

# Aspectos da Desalinização da Água do Mar

ENG. ALIR DORIA

## 1 — INTRODUÇÃO

Realizamos recentemente, em companhia do Professor George E. Barnes, que esteve em São Paulo em 1964, uma interessante visita à Estação Piloto de desalinização d'água do mar, localizada em "Wrightsville Beach" no Estado de Carolina do Norte. Este programa faz parte dos estudos que realizamos no "Internacional Program in Sanitary Engineering Design" da Universidade de Carolina do Norte.

Sendo o assunto de grande importância para o Brasil, onde a maior densidade demográfica concentra-se na Costa Atlântica, julgamos de interesse relatar um sumário do problema de desalinização d'água do mar e fornecer alguns dados da estação piloto de "Wrightsville Beach".

## 2 — GENERALIDADES

A água do mar, sob a influência solar, evapora, transforma-se em nuvens, precipita na superfície da terra, formando os rios que direta ou indiretamente retornam ao mar. É o "Ciclo das Águas". Portanto, o homem aprendeu da natureza o exemplo primeiro de desalinização. A evaporação d'água do mar por dezenas de anos vem sendo usada por navios e pequenas cidades em zonas áridas.

A possibilidade em usar água da fonte inesgotável — o mar — tem preocupado o homem por séculos. Há 90 anos, no Chile, consumia-se água potável produzida pela evaporação solar de um poço salino.

Atualmente um exemplo interessante é o consumo de água do mar, destilada pela energia solar, pela árida ilha de Simi, na Grécia. Usa o mais simples dos processos. A água é colocada num tanque raso, pintado de preto e coberto com vidro ou plástico. A energia solar, esquenta a água, provocando a sua evaporação. O vapor condensado na cobertura inclinada é resfriado pelo ar externo, escoando pelas paredes e para as canaletas laterais. Por este processo um tanque retangular pode produzir de 40 a 60 litros de água por metro quadrado de cobertura por dia utilizando a energia solar com 21.500 BTU/m<sup>2</sup>/dia.

A desalinização da água é hoje estudada no mundo inteiro. Em novembro de 1964, foi assinado

um acôrdo entre os Estados Unidos e a União Soviética para uma troca de informações científicas sobre o assunto. O Estado de Israel pretende construir uma instalação mixta para a produção de 200 megawatts de energia elétrica e desalinização da água para um volume de 5 m<sup>3</sup>/seg/dia. Idênticamente, está sendo considerada a possibilidade prática de usar a desalinização d'água para a Saudi-Arabia, Egito, Tunísia, Tijuana no México, etc..

Em Washington, de 3 a 9 de outubro de 1965 realizou-se o primeiro Simpósio Internacional de Desalinização D'água. Compareceram mais de 60 nações com uma apresentação de mais de 100 artigos técnicos.

Nos Estados Unidos, os estudos práticos iniciaram-se em 1952 quando o Congresso aprovou uma verba de 2 milhões de dólares para um programa de 5 anos de pesquisas, com o objetivo de produzir economicamente água potável do mar para fins agrícola, industrial e consumo das cidades. A lei foi renovada e o programa extendido até o ano fiscal de 1967 com recomendação para a aplicação de uma verba de 200 milhões de dólares. De 1953 a 1966 foi previsto um gasto total de 81 milhões de dólares.

O "U.S. Department of Interior" criou em 1953 o "Office of Saline Water", atualmente dirigido pelo Dr. Frank C. Di Luzio, para estudar novos processos a fim de estabelecer um sistema econômico e de fácil operação. As palavras do Secretário do Interior, Steward L. Udall, são significativas:

"Precisamos melhorar economicamente a qualidade da água desalinizada, a fim de satisfazer as necessidades das pequenas cidades e dispor no futuro próximo de grandes volumes de água potável proveniente do mar. Que o processo de desalinização, em breve, seja considerado como alternativo na escolha do sistema de abastecimento de água em regiões com escassês deste líquido. O programa proposto está diretamente ligado às necessidades dos E.U. e de outros países. Possibilitará os E.U. de cumprir com o seu acôrdo internacional e de compartilhar com as outras nações dos resultados de suas pesquisas para o bem geral da humanidade."

