

**POTABILIDADE DA ÁGUA OBTIDA POR
DESTILAÇÃO SOLAR DA ÁGUA DO MAR**

**POTABILIDADE DA ÁGUA OBTIDA POR DESTILAÇÃO
SOLAR DA ÁGUA DO MAR**

CARLOS MELLO GARCIAS

ORIENTADOR: AMADEU DA ROCHA FREITAS

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento.

PORTO ALEGRE

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

MARÇO/1985

DEDICATÓRIA

A minha esposa, filhas, irmãos e a meus pais.

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de expressar minha gratidão ao Prof. Amadeu da Rocha Freitas, por sua orientação na elaboração deste trabalho.

Expresso também meu reconhecimento ao Prof. Nicolau Leopoldo Obladen por sua constância na minha formação profissional.

Desejo destacar meus agradecimentos ao apoio recebido da Universidade Católica do Paraná e da Universidade Federal do Paraná, que através de seus programas de aperfeiçoamento técnico-científico de seu corpo docente, permitiram minha participação neste curso de pós-graduação.

Estendo meus agradecimentos à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, em particular a todos os professores e funcionários.

Destaco ainda, a importância da concentração dos esforços de diversas entidades, que através da centralização de seus investimentos, permitiram esta realização, que somente foi possível efetuar-se graças aos recursos financeiros aplicados em conjunto.

Por isto, são estendidos os agradecimentos a: Universidade Federal do Paraná - Setor de Tecnologia; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq; Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia - CONCITEC; Governo do Estado do Paraná e Universidade Católica do Paraná.

Agradeço a todos os colegas e amigos que colaboraram da forma direta ou indireta, destacando toda a equipe técnica do Instituto de Saneamento Ambiental - ISAM da UCP, responsáveis pelos serviços de análises laboratoriais, desenhos e datilografia.

Í N D I C E

Página

LISTA DE TABELAS	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE QUADROS	VII
RESUMO	1
SUMMARY	2
1.0 - INTRODUÇÃO	3
2.0 - OBJETIVOS	5
3.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1. Generalidades	6
3.2. Qualidade da Água Destilada	9
3.3. Qualidade da Água da Chuva	11
3.4. Qualidade da Água do Mar	13
3.5. Padrões de Potabilidade	16
3.6. Qualidade da Água e Saúde	22
4.0 - INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL	
4.1. Descrição do Modelo	32
4.2. Metodologia do Obtenção dos Dados	39
4.2.1. Coleta de Amostras	39
4.2.2. Parâmetros determinados	40
4.2.3. Preservação das Amostras	40
4.2.4. Metodologia das Análises realizadas	42
4.2.5. Estudos de Correção do Teor de Sais	49
4.3. Resultados	52
5.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
6.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	63
7.0 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	67

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
1.1 - Estimativa do volume total de água na face da terra	4
3.1.1 - Classificação dos processos de conversão de água salina	7
3.3.1 - Taxas de carga para vários componentes - solúveis do volume precipitado na Região do Lago Valencia, conforme determinado em amostras semanais durante 100 semanas ..	12
3.4.1 - Composição da água do mar	14
3.5.1 - Valores máximos desejável e permissível das características de qualidades físicas e organolépticas da água potável	16
3.5.2 - Valores máximos desejável e permissível das características de qualidade química da água potável	17
3.5.3 - Limites recomendados para a concentração do ion fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias	18
3.6.1 - Contribuição da água potável na nutrição mineral do homem	28
3.6.2 - Contribuição dos alimentos na nutrição - do homem	29
4.2.5.1 - Correção da dureza da água com cascas de ostras.....	51

4.3.1.	- Resultados das análises das amostras de água do mar.....	53
4.3.2.	- Resultados das análises das amostras de água destilada.....	54
4.3.3.	- Resultados das análises das amostras de água da chuva.....	55
5.1.	- Concentrações médias dos elementos contidos nas águas do mar, destilada e da chuva.....	57
5.2.	- Concentrações na água do mar e correspondente água destilada.....	59
5.3.	- Concentrações máximas e mínimas dos elementos medidos na água destilada.....	61
5.4.	- Concentrações máximas e mínimas dos elementos medidos na água da chuva.....	62

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
4.1.1 - Localização da Comunidade de Tibicanga	34
4.1.2 - Destilador Solar	35
4.1.3 - Destilador Solar - Planta - Cortes	36
4.1.4 - Destilador Solar - Isométrica	37
4.1.5 - Destilador Solar - Perspectiva	38

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
3.5.1 - Critérios de qualidade da água dessalinizada	19
3.5.2 - Composição mineral da água	20
3.5.3 - Estudos de qualidade da água e processos de dessalinização	20

RESUMO

Todos os padrões de água potável dão ênfase aos valores máximos desejáveis ou permissíveis, omitindo os valores mínimos indispensáveis a 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 proposto a reposição de sais até atingir um limite mínimo aceitável às condições fisiológicas do homem.

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

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

SUMMARY

All the standards for drinking water emphasize the maximum desirable or acceptable values, not taking into consideration the nutrition or the maintenance of the consumers' health.

The research tried (through a bibliographic review) to know these minimum values and also analysed to what extent the destillation remove these elements.

Based on the results obtained through the analysis, the lack of salt in the drinking water, produced by solar destillation, was proved. It was then proposed to replace the salt as far as the minimum acceptable level for man's physiological conditions.

The subject is important regarding the lack of drinking water in arid and semi-arid regions.

The experimental part was performed in the desalination pilot plant set up by the Catholic University of Parana, on an island by the seaside of Parana State, to supply with water a community of fishermen.

1.0 - INTRODUÇÃO

A quantidade de água doce disponível na terra tem preocupado o homem, que ao fazer as projeções de consumo para o futuro, visualiza um panorama, para uma época bastante próxima, nada promissor, muito pelo contrário, inquietante, pois se antevê uma escassez do líquido precioso fundamental para a sobrevivência de toda a espécie animal e vegetal na face da terra.

Esta situação é devida ao crescimento populacional, aliado ao mau uso dos recursos hídricos disponíveis e aumento dos consumos para os processos industriais. Regiões hoje desenvolvidas, poderão em futuro próximo de frontar-se com situações caóticas, onde o fator principal fatalmente será a falta de alternativas de suprimento de água potável.

A disponibilidade de recursos hídricos calculados em função das diversas fontes de suprimento, indicam que sobre a face da terra o volume total de água é estimado em 1.351.000.000 de km³, distribuídos conforme tabela 1.1.

A distribuição destas águas não é uniforme, e em algumas regiões elas praticamente não existem, e quando ocorrem, apresentam elevados índices de concentrações de sais.

O homem tem procurado desde longa data reduzir os teores de sais das águas salobras, com intuito de atenuar as

Tabela 1.1. Estimativa do volume total de Água
na face da terra.

FONTE	VOLUME (km ³)	%
Oceanos.....	1.320.000.000	97,71
Geleiras Polares	30.000.000	2,22
Rios	300.000	0,02
Água Subterrânea	300.000	0,02
Chuvas	400.000	0,03
TOTAL	1.351.000.000	100,00

FONTE: PAULINYI, 1968.

necessidades fundamentais de suprimento de água nas regiões áridas e semi-áridas.

O uso de águas dessalinizadas tem encontrado barreiras de aceitação por parte do homem, devido a carência de sais, e também por custos de instalação e operação dos sistemas dessalinizadores. Tais fatos levaram ao desenvolvimento de pesquisas no sentido de aprimorar a tecnologia dos processos de dessalinização.

Estes estudos foram realizados no sentido de verificar até onde a destilação reduz o teor de sais na água obtida, qual o teor de sais na água da chuva, determinando a necessidade ou não da correção desses teores, de modo a assegurar a higidez das populações servidas.

Os padrões convencionais de potabilidade são comentados e ajustados para as condições de mínimas concentrações, considerando os níveis mínimos de sais necessários e indispensáveis à nutrição e conservação da saúde dos usuários.

2.0 - OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são de estudar a qualidade da água, obtida por destilação da água do mar, usando como fonte de calor a energia solar, e a qualidade da água da chuva, observando as seguintes diretrizes básicas.

- avaliação dos sais minerais imprescindíveis à fisiologia humana;
- avaliação da redução, pela destilação, do teor desses sais na água obtida;
- avaliação do teor de sais da água de chuva que pode ser coletada na cobertura dos módulos de destilação, sendo prevista sua mistura com a água destilada, procurando aumentar a produção de água potável;
- avaliação do grau de correção necessário, desses teores de sais, para assegurar a higidez das populações servidas.

3.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Generalidades

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 no mar.

A história registra (HOWE, 1959), que em 1593, Sir Richard Hawkius teria usado um destilador solar para obter água potável a partir da água do mar, como fonte de abastecimento em viagens 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 D'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 a água do mar. O consumo de energia é estimado em 2,8 KWh para produzir 3.780 litros de água destilada (DORIA, 1965).

A subdivisão desses processos nas unidades específicas de processamento, estão apresentadas na Tabela 3.1.1.

TABELA 3.1.1 - Classificação dos processos de conversão de água salina

A - Processo de separação da água dos sais dissolvidos

1. Destilação ou evaporação
 - a) Múltiplo efeito longo tubo vertical (Multiple-effect long tube vertical)
 - b) Instantânea de múltiplos estágios (Multistage flash)
 - c) Vapor sob pressão (Vapor compression)
 - d) Umidificação (Humidification) (Solar)
2. Cristalização ou congelamento
 - a) Congelamento direto (Direct freezing)
 - b) Congelamento indireto (Indirect freezing)
 - c) Hidratação (Hidrates)
3. Osmose reversa (Reverse osmosis)
4. Extração de solventes (Solvent extration)

B - Processo de separação do sal da solução

1. Eletrodíálise (Eletrodialysis)
2. Osmionis (Osmionis)
3. Absorção (Absorption)
4. Extração de líquido (Liquid extration)
5. Troca iônica (Ion exchange)
6. Difusão controlada (Controlled diffusion)
7. Sistema biológico (Biological systems)

Fonte: CLARK, 1977.

