

# Potabilidade da água obtida por destilação solar da água do mar

Prof. Carlos Mello Garcia (1)  
Prof. Amadeu F. da Rocha Freitas (2)

## Resumo

Todos os padrões de água potável dão ênfase aos valores máximos desejáveis ou permissíveis, omitindo os valores mínimos indispensáveis à nutrição e conservação da saúde dos usuários.

A pesquisa procurou, através de revisão bibliográfica, conhecer esses níveis mínimos e analisou até onde a destilação remove esses elementos.

Com base nos resultados obtidos nas análises, foi comprovada a carência de sais na água destilada, produzida em destilador solar, sendo proposta a reposição de sais até atingir um limite mínimo aceitável às condições fisiológicas do homem.

O assunto é importante, considera-se a carência de água potável em regiões áridas ou semi-áridas.

A parte experimental foi realizada na instalação-piloto de dessalinização, implantada pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, em uma ilha do litoral paranaense, para abastecimento de água de comunidade de pescadores.

## 1 Introdução

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a potabilidade da água, considerando os níveis mínimos de sais necessários e indispensáveis à nutrição e conservação da saúde dos usuários. Inicialmente foi desenvolvida uma pesquisa, no sentido de conhecer as análises necessárias, para definir a potabilidade da água, obtida por destilação da água do mar, e da água da chuva, que serão misturadas e fornecidas aos usuários da unidade destiladora implantada em uma ilha no litoral do estado do Paraná.

(1) Professor assistente da UFP; Professor adjunto da PUC-PR; Diretor do Isam-Instituto de Saneamento Ambiental da PUC/PR.

(2) Professor do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Professor livre-docente da mesma Universidade.

## 2 Estação-Piloto

As águas destiladas e da chuva são coletadas nos destiladores implantados através de convênio entre a PUC-PR-Pontifícia Universidade Católica do Paraná e Secretaria da Administração do Estado do Paraná. A execução do projeto, implantação e manutenção ficaram sob a responsabilidade do Isam-Instituto de Saneamento Ambiental da PUC-PR.

Os destiladores foram implantados em virtude das extremas dificuldades encontradas para o abastecimento de água potável da comunidade de Tibicanga, carente e litorânea, localizada no município de Guaraqueçaba, no litoral do Estado do Paraná.

Os destiladores implantados são classificados como convencionais, compostos por uma cuba, onde é colocada a água a destilar, com uma lâmina média de 3 cm. A cuba é totalmente coberta com um teto transparente de vidro.

A água é aquecida e se evapora pela radiação solar que atravessa o vidro. O vapor de água, em contato com o vidro, se condensa e escorre por este até uma calha coletora.

Nos tempos de chuva a água da precipitação pluviométrica, coletada na cobertura dos módulos de destilação, também é utilizada, misturada com a água destilada.

As águas destiladas e as de precipitações pluviométricas são armazenadas em reservatórios apropriados, instalados junto aos módulos de destilação.

A produção média de água destilada esperada é de 5 l/m<sup>2</sup>/dia (Isam, 1981). O projeto prevê o fornecimento de 12 l/habitante/dia de água à população, considerando água destilada mais a água da chuva.

A estação-piloto é constituída por 16 módulos de destilação, totalizando 160 m<sup>2</sup>.

## 3 Qualidade da água destilada

O uso da água do mar, como suporte da vida de plantas e animais, despertou interesse por muitos anos,

particularmente em regiões costeiras áridas ou semi-áridas, em conexão com o uso em navios (Howe, 1954).

A utilização de água do mar em navios foi mais difundida que na terra, em virtude da ausência de alternativas de outras fontes do mar.

A história registra (Howe, 1959) que, em 1593, sir Richard Hawkins teria usado um destilador solar para obter água potável a partir da água do mar, como fonte de abastecimento em viagem pelos mares do sul.

As informações sobre a utilização de águas salobras ou água do mar são registradas por diversos autores, confirmando a importância da evolução da tecnologia no processo de dessalinização da água. No Chile, há 90 anos, consumia-se água potável produzida pela evaporação solar da água de um poço salino (Doria, 1965).

Em Washington, de 3 a 9 de outubro de 1965, realizou-se o primeiro Simpósio Internacional de Dessalinização da Água. Compareceram mais de 60 nações com uma apresentação de mais de 100 artigos técnicos.

