



**CENTRO UNIVERSITÁRIO REGIONAL DO BRASIL  
ENGENHARIA QUIMICA**

**FELIPE SOUZA MOREIRA**

**PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DE DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA**

Salvador  
2022

**FELIPE SOUZA MOREIRA**

**PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química, Centro Universitário Regional da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Professora de TCCII: Reiner

Professor Orientador: Reiner

Salvador  
2022

# FELIPE SOUZA MOREIRA

## PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DE DESALINIZAÇÃO DE ÁGUA

.  
.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química, Centro Universitário Regional da Bahia.

Aprovado em xx de xxxxx de 2022.

### Banca Examinadora

Reiner Requiao – Orientador \_\_\_\_\_  
Ma. em XxxX XxxX, pela Universidade de XXXXXXXXX  
Centro Universitário Regional da Bahia -UNIRB

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX – \_\_\_\_\_  
Dr. em XxxX XxxX, pela Universidade de XXXXXXXXX  
Instituição do professor da banca

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX – \_\_\_\_\_  
Dr. em XxxX XxxX, pela Universidade de XXXXXXXXX  
Instituição do professor da banca

## **AGRADECIMENTOS**

O percurso na UNIRB foi uma grande jornada gratificante onde ganhei mais conhecimentos e vi profissionais para a minha vida. Também temos a oportunidade de fazer novas amizades que foram muito importantes durante este percurso.

Para a realização deste TCC foi muito importante o apoio e a compreensão dos meus amigos e da minha família.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Reiner, não só pela ajuda inicial no direcionamento do trabalho como no aconselhamento durante e na fase final deste trabalho.

Eu gostaria de demonstrar o meu agradecimento à minha família, pela resistência e apoio incondicional, onde teve imensa paciência e encorajando-me a terminar. Também quero manifestar o meu agradecimento aos meus amigos pela amizade, cumplicidade e palavras de incentivo.

“Consagre ao Senhor  
tudo o que você faz,  
e os seus planos serão bem  
sucedidos. ” (Provérbios 16.3)

## RESUMO

Um dos principais problemas que nossa sociedade atual enfrenta é a escassez de água em todo o mundo continua a aumentar. Os recursos de água doce também não são distribuídos igualmente geograficamente em todo o mundo. A melhor maneira de lidar com essa situação é usar a energia solar para dessalinização. Apesar do grande esforço feito por autoridades e pesquisadores, vários países com poucos recursos econômicos estão passando por sérias dificuldades derivadas da escassez de água. A dessalinização pode ser aplicada a águas de vários níveis de salinidade, como águas subterrâneas salobras, águas estuarinas ou águas do mar; em algumas regiões, constitui a principal fonte de água potável.

**Palavras Chaves:** Escassez de água, energia solar, dessalinização, água potável

## **ABSTRACT**

One of the main problems that our current society faces is the scarcity of water all over the world continues to increase. Freshwater resources are also not evenly distributed geographically across the world. The best way to deal with this situation is to use solar energy for desalination. Despite the great effort made by authorities and researchers, several countries with few economic resources are experiencing serious difficulties due to water scarcity. Desalination can be applied to water of various salinity levels, such as brackish groundwater, estuarine water or sea water; in some regions, it is the main source of drinking water.

**Keywords:** Water shortage, solar energy, desalination, drinking water

## LISTA DE FIGURAS

<a href="#">Figura 1 - Princípio de Dessalinização da Água</a> .....	24
<a href="#">Figura 2 - Linha de Tratamento da Água</a> .....	25
<a href="#">Figura 3 - Processo de Osmose Reversa</a> .....	26
<a href="#">Figura 4- Processo de Eletrodialise</a> .....	26
<a href="#">Figura 5- Congelamento</a> .....	27
<a href="#">Figura 6- Processo de Destilação Solar</a> .....	28
<a href="#">Figura 7 - Processo de Compressão de Vapor</a> .....	28
<a href="#">Figura 8 - Processo de Destilação Multi Efeito</a> .....	29
<a href="#">Figura 9 - Processo de Destilação Multi Estágio</a> .....	29
<a href="#">Figura 10 - Processo de Osmose Reversa e Osmose Inversa</a> .....	31
<a href="#">Figura 11 - Processo Geral de Dessalinização por Osmose</a> .....	31
<a href="#">Figura 12 - Esquema Simples de Osmose Reversa</a> .....	32
<a href="#">Figura 13 - Tubo HDPE</a> .....	33
<a href="#">Figura 14 - Bomba Sulzer SMH</a> .....	33
<a href="#">Figura 15 - Tanque de Armazenamento FRP</a> .....	34
<a href="#">Figura 16 - Bomba Vertical EJE</a> .....	34
<a href="#">Figura 17 - Partes da Armação da Membrana</a> .....	35
<a href="#">Figura 18- Conexão de Armação de Membrana</a> .....	36
<a href="#">Figura 19 - Proporção de Tecnologias por Membranas e Térmicas no Período de 1980 - 2014</a> .....	37
<a href="#">Figura 20 - Semiárido Brasileiro</a> .....	38
<a href="#">Figura 21 - Irradiância Direta Normal Média Entre os Anos de 1999 - 2018</a> .....	39
<a href="#">Figura 22- Porcentagem da Área do Nordeste Aferida por Diferentes Gravidades da Seca Entre 2018 - 2020</a> .....	39
<a href="#">Figura 23 - Sistema de Dessalinização</a> .....	40
<a href="#">Figura 24 - Sistema Construído</a> .....	40
<a href="#">Figura 25 - Tabela de Pós-tratamento</a> .....	41
<a href="#">Figura 26 - Reservatório de Armazenamento da Água Tratada</a> .....	42



## LISTAS DE TABELA

<a href="#">Tabela 1 - Salinidade média dos mares e oceanos do planeta</a> .....	20
<a href="#">Tabela 2 - Faixas de salinidade de diferentes tipos de água</a> .....	21
<a href="#">Tabela 3 - Qualidade média da água obtida com diferentes processos de dessalinização</a> .....	22
<a href="#">Tabela 4 - Principais íons presentes na água com alto teor de sal</a> .....	24
<a href="#">Tabela 5 - Tipos de águas de acordo com a condutividade elétrica</a> .....	25
<a href="#">Tabela 6 - Classificação da água de acordo com a acidez</a> .....	27
<a href="#">Tabela 7 - Processos convencionais e sistema de separação para seleção de membranas</a> .....	39

## **LISTAS DE ABREVIações E SIGLAS**

RO: Osmose Reversa

ED: Eletrodialise

MSF: Multi-Estágio Flashing

MED: Destilação de Múltiplos Efeitos

CV: Compressão de Vapor

CE: Condutividade Elétrica

TDS: Sólidos Totais Dissolvidos

AT: Alcalinidade Total

# SUMARIO

<b><u>1 INTRODUÇÃO</u></b> .....	13
<b><u>1.2 JUSTIFICATIVA</u></b> .....	15
<b><u>1.2.1 Objetivo Geral</u></b> .....	15
<b><u>1.2.2 Objetivo Específico</u></b> .....	16
<b><u>2 METODOLOGIA</u></b> .....	17
<b><u>3 FALTA DE ÁGUA</u></b> .....	18
<b><u>3.1 NECESSIDADES HUMANAS</u></b> .....	18
<b><u>3.2 QUALIDADE DA ÁGUA</u></b> .....	19
<b><u>3.3 QUALIDADE DA ÁGUA NECESSÁRIA</u></b> .....	21
<b><u>3.4 QUALIDADE MÉDIA OBTIDA POR DESSALINIZAÇÃO</u></b> .....	22
<b><u>3.5 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO</u></b> .....	23
<b><u>4 OPRÍCIO DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO</u></b> .....	23
<b><u>4.1 Os Processos de Dessalinização da Água</u></b> .....	24
<b><u>4.1.1 Classificação dos Processos</u></b> .....	25
<b><u>4.1.2 Osmose Reversa</u></b> .....	26
<b><u>4.1.3 Electrodialise</u></b> .....	26
<b><u>4.1.4 Congelamento</u></b> .....	27
<b><u>4.1.5 Destilação Solar</u></b> .....	27
<b><u>4.1.6 Compressão de Vapor</u></b> .....	28
<b><u>4.1.7 Destilação Multi Efeitos</u></b> .....	29
<b><u>4.1.8 Destilação Multi Estágios</u></b> .....	29
<b><u>4.2 PROCESSO DE OSMOSE REVERSA</u></b> .....	30
<b><u>4.2.1 Parâmetros e Características de Conversão da Água por Osmose Reversa</u></b> .....	32
<b><u>4.2.2 Estágio das Membranas do Processo de Osmose Reversa</u></b> .....	35
<b><u>5 DESSALINIZALÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO</u></b> .....	37
<b><u>6 O SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO E O PROJETO DE INSTALAÇÃO</u></b> .....	40
<b><u>6.1 SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO IMPLANTADO E CONSTRUÍDO</u></b> .....	40
<b><u>6.2 PÓS-TRATAMENTO</u></b> .....	41
<b><u>7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u></b> .....	43
<b><u>REFERÊNCIAS</u></b> .....	45



## INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial e o consumo de água por pessoa, a demanda de água está aumentando consideravelmente. Segundo bancos de dados da Organização Mundial da Saúde, menos de 1% dos recursos hídricos do planeta são água doce e acessível para o ser humano, variando de acordo com a área que estudamos, o clima e a época do ano. (GHAF FOUR, 2017).

As fontes de água doce estão se esgotando rapidamente à medida que a demanda global por água continua a aumentar devido à crescente demanda por recursos naturais combinada com os efeitos das mudanças climáticas, especialmente em terras secas e regiões costeiras/interiores. Água e energia são bens vitais para os seres vivos deste planeta. Os recursos hídricos e energéticos os ajudaram a alcançar a prosperidade e o desenvolvimento em várias partes do mundo desenvolvido, enquanto muitas regiões dos países em desenvolvimento sofrem com severa escassez de água doce e energia. (AZEVEDO, 2014).

Entre 2014 e 2030 a população do Brasil aumentará em 17,8 milhões de pessoas e estima-se que até 2030 aproximadamente 78,3% da população total se estabelecerá em localidades urbanas (CONAPO, 2015), causando escassez e aumento da demanda por esse recurso hídrico.