Das 80 estações de desalinização d'água existentes nas diferentes zonas áridas no mundo, produzindo um volume de 2.2 m<sup>3</sup>/seg. 48 foram montadas com equipamento britânico e 16 com equipamento americano.

Com excessão de 176 litros/seg, o volume restante é produzido pelo processo de destilação "Instantânea de Múltiplos Estágios" (Multi-stage flash process).

#### AMÉRICA DO NORTE

Local	Capacidade litros/seg	Processo usado	Preço por m <sup>3</sup> de água pro- duzida - Cr\$
Arizona, Buckeye	28,5	Eletrodialise	
California, Moss lading	16,6	Jato de Múltiplos efeitos (Multi-stage flash process)	
California, San Diego	44,0	"	
California, Point Loma	44,0	"	630
California, Southern (projeto em elaboração)	2.200,0	Evaporação e Deaeração	210
North Carolina, Wrightsville (estação piloto)	8,8	Diversos	
New Mexico, Roswell	44,0	Vapor sob pressão	830
Texas, Freeport	44,0	Tubo vertical longo	700
Texas, C.B.	40,0	Distilação instantânea de múltiplos efeitos	

#### AMÉRICA DO SUL

Guaiana Holandesa, Curaçao	150	Distilação instantânea de múltiplos efeitos	
" Curaçao	70	"	
" Aruba	110	"	
Cuba, Guantanamo (Base americana)	100	"	
Chile, Chanaral	10	"	
Ilhas Virgens, STo. T.	44	"	
" St. C.	66	"	
Venezuela, P. Cardon	55	"	

(\*) Foi tomado o dolar igual a Cr\$ 2.000.

A pesquisas dividem-se em duas partes:

- a) Pesquisas organizadas e patrocinadas pelo Governo Federal
- b) Estudo industrial de equipamentos

O Governo Americano contrata e financia organizações ou pessoas para determinadas pesquisas. Organiza laboratórios especializados e constrói estações piloto.

Paralelamente, contrata e financia indústrias para o estudo de equipamentos e materiais especializados.

Cerca de 90% das estações de desalinização d'água estão associadas com a produção de eletricidade, usando como gerador de energia o vapor extraído da desalinização.

Na Rússia, a maior estação de desalinização está localizada em Schevchenko, no Mar Cáspio. Potabiliza 66 litros/seg, pelo processo de destilação com Tubo Vertical Longo (Long-tube vertical), de quadruplo efeito.

As principais estações de desalinização existentes nas Américas, são as seguintes:

#### 3 — PROCESSOS DE DESALINIZAÇÃO

Os processos de conversão da água do mar em potável são inteiramente diferentes dos métodos convencionais de tratamento de água.

As "águas salinas" incluem não somente a água do mar, mas todas as que tem salinidade, com uma concentração de sólidos dissolvidos superior a 3.000 mg/litro. A água do mar tem de 33.000 a 36.000 mg/l de S.D.

Os mais importantes sais da água do mar são os seguintes:

Cloreto	18.980 mg/litro
Sódio	10.556 mg/litro
Sulfato	2.649 mg/litro
Magnésio	1.272 mg/litro
Outros	943 mg/litro
<b>Total</b>	<b>34.400 mg/litro</b>

Basicamente existem dois processos de conversão d'água do mar em potável:

- 3.1 — Separar uma parte d'água dos sais dissolvidos
- 3.2 — Remover os sais dissolvidos da água salina

O primeiro método é o mais recomendado para a desalinização d'água do mar. Estima-se que o con-