A destilação solar simples (Humidificação) é o processo mais indicado para utilização em locais de difícil operação e manutenção. Consiste de uma estufa com uma pequena lâmina de água salina e coberta por vidro. Os raios solares atravessam o vidro e aquecem a água até a evaporação. É de baixo custo, fácil montagem e requer como operação apenas a limpeza periódica do sal depositado no fundo. Como manutenção, requer serviços simples de substituição de vidros que sejam eventualmente quebrados e desobstrução das canaletas e condutor (eventualmente).

Diversos estudos têm sido realizados no sentido de analisar, de acordo com o processo utilizado, a produção e custo/produção. O processo de destilação por Humidificação é o mais barato, porém sua produção é bastante baixa, em torno de 5 l/dia.m², sendo inconveniente em diversas situações pois requer grandes áreas para sua instalação.

3.2 - Qualidade da Água Destilada

A água dessalinizada apresenta composição química variada em função do processo de desmineralização. Nos processos de destilação e osmose reversa, o consumo de energia é quase independente da salinidade inicial, porém outros processos, como eletrodialise e troca iônica, a energia consumida é aproximadamente proporcional à salinidade inicial, para uma mesma qualidade de água produzida, enquanto uns processos proporcionam uma água com teor de sais muito baixo, como no processo de destilação, de 2 a 10 mg/ℓ de concentração final de sais, outros processos produzem menor redução de salinidade, função da tecnologia empregada (CUSTÓDIO).

A água do mar, com concentração de 35.000 mg/ℓ de sólidos dissolvidos, após uma dessalinização, por evaporação, tem uma concentração de sólidos dissolvidos igual a zero, segundo SMITH, 1955. Isto pode ter ocorrido apenas pela diferença significativa entre a concentração de sais na água do mar e na destilada, pois como se sabe a água mesmo após um processo de destilação, não se encontra sob a forma de simples H₂O.

Isto já é alterado pelas afirmações de WYLIE, segundo o qual, a água do mar com concentração de 3,5% (35.000 mg/ℓ) é reduzida pela destilação, a uma concentração de 0,0005% (5 mg/ℓ) de sais. A água é tão pura, tão insípida, que para torná-la potável tem-se que filtrá-la através de capas de coral moído a fim de que seja mais agradável ao paladar.

Com exceção do processo de dessalinização por congelamento, todos os demais produzem água bacteriologicamente potável (CUSTÓDIO)

MIKELMAN, 1983, em estudos realizados em um destilador solar, construído na localidade de El Cebolar, na Província de La Rioja, na Argentina, encontrou para a água

destilada, os resultados especificados na Tabela 3.2.1.

Tabela 3.2.1. Qualidade da Água Destilada Obtida no Destilador Solar de EL Cebolar.

ENSAIO	ÁGUA	CRUA	DESTILADA	POTÁVEL	VALOR MÁXIMO
CONDUC. μ MHOS		3955	236	1270	—
SALINIDADE ‰		2,4	0,2	0,7	—
DUREZA TOTAL ppm		593	34	143	200
CLORETOS ppm		706	30	178	500

FONTE: MIKELMAN, 1983.

3.3. - Qualidade da Água da Chuva

A chuva ao atravessar as camadas inferiores da atmosfera, carrega aerossóis. Em geral a água de chuva é esperada como sendo muito branda, com baixo teor de sólidos totais e de alcalinidade, tendo um pH um pouco abaixo do neutro, sendo bastante corrosiva para muitos metais.

LEWIS, 1981, citando HUTCHINSON (1954); RORHAN (1958); LIKENS ET ALII (1977), afirma que a precipitação é uma das principais fontes de nutrientes e ions dos sistemas terrestre e aquático. Diversos estudos importantes neste sentido foram realizados na Uganda, Porto Rico, Região Amazônica da Venezuela e Brasil.

Na Venezuela, foi estudada a região do Lago Valência com os resultados conforme tabela 3.3.1.

Nesta Região a média de precipitação é de 700 a 800 mm/ano. com distribuição irregular, com estações secas e chuvosas. As planícies são usadas intensamente com cultura de açúcar e as montanhas são pouco usadas. A densidade populacional é de aproximadamente 400 hab/km² concentrados nas cidades de Maracay e Valência, próximas ao lago. A indústria é pouco significativa e o tráfego de veículo é considerável apenas nos centros urbanos. A maior fonte de poluição é a queima da vegetação durante a estação seca.

TABELA 3.3.1 – Teores de vários componentes solúveis do volume precipitado na Região do Lago Valência, conforme determinado em amostras semanais durante 100 semanas

Elemento	Carga	Variabilidade
	Kg / ha / ano	CV, % (s / \bar{x}) . 100)
Ca ⁺⁺	8,60	84
Mg ⁺⁺	5,47	100
Na ⁺⁺	16,60	111
K ⁺	4,26	127
H ⁺	0,32	451
HCO ₃ ⁻	50,00	110
SO ₄ ⁻	16,30	100
Cl ⁻	19,20	pequeno número de amostras
PO ₄ P	0,30	121
NO ₃ N	1,28	142
NO ₂ N	0,05	121
NH ₄ N	2,43	168
DOC	13,40	109
DON	1,33	136
DOP	0,196	180
Si	1,106	122

DOC, DON e DOP são: Carbono, Nitrogênio e Fósforo Orgânico Dissolvido.

Fonte: LEWIS, 1981.

3.4 - Qualidade da Água do Mar

Segundo DACACH, 1966, nos oceanos e mares, a quantidade de sal existente na água é em média de 3,5%, sal este constituído em quase totalidade, de cloreto de sódio. A salinidade, quantidade de sólidos dissolvidos em 1 Kg de água do mar, é segundo SMITH, 1955, extremamente constante, em torno de 3,4 a 3,7% de sólidos em todo o globo terrestre.

No trabalho intitulado "Raw Materials from the Sea" de E. Frankhand Armstrong & L. Bacjenzie Miall, publicado pela Chemical Publishing Company, encontramos a seguinte relação de sais dissolvidos na água do mar:

SAL	CONCENTRAÇÃO (mg/l)
Cloreto de Sódio (NaCl)	27213
Cloreto de Magnésio (MgCl ₂)	3807
Sulfato de Magnésio (MgSO ₄)	1658
Sulfato de Cálcio (CaSO ₄)	1260
Sulfato de Potássio (K ₂ SO ₄)	863
Carbonato de Cálcio (CaCO ₃)	123
Brometo de Magnésio (MgBr ₂)	76
	<hr/>
	35000

A água do mar contém quase todos os elementos, alguns em concentrações muito pequenas. A Tabela 3.4.1. mostra a composição da água do mar, em análise completa de seus constituintes, bem como suas formas principais de ocorrência.

Em sistemas de abastecimento de água, a água do mar é sujeita a objeções devido seu gosto e efeitos fisiológicos (SMITH, 1955); quando tratada com concentração de 5000 mg/l é relativamente tóxica e seu uso contínuo é prejudicial à saúde. Águas com 2500 a 3000 mg/l de sais dissol

TABELA 3.4.1 - Composição da água do mar

Elemento	Concentração (mg/l)	Principal forma com que ocorre
Cl	19.000	Cl ⁻
Na	10.500	Na ⁺
SO ₄	2.700	SO ₄ ⁻²
Mg	1.350	Mg ⁺² , MgSO ₄ aq
Ca	400	Ca ⁺² , CaSO ₄ aq
K	380	K ⁺
HCO ₃	142	(a) HCO ₃ ⁻ , H ₂ CO ₃ aq, CO ₃ ⁻²
Br	65	Br ⁻
Sr	8	Sr ⁺² , SrSO ₄ aq
SiO ₂	6.4	H ₄ SiO ₄ aq, H ₂ SiO ₄
B	4.6	H ₂ BO ₃ aq, H ₂ BO ₅
F	1.3	F ⁻
N	.5	(b) NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺
Li	.17	Li ⁺
Rb	.12	Rb ⁺
P	.07	HPO ₄ ⁻² , H ₂ PO ₄ ⁻ , PO ₄ ⁻³ , H ₃ PO ₄ aq
I	.06	IO ₃ ⁻ , I ⁻
Ba	.03	Ba ⁺² , BaSO ₄ aq
Al	.01	(c)
Fe	.01	Fe(OH) ₃ (c)
Mo	.01	MoO ₄ ⁻²
Zn	.01	Zn ⁺² , ZnSO ₄ aq
Se	.004	SeO ₄ ⁻²
As	.003	HAsO ₄ ⁻² , H AsO ₄ ⁻ , H ₃ AsO ₄ aq, H ₃ AsO ₃ aq
Cu	.003	Cu ⁺² , CuSO ₄ aq
Sn	.003	
U	.003	UO ₂ (CO ₃) ₂ ⁻⁴
Mn	.002	Mn ⁺² , MnSO ₄ aq
Ni	.002	Ni ⁺² , NiSO ₄ aq
V	.002	VO ₂ (OH) ₃ ⁻²
Ti	.001	
Co	.0005	Co ⁺² , CoSO ₄ aq
Cs	.0005	Cs ⁺
Sb	.0005	
Ce	.0004	
Ag	.0003	AgCl ₂ ⁻ , AgCl ₃ ⁻²
La	.0003	
Y	.0003	
Cd	.00011	Cd ⁺² , CdSO ₄ aq
W	.0001	WO ₄ ⁻²
Ge	.00007	Ge(OH) ₄ aq, H ₃ GeO ₄
Cr	.00005	
Th	.00005	
Sc	.00004	
Ga	.00003	
Hg	.00003	HgCl ₃ ⁻ , HgCl ₄ ⁻²
Pb	.00003	Pb ⁺² , PbSO ₄ aq
Bi	.00002	
Nb	.00001	
Au	.000004	AuCl ₄ ⁻
Bc	.0000006	
Pa	2 x 10 ⁻⁹	
Ra	1 x 10 ⁻¹⁰	Ra ⁺² , RaSO ₄ aq

a) HCO₃ INCLUI TAMBÉM OS CARBONOS PRESENTES NOS CARBONOS ORGÂNICOS

b) N INCLUI TAMBÉM O NITROGÊNIO DISSOLVIDO EM FORMA DE GÁS

c) PROVAVELMENTE PRESENTE COMO: Al(OH)₄⁻, AlF₄⁻² e AlF₆⁻³

Fonte: HEM, 1970.

solvidos podem ser usadas por pessoas acostumadas com elas, mas considerações especiais devem ser tomadas para eliminação de certos componentes tóxicos tais como bário e boro.