A dessalinização é um processo que permite obter água potável a partir de água com alta salinidade. Para realizar este processo existem várias tecnologias que variam em custo, impacto ambiental, qualidade do produto, energia consumida, entre outras. No entanto, todos têm o mesmo objetivo, reduzir a concentração de sais dissolvidos em água salobra ou do mar, a ponto de produzir água destilada ou deionizada. (SHANNON, 2012).

A dessalinização tem se mostrado uma tecnologia promissora e viável para fornecer água potável (SHANNON, 2012). Mas o principal problema que impede o uso massivo de tecnologias de dessalinização é o alto custo econômico associado, principalmente devido ao consumo intensivo de energia (FRITZMANN, 2007). Além disso, o uso de combustíveis fósseis como fonte de energia torna sua implementação menos atrativa devido às preocupações com as mudanças climáticas e a redução das emissões de dióxido de carbono e o fornecimento de energia mais limpa. (SUBRAMANI, 2011).

Devido à escassez de água doce, a oportunidade de uso de energia renovável para alimentar pequenos sistemas de dessalinização de água salgada e salobra tornou-se possível em muitas cidades pequenas e áreas rurais com recursos escassos (AL-KARAGHOULI, 2013). Atualmente, a dessalinização por osmose reversa assistida por

fontes renováveis de energia tem sido amplamente estudada na literatura. (PIACENTINO, 2014).

Dentre as aplicações de dessalinização de energia renovável movidas a RO, a planta PV-RO autônoma tem se mostrado viável tanto em termos de técnicas quanto de custos em escala laboratorial e sistemas em escala piloto (CARVALHO, 2014). Atualmente, é considerada uma solução adequada para aplicações de dessalinização em pequena escala em áreas rurais com alto isolamento solar. (HALIMOW, 2010).

Segundo Carvalho, a dessalinização está sendo cada vez mais usada para fornecer água potável em condições de escassez de água doce. Estima-se que a escassez de água afete uma em cada três pessoas em todos os continentes do globo, e quase um quinto da população mundial vive em áreas onde a água é fisicamente escassa. Espera-se que essa situação piore à medida que as necessidades concorrentes de água se intensificam, juntamente com o crescimento populacional, a urbanização, os impactos das mudanças climáticas e o aumento dos usos domésticos e industriais. (SUBRAMANI, 2011).

A dessalinização pode ser aplicada a águas de vários níveis de salinidade, como águas subterrâneas salobras, águas estuarinas ou águas do mar; em algumas regiões, constitui a principal fonte de água potável. Em suas origens, a tecnologia de dessalinização era principalmente térmica, por destilação flash, mas como resultado dos avanços tecnológicos, as membranas tornaram-se uma alternativa mais econômica que está sendo cada vez mais selecionada para novos sistemas. Muitas usinas térmicas permanecem em uso. As tecnologias atuais de dessalinização podem ser classificadas em processos principais e processos alternativos. Dentro dos principais processos, estão os processos térmicos e de membrana. (SHATAT M, 2012).

As fontes salinas são diferentes das fontes de água doce, pois sempre requerem uma etapa de tratamento substancial. No entanto, embora o processo de dessalinização geralmente forneça uma barreira significativa para patógenos e contaminantes químicos, essa barreira não é necessariamente absoluta e vários problemas podem ter um impacto na saúde pública. (ANA, 2012).

Este estudo apresenta o conceito de plano de implantação da água para sistemas de dessalinização usando a energia solar, fornecendo uma visão geral dos perigos potenciais na água de origem e descreve os riscos microbianos e químicos e outras questões-chave associadas ao tratamento, remineralização, armazenamento e distribuição. Informações mais detalhadas são apresentadas em uma série de anexos. Com isso, através desse estudo será útil para autoridades de saúde, reguladores de qualidade da

água, operadores de usinas de dessalinização e outros interessados em questões de qualidade da água e saúde.

Um exame abrangente de questões técnicas e de qualidade da água relacionadas à dessalinização, como impactos ambientais, considerações de engenharia e equipamentos e processos para diferentes tecnologias de dessalinização, é fornecido em Tecnologia de dessalinização: impactos na saúde e no meio ambiente. (Cotruvo et al., 2010).

## **1.2. Justificativa**

Para enfrentar a escassez de água potável nos próximos anos, no Brasil, estão sendo buscadas fontes alternativas para o tratamento da água proveniente de aquíferos contaminados por alta salinidade, como é o caso de aquíferos contaminados por águas subterrâneas salobras e/ou por intrusão marinha, que se localizam principalmente no centro e norte do país, bem como nas zonas costeiras. Os sistemas de dessalinização assistidos por energia solar são uma alternativa para aumentar a disponibilidade de água de boa qualidade.

Dentro dessas tecnologias está a Osmose Reversa (OR), uma tecnologia relativamente nova que oferece vantagens promissoras para esse fim. No entanto, é necessário realizar estudos mais detalhados para desenvolver sistemas que possam eventualmente resolver este problema específico e desenvolver protótipos que validem os princípios de funcionamento e viabilidade da tecnologia.

## **1.3 Objetivo Geral**

O objetivo desse trabalho será apresentar a técnica para um plano de implantação de dessalinização a partir da utilização de energia solar e apresentar como uma alternativa interessante, uma vez que utiliza uma fonte de energia gratuita e abundante, de fácil operação, não gera poluição e é eficaz no tratamento de águas, sendo assim uma solução integrada tanto para a escassez de água potável quanto para os problemas energéticos e ambientais também enfrentados. Sendo assim, os equipamentos utilizados no processo de dessalinização solar podem ser instalados próximos à residência do consumidor final, sob os cuidados da própria família beneficiada, o que facilita o acesso à água e reduz os riscos de contaminação posterior da água.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Apresentação de um plano de implantação de utilizando a energia solar de uma maneira sustentável.
- Apresentar os benefícios da recuperação da água através de um plano de implantação usando a técnica de dessalinização.
- Demonstrar que através de um plano de implantação pode-se recuperar uma água imprópria para o consumo humano.
- Apresentar um plano demonstrando passo a passo todo projeto para aplicação futura



## **2. METODOLOGIA**

O projeto seguiu uma metodologia baseada na literatura, consistindo principalmente em leitura e análise de artigos revisados, que fornecem uma rica documentação na área dessalinização para poder encarar o assunto de forma objetiva. A etapa de mapeamento da literatura e a consecução de seus objetivos, foi necessário um desenvolvimento bibliográfico, apresentando conceitos teóricos relacionados aos temas, desta maneira foram determinados os fatores fundamentais, servindo como referencial na construção da metodologia de integração proposta.

A busca bibliográfica foi desenvolvida por meio de informações através de livros, textos acadêmicos, artigos e em bibliotecas virtuais: Google Acadêmico, Medline e Scielo com as seguintes palavras-chave: Escassez de água, energia solar, dessalinização, água potável. Foram incluídos artigos científicos que abordassem o tema proposto, publicados entre 1987 a 2022 nos idiomas português e inglês.

Assim, esta pesquisa se caracteriza como descritiva ao realizar uma abordagem direta, através de pesquisa em material bibliográfico. O referencial bibliográfico como citado foi utilizado para a extração dos principais conceitos referentes ao tema, de forma que sejam selecionadas as ideias principais para elaborar o corpo dessa pesquisa ao priorizar autores ligados a instituições acadêmicas e científicas que tenham produzido livros, artigos, dissertações sobre o controle do produto e dos processos.

### **3. FALTA DE AGUA**

Com o aumento da população mundial e o consumo de água por pessoa, a demanda de água está aumentando consideravelmente. Segundo as bases de dados da Organização Mundial da Saúde, menos de 1% dos recursos hídricos do planeta são de água doce e acessíveis ao ser humano, variando de acordo com a área que estudamos, o clima e a época do ano. O acesso à água doce é limitado e a contaminação paira sobre ela. Para evitar uma crise superior, alguns países precisam preservar o abastecimento de água, reduzir a contaminação, regular a oferta e a demanda e conter o crescimento populacional. (LAUREN, 2019).

Por um lado, a demanda de água doce e por outro o acesso a fontes de água limitadas e mais contaminadas faz com que muitos países em desenvolvimento enfrentem situações difíceis. O número de habitantes do Planeta Terra está aumentando drasticamente e não temos mais água do que há dois mil anos, quando a população mundial era 3% da atual. A crescente demanda hídrica para a agricultura irrigada, o consumo doméstico e a indústria estão impondo uma competência muito árdua na aquisição dos limitados recursos hídricos em áreas e tipos de usos variados. (LATTERMANN, 2018).

Na maior parte do mundo, a água contaminada, o descarte inadequado de resíduos e a má gestão da água trazem sérios problemas de saúde pública. Doenças causadas pela água como paludismo ou cólera matam milhões de pessoas todos os anos. É importante destacar que o uso excessivo da água e a contaminação de seu abastecimento está causando graves danos ao meio ambiente e infligindo sérios riscos às espécies biológicas. (MOLINA, 2012).

#### **3.1 Necessidades humanas**

A vida humana depende da existência de água doce. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece em cinquenta litros por pessoa por dia, onde se torna quantidade mínima de água necessária para manter um certo nível de higiene e evitar a transmissão de doenças infecciosas. Desses cinquenta litros apenas 0,75 são para beber e o resto seria para autolimpeza, cozinhar, lavar, etc. (ESTOCOLMO, 2019).

O acesso à água potável é uma necessidade humana fundamental e, portanto, um direito humano básico. A água contaminada põe em risco a saúde física e social de todas as pessoas. É uma afronta à dignidade humana. No entanto, ainda hoje, a água potável é um luxo que permanece fora do alcance de muitos. Em todo o mundo, mais de um bilhão de pessoas não têm acesso a fontes de água melhoradas, enquanto quase dois bilhões e

meio vivem sem saneamento básico. Essas pessoas estão entre as mais pobres do mundo, assim como as menos saudáveis. De fato, a ausência de um abastecimento de água seguro contribui para cerca de 80% das doenças e mortes no mundo em desenvolvimento. (UNESCO, 2017).