Tipo	Processo	Situação prática
Distilação	Tubo submerco (Submerged-tube)	Venda comercial
"	Instantânea (Flash distillation)	Venda comercial
"	Tubo longo vertical	Venda comercial
"	(Long tube vertical)	Equipamento fabricado por "Chicago-Bridge and Iron Co."
"	Vapor sob pressão	Comercial, fabricado por Chicago-Bridge and Iron Co.
Membrana	Eletrodialise	Comercial
"	Osmionisis	Laboratório
Congelamento	Congelamento direto	Comercial, fabricado por Struthers Scientific International
"	Refrigeração secundária — Estação piloto	

Dos dez processos mais estudados atualmente, os que apresentam as melhores possibilidades praticas são os seguintes:

- 3.3 — Distilação de multiplos efeitos
- 3.4 — Distilação instantânea de multiplos efeitos (multistage flash)
- 3.5 — Distilação vapor sob pressão (vapor compression)
- 3.6 — Evaporação com tubo longo vertical (Long-tube vertical)
- 3.7 — Congelamento. (Freezing)

Todos os processos tem sérios problemas de operação. Assim, as incrustações que interferem com a passagem do vapor, a elevada corrosão da água do mar, especialmente em altas temperaturas, que requerem o uso de dispendioso equipamento.

Os mais simples dos processos são os seguintes:

### 3.8 — Distilação Simples e Multipla

O processo de distilação de simples efeito é um tipo de unidades do mais fácil.

sumo de energia seja de 2,8 Kwh para 3.780 litros de água desalinizada.

Algumas centenas de processos já foram estudados, experimentados, patenteados no passado. Entretanto somente nos últimos 10 anos é que esforços práticos tem sido empregados para a obtenção de grandes volumes d'água, a baixo custo.

O simples processo de ferver a água do mar e condensar o seu vapor é conhecido ha séculos, porém é um método excessivamente dispendioso para grandes volumes. O que se pretende atualmente é determinar um processo de baixo custo para a desalinização d'água do mar e que seja prático e de facil operação.

Os processos correntemente mais estudados são os seguintes:

O calor é aplicado à água salina por algum me todo conveniente, provocando a sua ebulição. O vapor d'água que escapa da superficie é transferido para um condensador onde é resfriado. A salmoura concentrada, que se deposita no fundo do tanque, é escoada como resíduo. A temperatura do tanque de evaporação é regulada pela variação da pressão.

A incrustação é controlada pelo uso de baixas temperaturas.

Também para reduzir o custo de operação, é comum o uso do vácuo para provocar a ebulição a baixa temperatura.

A destilação de múltiplos efeitos é a repetição da descrição anterior, onde é usado em vez de um, diversos tanques. Com isto, o custo de operação é significativamente reduzido em virtude da recuperação do calor usado na ebulição da água do mar.

### 3.9 — Destilação instantânea de múltiplos efeitos (Multistage Flash)

Este tipo de unidade tem sido produzido comercialmente há alguns anos. É muito usado em bases militares e navios.

O processo difere dos anteriores pelo emprego do afluxo de água do mar em contra corrente com a água do mar afluyente, havendo uma troca de calor sem perda de pressão. A água do mar afluyente, já quente, recebe mais calor, até alcançar a temperatura desejada, passando em seguida a seis câmaras de efeito instantâneo (Flash Chambers) (Ver figura 1 e 2). Em cada câmara a pressão é diminuída por meio de bombas de vácuo, até um valor menor do da temperatura de ebulição existente no compartimento. O vapor relampaga da água (vapor flashed) durante a violenta fervura, condensa em serpentinas de resfriamento e é retirado do sistema.