3.5 - Padrões de Potabilidade

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 nº 56/Bsb, de 14 de março de 1977, que estabeleceu os valores máximos desejáveis e permissíveis das características de qualidades físicas, organolépticas, químicas e bacteriológicas da água potável (Ver Tabelas 3.5.1. e 3.5.2.).

TABELA 3.5.1 - Valores máximos desejáveis e permissíveis das características de qualidade físicas e organolépticas da água potável

Características	VMD	VMP
Cor (uH) (1)	5	20
Turbidez (uT) (2)	1	5
Odor	não objetável	não objetável
Sabor	não objetável	não objetável

(1) uH é a unidade da escala de Hazen (de platina-cobalto)

(2) uT é a unidade de turbidez seja em unidade Jackson ou nefelométrica

Fonte: Potabilidade da água..., 1977.

Os valores máximos permissíveis de Ion Fluoreto, constam da recomendação da Portaria nº 635/Bsb de 26 de dezembro de 1975 do Ministério da Saúde, conforme Tabela 3.5.3.

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 pro

TABELA 3.5.2 - Valores máximos desejáveis e permissíveis das características de qualidade químicas da água potável

Características	VMD	VMP
Agentes Tensos Ativos (ATA) Reativos ao Azul de Metileno (mg/l)	0,2	0,5
Alumínio (mg/l Al)	0,05	0,10
Arsênico Total (mg/l As)	0,05	0,1
Bário (mg/l Ba)	—	0,1
Cádmio (mg/l Cd)	—	0,01
Chumbo (mg/l Pb)	0,05	0,1
Cloretos (mg/l Cl)	200	600
Cromo Total (mg/l Cr)	—	0,05
Cobre (mg/l Cu)	0,2	1,0
Ferro Total (mg/l Fe)	0,3	1,0
Fluoreto (mg/l F)	—	0,6 - 1,7
Fenóis (mg/l Fenol)	—	0,001
Manganês (mg/l Mg)	0,05	0,5
Mercúrio (mg/l Hg)	—	0,02
Nitratos (mg/l N)	—	10
Prata (mg/l Ag)	—	0,05
Selênio (mg/l Se)	—	0,01
Sólidos Totais (mg/l)	500	1500
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l)	500	1000
Zinco (mg/l Zn)	1	5
Biocidas Orgânicos Sintéticos		
Hidrocarbonetos Clorados		
Aldrin (mg/l)	—	0,001
Clordano (mg/l)	—	0,003
D.D.T. (mg/l)	—	0,05
Dieldrin (mg/l)	—	0,001
Endrin (mg/l)	—	0,0002
Heptacloro (mg/l)	—	0,0001
Lindano (mg/l)	—	0,004
Metoxicloro (mg/l)	—	0,1
Toxafeno (mg/l)	—	0,005
Compostos Organo-fosforados e Carbamatos (mg/l)	—	0,1
Herbicidas - Clorofenoxi		
2,4-D (mg/l) (1)	—	0,02
2,4,5-TP (mg/l) (2)	—	0,03
2,4,5-T (mg/l) (3)	—	0,002
(1) 2,4-D (2,4 - Ácido diclorofenoxiacético)		
(2) 2,4,5-TP (2,4,5-Ácido triclofenoxipropiônico)		
(3) 2,4,5-T (2,4,5-Ácido triclofenoxiacético)		

Fonte: Potabilidade da água..., 1977.

TABELA 3.5.3 - Limites recomendados para a concentração do Ion Fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias

Média das temperaturas máximas diárias do ar °C	Limites recomendados para a concentração do Ion fluoreto, em mg/ l		
	mínimo	máximo	ótimo
10,0 — 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 — 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 — 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 — 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 — 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 — 32,5	0,6	0,8	0,7

Fonte: Potabilidade da água..., 1977.

esso apresentam concentrações mais baixas do que os limites recomendados.

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 1000 mg/l.. Sistemas contendo até 2500 mg/l são as vezes considerados satisfatórios em regiões áridas, e 4000 mg/l são encontrados em algumas águas potáveis no sudoeste dos Estados Unidos.

Os valores máximo desejável e permissível dos sólidos totais dissolvidos nas normas brasileiras são de 500 e 1000 mg/l respectivamente (23).

Considerando que as normas caracterizam a água potável, através de máximos níveis permitidos e/ou permissíveis na composição mineral e estabelecem o critério de aceitação da qualidade da água, através de suas propriedades organolépticas favoráveis, composição química inócua e segurança epidemiológica, é proposto ajustar estes critérios para analisar a qualidade de água obtida por dessalinização.

As investigações de parâmetros mais adequados ao controle de qualidade da água, que permitissem a sua apli

cação às águas obtidas por dessalinização, foram desenvolvidas por SIDORENKO.

SIDORENKO, 1978, caracterizou a necessidade de aprimorar as recomendações das normas de padronização RUSSA (GOST - 2874 - 73), demonstrando que estas, bem como as normas Européias e Internacionais, caracterizam a água potável através de máximos níveis permitidos na composição mineral, e estabelecem o critério de aceitação da qualidade da água, através de suas propriedades organolépticas favoráveis, composição química inócua e segurança epidemiológica.

Propõe-se também observar os limites mínimos de sais, baseado nos valores fisiológicos e retenção das propriedades da água, isto é, na estabilidade de sua qualidade (Ver Quadro 3.5.1.).

QUADRO 3.5.1 - Critério de qualidade da água dessalinizada

Índices tradicionais (GOST: 2874-73)	Índices específicos
<ul style="list-style-type: none"> • Composição mineral • Composição de microelementos • Composição microbiológica • Segurança epidemiológica • Composição química da água 	<ul style="list-style-type: none"> • Substâncias orgânicas • Estrutura da água • Valores fisiológicos • Retenção das propriedades da água (estabilidade)

Fonte: SIDORENKO, 1978.

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 (Ver Quadro 3.5.2.),

O autor apresenta ainda a necessidade de outros estudos: composição microbiológica, propriedades físicas da água e composição de substâncias orgânicas, em função dos métodos de dessalinização (Ver Quadro 3.5.3.).

QUADRO 3.5.2 - Composição mineral da água

Índices tradicionais (GOST: 2874-73)	Índices específicos (Água dessalinizada)
<ul style="list-style-type: none"> • Níveis superiores permissíveis (Concentração máxima) 	<ul style="list-style-type: none"> • Níveis ótimos • Níveis mínimos permissíveis
<p><u>Nível total de mineralização</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sais que causam a dureza da água • Cloretos • Sulfatos 	

Fonte: SIDORENKO, 1978.

QUADRO 3.5.3 - Estudos de qualidade da água e processos de dessalinização

Processos de dessalinização	Estudos especiais
• Destilação	• Composição mineral, microelementos, estrutura, substâncias orgânicas e composição microbiológica.
• Congelamento	• Idem
• Eletrodíálise	• Idem
• Osmose reversa	• Composição mineral, microelementos, substâncias orgânicas e composição microbiológica.
• Troca iônica	• Composição mineral, microelementos, substâncias orgânicas e composição microbiológica.

Fonte: SIDORENKO, 1978.

El'PINER, 1980, realizou estudos com ratos. A experiência foi realizada com 7 (sete) provas de água com mineralização variável desde desmineralizada (destilada), até 1000 mg/ℓ de salinidade. Assim o primeiro grupo já servido com água destilada e os grupos de 2 a 6 com águas de 50, 100, 250, 500 e 1000 mg/ℓ de salinidade respectivamente e o grupo 7 recebeu água do sistema público moscovita. O resultado apontou como concentração de sal na água potável, que ocupa uma posição intermediária entre o desejável e o indesejável a concentração de 100 mg/ℓ a qual fica mais próxima do valor ótimo.

3.6 - Qualidade da Água e Saúde

Segundo COUTINHO, 1981, a água ingerida vai ao estômago onde não é absorvida. Contudo, normalmente, passa em pouco tempo ao intestino e a maior parte é absorvida no quarto superior do intestino delgado. A velocidade de absorção depende da concentração iônica. A água pura passa em minutos através da parede intestinal. Em geral, todas as soluções isotônicas são absorvidas rapidamente, porém não tanto quanto a água pura.

Soluções hipertônicas, por outro lado, demoram em ser absorvidas. Ao contrário, roubam água do plasma para os intestinos. Somente depois do conteúdo intestinal se mostrar isotônico se inicia a absorção. Daí a lentidão na absorção das soluções hipertônicas.

WYLIE, afirma: "... o homem não pode viver de água salgada. O naufrago que começa a beber a água do mar acaba não sobrevivendo, porque o mar contém 3% (30.000 mg / l) ou **mais de sal, porém os rins só podem segregar uma solução salina a 2% (20.000 mg/l) no máximo**, de tal maneira que por litro de água salobra que se ingere, o corpo tem que produzir um litro e meio de urina. Esse meio litro é completado pelo organismo recorrendo à água do próprio corpo e, naturalmente, o indivíduo vai se desidratando mais e mais. O mesmo ocorre com as plantas".

Os valores fisiológicos dos sais contidos nas águas são importantes devido a implicação destes em todas as reações químicas e físicas do organismo. Do ponto de vista quantitativo os oito elementos mais importantes e que constituem quase três quartas partes das cinzas dos tecidos dos organismos, são o Cálcio, o Fósforo, o Sódio, o Potássio, o Ferro, o Magnésio, o enxofre e o Cloro. Outros elementos minimais também essenciais são o Cobre, o Cobalto, o Iodo, o Flúor, o Manganês e o Zinco (26).

No suprimento dos elementos fundamentais para o organismo humano, por qualquer fonte ou meio, os extremos são prejudiciais à saúde do homem, tanto o excesso, por induzir complicações nas funções fisiológicas, quanto a ausência por não atender as necessidades metabólicas, sobrevindo a deficiência, causadora de sintomatologia, variável de acordo com o elemento mineral implicado e com o grau de carência.

As considerações, conclusões e recomendações abordadas a seguir, foram obtidas das seguintes fontes bibliográficas: BATALHA; WATER QUALITY CRITERIA: THE CONTRIBUTION OF ...; SART WELL e DAY.