Neste novo século, a água, seu saneamento e sua distribuição equitativa representam grandes desafios sociais para o nosso mundo. Precisamos salvaguardar o abastecimento global de água saudável e garantir que todos tenham acesso a ela. Junte-se a mim na celebração do Dia Mundial da Água e renovemos nosso compromisso com a água limpa, segura e saudável para todas as pessoas. (UNICEF, 2016)

### **3.2 Qualidade da água**

Segundo Florida Keys a água é uma solução de vários sais, que no seu conjunto estabelecem as suas características. Por isso é essencial conhecer a sua composição para poder submetê-la a um tratamento de separação ou dessalinização através de membranas. Três razões obedecem:

- Nem todas as membranas têm o mesmo nível de rejeição aos sais.
- Uma mesma membrana também rejeita os diferentes íons de maneira diferente.
- Existem íons específicos que têm limitações ao tentar separá-los.

O pH ótimo tanto para operação quanto para rejeição dos sais de uma membrana é claramente determinado. Recomenda-se, portanto, revisar os componentes químicos que podemos localizar na água do mar relacionados à dessalinização. (BENNET ,2013).

Como dito anteriormente, os sais na água são desacoplados na forma de positivos e negativos. Os principais cátions que podemos encontrar na água são Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Sódio ( $\text{Na}^+$ ) e Potássio ( $\text{K}^+$ ) onde os ânions mais abundantes são Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ), Carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Nessas quantidades há também ferro, manganês, alumínio ou nitrato, fosfato, etc. A predominância ou abundância de qualquer um desses elementos torna necessário tratar a água ou utilizá-la diretamente.

As propriedades químicas da água salgada dependem de sua concentração total e em menor grau da proporção relativa entre íons e cátions. No entanto, para processos de osmose reversa, esta última proporção torna-se importante devido à sua incidência na precipitação ou incrustação de sais sobre a membrana. (ARAFAT, 2017).

Segundo Sierra a qualidade da água de produto necessária, bem como a qualidade da água bruta fornecida contribuída para o processo, é essencial na escolha de qualquer um dos processos. Como exemplo, o processo de destilação consome a mesma quantidade de energia independentemente da salinidade fornecida, portanto, são adequados apenas para dessalinização da água do mar. Também é necessária água especialmente pura para aplicações industriais específicas, necessidades de pós-tratamento se o processo de osmose reversa for usado. Respeitando a salinidade dos mares e oceanos, é tudo menos constante.

Tabela 1 - Salinidade média dos mares e oceanos do planeta

Mar oceano	Salinidade (ppm de TDS)
Mar Báltico	28.000
mar do Norte	34.000
oceano Pacífico	33.600
oceano Atlântico Sul	35.000
mar Mediterrâneo	36.000
mar Vermelho	44.000
Golfo Pérsico	43.000-50.000
Mar Morto	50.000-80.000
Média Mundial	34.800

**Fonte:** Uche, Valero e Sierra (2017)

Uma forma de classificar a água é de acordo com sua salinidade levando em consideração a total de sais dissolvidos que contém.

Tabela 2 - Faixas de salinidade de diferentes tipos de água

Água de denominação	Salinidade (ppm de TDS)
Ultrapuro	0,03
Puro	0,3
Deionizado	3
Água doce (pobre)	<1000
salobra	1.000-10.000
Salina	10.000-30.000
Marinho	30.000-50.000
Salmoura	>50.000

Fonte: Uche, Valero e Sierra (2017)

### 3.3 Qualidade da água necessária

A qualidade da água necessária depende claramente dos usos que você dá a ela. Portanto, para certos processos industriais, águas de até 5.000 partes por milhão (ppm) podem ser usadas, mas em outros como usinas de energia o limite é insignificante. Na agricultura, algumas culturas toleram até 2.000 ppm, embora a terra, o clima, a composição salobra, o método de irrigação e os fertilizantes aplicados possam alterar esse valor. Em relação ao consumo humano, o limite é de 1.000 ppm, embora em algumas áreas áridas uma ingestão extra de sais possa ser benéfica para o corpo. (SOMMARIVA, 2015).

Na atual regulamentação brasileira relativa à qualidade das águas, a Lei nº 9.433 de 1997, junto a Resolução CONAMA nº 357/2005, neste regulamento são definidas as características da água potável, com os valores máximos de concentração que não podem ser excedidos e alguns níveis de orientação desejados para a água potável. Os parâmetros são divididos em:

- Organoléptico
- Físico-químico
- Substâncias indesejáveis
- Substâncias tóxicas
- Microbiológico
- Radioatividade

Mais tarde, a Resolução CONAMA nº 397/2008, estabelece novos requisitos mínimos a cumprir a partir de dois anos após a sua edição. Inclui uma série de novos parâmetros divididos em três partes:

- Microbiológico

- Químico
- Indicadores (valores de orientação)

Acresce ainda que existe uma proposta da CONAMA sobre o regulamento técnico sanitário para suprimir os níveis de orientação e rever as concentrações máximas admissíveis de sódio, sulfatos e nitritos com base em pesquisas científico-sanitárias. Também afirma reconsiderar a inclusão de valores fixos para potássio

### 3.4 Qualidade média obtida por dessalinização

Segundo Bernaola e Hervas a tabela abaixo mostra a qualidade média da água obtida com osmose reversa simples e dupla etapa, bem como os processos de evaporação. RO de passo duplo significa o mesmo processo que em passo único, mas tratando a água de entrada através de duas membranas.

Tabela 3 - Qualidade média da água obtida com diferentes processos de dessalinização

	RO (passo único)	RO (passo duplo)	Evaporação
Ca <sup>++</sup> (mg/l)	2	0,1	0,5
Mg <sup>++</sup> (mg/l)	6	0,3	1,5
Na <sup>+</sup> (mg/l)	128	15	12
K <sup>+</sup> (mg/l)	4	0,8	0,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	8	0,4	0,1
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	11	0,6	3,0
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	208	<b>23</b>	22
TDS	367	40	40
SiO <sub>2</sub>	0,1	<b>0,0</b>	0,0
CO <sub>2</sub>	23	12	-
pH	5,8	5.2	7.2

Fonte: Bernaola e Hervas (2015)

Assim, observando a qualidade obtida nos processos e os requisitos legais, no pós-tratamento das águas dessalinizadas dois aspectos devem ser considerados. A primeira contempla o equilíbrio químico da água com o objetivo de eliminar sua alta agressividade e, portanto, proteger as redes de distribuição. Para fazer isso, é necessário reduzir o alto nível de CO<sub>2</sub> com a adição de cal, Ca(OH)<sub>2</sub>, para obter água levemente incrustada. O segundo aspecto refere-se ao teor de dureza da água fornecimento, com um mínimo de 60 mg/l.

### **3.5 Sistemas de alimentação**

O ser humano tem se adaptado progressivamente ao meio ambiente para ter água em diferentes locais. A história abunda em exemplos de áreas de assentamento de pessoas à beira dos mananciais, lagos ou rios e após os períodos de floração são obrigados a migrar para outras fontes por esgotamento de recursos ou o que é mais frequente, deteriorando a qualidade da água disponível para os níveis onde se colhe seu uso na agricultura básica de subsistência ou mesmo nas necessidades básicas de consumo. (BAZARGAN, 2018).

Pouco a pouco o homem vem aprimorando sua capacidade de obter e armazenar água potável para suprir suas necessidades, como a construção de presidiários para formar mangues ou poços. No entanto, as fortes variações climáticas têm causado grande dificuldade não só de disponibilidade hídrica, mas de armazenamento. (MALAEB, 2012).

A escassez de água também está muitas vezes ligada à má qualidade da mesma, e embora ao longo dos séculos haja referências de esforços para obter água doce a partir de água salgada, pode-se dizer que é neste século que tais esforços se refletem na aquisição de tecnologias que garantem a confiabilidade e o processo de transformação. (BAZARGAN, 2018).

## **4. O PRÍNCÍPIO DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO**

Para que haja o processo de dessalinização a primeira coisa a se fazer é realizar a captação da água bruta, podendo ela ser de fontes superficiais terrestres como poços ou água subterrânea com um teor elevado de sal, ou até mesmo água do mar. Em seguida a água captada é direcionada por canodutos para as estações de tratamento e usinas de dessalinização onde possuem reservatórios para armazenamento da água salobra.

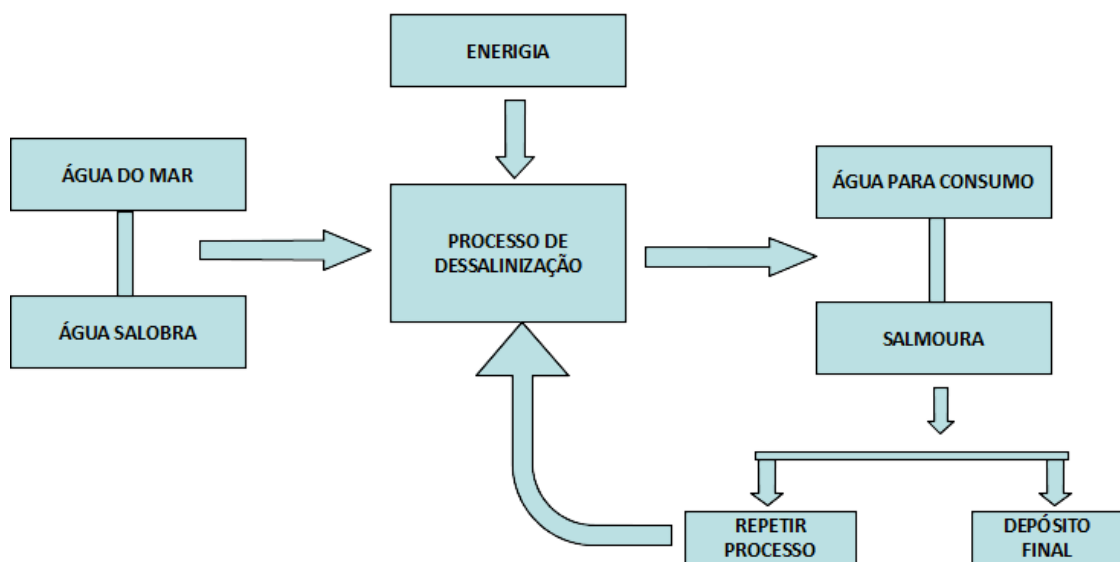
Anterior a ser realizado o tratamento da água bruta, a mesma passará por um processo específico onde será adicionados coagulantes para formação de partículas que irá apresentar precipitações, este processo é conhecido como processo de decantação. Logo após este processo é realizado a desinfecção, que pode ser realizado de duas maneiras, primeiro por meio da adição de hipoclorito de só que irá apresentar uma coloração diferente na água, ou através da adição de cloro que é uma das maneiras mais realizadas.

