

Jurandir Primo

*Dessalinização da Água
Sistemas & Processos*

*Jurandir Primo
Copyright @ 2019
1ª edição – janeiro de 2020*

Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP

Primotech - Engineering Manuals

Primo, Jurandir

Tratamento da água, Sistemas Industriais;

*Índice para pesquisas: Dessalinização, Tratamento de
Água e Esgoto*

ISBN:

*Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão,
diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor,
para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em
engenharia e tecnologia.*

*O autor permite que todas as partes do livro possam ser
copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais,
instrutivos e treinamento técnico.*

*Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar
solicitação para:*

primotechcourses@hotmail.com

Dessalinização da Água Sistemas & Processos



INDICE:

I. INTRODUÇÃO:

II. DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA - CONCEITOS:

1. Dessalinização e Impacto Ambiental:
2. Problemas de Saúde:
3. Alternativas de Dessalinização:

III. HISTÓRIA DA DESSALINIZAÇÃO:

IV. PROCESSOS DE DESSALINIZAÇÃO:

1. Destilação de Água:
2. Destilação por Membrana (MD):
3. Destilação por Compressão de Vapor (VCD):
4. Dessalinização por Compressão de Vapor:
5. Evaporação/Destilação de Múltiplos Estágios (MSF):
6. Evaporação/Destilação Multiefeito (MED):
7. Destilação Solar:
8. Dessalinização por Osmose Reversa:
9. Dessalinização de Osmose Direta (FO):
- 9.1. Tipos de Membranas para Osmose Reversa e Direta:
10. Dessalinização por Troca Iônica:
11. Dessalinização de Desionização Capacitiva (CDI):
12. Dessalinização do Processo de Congelamento:
13. Dessalinização por Hidrato:
14. Dessalinização por Eletrodíálise (ED):
15. Dessalinização Reversa por Eletrodíálise (EDR):

V. DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA EM PLATAFORMAS:

VI. DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA EM NAVIOS:

VII. SUMÁRIO – DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA:

VIII. GLOSSÁRIO – DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA:

INTRODUÇÃO:

Existem várias maneiras de diminuir o grave problema de **escassez crescente de água**, como, por exemplo, o uso mais econômico da água pela redução do desperdício; reciclagem de água por usuários industriais e domésticos; redução do teor de sal da água salobra e do mar para torná-la potável, processo denominado "**dessalinização**", objeto deste estudo. A transferência de recursos de áreas ricas para as áreas de necessidade, por exemplo, o uso de tubulações de fontes de abastecimento, ou canais e rios para transferir água de uma área para outra.

A superexploração dos suprimentos de água doce existentes está se tornando um problema em muitas partes do mundo. Existem muitas causas, sendo as principais, o **crescimento populacional**, a demanda por padrões de vida mais elevados, o crescimento da agricultura e da indústria e as mudanças climáticas. Globalmente, os principais setores de consumo de água são a irrigação, o urbano e a indústria manufatureira. A agricultura é uma grande usuária de recursos hídricos, especialmente em países como, Grécia, Espanha, Sul da Europa, Oriente Médio e países do Norte da África.

A escassez de água e as secas já estão afetando os países em todo o mundo, desde Austrália, China, Síria, Iraque, EUA e até partes do Reino Unido. Nos EUA, a escassez de água **está aumentando na Califórnia** e em outros estados, sendo declarada emergência em 2014 em aproximadamente **77%** dos estados em condições de "**seca excepcional**". Se o mundo parar de procurar outras fontes de água, a Organização para Agricultura e Alimentação e o Conselho Mundial da Água previram que, globalmente, os recursos hídricos não serão suficientes para produzir os alimentos necessários, pois muitas regiões enfrentarão escassez substancial de água.