CÁLCIO

A maior parte do cálcio existente no organismo se encontra nos ossos e nos dentes (99%), porém ele ainda desempeha outras funções importantes como: regulador de atividade muscular do coração, auxílio na coagulação do sangue e funcionamento normal do sistema nervoso.

A carência de cálcio, que depende da quantidade de vitamina D e fósforo existentes e idade do indivíduo, pode dar origem a raquitismo, osteomalacia, osteoporose ou tetânia.

O excesso de cálcio, muito acima de 1000 mg/dia, por longos períodos, pode baixar o nível do magnésio e além disso produzir sintoma de deficiência de zinco. No homem, tem sido associado pedras nos rins, com altas ingestões de cálcio.

A contribuição da água potável na nutrição do cálcio pode em muitos instantes ser uma parcela significativa.

FÓSFORO

Está relacionado com o cálcio e a vitamina D sendo também essencial para o metabolismo das proteínas, gorduras e hidratos de carbono e existe nos ossos e em todas as células e líquidos do organismo.

A carência de fósforo pode provocar raquitismo e osteomalacia, dependendo das quantidades de cálcio e vitamina D presentes.

Devido a água potável conter pequena parcela de fósforo ($\mu\text{g}/\ell$) e os alimentos proverem mais de 1 g/ ℓ x dia, pode-se concluir que os níveis de fósforo na água contribuem com parcela praticamente negligenciável deste mineral na nutrição do homem.

SÓDIO

Ele atua por todo o organismo, intervindo principalmente sob a forma de cloreto de sódio e bicarbonato de sódio. Regula o equilíbrio ácido-básico, mantém o equilíbrio hídrico e controla a pressão osmótica. Regimes pobres em sódio são úteis no tratamento da hipertensão e regimes de alto teor são necessários na insuficiência supra-renal.

A carência de sódio provoca perda do apetite, fadiga, náuseas e intensas cãimbras musculares.

Devido a presença do sódio nos alimentos, principalmente na forma de cloreto de sódio, este praticamente poderia não existir nas águas potáveis.

POTÁSSIO

Deve ser considerado em relação ao sódio, sendo necessário um equilíbrio entre os dois elementos.

O potássio, o sódio e o cálcio, constituem os elementos alcalinos mais importantes do organismo.

As principais implicações devido a carência do potássio são: vômitos prolongados, diarréia e inanição.

Devido os níveis de potássio na água serem baixos em relação aos níveis nos alimentos, a contribuição da água em relação à quantidade necessária é negligenciável.

MAGNÉSIO

Encontrado nos ossos, tecidos moles e nos líquidos do organismo. As necessidades do homem são pequenas.

Devido o magnésio ser rapidamente excretado pelos rins, é improvável que o magnésio existente nos alimentos e na água, seja absorvido e acumulado no tecido em quantidade suficiente para produzir toxidade.

Quando a dieta dos indivíduos é pobre em magnésio, a contribuição pela água pode ser significativa, principalmente em regiões onde a concentração de magnésio na água é alta.

CLORO

Grande parte do cloro no organismo encontra-se nos tecidos orgânicos sob a forma de cloreto de sódio. Os cloretos no sangue são importantes para regular a pressão osmótica e equilíbrio ácido-base.

Cloretos são encontrados em praticamente todas as águas naturais. Enquanto águas superficiais contêm poucas mg/ℓ em diversas regiões, as águas de cursos d'água em regiões áridas e semi-áridas contêm milhares de mg/ℓ de cloretos.

Os efeitos laxativos dos cloretos geralmente aparecem naqueles indivíduos que estavam acostumados a baixas concentrações. Em alguns dias conseguem se adaptar e ingerir água com alta concentração de sal.

Em geral, é a associação do cálcio, magnésio, sódio e potássio com o cloreto, que produz o efeito nocivo.

O cloreto de sódio é absorvido pelo intestino e eliminado em sua quase totalidade pelos rins, com exceção de pequena parcela que é eliminada pelos suores e fezes.

FERRO

Sua principal função no organismo é o transporte de oxigênio, que se realiza através da sua participação na

formação da hemoglobina.

Em condições normais a quantidade de ferro excretada é praticamente nula. O ferro existe nos músculos e é armazenado em certa medida em todos os órgãos. Não é consumido pelo organismo, sendo usado muitas vezes.

A carência de ferro pode ocorrer devido a perda de hemoglobina (hemorróidas ou menstruação) ou pelo aumento de necessidades (crescimento ou gravidez).

Na água o ferro é objetável por razões estéticas (manchas em roupas, depósitos, sujeiras de acessórios e das canalizações) e ainda devido ao sabor.

COBRE

Integrante de todos os tecidos, em particular cérebro e músculos. Acelera a síntese de formação da hemoglobina com o ferro, atuando como catalítico.

A parcela de cobre necessária a nutrição do homem é pequena e em casos especiais, a água pode contribuir com uma parcela significativa.

IODO

O iodo é um microelemento essencial. Sua ausência engendra uma enfermidade, o bócio endêmico. A forma de evitar a falta de iodo na dieta do homem é através do sal, que é vendido comercialmente sob a forma de sal iodado.

O iodo na água pode ser advindo do iodo da água da chuva e em águas superficiais do próprio solo ou em águas poluídas, de origem dos excrementos dos animais, da deterioração das plantas ou de fertilizantes comerciais.

Assim, a água pode conter quantidades que podem ser significativas, sob certas condições na contribuição da prevenção à deficiência de iodo.

FLÚOR

A existência de flúor na água de consumo na con

centração de 1 mg/ℓ, faz diminuir a incidência de cárie dentária. Foi observado que são encontradas mais cáries nas áreas em que a água potável não contém este elemento.

Porém, em quantidades superiores (entre 1,5 a 3,0 ppm) o flúor faz aparecer manchas castanhas nos dentes.

Assim, é recomendada a adição de flúor às águas de abastecimento público.

MANGANÊS

É importante no metabolismo do cálcio e do fósforo, e contribui na formação da uréia. Não há nenhuma informação quanto as implicações no homem, devido a deficiências em manganês.

As restrições quanto à presença do manganês na água, é devido ao fato de, em concentrações acima de 0,05 mg/ℓ, ocasionar o aparecimento de manchas negras ou depósitos de óxido de manganês hidratado.

ZINCO

Este elemento contribui para formar e reforçar a insulina. Ativa as enzimas, favorece a absorção intestinal e é integrante dos glóbulos vermelhos e brancos.

Os sais; cloreto de zinco e sulfato de zinco, são muito solúveis na água, enquanto que os carbonatos, óxidos e sulfetos de zinco são insolúveis e portanto passíveis de serem parcialmente removíveis por decantação nos processos de tratamento da água. A solubilidade do zinco depende do pH e da alcalinidade.

A presença do zinco na água, pode ser considerada importante, sob o aspecto de nutrição do homem, em locais onde haja deficiência na dieta alimentar e ainda considerando sua presença na água com concentração mínima de 0,2 mg/ℓ.

CROMO

O cromo hexavalente não ocorre nas águas superficiais a subterrâneas, podendo ocorrer devido a poluição por despejos industriais (curtumes, águas de refrigeração, etc ...). A toxicidade depende de sua valência.

A sua presença na água sob a forma trivalente é admissível até um certo limite, porém é proibitiva sua presença sob a forma hexavalente.

As concentrações dos elementos químicos em águas de abastecimento público e sua contribuição na nutrição do homem, foram pesquisados nos Estados Unidos (6), tendo sido analisadas as águas potáveis de diversas comunidades. Os resultados (Tabelas 3.6.1. e 3.6.2.) apresentam a contribuição na nutrição do homem pela água e alimentos.

TABELA 3.6.1 - Contribuição da água potável na nutrição mineral do homem

Elemento químico	Concentração mg/l		Dieta recomendada pelo Food and Nutrition Board of the National Research Council-Estados Unidos	
	min.	máx.	adultos (mg/dia)	infantil (mg/dia)
Cálcio	11,0	145,0	800,00	360 a 1200
Magnésio	8,5	137,0	300,00	60 a 450
Fósforo	0,1	1,0	800,00	240 a 1200
Fluoreto	0,1	7,0	1,5 a 4,0	0,1 a 2,5
Sódio	4,0	80,0	1100 a 3300	115 a 750
Potássio	0,5	8,0	1875 a 5600	350 a 4575
Cloreto	—	179,0	3018 a 8875	210 a 350
Iodo	—	0,018	0,08 a 0,140	—
Ferro	—	2,20	10,0	—
Cobre	—	0,006	1,3 a 2,0	—
Zinco	—	1,50	15,0	—
Selênio	—	0,006	0,05 a 0,20	—
Manganês	—	1,32	2,5 a 5,0	—
Silício	—	72,0	não recomendada a existência	—
Molibdênio	—	0,068	0,15 a 0,50	—
Cromo	—	0,112	0,05 a 0,20	—

Fonte: The Contribution of... 1980.

TABELA 3.6.2 - Contribuição dos alimentos na nutrição do homem

Alimentos	Concentração dos elementos químicos (mg/l ou mg/kg)						
	Cálcio	Magnésio	Fósforo	Fluoreto	Ferro	Cobre	Zinco
Leite de vaca	1200	n.r.	0,093	0,024	0,0004	0,0001	0,0043
Leite humano	200-400	0,028-0,029	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Ovos	500-600	0,102-0,270	0,210	0,002	0,0205	0,00089	0,0127
Peixe	170-1000	0,154-0,532	0,112 -0,320	n.r.	0,0201	0,00049	0,0186
Frutas	30-600	0,102-0,270	0,004-0,0200	0,0013	n.r.	n.r.	n.r.
Carne	30-240	0,195-0,402	0,198-0,221	0,007	0,0201	0,00049	0,0186
Vegetais(raízes)	200-1000	0,075-0,478	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Vegetais	250-2500	0,085-0,321	0,021-0,092	0,003	0,0095	0,00088	0,0028
Café	n.r.	0,048	n.r.	0,0016	n.r.	n.r.	n.r.
Chá	n.r.	0,003-0,011	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.

n.r. - não relacionado

Fonte: The Contribution of... 1980.