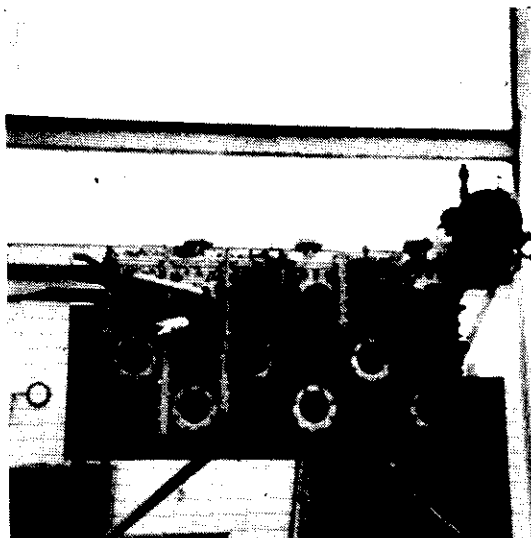


Fig. 1

Destilação a jato de múltiplos efeitos (Multistage Flash). Primeiro equipamento usado na estação piloto de Wrightsville, com seis câmaras (Flash chambers).

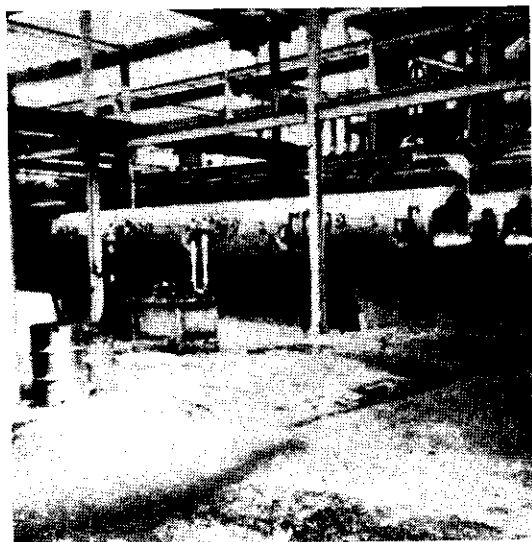


Fig. 2

Novo tipo de equipamento de destilação a jato de múltiplos efeitos (Multistage Flash). Foram introduzidos novos aperfeiçoamentos do equipamento da Fig. 1. Ainda não está funcionando.

Este processo usado na estação de San Diego, California, trata um volume de 44 litros/seg. O processo tem 36 estágios.

Os processos complicam-se enormemente a medida que se entra em seus detalhes. Interessante é de se notar cada vez mais o trabalho conjunto, de equipe, dos engenheiros: sanitarista, químico, mecânico e electricista. O aspecto de uma estação de desalinização assemelha-se muito com o de uma refinaria de petróleo.

#### 4 — Estação Piloto de Wrightsville Beach, Carolina do Norte

A estação piloto de desalinização d'água do mar converteu-se num complexo sistema de engenharia de pesquisa. Um intensivo programa de pesquisa básica e prática é realizada na conversão tecnológica d'água do mar com condições de consumo pelo homem. Os processos são inicialmente experimentados no laboratório, e os mais promissores são convertidos em unidades piloto, com um tratamento que varia de 7.500 a 280.000 litros/dia.

A estação piloto de Wrightsville Beach foi concluída em 1963. Ocupa uma área de 101.100 m<sup>2</sup> e o seu custo foi de Cr\$ 1.896 milhões (US\$ 948.000).

Compõe-se de edifício para escritório e laboratório, edifício para teste de corrosão, oficina de manutenção, garage, almoxarifado e depósito para combustíveis. As unidades piloto para teste de funcionamento estão construídas umas próximas das outras, em sentido longitudinal. Para os resíduos de salmoura, proveniente da água do mar evaporada, foi construída uma lagôa de retenção.

A tomada d'água do mar dista 800 metros da estação piloto e é recalçada por meio de 3 bombas. A água é ligeiramente clorada a fim de evitar o florescimento de algas marinhas nas unidades. Inicialmente, a estação piloto pesquisava os três seguintes processos:

Destilação

Congelamento

Processo hidratado (Hydrate Process)

Atualmente, a estação possui 5 unidades de tratamento, sendo que duas em funcionamento (congelamento a vácuo e Processo Propano) e três no período final de montagem.