Após o processo de desinfecção a água é direcionada para a filtração, onde passará por uma sequência de filtros de dupla camada onde a maioria das matérias que estão em

suspensão será retida pelo filtro, que retém uma filtragem de aproximadamente 15 microns. Desta forma a água passará novamente por outros processos de filtração porém com um acréscimo de pressão em cada filtragem. No final das filtrações a água passará pelo último processo de filtração, onde um filtro de cartucho garante uma segurança maior filtrando as partículas de 15 e 10 microns.

Depois que ocorre todo processo de filtração a água passará pelo processo de descoloração que será realizada através da adição do ácido sulfúrico por causa da sua corrosividade, neste ponto seu pH deve chegar em 8 e ser reduzido para 7, para que possua condições de qualidade para passar pelas membranas de osmose para que não as danifiquem.

Figura 1 - Princípio de Dessalinização da Água



FONTE: Adaptado de João (2008)

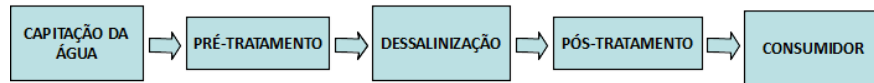
## 4.1 Os Processos de Dessalinização da Água

A água em seu estado natural é formada por suas características próprias constituindo sólidos dissolvidos, como cloreto de sódio, sulfatos, cálcio, bicarbonatos e outros sólidos, por tanto durante o processo de dessalinização é adicionados algumas substâncias para que haja um equilíbrio e a água possa atingir as normas ideais para o consumo humano (Clayton, 2006).

Depois de ser dessalinizada, a água segue para o processo de pós-tratamento, onde é necessário algumas definições para que a água esteja de acordo com os padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).



Figura 2 -Linha de tratamento da água



FONTE: Adaptado de Barzagan, 2018

### 4.1.1 Classificação dos processos

Existem diversas maneiras de se realizar a dessalinização, onde cada processo é conhecido e classificado de acordo com a fonte de energia que é utilizada ou das membranas utilizadas no seu processo (Sousa, 2006).

Existem varias formas, técnicas e tecnologias para realizar a dessalinização, destilação corresponde a cerca de 65%, osmose reversa corresponde a 30% e eletrodiálises corresponde a 5% da capacidade de instalação no mundo. Destilação térmica e solar não somam com relação aos outros tipos de processos (Maluf, 2005).

As formas de dessalinização se dividem em dois tipos de processo:

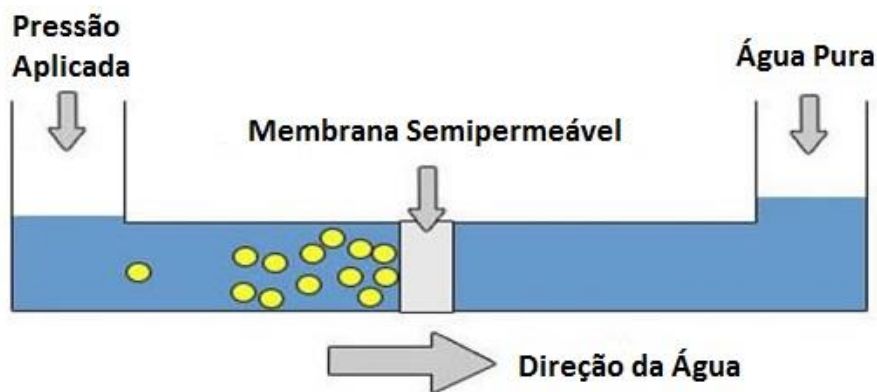
- Processos por membranas
  - Osmose reversa (RO)
  - Electroálises
  
- Processos térmicos
  - Congelamento
  - Destilação Solar (SD)
  - Compressão de Vapor (VC)
  - Destilação Multi Efeitos (MED)
  - Destilação Flash Multi Estágios (MSF)

### 4.1.2 Osmose Reversa

Osmose reversa é conhecida como um processo natural onde duas soluções

distintas com concentrações diferentes são separadas por uma membrana semi permeável, onde a solução de menor concentração é direcionada por meio de uma pressão aplicada por uma bomba para solução menos diluída para estabelecer um equilíbrio, como apresentado na (figura 3).

Figura 3 - Processo de Osmose Reversa

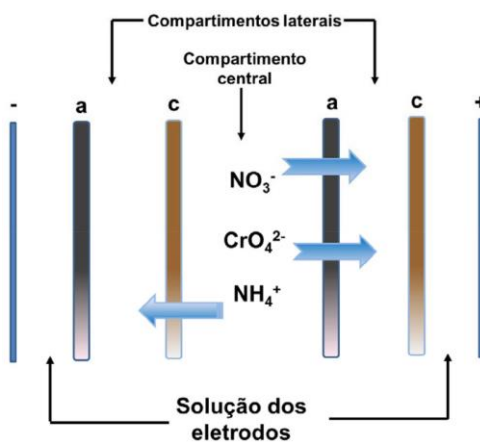


FONTE: Engquimicasantosp (2013)

### 4.1.3 Eletrodialise

O processo de eletrodialise é representado pela formação de íons positivos e negativos que são direcionados à uma membrana semipermeável que irá realizar as separações fazendo com que apenas haja passagem de um certo tipo de íon devido ao campo elétrico que é formado entre os polos. Conseqüentemente os íons fazem suas migrações para os recipientes onde atravessam as membranas e os outros ficam retidos nela (Soares, 2014).

Figura 4 - Processo de Eletrodialise

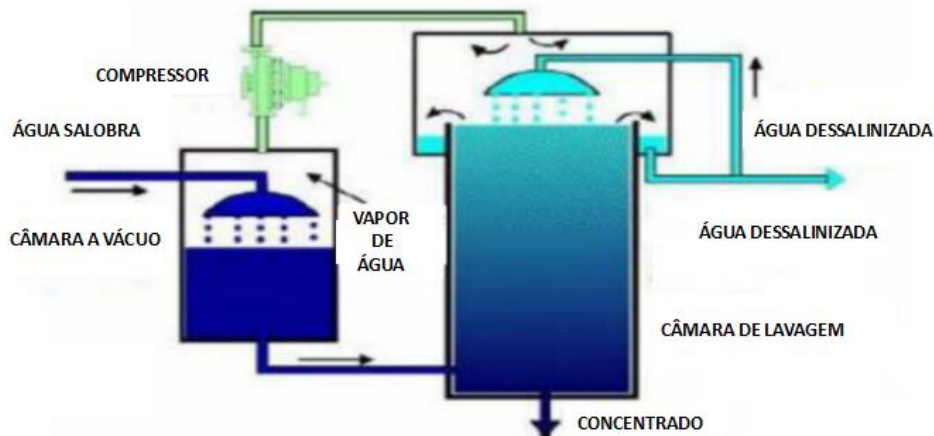


FONTE: Scielo (2016)

#### 4.1.4 Congelamento

O processo de dessalinização por congelamento é realizado pela adição de água salgada ou salobra dentro de uma câmara que sofre uma pressão em torno de 0,004 atm. A água é resfriada e as camadas de gelo que fica na superfície flutuando são águas que estão com teor elevado de sais, onde logo são removidos.

Figura 5 - Processo de Congelamento



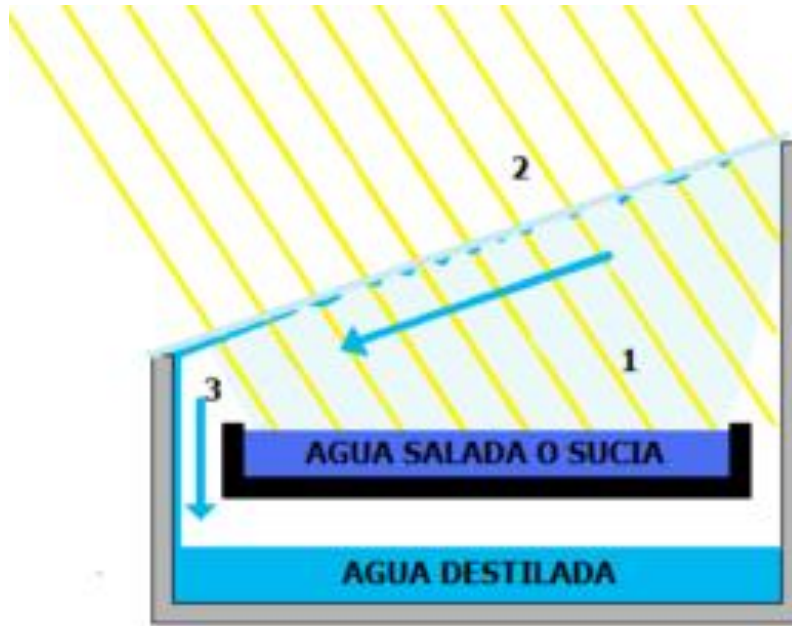
FONTE: Clayton (2006)

#### 4.1.5 Destilação Solar

Destilação solar apresenta uma forma de dessalinização onde os sais são removidos por meio da dissolução na água que possui altos níveis de concentração. Aparentemente o processo de destilação solar se iguala com o processo natural de dessalinização. Por tanto, para isso é necessário o aquecimento da água para que se torne vapor, sua condensação e transformação em água doce potável.

Existe o clássico alambique solaro que é conhecido pela presença de uma câmara com um fundo escuro com água salobra ou salgada, uma tampa de vidro inclinada que irá receber a radiação solar e realizará o transporte das gotículas d'água para o recipinete de armazenamento (Maluf, 2005).