As investigações epidemiológicas em nível internacional e nacional, a fim de confrontar as relações entre dureza da água, hipertensão e afecções cardiovasculares, são apresentadas por diversos pesquisadores.

A dureza da água é causada por cations metálicos bivalentes. Os principais cations que causam a dureza da água são: Cálcio (Ca^{++}); Magnésio (Mg^{++}); Estrôncio (Sr^{++}); Ferro (Fe^{++}) e Manganês (Mn^{++}). Os compostos de Cálcio e Magnésio, podem estar sob a forma de carbonato ou de sulfatos. Os bicarbonatos de Cálcio e/ou de Magnésio, causam a dureza temporária da água que pode ser removida por simples ebulição das águas.

SAWYER, 1967, classifica as águas segundo a dureza em:

Águas brândas.....	0 - 75 mg/l/ CaCO_3
Águas levemente duras	75 - 150 mg/l/ CaCO_3
Águas duras	150 - 300 mg/l/ CaCO_3
Águas muito duras	acima de 300 mg/l/ CaCO_3

JOOSSENS, 1973, apresenta os resultados dos trabalhos realizados por SHROEDER realizados em 1960, que verificou uma correlação inversa entre dureza da água potável e mortalidade por hipertensão, confirmado por MORRIS (Inglaterra), BIORCK (Suécia) e NERI (Canadá).

Porém nenhuma relação foi verificada por LINDEMAN e ASSENSO (Oklahoma), MULCAHY (Irlanda) e ELWOOD (Inglaterra). Aqueles demonstraram que também a mortalidade infantil era inversamente proporcional à dureza da água e que o íon cálcio parecia ser o elemento mais importante, desempenhando um papel protetor.

BIDONI, em trabalho não publicado, apresenta as experiências dos autores citados por JOOSSENS, e outros, com os dados de correlação negativa entre dureza total da água e doenças cardiovasculares. Os coeficientes de correlação (SCHROEDER) variam de 0,36 (nível de significância 1%), para todas as causas e idades, a 56% (nível de significância < 1%) para o total de doenças cardiovasculares.

Diversos argumentos clínicos, farmacológicos, epidemiológicos e experimentais, sugerem que o sal alimentar não é um ingrediente tão inofensivo quanto parece.

Os argumentos clínicos a favor da importância do sal alimentar na hipertensão arterial é de que o regime hipossódico estrito exerce um efeito favorável no tratamento dos hipertensos. Uma redução do sal alimentar, passando de 12 para 6 g diários produziu uma diminuição média na pressão arterial de cerca de 1 mm de Hg por grama NaCl que foi ingerido a menos, conforme resultados obtidos por PARIJS e citado por JOOSSENS.

Os argumentos farmacológicos baseiam-se no fato de que todos os diuréticos, sem exceção, qualquer que seja seu efeito sobre a excreção do potássio, são hipotensores. Diversos trabalhos demonstraram que a reatividade da parede arterial aumenta em função de seu teor em sódio.

Experiências realizadas em jovens Samburus habi

tuados a um regime sem sal, tiveram sua pressão arterial aumentada rapidamente quando eles ingeriam 15g de sal por dia, durante o serviço militar. SAZAKI, no Japão, fez a experiência inversa: reduzindo a ingestão de sal nas crianças que tomavam sua refeição na escola, notou que a pressão arterial diminuía progressivamente (14).

4.0 - INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

4.1 - Descrição do Modelo

Os destiladores solares que foram operados na obtenção dos dados de campo, foram as unidades destiladoras de Tibicanga.

Estes destiladores foram implantados através de convênio celebrado entre a Universidade Católica do Paraná (UCP) e Secretaria da Administração do Estado do Paraná. A execução do projeto, implantação e manutenção ficaram a cargo do Instituto de Saneamento Ambiental - ISAM da UCP.

A implantação desses módulos de destilação deu-se principalmente, devido a carência de água potável e distância até os mananciais possíveis de abastecer aquela ilha. A comunidade é formada por pescadores, todos carentes e que sobrevivem apenas da pesca. A localidade está situada na Ilha das Peças na Baía das Laranjeiras, Município de Guaraqueçaba (Ver Figura 4.1.1.).

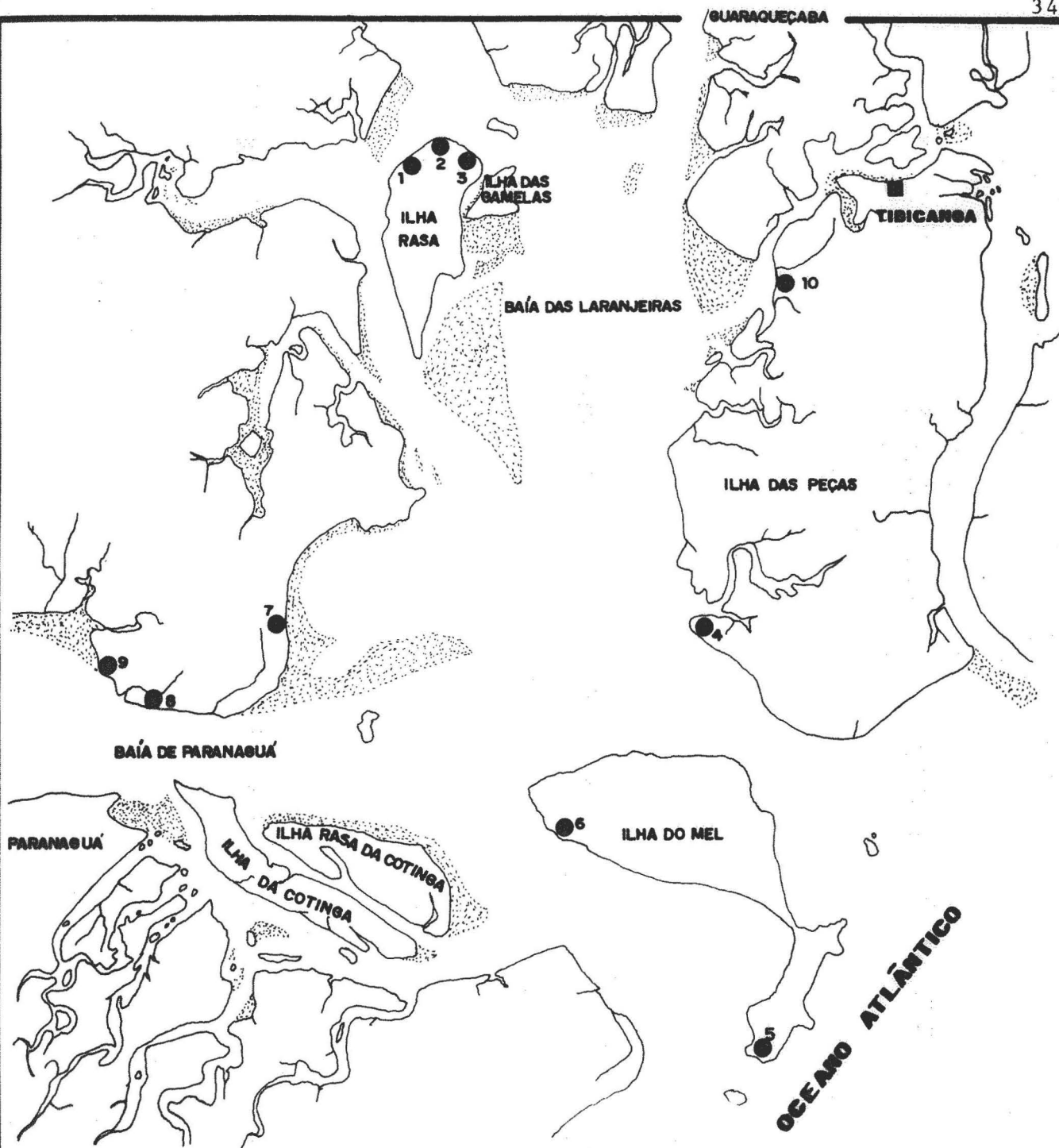
A área total da unidade destiladora é de 160,0 m², constituída por 16 módulos de destilação de 10,0m² cada.

A produção média de água destilada esperada é de 5 l/m².dia, e a contribuição de água da chuva foi estimada considerando-se uma precipitação pluviométrica média

de 3000 mm por ano. Estas águas, destilada e da chuva, em conjunto são usadas para o consumo e preparo de alimentos da população. As águas, destilada e/ou da chuva são armazenadas em 6 (seis) reservatórios de cimento amianto, com capacidade para 500 litros cada. A população se abastece diretamente nos reservatórios, através das torneiras públicas conectadas em cada reservatório. A população na época da implantação do projeto era de 132 habitantes (LHISAMA,1981).

Os destiladores implantados, são classificados como convencionais, composta por uma cuba, onde é colocada a água a destilar, como uma lâmina média de 3 cm. A cuba é totalmente coberta com um teto transparente de vidro (Ver Figura 4.1.2.).

O sistema de abastecimento de água, composto pelos módulos destiladores, tem o abastecimento de água do mar, através de bombeamento por bomba tipo pistão, acionada por moinho de vento de eixo horizontal tipo "multiblade" fixado em torre metálica. A água do mar é conduzida até um reservatório de 500 litros, em cimento amianto, colocado em plano superior aos destiladores, de onde a água do mar, por gravidade, é levada até os módulos de destilação (Ver Figuras 4.1.3; 4.1.4. e 4.1.5.).



