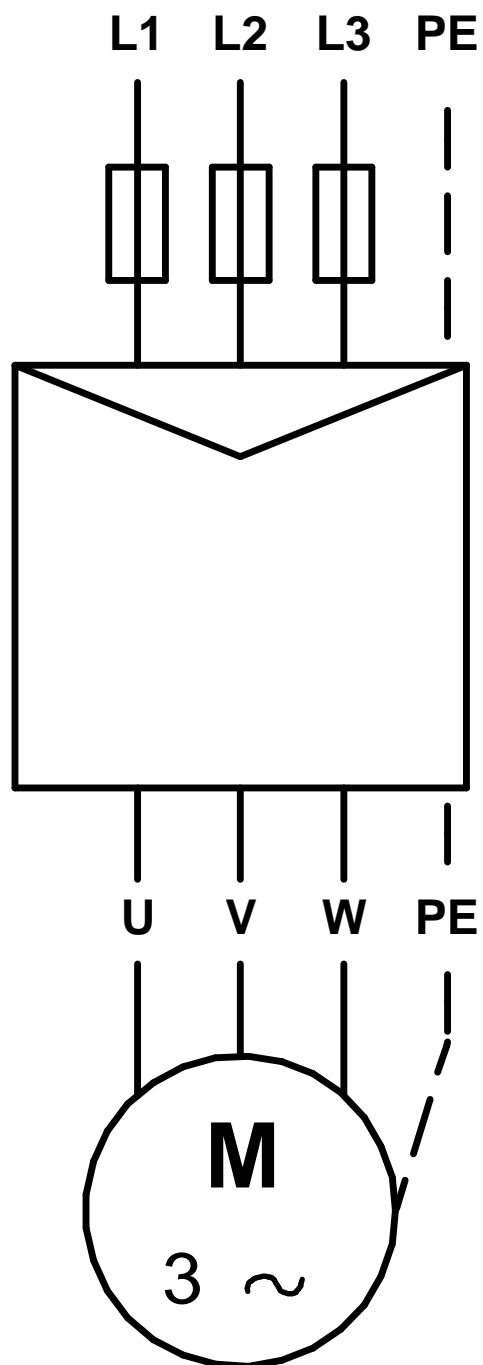


Nota! Todas as unidades estão em (mm) salvo se outra expressa.

Projecto: UȘINA DE DESSALINIZAÇĂO
Referência Número: -
Posiçăo:

Cliente: COGERH
Número de Cliente: -
Contacto: -

15DV3603 SP 46-3R



Nota! Todas as unidades estăo em (mm) salvo se outra expressa.