A conversão de água salobra em água potável pode ser obtida por dois processos básicos: separação de uma parte da água dos sais dissolvidos e remoção dos sais dissolvidos da água salina.

O processo de separação é o mais recomendado para água do mar. O consumo de energia é estimado em 2,8 kWh para produzir 3.780 litros de água destilada (Doria, 1965).

Os padrões de potabilidade da água, internacional e nacional, estão embasados no conjunto de valores máximos permissíveis das características da água. A aplicação destes padrões é adequada ao controle de qualidade de águas que provêm de fontes convencionais. Para águas obtidas por dessalinização, esses padrões devem ser revistos e ajustados a esta situação particular.

A proposição é de observar também os limites mínimos de sais, baseados nos valores fisiológicos e retenção das propriedades da água, isto é, na estabilidade de sua qualidade.

Os níveis totais de sais têm sido pesquisados mundialmente, principalmente aqueles responsáveis pela dureza da água. Os estudos procuram identificar a correlação entre a dureza da água e a mortalidade por doenças cardiovasculares.

Os sistemas públicos de abastecimento de água têm a garantia de potabilidade, de acordo com as normas válidas para todo o território nacional. No Brasil, foi fixada pela Portaria n.º 56/Bsb, de 14 de março de 1977, que estabeleceu os valores máximos desejáveis e permissíveis das características de qualidades químicas, físicas e bacteriológicas da água potável.

Diversos sistemas, função da fonte produtora (superficial ou subterrânea — lagos, rios, represas, aquíferos freáticos e aquíferos artesianos), têm características químicas que podem estar aquém dos limites máximos recomendados. As águas que sofrem um processo de tratamento para atingir os níveis permissíveis podem também, ao final do processo, apresentar concentrações mais baixas do que os limites recomendados.

A água do mar é sujeita a objeções em sistemas de abastecimento de água, devido a seu gosto e efeitos fisiológicos (Smith, 1955). O "U.S. Public Health Service Drinking Water Standards, 1946" especifica que geralmente os sólidos totais não podem exceder 500 mg/l, mas admite até mil mg/l. Sistemas contendo até 2.500 mg/l são às vezes considerados satisfatórios em regiões áridas, e 4 mil mg/l são encontrados em algumas águas potáveis no sudoeste dos Estados Unidos. A água do mar tratada, com concentração de 500 mg/l, é relativamente tóxica e seu uso contínuo é prejudicial à saúde. Águas com 2.500 a 3 mil mg/l de sais dissolvidos podem ser usadas por pessoas acostumadas com elas, mas considerações especiais devem ser tomadas para eliminação de certos componentes tóxicos como bário e boro.

Os valores máximos desejáveis e permissíveis dos sólidos totais dissolvidos nas normas brasileiras são de 500 a mil mg/l, respectivamente.

## 4 Conclusões

A necessidade de água em quantidade suficiente e com qualidade adequada tem orientado o homem na escolha do assentamento urbano.

Os consumos de água, para satisfazer aos diversos usos nas residências, no comércio e na indústria, cresceram ao longo do tempo, devido às

melhorias das condições sanitárias e ao uso da água nos processos industriais.

Em regiões onde existe água em abundância, tais fatos geram apenas as necessidades de maiores investimentos para ampliações dos sistemas de abastecimento; porém, nas regiões carentes de recursos hídricos ou naquelas que tiveram seus mananciais abastecedores comprometidos pelo mau uso, com desmatamentos e/ou poluição, a situação tende a agravar-se cada vez mais, requerendo soluções de controle e recuperação dos mesmos.

Infelizmente, grandes regiões encontram-se em situações onde mesmo a água necessária para satisfazer às condições básicas de sobrevivência não é disponível e, quando existe, sua qualidade química não satisfaz aos requisitos básicos de potabilidade.

Salienta-se que o uso de unidades dessalinizadoras é uma solução de custos elevados.

### 4.1 Conclusões

Pela análise dos resultados obtidos (tabelas 1 e 2), ficou evidenciado que o processo de destilação reduz excessivamente o teor de sais na água, fato este que comprova a importância deste estudo, inédito no Brasil, realçando os objetivos estabelecidos, os quais foram plenamente atingidos, permitindo que fossem tecidas as observações a seguir relacionadas:

1.º — Quanto à qualidade das águas destilada e da chuva, tornou-se evidente a necessidade da correção do teor de sais, devido à baixa concentração encontrada naquelas águas. A forma de correção deverá ser avaliada considerando as situações inerentes às condições locais da região onde o sistema será implantado.