De toda a água do mundo, apenas ~ **1% é água doce disponível** para as necessidades de todas as plantas, animais e seres humanos. Cerca de **97%** da água do mundo está nos oceanos, e aproximadamente **3%** da água está armazenado nas geleiras e no gelo polar. Na verdade, o aquecimento global esteja reduzindo dia a dia esse reservatório de água doce. Este estudo é definido pelo valor do **Water Exploitation Index (WEI)** desenvolvido pela Agência Europeia do Ambiente. A escassez da água pode ocorrer para $WEI > 40\%$, usando a seguinte equação:

$$WEI = \text{totABS} / \text{LTAA} \times 100 =$$

Onde:

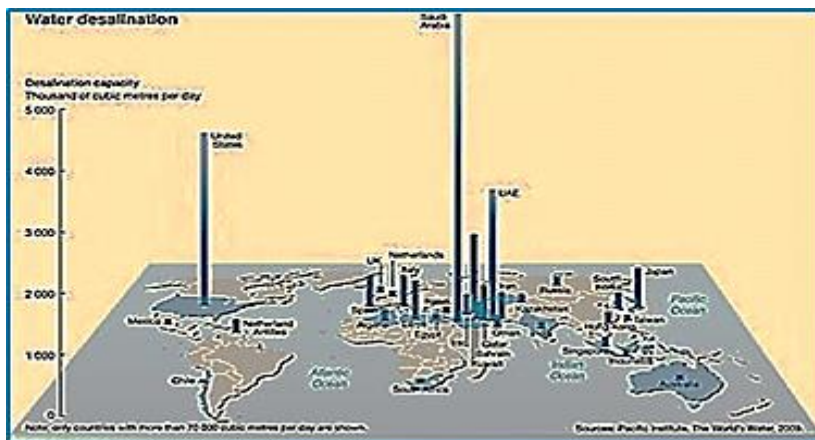
totABS = Total annual freshwater abstraction for all uses;

LTAA = Long term annual average of total freshwater resources.

O recurso de água doce médio de longo prazo é derivado da precipitação média de longo prazo menos a evapotranspiração média de longo prazo, mais o influxo médio de longo prazo dos países vizinhos, onde os dados são calculados em média durante um período de pelo menos 20 anos consecutivos. O nível de alerta **WEI é geralmente aceito como 20%**, o que distingue uma região não estressada de uma estressada.

Depois de 2020, **muitas** zonas de recursos hídricos do mundo poderá estar em risco de déficit devido ao efeito combinado das mudanças climáticas e do crescimento populacional. As áreas de maior potencial de escassez tendem a ser regiões com alta densidade populacional, ou alta densidade de riqueza, ou ambas. Regiões claramente desérticas, como as do norte da África, da Austrália Ocidental e da China Central sofrem de extrema escassez de água. Essa situação se agrava quando muitos recursos hídricos são compartilhados por dois ou mais países.

Nota: Existem, aproximadamente, **mais de 23.000 usinas de dessalinização em mais de 150 países**, sendo mais da metade delas no **Oriente Médio**, mas esse número vem crescendo continuamente desde 2013 - 2014 e cerca de 564 novas usinas foram contratadas, conforme mostrado na figura abaixo.



1. DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA - CONCEITOS:

A dessalinização é um processo que extrai minerais da água salgada. De forma mais geral, a dessalinização refere-se à remoção de sais e minerais de uma substância-alvo, como na dessalinização do solo, que é um problema para a agricultura. A percepção pública é que a água dessalinizada não tem um sabor tão bom quanto a água doce natural. No entanto, testes indicam que não há diferença real na qualidade da água. A água dessalinizada costuma ser uma opção mais saudável, pois o processo também remove bactérias nocivas.

Toda a água que ocorre naturalmente, mesmo a chuva, contém substâncias dissolvidas nela. Essas substâncias incluirão sais como cloreto de sódio, bicarbonato de cálcio, sulfato de magné-

sio e uma variedade de outras substâncias que ocorrem naturalmente. Essas substâncias contribuem para o sabor da água; a água que não contém substâncias dissolvidas tem um gosto "chato" e desagradável.