Figura 6 - Processo de Destilação Solar

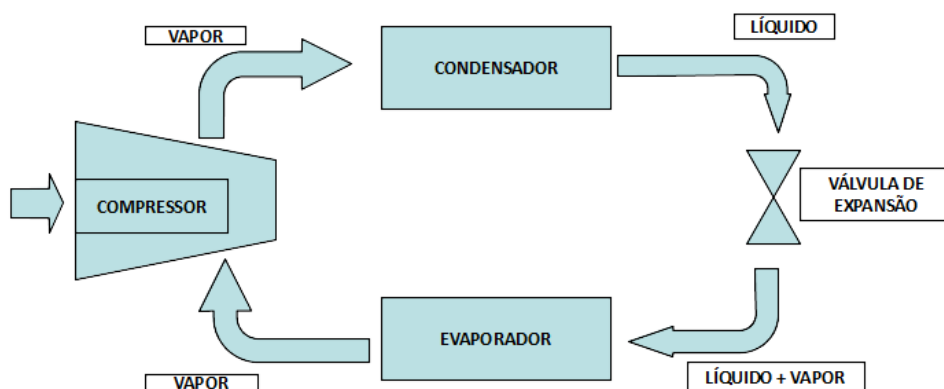


FONTE: Clayton (2006)

#### 4.1.6 Compressão de Vapor

A compressão de vapor se baseia em comprimir o vapor gerado pelo aquecimento da água em alta temperatura, contudo este tipo de produção é gerado em pequena escala porém a água produzida é bastante purificada.

Figura 7 - Processo de Compressão de Vapor

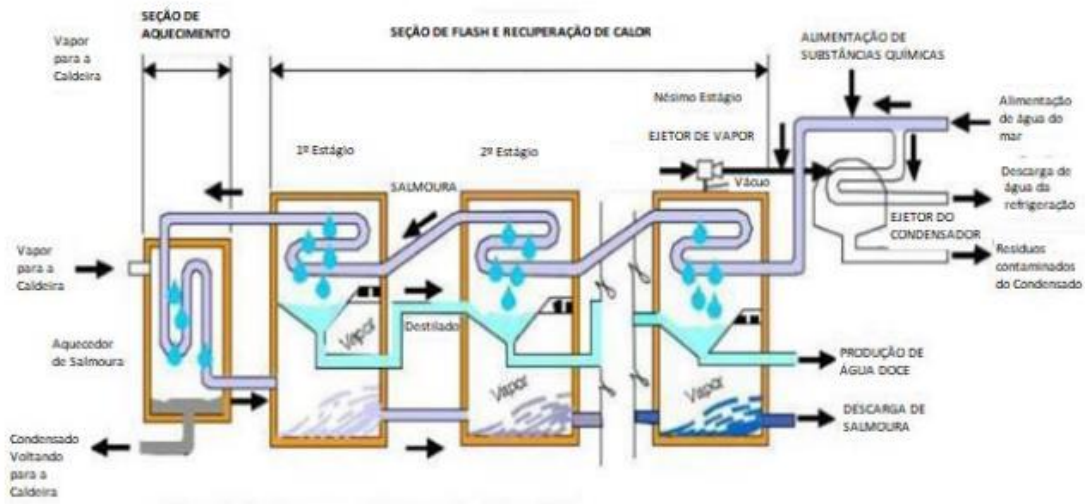


FONTE: Adaptado de Thermal Engineering (2019)

### 4.1.7 Destilação Multi Efeitos

O processo de destilação multi efeito é baseado na obtenção da água pura através de compartimentos, ou seja, vai passando de um compartimento para o outro onde sofre uma pressão sendo aquecida, evaporada e resfriada para se obter o produto final.

Figura 8 - Processo de Destilação Multi Efeito

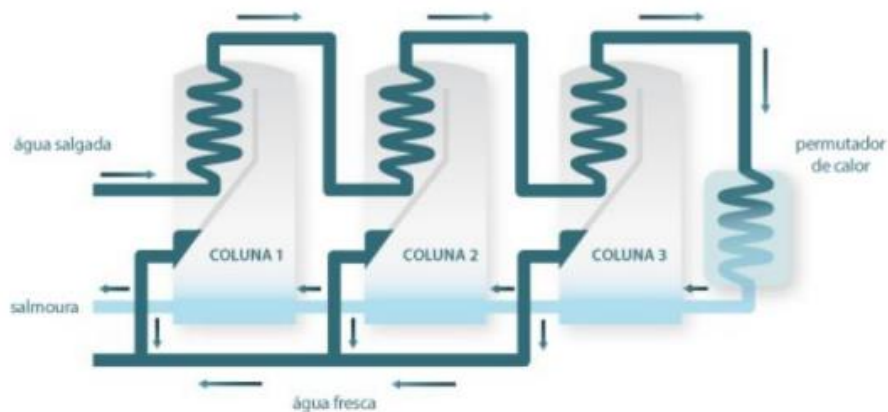


FONTE: Barzagan, 2018

### 4.1.7 Destilação Multi Estágios

O processo de destilação multi estágios é caracterizado como uma série de câmara que realizará a evaporação por meio de uma pressão finalizando assim com a água destilada. A água que entra na câmara de primeiro estágio é evaporada, esse vapor é direcionado para ser destilado e coletado novamente, e assim sucessivamente até a fase final, com diminuição de pressão e temperatura em casa fase das câmaras (Cruz, 2012).

Figura 9 - Processo de Destilação Multi Estágio



FONTE: Barzagan, 2018

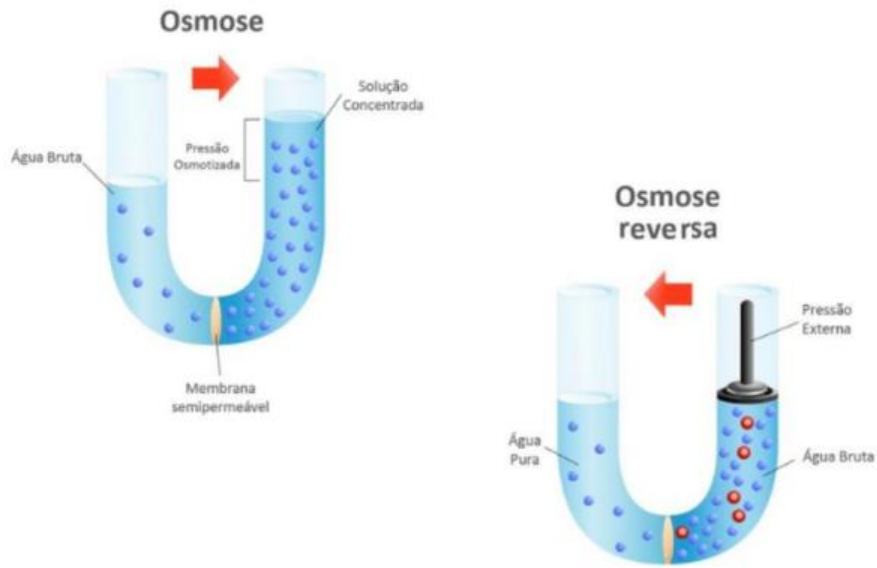
## 4.2 Processo de osmose reversa

No processo de osmose pode apresentar duas soluções diferentes ao mesmo tempo, solvente e soluto. Ambas as soluções passam através das membranas, contudo apenas uma solução passa por meio das membranas que é o solvente que passará da solução menos concentrada para o lado que possui uma maior concentração através da pressão osmótica, o soluto por sua vez é retido pelas membranas. A osmose reversa se baseia no processo de separação das substâncias concentradas que são separadas por meio de uma membrana semipermeável e uma força de empuxo, desta maneira faz-se a separação da água que contém substâncias concentradas para um lado e a solução diluída que tem baixo teor de sólidos dissolvidos para o outro lado. Como se pode identificar na (Figura 10).

A osmose inversa se dá pela utilização de uma ou mais bombas de pressão que realizam a força para o direcionamento da água para as membranas. A água alimentada direcionada pela bomba tem de 40% a 45% da água do produto onde se é adicionado uma base para equilibrar o seu nível de pH, que tanto equilibram em torno de 7 quanto desinfecta a água, sendo possível assim realizar o seu consumo. O restante do percentual da água se torna salmoura que está com alta concentração de sais e será direcionada para área de descarte adequado. Sabendo-se que é possível realizar uma nova dessalinização onde passará por um novo estágio de osmose onde a água resultante será direcionada para tanques de armazenamentos onde serão adicionados minerais para melhoria na qualidade da água e conseqüentemente direcionada para o consumo humano, estando de acordo e conforme as normas sanitárias atuais.

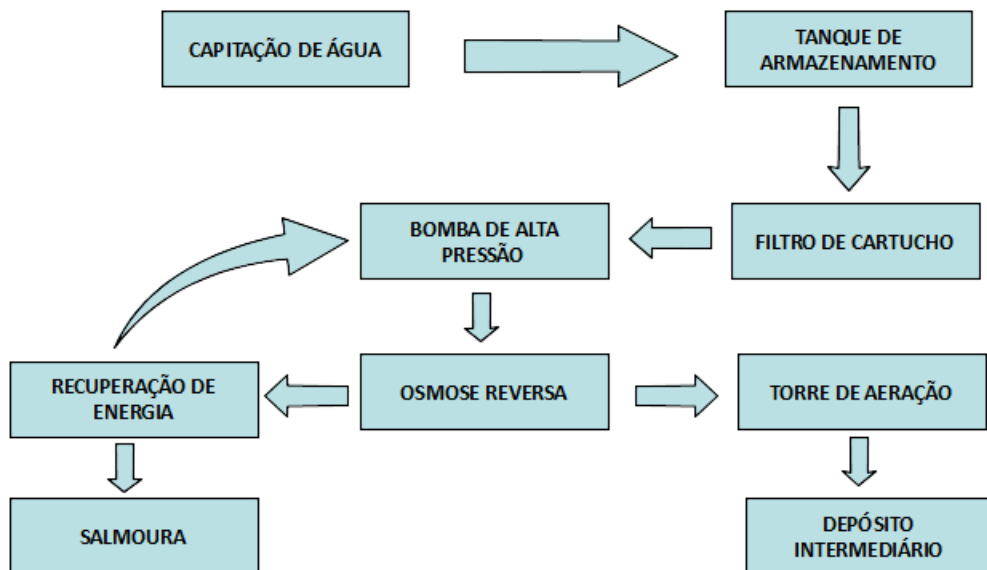
Por fim, a salmoura gerada pode ser reutilizada quando trata-se de grandes ou médias usinas de dessalinização. O rejeito passa por turbinas para utilização da sua energia residual, reduzindo desta forma o consumo de energia. Contudo, ainda é difícil evitar o alto custo, por isso as energias renováveis são a chave para a sustentabilidade e o sustento desses tipos de usinas.