Como condições locais destacam-se:

— qualidade da água salobra: tendo em vista a mistura proporcional desta com a água a ser distribuída à população;

— dieta alimentar da população servida: considerando suas carências de sais na dieta alimentar;

— condições sócio-econômicas: disponibilidade de recursos financeiros para a operação e manutenção do sistema;

2.º — a correção do teor de sais pelo método da utilização de cascas de ostras é uma solução que tem sido utilizada com sucesso em outras instalações semelhantes, conforme indicações na literatura consultada. Pelos resultados encontrados nas experiências de laboratório, é recomendá-

vel que as mesmas sejam calcinadas e moídas;

3.º — devido a dificuldades em se obter os produtos químicos necessários para análise de iodetos, este importante elemento não foi observado; porém, segundo informações de técnicos da área de química, seu teor é semelhante aos teores de brometos ou fluoretos. Admitindo esta correlação, conclui-se pela carência deste na água destilada;

4.º — para a correção do teor de sais pelo método da mistura proporcional de água salobra, será necessária uma análise minuciosa da qualidade química da água salobra, verificando, além da sua salinidade, possíveis concentrações de elementos tóxicos;

5.º — é imperioso que sejam estabelecidos pelo Ministério da Saúde os teores mínimos de sais indispensáveis à higidez das populações e incluídos nos padrões de potabilidade.

Conclui-se, portanto, que o teor de sais na água destilada e da chuva é muito reduzido, e que a diferença na qualidade química destas águas depende apenas da origem da água salobra e da possível permanência de elementos tóxicos após a destilação.

### 4.2 Recomendações

Dos aspectos funcionais do sistema, deve ser registrado que as unidades destiladoras implantadas tiveram seu projeto desenvolvido com base no princípio de centralização do sistema em uma única área, construído com materiais disponíveis no mercado e de concepção a mais simples possível. Observando-se os resultados obtidos ao longo deste período, destacou-se:

1.º — sistemas individuais seriam mais apropriados: isto se deve principalmente às condições de operação e assimilação do sistema pela população, a qual teria uma participação mais ativa no processo, tendo em vista as dificuldades em se desenvolver simultaneamente a participação comunitária com a implantação de um sistema de abastecimento de água não convencional;

2.º — é necessário desenvolver estudos para o uso de outros materiais de construção: os materiais utilizados (tijolos, lonas pretas, calhas de chapa de flandres, vidros etc.) encareceram o sistema, com dificuldades de operação e manutenção, requerendo muitos serviços de restauração, sujeitos ainda ao vandalismo (vidros quebrados etc.);

3.º — as condições sociais da população beneficiada devem ser minuciosamente estudadas, verificando-se

TABELA 1 — Resultados das Análises das Amostras de Água Destilada

Data de Coleta	13/12/83	28/2/84	20/3/84	12/4/84	1.º/8/84	28/9/84
N.º da Amostra	1	2	3	4	5	6
Condições do tempo	CP	TB	CH	TB	TB	TB
1 — Cálcio — Ca	1,60	1,20	1,60	1,08	1,60	1,50
2 — Magnésio — Mg	0,97	0,29	0,01	1,04	0,65	0,25
3 — Potássio — K	0,50	0,10	0,25	0,35	0,48	0,67
4 — Sódio — Na	3,45	0,65	1,80	5,40	0,28	1,42
5 — Cloreto — Cl	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00
6 — Brometo — Br	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 — Fluoreto — F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 — Dureza	8,00	4,00	4,00	7,00	1,30	2,70
9 — Alcalinidade	4,00	3,00	4,00	7,00	10,00	4,00
10 — Salinidade	32,00	32,00	30,00	40,00	39,00	39,90
11 — Oxigênio Dissolvido	5,30	5,00	6,60	7,00	(*) 10,40	5,40
12 — pH	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00
13 — Temperatura	35,00	44,00	30,00	30,00	27,00	36,00

Obs. — (\*) Resultado não considerado

Resultados em  
 1 a 7 — mg/l  
 8 a 9 — mg/l/Cacos  
 10 a 11 — mg/l  
 12 — pH  
 13 — °C