##### 4.1 — Destilação a jato de múltiplos efeitos

A pesquisa foi iniciada com um pequeno destilador de 6 estágios (Figura 1). No momento estão concluindo a montagem de novo sistema para tratar 95 m<sup>3</sup>/dia (Fig. 2). O equipamento é da firma Baldwin Lima-Hamilton Co.

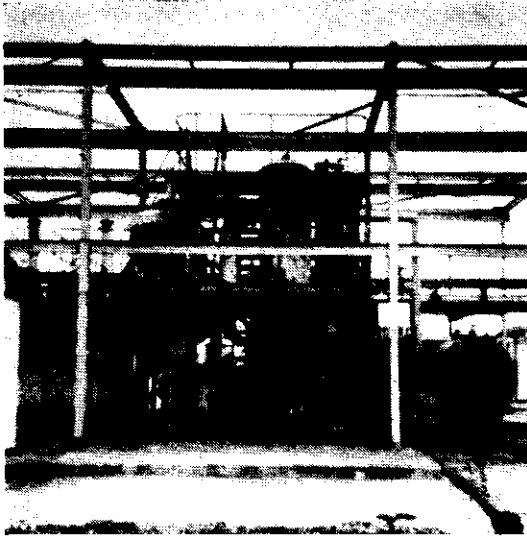


Fig. 3

Distilação Tubo Longo Vertical (Long-tube vertical) ou também denominado "Thin Film Process".

#### 4.2 — Destilação Tubo Longo Vertical

A capacidade da unidade experimental é de 140 m<sup>3</sup>/dia (Fig. 3). É também denominada "Thin Film Process".

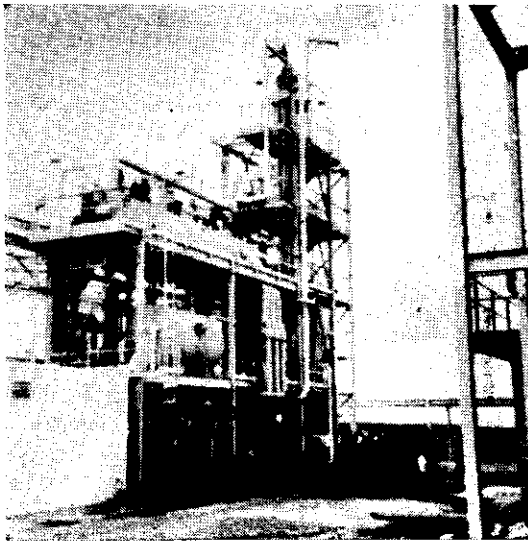


Fig. 4

"Hydrocarbon Process". Usa no processo de congelamento o gás propano.

#### 4.3 — Processo de Congelamento a Vácuo

A unidade possui a capacidade de 23 m<sup>3</sup>/dia e esta sendo experimentada pela firma "Fairbanks Morse Inc." O vácuo formado é de 3.5mm de mercúrio.

#### 4.4 — Processos com Hidrocarbonatos

Existem duas unidades:

##### a) Processo Propano (fig. 4)

É um processo químico semelhante ao congelamento. O gás propano é usado para a obtenção de baixas temperaturas. A unidade tem a capacidade de 7, 6 m<sup>3</sup>/dia e esta sendo experimentado pela firma "Sweet Water Development Co." O custo é muito elevado e sem possibilidade de competir com o custo dos outros processos.

##### b) Processo Butano

Este processo é idêntico ao anterior. Somente é usado o gás butano ao em vez do propano. A unidade em construção é da firma "Struthers Scientific & International Corp."