Figura 10 - Processo de Osmose Reversa e Osmose Reversa.



FONTE: Petrochem, 2015

Figura 11 - Processo Geral de Dessalinização por Osmose

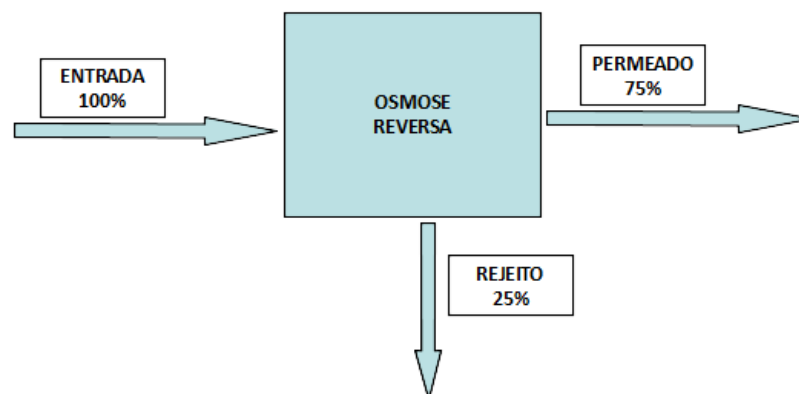


FONTE: Elaboração Própria

## 4.2.1 Parâmetros e Características do Processo de Conversão da Água por Osmose Reversa

As características apresentadas para compor uma sistema de dessalinização de osmose reversa se baseia em algumas descrições como bombas, dutos e o transporte do produto a ser tratado de forma que haja uma conexão entre os sistemas para que se possa realizar um processo de conversão de acordo com o exigido. Alguns equipamentos devem possuir uma grande capacidade de rendimento, como a saída da água tratada que pode chegar à 1800m<sup>3</sup> /h, tendo um rendimento de instalação aproximadondo-se de 75% para que possa se cumprir o que se necessita.

Figura 12 - Esquema Simples de Osmose Reversa



FONTE: Elaboração Própria

Para que haja uma captação adequada e realize o objetivo da demanda de água a ser tratada a direcionando para a usina de tratamento, é necessário a instalação de um tubo de polietileno de alta densidade de aproximadamente 700m e 1,6m de diâmetro, que irá captar a água desde o fundo do poço ao reservatório de armazenamento.



Figura 13 - Tubo HDPE



FONTE: Catálogo HDPE

Uma bomba horizontal de pressão deve ser instalada para que possa haver uma pressão maior para inpushionamento e direcionameto da água que matém no poço para o reservatório de armazenamento da planta de dessalinização, pelo motivo de se exigir uma capacidade muito grande é necessário a instalação de uma bomba que possa atingir as necessidades para essa demanda. Por tanto, a bomba deve ter uma força onde possa suprir mais de 11.000m<sup>3</sup>/h e também suportar alturas de até 200m.

Figura 14 - Bomba Sulzer SMH



FONTE: Catálogo Sulzer

O reservatório para armazenamento da água deve possuir uma capacidade de aproximadamente 10m de altura, tendo uma profundidade de 5m e uma área de 4000m<sup>2</sup>. Sendo que cada área de armazenamento deve ser de acordo com a capacidade de produção da usina de dessalinização.

Essa água para ser armazenada é direcionada por tubulações quem tem uma grande capacidade de capitação e está ligada entre o tanque de armazenamento e o poço de água salobra, e o enchimento do tanque é feito de forma progressiva.

Figura 15 - Tanque de Armazenamento FRP



FONTE: Catálogo FRP

Uma bomba vertical é fundamental na etapa que consiste a passagem do fluxo, onde tornará mais fácil o bombeamento para facilitação na fase de condução e também garante uma que em caso de falha das máquinas não efete o sistema garantindo ainda assim o abastecimento.

Figura 16 - Bomba Vertical EJE



FONTE: Catálogo Pompe Zanni

## 4.2.2 Estágio das Membranas do Processo Osmose Reversa

A composição das membranas da osmose reversa é dada pelas camadas de poliamidas diferentes, onde faz a filtração, retenção e obtenção da água pura com um teor não tão elevado de sais. As camadas de poliamidas das membranas tem uma camada extra, conhecida como secundária onde os poros tem o tamanho máximo de 0,0001 microns e as partículas que são capazes de atravessar essas membranas tem um tamanho muito pequeno.

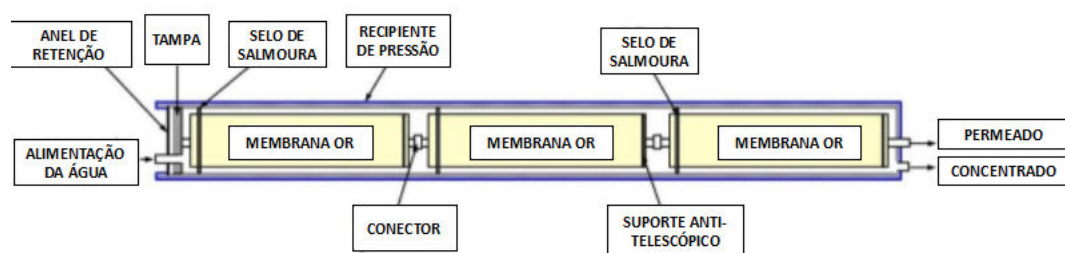
Existem algumas especificações pré estabelecidas para que haja esse tipo de filtração:

- Temperatura da água em 25°C
- Pressão de entrada de água entre 55 psi e 60 psi
- Sólidos totais dissolvidos ser igual a 500 ppm

Para que se possa obter uma alta qualidade de água tratada é necessário que as membranas cumpram suas funções. As membranas tem que executar sua função de maneira eficaz, pois caso isso não aconteça sofrerá entupimento de sais, e conseqüentemente sua vida útil será menor.

Cada membrana e cada processo possui sua característica, para este tipo de processo é necessário que a membrana possua uma camada secundária e sendo necessária múltiplas membranas. São produzidas em diâmetro, onde é necessário que se utilize neste processo 8" de diâmetro que são direcionados para os frames.

Figura 17 - Partes da Armação da Membrana



FONTE: : Water Treatment and Purification

Como apresentado na figura anterior (Figura 0) a composição das membranas se dá por:

- Anel de retenção que tem a finalidade de fixar os elementos no quadro para não se moverem.
- Tampa que tem a finalidade de fechar o quadro
- Recipiente de pressão que tem a finalidade de servir como recipiente para os

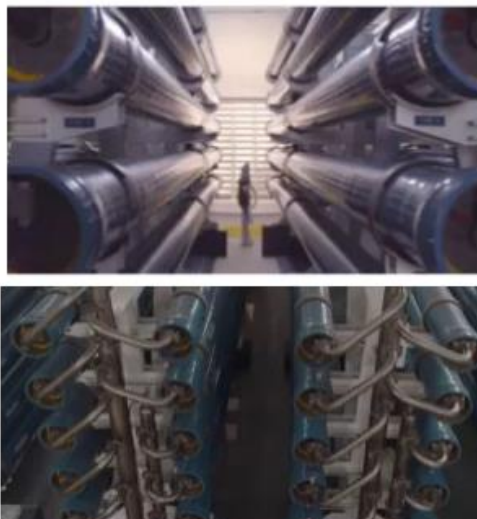
módulos de membrana

- Módulo de membrana de osmose reversa
- Selo de salmoura que tem a finalidade de evitar o escapamento da água entre os espaços das membranas
- Conector tem a finalidade de reduzir a pressão
- Permeado que é o produto com baixo teor de sais
- Concentrado que é o rejeito com alto teor de sais

Para que se possa obter um resultado com qualidade de acordo a este tipo de processo de dessalinização é necessário a utilização de membranas que possuam as seguintes características:

- Membrana de composição de poliamida
- Diâmetro de 8"
- Área da membrana de 41m<sup>2</sup>
- Taxa de rejeição do sal em aproximadamente 99,86%
- Taxa de fluxo em aproximadamente 24,2m<sup>3</sup>/dia
- Espaçador de alimentação em aproximadamente 28.000
- Temperatura de alimentação em 25°C
- Concentração de alimentação em 32.000mg/L de NaCl
- Taxa de recuperação em 8%
- pH da alimentação em aproximadamente 7
- Rejeição dos sais em no mínimo 99,5%
- Fluxo do produto em no mínimo 19,3 m<sup>3</sup>/dia

Figura 18 - Conexão de armações de membrana

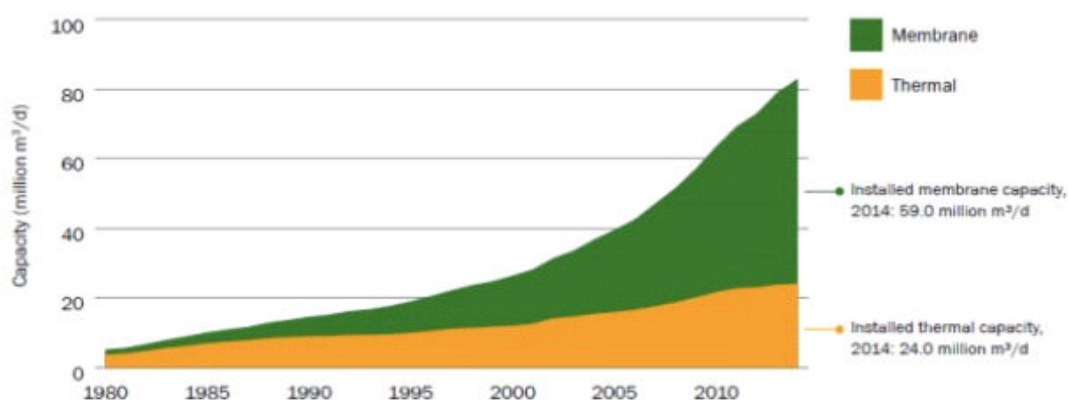


FONTE: : Brasil Pochteca

## 5. DESSALINIZAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO

A tendência de dessalinização pelo mundo teve um grande desenvolvimento e crescimento nas últimas décadas. Este desenvolvimento foi observado em ambos os setores de serviços principalmente devido a novas tecnologias na região do Golfo Pérsico e no setor industrial, onde a estabilização dos preços do petróleo e do gás acarretou em novos projetos. A capacidade cumulativa global instalada é agora de 92,5 milhões de metros cúbicos/dia, enquanto em 2016 foi de 88,6 milhões de metros cúbicos/dia. O total de usinas de dessalinização no mundo todo é de 19.372 unidades.