LEGENDA

- 1 — ALMEIDA
- 2 — PONTA DO LANÇO MENOR
- 3 — PONTA DO LANÇO MAIOR
- 4 — PONTA DAS PEÇAS
- 5 — ILHA DO MEL - PRAINHA
- 6 — ILHA DO MEL - PONTA OESTE
- 7 — SACO DO TAMBARUTACA
- 8 — PIAÇAGUERA
- 9 — AMPARO
- 10 — GUAPECUM

FIGURA 4.1.1
 LOCALIZAÇÃO DA COMUNIDADE
 DE TIBICANGA
 Fonte: LHSAMA

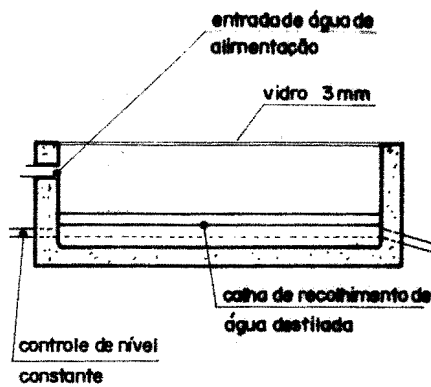
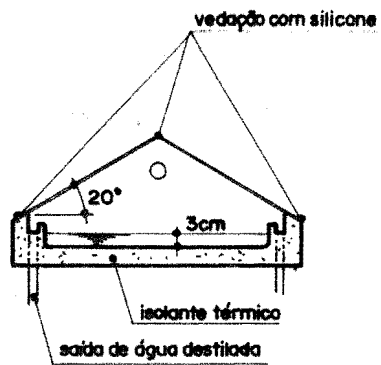
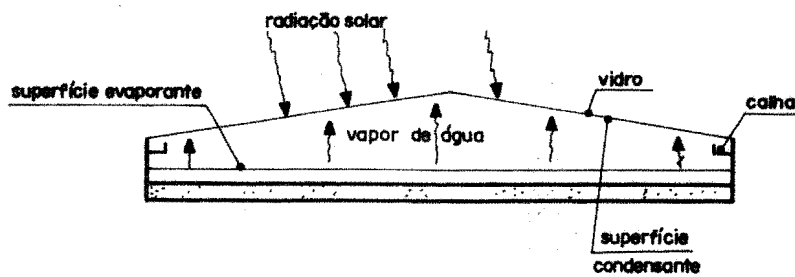
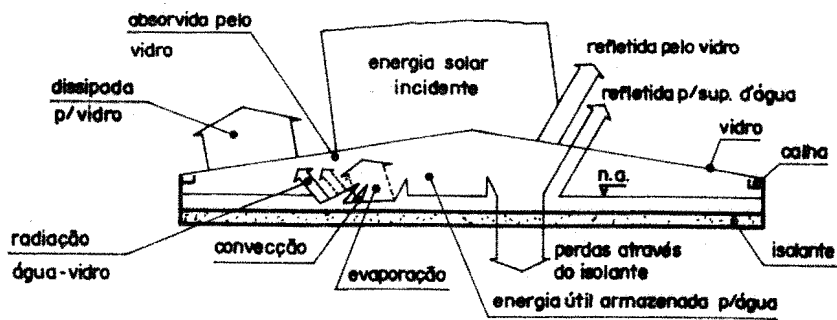


FIGURA 4.1.2
 DESTILADOR SOLAR
 Fonte : LHSAMA

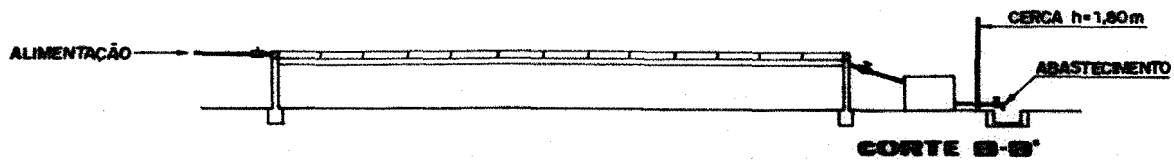
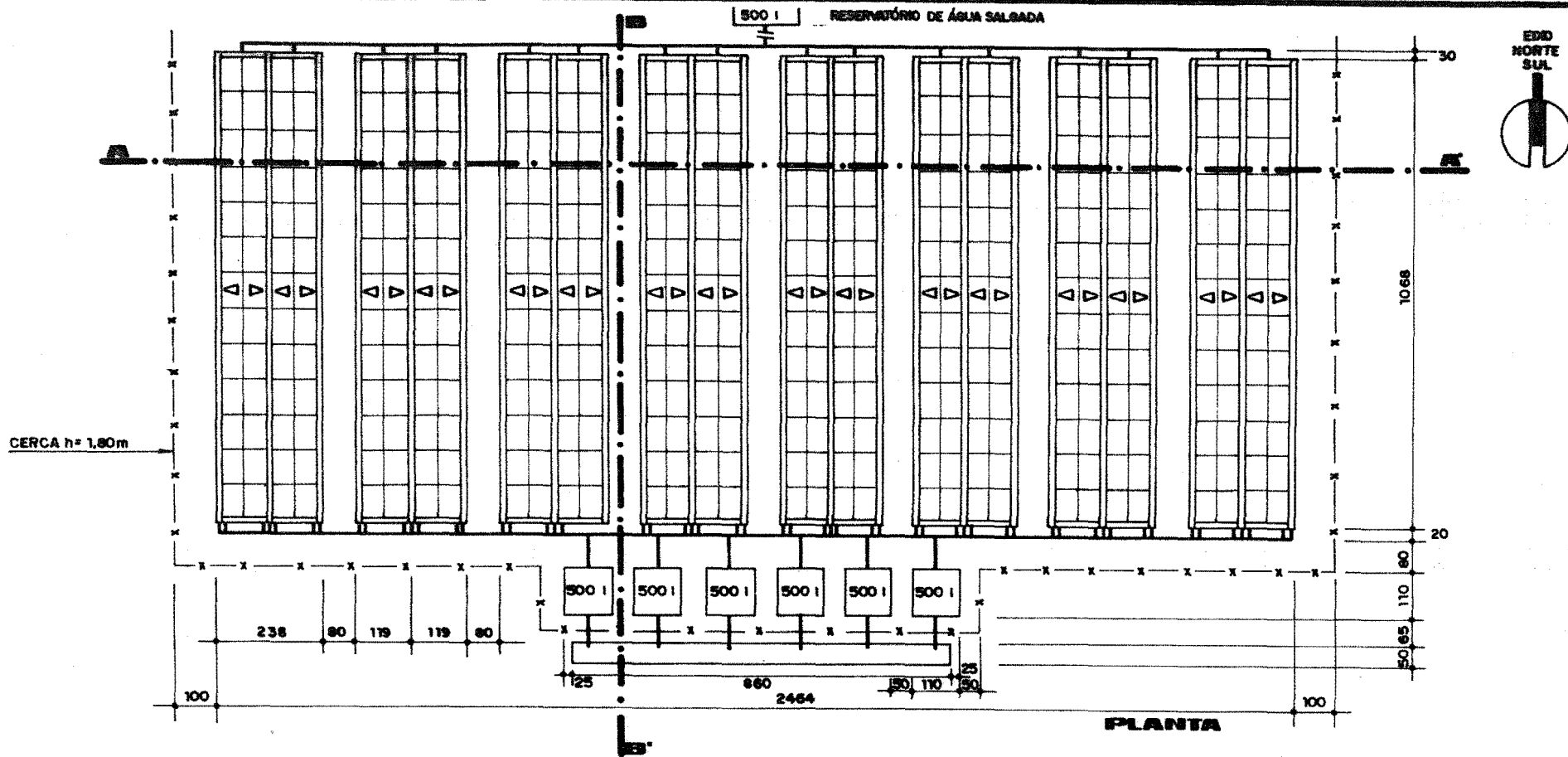