A água salgada é **dessalinizada** para produzir água adequada para consumo humano ou irrigação, então, o subproduto mais importante da dessalinização é o sal. A dessalinização é usada em muitas plataformas de petróleo e gás, navios marítimos e submarinos. A **água do mar** tem uma *concentração média de sólidos dissolvidos de 35.000 mg/l (3,5%)*, mas pode variar consideravelmente de acordo com a região. Como exemplo, o **Mar Mediterrâneo** tem uma *salinidade aproximada de 38.000 mg/l* e o *Mar Báltico de aproximadamente 8.000 mg/l*.

A água alimentada a uma usina de dessalinização geralmente contém outras impurezas além de sólidos dissolvidos, como lodo, algas, bactérias e outras formas de pequenas plantas e animais. A forma mais importante de impureza são as chamadas *Partículas de Exopolímero Transparente (TEPs)*, que foram identificadas recentemente. TEPs são impurezas formadas a partir de *polímeros dissolvidos exalados por fitoplâncton e bactérias* são encontrados no mar e na água doce em concentrações de *28 a 5.000 partículas por mililitro e variam em tamanho de 2 a 200 micrômetros (0,002 a 0,2 milímetros)*.

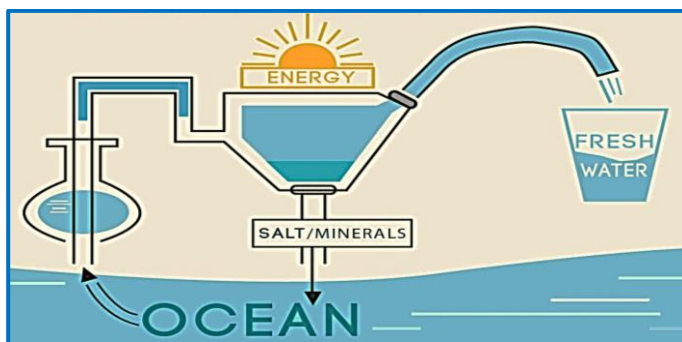
Essas impurezas podem ter um efeito adverso nos processos de dessalinização, sujando superfícies e membranas. Os TEPs *podem existir em muitas formas diferentes de bolhas amorfas, nuvens, folhas, filamentos ou aglomerados* e, às vezes, reconhecíveis como detritos de plâncton quebrado e podem ser fontes importantes de nutrição para microrganismos, incluindo bactérias. Portanto, é necessário incluir uma etapa de pré-tratamento nas usinas de dessalinização.

O pré-tratamento normalmente consistirá em alguma forma de filtração (filtração granular ou pré-revestimento), usando alguma forma de processo de coagulação ou aglomerado, tornando assim a remoção por filtração mais eficaz. O abastecimento de água (regulamentos de qualidade da água) não especifica a concentração de sólidos dissolvidos totais (TEPs) para água potável, mas especifica uma *condutividade máxima de 2.500 Micro-Siemens a 20°C como medida, o que corresponde a aproximadamente cerca de 1.200 mg/l de água dissolvida sólidos*. No entanto, a *Organização Mundial de Saúde recomenda não mais de 1.000 mg/l para água potável*.

Devido ao seu consumo de energia, a *dessalinização da água do mar é geralmente mais cara* do que a água doce dos rios, águas subterrâneas ou reciclagem de água. Essas alternativas nem sempre estão disponíveis e o esgotamento das reservas é um problema crítico em todo o mundo. Atualmente, *aproximadamente 1% da população mundial depende de água dessalinizada para atender às necessidades diárias*, mas as Nações Unidas esperam que os reguladores mundiais *resolvam a escassez de água até 2025*. A dessalinização é particularmente relevante em países secos, como a Austrália, que tradicionalmente contam com a coleta de água da chuva atrás de represas.