Figura 19 - Proporção de tecnologias por membranas e térmicas no período de 1980 – 2014.



FONTE: GWI, 2015

No Brasil, destaca-se o Programa Água Doce. A região do semiárido brasileiro apresenta um histórico de secas relatados desde 1587. Este é um fenômeno natural e recorrente (MARENGO, 2016). O governo brasileiro vem buscando ao longo dos últimos anos ampliar a convivência com o Semiárido. Estas condições determinam a sobrevivência das famílias e o desenvolvimento da agropecuária. (PAD, 2016).

No Brasil, destaca-se o Programa Água Doce. A região do semiárido brasileiro apresenta um histórico de secas relatados desde 1587. Este é um fenômeno natural e recorrente (MARENGO, 2016). O governo brasileiro vem buscando ao longo dos últimos anos expandir a convivência com o Semiárido. Estas condições determinam a sobrevivência das famílias e o desenvolvimento da agropecuária. (PAD, 2016).

A região nordeste, que abrange quatro Regiões Hidrográficas - São Francisco, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental e Atlântico Leste - possui características fisiografias naturais que favorecem a escassez hídrica: pouca chuva, evapotranspiração potencial elevada, vegetação rala, baixa disponibilidade hídrica superficial e baixa vocação hidrogeologia. Esta região possui um milhão de quilômetros quadrados e é habitada por 22

milhões de pessoas, sendo que 9 milhões em comunidades rurais (MMA, 2018). A Figura 19 apresenta a região do Semiárido brasileiro.

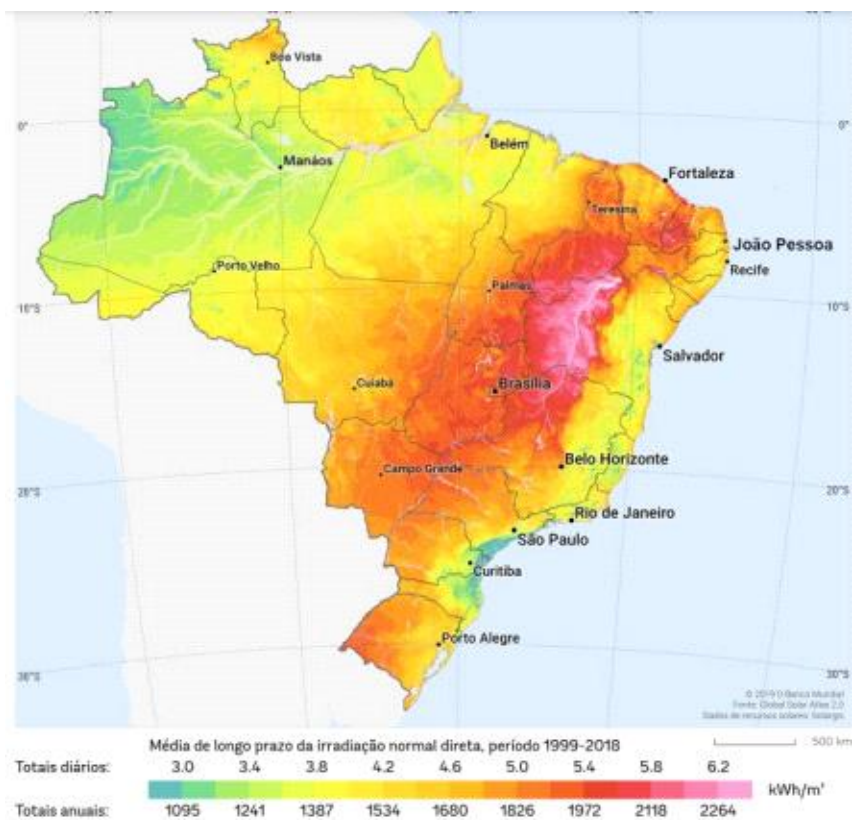
Figura 20 - Semiárido Brasileiro



Fonte: Ministério do meio ambiente, 2018

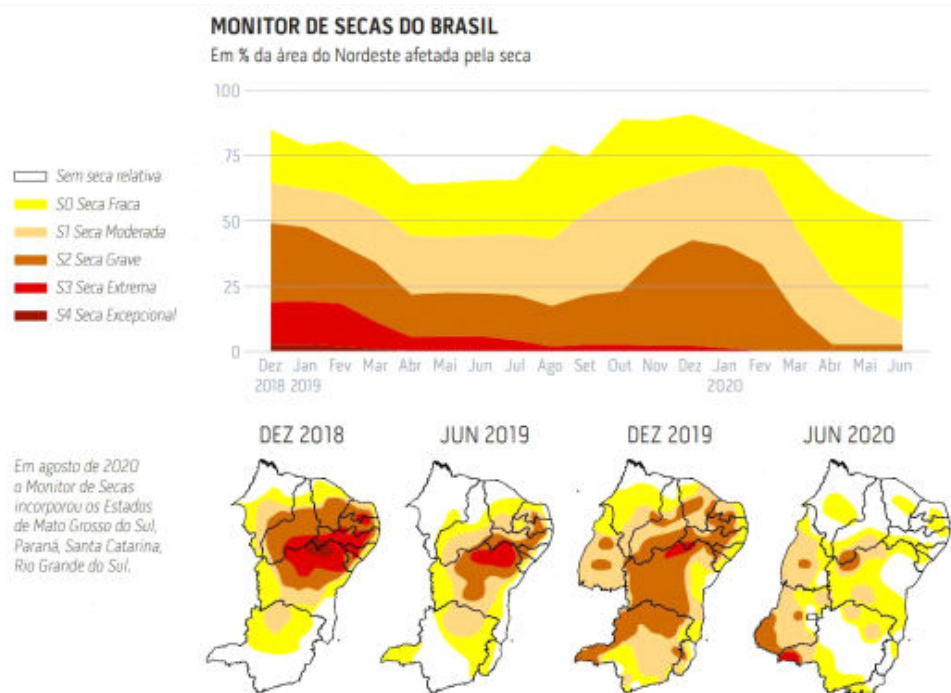
Segundo SolarPACES (2017), o Brasil apresenta extensas regiões semiáridas com irradiância direta normal média na ordem de 6 kWh/m<sup>2</sup>. Potenciais áreas para construção de plantas CSP com alta irradiância se encontram no Nordeste como ilustra a Fig. 3.13. Além de apresentar alta irradiância a região nordeste também é afetada pela seca em grande parte de sua área como apresenta a Figura 20.

Figura 21- Irradiância direta normal média entre os anos 1999 e 2018.



Fonte: adaptado de Solergis (2020)

Figura 22 - Porcentagem da área do Nordeste afetada por diferentes gravidades da seca entre 2018 e 2020.

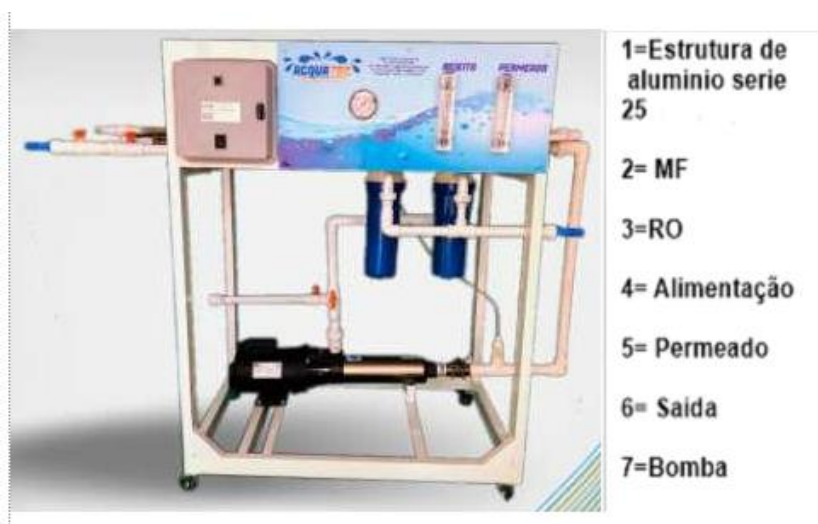


Fonte: adaptado de ANA (2020).

## 6. O SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO E O PROJETO DE INSTALAÇÃO

Este sistema pode ser projetado por diversos sistemas, porém atualmente o sistema mais utilizado na configuração e projeção desse tipo de projeto é o AUTOCAD que tem ferramentas que possibilitam que seu sistema modelador seja altamente apresentado, permitindo uma visão mais detalhada do sistema. O principal desejo desse sistema é sua compactualidade e sua resistência, por tanto a escolha de algumas materiais como alumínio série 25, o tipo de bomba, a escolha das marcas e etc, serviram para determinação na montagem deste projeto, onde sua composição será dada por uma estrutura de alumínio, uma mangueira de permeado de 10 mm, tubo de CPVC  $\frac{3}{4}$ , um filtro de microfiltração, 2 membranas de osmose reversa, uma bomba de  $\frac{3}{4}$ .

Figura 23 - Sistema de Dessalinização



Fonte: Elaboração própria

### 6.1 Sistema de Dessalinização Implantando e Construído

Este estudo tem como principal finalidade apresentar o sistema de dessalinização de forma a ser construído, com medidas e proporções de acordo com cada necessidade de instalação do sistema para fins de purificação da água salgada/salobra.

Figura 24 - Sistema construído



Fonte: ANA, 2014



## 6.2 Pós-Tratamento

O pós-tratamento consiste na adequação do produto de saída para se obter as condições necessárias exigidas pelas normas de controle atual para o consumo humano. Onde, o produto final precisa estar livre de sais minerais, pH no valor ideal, a concentração de íons deve estar entre 2 mg/L a 6 mg/L, assim como sua concentração deve estar entre 0,5 mg/L e 1,2 mg/L.