FIGURA 4.1.3
DESTILADOR SOLAR - PLANTA - CORTES
 Fonte - I. HISAMA

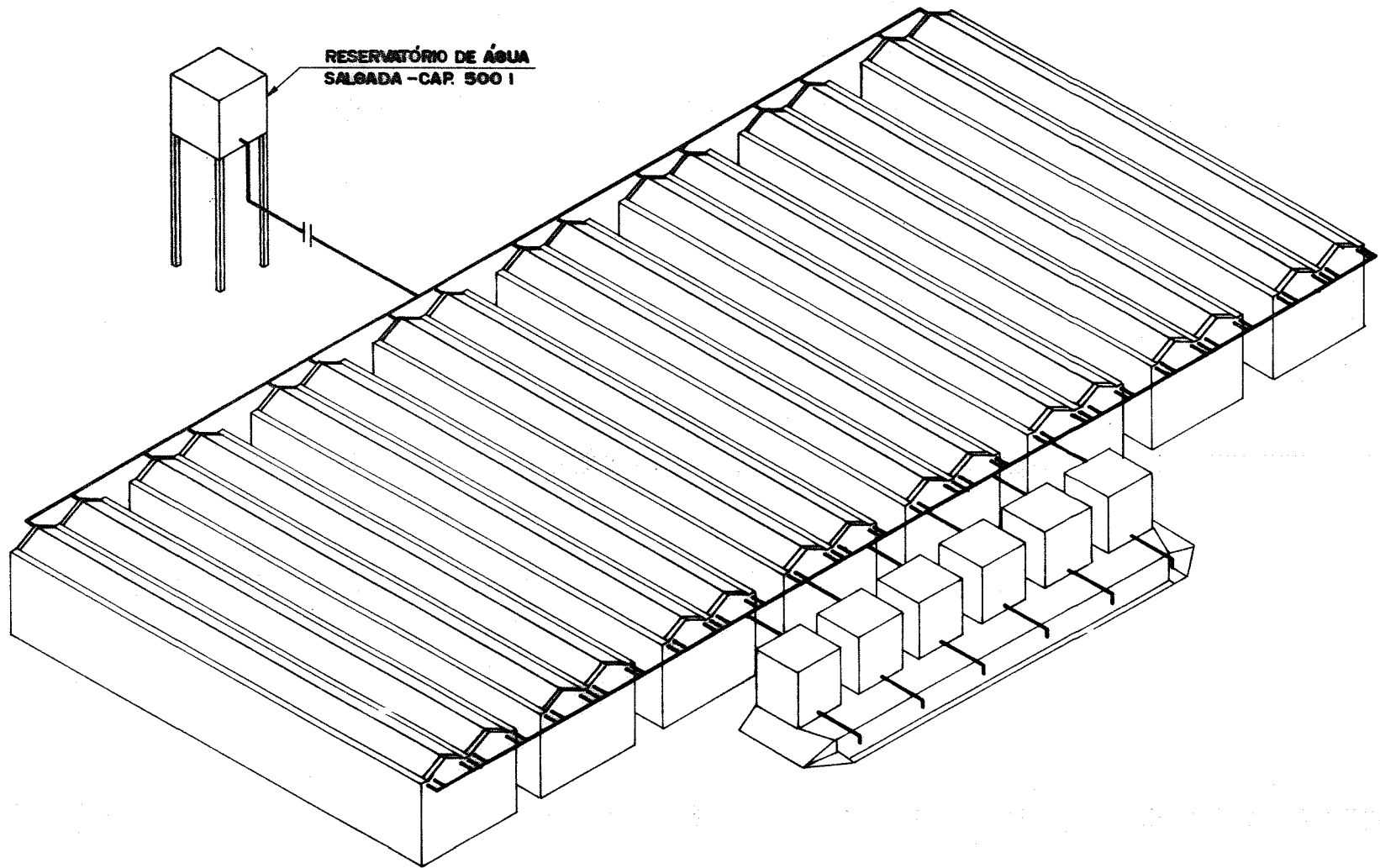


FIGURA 4.1.4
DESTILADOR SOLAR - ISOMÉTRICA
Fonte: LHSAMA

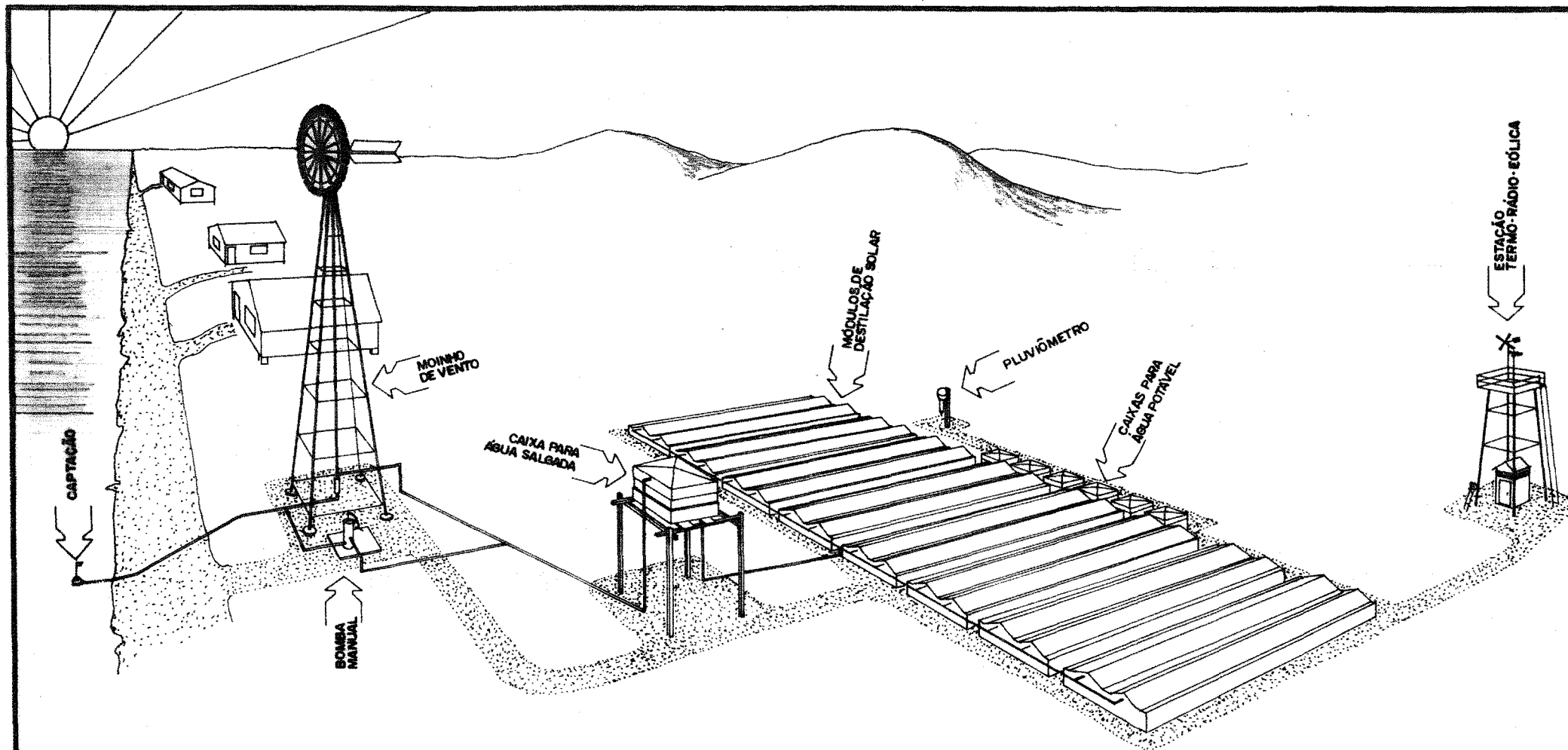


FIGURA 4.1.5
DESTILADOR SOLAR - PERSPECTIVA
 Fonte: LHSAMA

4.2 - Metodologia de Obtenção dos Dados

4.2.1. Coleta das Amostras

Foram coletadas amostras de água do mar, destilada e água da chuva.

A água do mar foi coletada junto a tomada de água do sistema de bombeamento de água salgada para alimentação dos módulos de destilação. Os cuidados tomados foram no sentido de se evitar ao máximo, revolver os sólidos depositados sobre a areia do fundo, bem como não coletar a amostra muito próximo da superfície.

A água destilada foi coletada quando o destilador estava em funcionamento, isto é, destilando a água do mar, na saída das calhas coletoras de água destilada, pouco antes da água cair nos reservatórios.

A água da chuva foi coletada no instante em que estava chovendo, colhida pela cobertura de vidro dos módulos destiladores e conduzida pelas calhas laterais e centrais, até os mesmos reservatórios que recebem a água destilada.

Todas as águas, com exceção das amostras de água para determinação de O_2 , foram coletadas em frascos plásticos, embalagens que serviram para comercializar o álcool de uso farmacêutico e doméstico, os quais foram devidamente lavados no laboratório, tendo sido preparados para servirem de material de coleta de água no campo.

4.2.2. Parâmetros determinados

As amostras de água foram analisadas no Laboratório de Análises do Instituto de Saneamento Ambiental, de responsabilidade do Núcleo de Análises - NUANA deste Instituto.

Para cada tipo de água analisou-se os parâmetros:

- . Cálcio (Ca)
- . Potássio (K)
- . Sódio (Na)
- . Magnésio (Mg)
- . Cloreto (Cl)
- . Fluoreto (F)
- . Brometo (Br)
- . Dureza (mg/CaCO₃)
- . Alcalinidade Total
- . Salinidade (mg/ℓ de Sais)
- . pH
- . Temperatura (°C)
- . Oxigênio dissolvido (O₂)

4.2.3. Preservação das Amostras

Para cada tipo de água, coletou-se, em cada amostra, 4 litros de água, em 4 garrafas plásticas de 1 litro cada e 1 frasco de vidro, de 100 ml, com tampa de vidro esmerilhado.

Foram preservados com ácido nítrico HNO₃ (2 ml/ℓ) 2 litros de cada amostra, para fazer o pH baixar de 2, conforme recomenda o Standard Methods ... (20). Estas águas, assim preservadas, foram para a análise de Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio e Dureza.

As águas coletadas nos frascos de vidro, foram preservadas com 2 ml de Azida, 2 ml de Sulfato Manganoso e

2 ml de Ácido Sulfúrico, nesta ordem. Estas águas, assim preservadas foram para análise de oxigênio dissolvido.

Os outros 2 litros de cada amostra, não foram preservados e serviram para as demais análises.

4.2.4. Metodologia das Análises Realizadas

Cálcio

Foi utilizado o método titulométrico complexométrico, através da titulação com EDTA.

Tomou-se 100 ml da amostra e ajustou-se o pH para 12, em seguida acrescentou-se 0,25 g de Murexida e titulou-se com EDTA até atingir a passagem da cor vermelha para lilás.

A água do mar foi diluída a 1% para a titulação. O cálculo da concentração de cálcio foi obtido por:

- a) leitura de ml de EDTA consumido na amostra-A
- b) equivalente de CaCO_3 -B

$$\text{Ca (mg/l)} = \frac{A \times B \times 400,8}{\text{ml da amostra}}$$

Magnésio

O magnésio foi obtido por processo indireto, baseado no resultado da dureza da água, considerando que os sais responsáveis pela dureza são o cálcio e o magnésio, desprezando a influência dos demais sais. A expressão utilizada foi:

$$\text{Mg (mg/l)} = \frac{\text{Dureza (em mg/l de CaCO}_3) - 2,497 \text{ (Ca, mg/l)}}{4,118}$$

Potássio e Sódio

Foi utilizado o fotômetro de chama, marca Coleman, modelo 21.

O roteiro de análises consiste basicamente de dois passos; padronização do fotômetro e leitura da amostra.

Na padronização do fotômetro, colocou-se uma unidade padrão, fazendo-se o ajuste de acordo com a percentagem de concentração do elemento esperado na amostra.

A leitura de concentração dos sais de potássio e sódio foram feitas colocando-se no fotômetro 5 ml da amostra e o filtro do respectivo elemento, procedendo na sequência, a leitura direta da concentração.

Considerando-se as altas concentrações das águas do mar e no outro extremo as ínfimas concentrações de sais na água destilada e da chuva, foram utilizados dois padrões de concentrações próximas da encontrada nas amostras.

Cloretos

Foi utilizado o método titulométrico, com nitrato de prata (Ag NO_3) e cromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr O}_4$).

Preparando-se 100 ml da amostra com 6 gotas de $\text{K}_2\text{Cr O}_4$, titulava-se com Ag NO_3 até atingir a passagem da cor amarela para o vermelho tijolo.

A água do mar foi diluída a 1% para a titulação.

A concentração do nitrato de prata, foi obtida pela comparação na titulação da solução padrão de cloreto de sódio (Na Cl).

Todas as análises foram comparadas com a titulação de uma amostra branca, composta de água deionizada.

O cálculo da concentração de cloreto, foi obtida por:

- a) leitura de Ag NO_3 consumido na amostra - A
- b) leitura de Ag NO_3 consumido no branco - B
- c) fator de correção comparado com o cloreto de sódio - f

$$\text{Cl}^- (\text{mg}/\ell) = (A - B) \times f \times 5$$

Brometo

Foi adotado o método colororimétrico, com a utilização do espectrofotômetro.