Condições do tempo:  
 CH — Chuvoso  
 NU — Nublado  
 CP — Chuva no período anterior  
 TB — Tempo bom

Elemento	Unidades	Água do mar	Água destilada	Água da chuva
1 — Cálcio Ca	mg/l	272,23	1,43	2,21
2 — Magnésio Mg	mg/l	1.044,86	0,54	0,83
3 — Potássio K	mg/l	352,97	0,39	0,36
4 — Sódio Na	mg/l	8.347,31	2,17	2,46
5 — Cloreto Cl	mg/l	11.712,13	0,93	4,40
6 — Brometo Br	mg/l	26,73	0,00	2,70
7 — Fluoreto F	mg/l	0,85	0,00	0,00
8 — Dureza	mg/l/CaCO <sub>3</sub>	4.982,53	4,50	8,36
9 — Alcalinidade	mg/l/CaCO <sub>3</sub>	65,33	5,33	5,00
10 — Salinidade	mg/l	25.150,67	35,48	40,93
11 — Oxigênio Dissolvido	mg/l	6,53	5,86	8,47
12 — pH	—	6,60	5,33	5,00
13 — Temperatura	°C	24,43	33,67	19,85

TABELA 2 — Concentração Média dos Elementos Contidos nas Águas do Mar, Destilada e da Chuva.

suas aspirações, necessidades e principalmente sua capacidade de assimilação do projeto. Apesar de o sistema implantado ter sido concebido como uma unidade-piloto, parece que as dimensões (160 m<sup>2</sup>) foram inicialmente muito grandes para aquela população acostumada com construções mais simples. Assim é sugerido que inicialmente, além de um programa de conscientização da importância do saneamento básico e dos benefícios da água potável, seja implantado um modelo com pequenas dimensões, em torno de 2 m<sup>2</sup>, para servir como unidade de demonstração.

A unidade-piloto com estas dimensões permitirá avaliar a assimilação do projeto, bem como facilitará aos futuros usuários emitirem suas opiniões, fator importante na integração da ciência e população;

4.º — uma observação interessante que deve ser considerada quanto ao

uso de água destilada como solução para o abastecimento de água potável é transformar-se o volume de água produzida pelo destilador em altura de precipitação pluviométrica, principalmente quando é aproveitada também a água da chuva como reforço ao sistema abastecedor. Considerando-se que durante os períodos de estiagem será produzida apenas a água destilada, pode-se assim projetar a unidade destiladora, interpretando-a como um "regularizador" das condições pluviométricas locais.

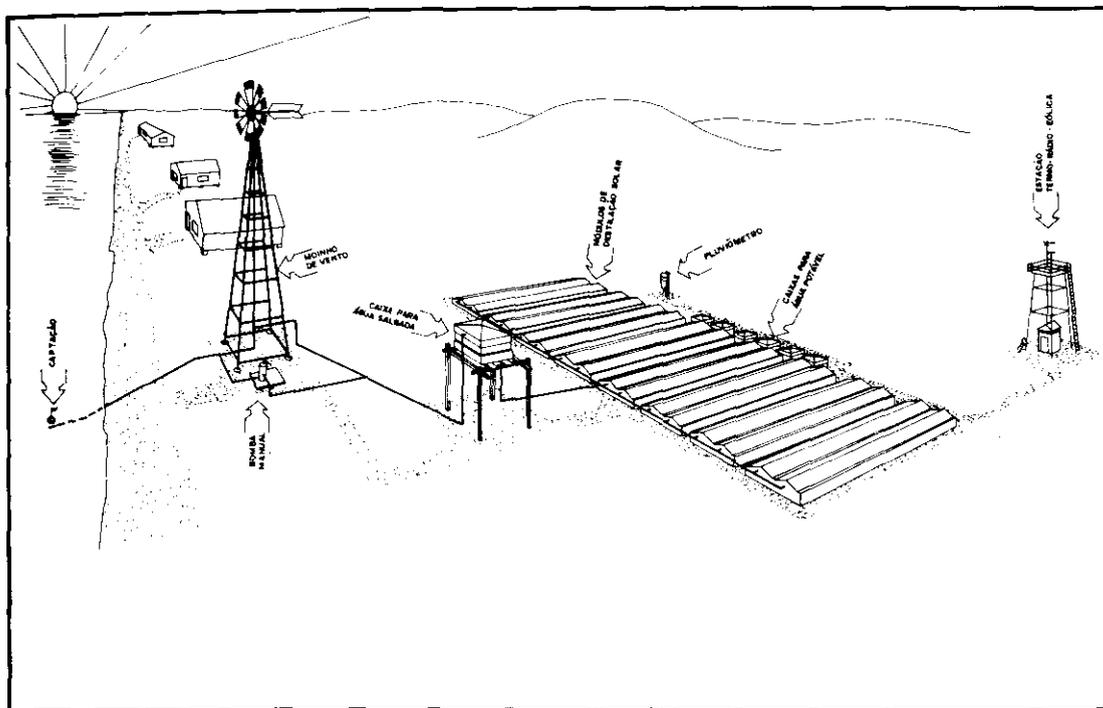
Esta hipótese é reforçada pelos resultados obtidos neste estudo, onde foi comprovada a semelhança de qualidade das águas de chuva e destilada;