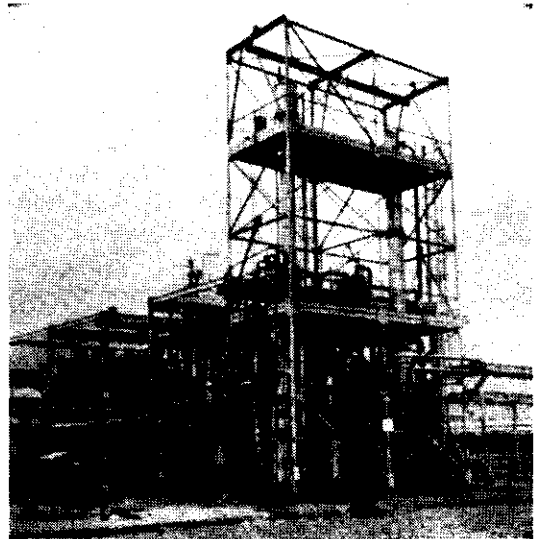


Fig. 5

"Hydrocarbon Process". Usa o processo de congelamento com o gás Butano. Equipamento da Struthers Scientific & Inter. Corp." (Struthers Umand Freezing Process).

#### 4.5 — Processo Químico

Iniciaram-se pesquisas com o uso de produtos químicos como cálcio e magnésio com fosfatos. A capacidade da unidade em funcionamento é de 38 m<sup>3</sup>/dia. Pretende-se compensar o custo da produção de água potável com o material fertilizante produzido. Os primeiros resultados, porém, foram economicamente negativos. A operação do sistema é de mínimo custo.

## 5 — CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variedade e complexidade do assunto não possibilita ainda uma confirmação deste ou daquele processo. Muito anos de pesquisa ainda serão necessários.

O Governo Americano tem gasto milhões de dolares em pesquisas e na subvenção de novos processos industriais, tal a importância que dá ao assunto. Pretende aperfeiçoar os processos, diminuir o custo e evitar ao máximo patentes industriais exclusivas. Dos processos, os técnicos antevem a DESTILAÇÃO como o que tem as melhores possibilidades de sucesso. Os resultados têm sido promissores. Assim, antigamente, era necessário uma unidade de calor para produzir "1 litro" de água. Hoje com a mesma unidade de calor se produz "10 litros" e espera-se logo poder produzir 25 litros. O segredo esta na recuperação do calor consumido. O que se pretende é balancear o custo versus o consumo de energia.

O custo de produção de 3,780 m<sup>3</sup> (1000 gallons) de água potavel tem diminuído substancialmente, assim:

Em 1952 custava	US\$ 4.00 / 1000 gallons de água desalinizada
Em 1960 custava	US\$ 1.75 / 1000 gallons de água desalinizada
Em 1964 custava	US\$ 1.00 / 1000 gallons de água desalinizada
Em 1965 custa	US\$ 0.50 / 1000 gallons de água desalinizada
Projeto em estudo	US\$ 0.30 / 1000 gallons de água desalinizada

O uso de energia nuclear, como fonte de calor, tem sido estudado principalmente no laboratório. A aplicação prática em larga escala entretanto, tem sido objeto de controversias e muito pouco foi até o momento realizado.

Um dos estudos mais promissores que está sendo realizado é o da evaporação das águas residuárias. Tanto à água dos esgotos como dos resíduos industriais poderá ser recuperada para outros usos.

É um processo mais fácil e mais barato que a destilação da água do mar, que contem 35 vezes mais sólidos dissolvidos que as águas residuárias.

A técnica de destilação da água do mar promete para o futuro um nôvo e surpreendente aspecto, o tratamento dos esgotos domésticos e resíduos industriais, com o reaproveitamento da água usada.

Finalmente, esperamos que o assunto mereça a atenção dos engenheiros sanitaristas, químicos, mecânicos e eletricitas. As possibilidades de aplicação no Brasil dos processos de desalinização são imensas. A conversão d'água do mar está sendo hoje estudada em todo o mundo, e é necessário incluir também o Brasil.

## BIBLIOGRAFIA

1 — United States Department of Interior Office of Saline Water — Washington, D.C. 1964 — Saline Water Conversion Report.

2 — The current status of saline water conversion — Professor James C. Lamb — The University of North Carolina.