A maior parte do interesse moderno na dessalinização está focada no fornecimento econômico de água doce para uso humano. Juntamente com as águas residuais recicladas, é uma das poucas fontes de água independentes da chuva. Todos os processos de dessalinização usam tecnologia de engenharia química na qual um fluxo de água salina é alimentado ao equipamento de processo, energia na forma de calor, pressão de água ou eletricidade é aplicada e dois fluxos de saída são produzidos; uma corrente de água dessalinizada (doce) e uma corrente de salmoura concentrada que deve ser descartada.

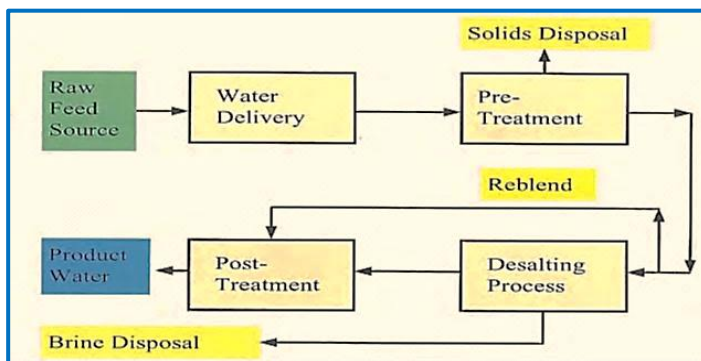
Segundo a Associação Internacional de Dessalinização, em junho de 2015, 18.426 usinas de dessalinização operavam em todo o mundo, produzindo 86,8 milhões de metros cúbicos por dia, fornecendo água para 300 milhões de pessoas. Esse número passou de 78,4 milhões de metros cúbicos em 2013, um aumento de 10,71% em 2 anos. O maior projeto individual de dessalinização é Ras Al-Khair na Arábia Saudita, que produziu 1.025.000 metros cúbicos por dia em 2014, embora se espere que esta planta seja superada por uma planta na Califórnia. Kuwait produz uma proporção maior de sua água do que qualquer outro país, totalizando 100% de seu uso de água.



A água dessalinizada pode ser uma solução para algumas regiões de estresse hídrico, mas não para lugares pobres no interior de um continente ou em altitudes elevadas. Infelizmente, isso inclui alguns dos lugares com maiores problemas de água. De fato, é preciso elevar a água em 2.000 m (6.600 pés) ou transportá-la por mais de 1.600 km (990 milhas) para obter custos de transporte iguais aos custos de dessalinização. Assim, pode ser mais econômico transportar água doce de outro lugar do que dessalinizá-la, conforme figura abaixo.

A água dessalinizada, quando fornecida como água potável, *deve estar em conformidade com os padrões e requisitos legais,*

pois é altamente ácida e, portanto, corrosiva. Portanto, *deve receber tratamento adicional para **ajustar o pH** e a dureza antes de ser bombeada para o abastecimento*. Fatores que impedem a dessalinização como uma solução de capital e um recurso chave no fornecimento de água doce para a humanidade incluem: custo, consumo de energia, desenvolvimento de projetos baratos e percepção pública da qualidade da água.



Em locais distantes do mar, como Nova Deli, ou como a Cidade do México, os custos de transporte podem ser equivalentes aos custos de dessalinização. A água dessalinizada também é cara em lugares distantes do mar e um tanto altos, como Riad e Harare. Em contraste, em outros locais os custos de transporte são muito menores, como Pequim, Bangkok, Zaragoza, Phoenix e, claro, cidades costeiras como Trípoli.

1. Dessalinização e Impacto Ambiental: Nos EUA, os sistemas de captação de água de resfriamento são regulamentados pela Agência de Proteção Ambiental (EPA), pois têm os mesmos impactos ao meio ambiente que as instalações de dessalinização. De acordo com a EPA, a dessalinização da água pode causar impacto ambiental adverso sugando peixes e mariscos ou seus ovos para um sistema industrial. Lá, os organismos podem ser