5.º — deve ser salientada a importância da continuidade destes estudos, tanto no sentido de aprimorar os modelos de unidades destiladas procurando soluções mais econômicas e

de maior produtividade, como procurando determinar todas as implicações da destilação na qualidade da água, quanto à permanência de metais pesados, tóxicos ou ainda elementos de origem orgânica que possam comprometer a potabilidade da água;

6.º — uma aplicação imediata dos resultados deste estudo pode ser o uso de destiladores solares na região semi-árida nordestina, onde o lençol subterrâneo é salinizado, havendo a vantagem de o teor de sais poder ser corrigido dosando com a própria água, que por ser subterrânea deve ser naturalmente límpida;

7.º — finalmente, devem ainda ser incentivados estudos relativos aos padrões de potabilidade, procurando definir os limites mínimos aceitáveis pelo homem, atendendo, esta, a necessidade fundamental da engenharia ambiental, considerando as dificulda-



Destilador por perspectiva

des de grandes regiões áridas ou semi-áridas, que dependem destas soluções para serem atendidas em suas necessidades básicas de saneamento.

## 5 Bibliografia

- BATALHA, BEM-HUR LUTTEBARK & PARLATORE, Antonio Carlos. 1977. **Controle da Qualidade da Água Para Consumo Humano — Bases Conceituais e Operacionais**. São Paulo, Cetesb. 1980.
- BIDONI, Francisco. **Correlação entre a Dureza e a Alcalinidade da Água e o Índice de Mortalidade por Doenças Cardiovasculares no Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul — Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Tese de mestrado. A ser concluída.
- CAMP, Thomas R. 1963. **Water and Its Impurities**. New York, Reinhold Publishing Corporation.
- CLARK, John W. et alii. 1977. **Water Supply and Pollution Control**. New York, IEP-Dun Donnelley, Harper & Rox Publishers, 857 p.
- COUTINHO, Ruy. 1981. **Noções de Fisiologia da Nutrição**. Rio de Janeiro - RJ. Ministério da Educação e Cultura. 2.ª ed. 512 p.
- CUSTÓDIO, Emilio. **Hidrologia Subterrânea**. 1.ª ed., Tomo II. Ediciones Omega. S. A. — Casa Nova. 220 — Barcelona, 11.
- DACACH, N. G. 1966. **Aproveitamento da Água do Mar para Suprimento Público de Água Potável**. *Revista DAE*, (60): 18-22.
- DORIA, A. 1965. **Aspectos de Dessalinização da Água do Mar**. *Revista DAE*, São Paulo, 26 (59): 53-8. dez.
- DAY, Harvey. 1979. **Sal: Quanto Menos, Melhor. Vida e Saúde**: 29-30.
- EL'PINER, L. I. et alii, 1980. **Estudo experimental de padronização de composição ótima de sal na água potável**. *Biol. Aviakosm Med. (Russo)*, (4): 14:17-7.
- ESTADOS UNIDOS. **Department of Economics and Social Affairs**. 1970. **Solar Distillation**. New York. 86 p.
- HEM, John D. 1970. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water**. 2.ª ed. Geological Survey Water-Supply Paper 1473. United States Government Printing Office, Washington. 363 p.
- HOWE, E. 1954. **Utilization of Sea Water**. In: *Unesco. Reviews Research on Problems of Utilization of Saline Water*. Paris. p. 73-91.
- JOOSSENS, J. V. 1973. **Salt and Hypertension, Water Hardness and Cardiovascular Death Rate**. *Triangle*, (12): 9-16.
- JARNUSZKIEWICZ, IRENA et alii. 1978. **The use of a Sea-Water Distillate for Drinking Purposes Aboard a Ship**. *Bull. Inst. Marit. Trop. Med. Gdynia*, 29 (3-4): 211-22.