O direcionamento no uso da água dirá qual será a especificidade do pós-tratamento:

- Água potável terá uma exigência maior, onde a dureza relativamente deve obter o valor de 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, que irá realizar o cumprimento de manter o baixo teor de sódio e alto teor de cálcio.
- Água com destino a irrigação deve manter um equilíbrio entre alguns sais minerais como magnésio, sódio e cálcio. Isso irá garantir que o solo não sofrerá danos posteriores, pois, terá um controle em relação ao sais absorvidos pelo solo, onde são removidos todo contaminante que poderá prejudicar as frutas e verduras.
- A água produzida pelo processo é usada em trocadores de calor ou em caldeiras, pois, este tipo de água deve cumprir e seguir os requisitos impostos e estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Figura 25 - Tabela de pós-tratamento

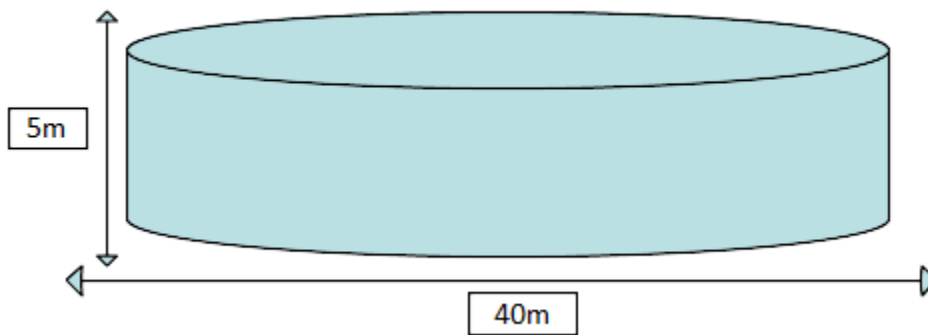
PROCESSO	ÁGUA POTÁVEL	ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	ÁGUA DO PROCESSO
Para remover o cloreto sódio	2º passo OR	-	2º passo OR
Para adicionar cálcio/magnésio	Remineralização		-
Para neutralizar o pH +/-7	Injeção de NaOH/HCl		-
Para remover o boro	Injeção de soda cáustico	Remoção de boro Especifica	-
Para desinfectar	Obrigatório	Não obrigatório	

Fonte: Lentech pós-tratamento

A água tratada é direcionada ao reservatório de armazenamento para ser distribuído,

o tanque de armazenamento geralmente possui uma altura de 5m e um diâmetro de 40m.

Figura 26 - Reservatório de Armazenamento de Água Tratada



Fonte: Elaboração Própria

As usinas de dessalinização necessitam de abastecimento energético, geralmente o abastecimento ocorre com alimentação em três fases que possui tensão aproximada a 400V, sendo que tem usinas que ainda utilizam energia com tensão de 380V.

Este estudo teve como principal finalidade a apresentação do estudo de caso de Douglas Oliveira, defendendo e mostrando as condições necessárias exigidas pelas normativas de controle e leis atuais estabelecidas para as condições necessárias da produção de água para o consumo humano por meio da dessalinização, abrangendo as especificidades da osmose reversa.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em todas as épocas e em inúmeras culturas a água é definida como um componente vital e purificador, um recurso natural renovável, como a próprio motivo da existência da vida. A água, que permite a vida e dessedenta os organismos também guarda em si um imenso potencial energético.

No cenário atual de crise hídrica brasileira e crescente demanda mundial, a proposta de utilização da eletrodialise como meio ecologicamente correta de se obter energia elétrica e água potável se mostra promissora. O presente trabalho estudou a utilização desse processo eletroquímico, assim como detalhou sua viabilidade explorando os próprios caminhos para o aprimoramento dessa tecnologia.

A anástrofe do processo de dessalinização, que nos dá a possibilidade de produzir energia, vive um cenário muito diferente. Durante a realização deste trabalho não foi difícil constatar o pequeno esforço e atenção que essa utilização do processo tem. Enquanto pelo mundo são encontrados não mais que 10 protótipos, os índices e prospecções para essa tecnologia apontam para uma real viabilidade econômica.

O uso de energia solar para dessalinização não só tem perspectivas promissoras, mas também é uma opção tecnicamente viável para atender aos problemas de energia e água. Atualmente, as instalações alimentadas por energia solar não são comparáveis às instalações convencionais de combustível fóssil devido ao alto custo dos coletores solares/painéis fotovoltaicos.

Os custos de dessalinização estão diminuindo continuamente para tecnologias solares térmicas, especialmente na tecnologia RO, devido à alta taxa de crescimento na capacidade da planta e melhor design de processo, membranas e materiais melhores e eficientes, etc., portanto, os dispositivos de destilação solar são considerados uma alternativa eficaz de tecnologia limpa para dessalinização de águas salobras e salinas, face à escassez de água potável, principalmente no Semiárido brasileiro.



## Referências

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.

Articulação do Semiárido (ASA). Brasil. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/>. Acessado em 20 de Out de 2022.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, B. G. Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, n. 1, p. 71-89, 3 jul. 2018.

ALMEIDA, H.A.; CABRAL JÚNIOR, J.B. Variabilidades Sazonais e Interdecadais da Chuva nas Microrregiões Geográficas do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013

BARBOSA, H. A.; LAKSHMI KUMAR, T. V. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 124, p. 377–387, 2016.

BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M. A.; CUNNINGHAM, C. C.; et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, 2017

CABRAL JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, B. G. Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, n. 1, p. 71-89, 3 jul. 2018.

FERREIRA, P.S.; GOMES, V.P.; GALVÍNCIO, J.D.; SANTOS, A.M.; SOUZA, W.M. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.21, 2017.

GUTIERREZ, A. P. A.; ENGLE, N. L.; DE NYS, E.; MOLEJ??N, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. *Weather and Climate Extremes*, v. 3, p. 95–106, 2014.

HASTENRATH, S. Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: A review. *Climatic Change*, v.112, n. 2, p. 243–251, 2012

LUCENA, R.L.; CABRAL JÚNIOR, J.B.; STEINKE, E.T. Comportamento Hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Caicó. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n.3, p. 485-496 2018

LUCENA, R. L.; FERREIRA, A. M.; FERREIRA, H. F. P. A.; STEINKE, E. T. Variabilidade climática no município de Caicó/RN: secas e chuvas num arquétipo do clima semiárido do Nordeste brasileiro.

CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro (SP) – v.8, n.2, p. 67-89, 2013

Aceituno, P. , Prieto, MR , Solari, ME , Martinez, A. , Poveda, G. & Galvey, M. ( 2009 ) O episódio do El Niño 1877–1878: impactos associados na América do Sul . *Mudança Climática* , 92 , 389 – 416

Alencar, MO , de Justo, WR & Alves, DF ( 2018 ) Os efeitos do programa uma terra e duas águas (p1+ 2) sobre a qualidade de vida do pequeno produtor rural do semiárido nordestino: O caso do município de jardim (ce) . *Revista Econômica do Nordeste* , 49 ( 1 ), 165 – 180 .

Alvala, R. , Cunha, AP , Brito, SSB , Seluchi, ME , Marengo, JA , Moraes, OLL & Carvalho, M. ( 2017 ) Monitoramento da seca no Semiárido Brasileiro . *Anais da Academia Brasileira de Ciências do Brasil* , 91 (Supl. 1): e20170209.

Brito, SSB , Cunha, A. , Cunningham, CC , Alvalá, RC , Marengo, JA & Araujo, M. ( 2018 ) Frequência, duração e gravidade da seca no semiárido brasileiro . *International Journal of Climatology* , 38 ( 2 ), 517 – 529 .

Camilloni, I. , Barros, V. , Moreiras, S. , Poveda, G. & Tomasella, J. ( 2020 ) Inundações e Secas . In: JM Moreno , C. Laguna-Defi , V. Barros , E. Calvo Buendia , JA Marengo & U. Oswald Spring (Eds.) *Adaptação aos riscos das mudanças climáticas nos países ibero-americanos —relatório RIOCCADAPT* . Madri, Espanha : McGraw Hill (ISBN 9788448621667).

Castro CN ( 2012 ) A Agricultura No Nordeste Brasileiro: Oportunidades E Limitações Ao Desenvolvimento . Texto para Discussão , <https://www.econstor.eu/handle/10419/91269>. Último acesso em 1 de outubro de 2022.

Adham S et al. (1998a) Monitoring the integrity of reverse osmosis membranes. *Desalination*, 119(1–3):143–150.

Adham S et al. (1998b) Rejection of MS-2 virus by RO membranes. *Journal of the American Water Works Association*, 90(9):130–135.

Ainsworth R et al. (2004) *Safe piped water: managing microbial water quality in piped distribution systems*. Geneva, World Health Organization ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/924156251X/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/924156251X/en/index.html)).

Bull RJ, Cotruvo JA, eds (2006) A research strategy to improve risk estimates for bromate in drinking-water. *Toxicology*, 221(2–3):135–248.

Colvin CK et al. (2000) Microbial removal by NF/RO. Presented at the American Water Works Association Annual Conference, Denver, Colorado, 11–15 June 2000.

Cotruvo JA (2006) Health aspects of calcium and magnesium in drinking water. *Water Conditioning & Purification*, 48(6):40–44 (<http://www.wcponline.com/pdf/Cotruvo.pdf>).

Cotruvo J et al. (2010) *Desalination technology—Health and environmental impacts*. Boca Raton, Florida, IWA Publishing and CRC Press.

Craun GF, Calderon RL (2001) Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies. *Journal of the American Water Works Association*, 93(9):64–75.

FAO/WHO (1988) Bromide ion. In: Pesticide residues in food—1988 evaluations. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (<http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v88pr03.htm>).

Gagliardo PF et al. (1997) Membranes as an alternative to disinfection. Presented at the American Water Works Association Annual Conference, Atlanta, Georgia.

Kitis M et al. (2002) Microbial removal and integrity monitoring of high-pressure membranes. Presented at the American Water Works Association Water Quality Technology Conference, Seattle, Washington.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Atividades que mais consomem água"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/atividades-que-mais-consomem-agua.htm>. Acesso em 19 de outubro de 2022.