- LEWIS, William M. Jr. 1981. **Precipitation Chemistry at Nutrient Loading by Precipitation in a Tropical Watershed**. *Water Resources Research*, 17: 169-181.
- LHISAMA. 1981. **1.º Relatório Trimestral de Andamento das Atividades — Projeto Litoral/Lhisama**. Curitiba - PR, Universidade Católica do Paraná. 31 f.
- MIKELMAN, J. et alii. 1983. **Planta de Desalinización de el Cebolar. Estado actual y Resultados**. 8.ª Reunión Nacional de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar — **Asades**, 18 de junho al 1.º de julho de 1983. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- NEGUS, Sidney S. 1938. **Physiological aspects of Mineral Salts in Public Water Supplies**. *Journal American Water Works Association*. USA 30 (2): 242-64.
- PANG BORNE, Rose Marie & PECORE, Suzanne D. 1982. **Taste Perception of Sodium Chloride in Relation to Dietary Intake of Salt**. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 35 (3): 510-520.
- PAULINYI, Erno Ivan. 1968. **Abastecimento individual de Água já tem Solução**. *Engenharia — Revista do Instituto de Engenharia*. (303): 18-23.
- PEARSON, A. M. & WOLZAK, A. M. 1982. **Salt-Its Use in Animal Products — A Human Health Dilema**. *Journal of Animal Science*. 54 (6): 1.263-77.
- POLLARD, C. B. 1936. **Physiological Effects of Mineral Salts in Natural Waters**. *Journal American Water Works Association*. USA 28 (8): 1.038-43.
- Potabilidade da Água tem Normas e Padrão em todo o País; Portaria n.º 56/Bsb, de 14 de março de 1977. *Revista Engenharia Sanitária*. 16 (1): 26-30, jan/mar.
- ROCCO ROJAS, REGINALDO S. & VALENCIA VILA LOBOS, Pedro S. 1981. **Anteproyecto para la Instalacion de una Planta Desalinizadora en la Segunda Región**. Universidad Del Norte — Departamento de Ingenieria. Antofagasta.
- SARTWELL & MAXCY-ROSENAU. **Medicina Preventiva e Saúde Pública**. Lisboa. 1.ª vol., 2.ª ed., trad. Abisio J. M. Coelho. Fundação Calouste Gulbenkian.
- SAWYER, C. N. & Mc KARTY, P. L. 1967. **Chemistry for Sanitary Engineers**. 2.ª ed. McGraw Hill Book Company. 518 p.
- SCHIAVONE, D. E. 1963. **Considerations About the Physiological aspects and health and the Quality of Drinking Water**. *Revista de la Sanidad Militar Argentina*. 62: 29-35. Jan-Mar.
- SIDORENKO, G. I. et alii. 1978. **Désalinatated Water Hygiene and Scientific Basis for its Investigation**. *J. Hygiene Epidemiology, Microbiology, Praha*, 22 (3): 257-67.
- SMITH, David B. 1955. **Reclamation of Water from Sea Water**. *Engineering Progress at University of Florida*. IX (4): 92-96. April.
- SPIEGLER, K. S. 1965. **Salt-Water Purification**. John Siley & Sons, Inc., New York. 167 p.
- STAACKMANN, M. & AGARDY, F. 1977. **The Potencial of Economic Desalination for Small Systems**. *Journal American Water Works Association*. 69 (7): 344-7. July.
- Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 15th Ed. American Public Health Association.
- The Contribution of Drinking Water to Mineral Nutrition Humans. 1980. *Drinking Water and Health*. National Academy Press. Washington. DC. 3: 265-403.
- Water Quality Criteria. 1972. Environmental Protection Agency. Washington, D. C.
- WYLIE, K. M. Jr., 1959. **Como se Puede Endulzar el Agua Del Mar**. *Revista Rotaria — Evanston*: 18-20. Marzo.