O processo consiste basicamente da comparação da leitura da amostra com a leitura de solução padrão.

Assim, inicialmente preparou-se a curva de calibração com a leitura de 4 soluções padrões.

A curva de calibração foi plotada tendo no eixo das abcissas o logarítmo da transmitância e no das ordenadas a quantidade de brometo.

As soluções padrões foram preparadas a partir de uma solução de brometo de potássio onde cada ml equivalia a mg de brometo de potássio. Tomou-se 1 ml, 3 ml, 5 ml e 10 ml dessa solução e completou-se cada uma com água deionizada até atingir 10 ml.

A preparação destas soluções e da amostra para a leitura no espectrofotômetro, seguiram os seguintes passos:

- a) material preparado em um funil de separação de 125 ml;
- b) adicionou-se 1 ml de solução de iodeto de potássio e ácido sulfúrico;
- c) deixou-se descansar durante um período de 30 minutos em banho de gelo;
- d) acrescentou-se 1 ml de solução de permanganato de potássio;
- e) novamente o material foi levado ao banho de gelo por um período de 10 minutos;
- f) acrescentado 5 ml de tetracloreto de carbono;
- g) agitação para promover a mistura;
- h) material em repouso até ocorrer a separação; e
- i) após a separação, rapidamente tirou-se a parte inferior, procedendo-se a leitura no espectrofotômetro.

As leituras das amostras em transmitância, foram transferidas para a curva de calibração, obtendo-se assim a quantidade de brometo em mg.

O resultado da concentração foi obtido considerando:

- a) as amostras de água do mar foram de 10 ml e das águas de chuva e destilada de 50 ml;
- b) a concentração de brometo foi obtida pela expressão:

$$\text{Br}^- (\text{mg}/\ell) = \frac{\text{mg de Br}^- \text{ lido na curva}}{\text{ml da amostra}} \times 1000$$

Fluoreto

Foi utilizado o método colorimétrico com destilação prévia.

O processo consistiu basicamente de duas fases: destilação preliminar e quantificação por comparação colorimétrica.

A destilação preliminar foi processada obedecendo os seguintes passos:

- a) adicionou-se 200 ml de água destilada a 200 ml de H_2SO_4 ;
- b) em seguida destilou-se a 180°C até atingir a destilação dos 200 ml de água;
- c) adicionou-se 200 ml da amostra a porção não destilada, procedendo-se nova destilação até atingir os 200 ml de água destilada.

A quantificação por comparação colorimétrica foi realizada, obedecendo-se os seguintes passos:

- a) tomou-se 100 ml da amostra destilada e acrescentou-se 5 ml de ácido zirconil alizarina;
- b) deixou-se em descanso durante um período de 1 hora; e
- c) procedeu-se a leitura da concentração de fluoo

reto por comparação colorimétrica, utilizando um comparador Hellige da Aqua Tester, com disco para leitura de fluoreto, com graduação de 0,0 a 1,6 mg/ℓ.

Dureza

Foi utilizado o método titulométrico, composto pelos seguintes passos:

- a) alcalização da amostra com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N até pH 8;
- b) diluição de 0,25 g de cianeto de sódio (NaCN), para evitar interferentes;
- c) adição de 5 gotas de preto de eriocromo;
- d) titulação com EDTA, até a viragem da cor vermelha para azul brilhante.

Dureza (em mg/ℓ de CaCO₃) =

$$= \frac{\text{mℓ de EDTA} \times \text{mg CaCO}_3 \times \text{Eq. EDTA} \times 1000}{\text{mℓ da amostra}}$$

Alcalinidade

O método adotado foi o titulométrico, utilizando-se o potenciômetro para controle do pH.

Tomou-se 100 mℓ da amostra e titulou-se com ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,02 N, até atingir pH 4,2.

Alcalinidade (em mg/ℓ de CaCO₃) = mℓ (H₂SO₄) x 10

Salinidade

Foi utilizado o método titulométrico, através da titulação com nitrato de prata (AgNO₃).

Preparando-se 25 mℓ de amostra com 6 gotas de cro

mato de potássio (K_2CrO_4), titulava-se com $AgNO_3$ até atingir a passagem da cor amarela para vermelho tijolo.

As concentrações de $AgNO_3$ foram diferentes para a determinação da salinidade da água do mar e águas da chuva e destilada.

A concentração do $AgNO_3$, era obtida pela concentração na titulação da solução padrão de cloreto de sódio ($NaCl$).

Com estes passos, obteve-se a clorosidade, dada pela expressão:

$$Cl_0 (\%) = d \times N \times 0,0355 \times \frac{1000}{25}$$

onde

d = ml de $AgNO_3$ consumido pela amostra

N = normalidade do $AgNO_3$

A salinidade foi obtida pela expressão:

$$\text{Salinidade (mg/l)} = (0,03 + 1,805 (Cl_0 (\%))) \times 1000$$

Oxigênio Dissolvido

Foi utilizado o método titulométrico de Winkler, com 100 ml da amostra preparada com 2 ml de sulfato manganoso ($MgSO_4$), 2 ml de solução alcalina de azida de sódio (NaN_3) e 2 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

O iodo presente, foi titulado com solução de tiosulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$) a 0,025 N, até aparecer a coloração amarela clara, quando foi adicionado 2 ml de solução de amido a 1% (cor azul) e continuou-se titulando até a tonalidade incolor.

$$O_2(\text{dissolvido}) (\text{mg/l}) = \text{ml de } (Na_2S_2O_3 \cdot 0,025 N) \times 2$$

pH

O índice de potencial hidrogeônico foi determinado em campo, no instante da coleta da amostra, através do método colorimétrico.

Foram utilizadas fitas indicadoras, com escala de 0,5, variando de 5,5 a 9,0.

Temperatura

A temperatura foi medida em campo, no instante da coleta da amostra, através de termômetro de álcool com escala de 1°C, variando de -10°C a 60°C.

4.2.5. Estudos de Correção do Teor de Sais

As concentrações de sais na água, poderão ser corrigidas através de diversos processos, destacando-se: Mistura proporcional de água salobra (ou água do mar), Preparo de solução com sais que poderão ser adquiridos no comércio e Uso de material local.

a) Mistura proporcional de água salobra.

Esta mistura somente poderá ser executada após uma inspeção sanitária da água salobra, principalmente quanto a existência de elementos tóxicos que eventualmente poderão ocorrer nestas águas, sendo destacados os seguintes sais tóxicos: arsênico, bário, cádmio, cromo hexavalente, cianeto, chumbo, selênio, prata, etc..., os quais são admitidos, na água potável, em quantidades muito pequenas, da ordem de décimos e centésimos de mg/l, sendo alguns totalmente proibidos e de maneira geral, é recomendado a ausência de todos eles.

A mistura será limitada pelo elemento contido na água salobra que devido a sua concentração, primeiro atingirá os limites recomendados para a água potável. Este limite, poderá ser o valor máximo desejado, fixado pelas normas de qualidade da água potável.

b) Preparo de soluções com sais disponíveis no comércio.

Esta prática é a mais aconselhável, pois permite o controle completo das concentrações dos elementos na água. Assim, por exemplo, a dureza poderá ser corrigida pela adição de cal, na proporção adequada, até se atingir valores desejados.

A aplicação da cal na água deverá ser precedida de hidratação. A extinção, combinação da cal com a água, libera calor que não é desejável na água a ser distribuída.

Com a finalidade de prevenir altas temperaturas na extinção da cal virgem, é recomendada uma relação água/cal em torno de 4/1, obtendo-se assim uma suspensão, que será aplicada à água na dosagem necessária para aumentar a dureza e melhorar o sabor.

Um fator importante deste processo, é que os sais necessários à complementação da dieta alimentar da população servida, poderão ser fornecidos através da água.

c) Uso de Materiais Locais.

No caso em que a água salobra não apresente condições de ser utilizada para melhorar a composição química da água destilada, aliada às dificuldades financeiras ou ainda devido à impossibilidade de se levar até o local os produtos químicos necessários, pode-se fazer uma pesquisa local de possíveis jazidas de materiais que supram as necesidades.

Um exemplo desta solução é a utilização de cascas de ostras moídas ou calcinadas.

Tratando a água com passagem através de cascas de ostras moídas ou diluindo a cal obtida da calcinação, pode-se aumentar a dureza da água ao mesmo tempo que melhora-se o sabor.

Com a finalidade de analisar a melhor forma de utilizar a casca de ostra, foram realizadas experiências em laboratório:

- a) passagem da água através de uma camada de casca de ostra moída;
- b) solução preparada com casca de ostra moída e calcinada; e
- c) solução preparada com casca de ostra calcina-da e moída.

A diferença entre a experiência b e c, é que a casca de ostra foi moída antes de ser calcinada na primeira, e na segunda a casca de ostra foi inicialmente calcinada

para depois ser moída.

Os ensaios de laboratório indicaram os valores a apresentados na tabela 4.2.5.1.

Tabela 4.2.5.1. Correção da dureza da água com cascas de ostras.

EXPE- RIÊNCIA	QUANTIDADE DE CASCA DE OSTRAS		VOLUME DE ÁGUA DE DILUIÇÃO	DUREZA DA ÁGUA APÓS 24 h. DE CONTATO	DUREZA/g. DE MATE- RIAL SECO
	PESO SECO g	PESO CALCINADO g			
a	13,6001	—	200	5,6	0,5
b	11,5949	6,8159	200	831,6	83
c	21,8117	14,2284	200	918,4	45

4.3 - Resultados

As atividades de campo tiveram início no mês de dezembro de 1983, tendo sido encerradas no mês de abril de 1984.

De acordo com o exposto anteriormente, foram coletadas amostras de água do mar, água destilada e água da chuva.

Apenas uma amostragem teve sua data coincidente de coleta de amostra de água da chuva e água destilada. No dia 20 de março pela manhã o destilador estava destilando, e a tarde ocorreram chuvas na região, fato que permitiu a coleta das duas amostras.

Os resultados das análises físico-químicas das águas coletadas, estão apresentadas nas tabelas 4.3.1, 4.3.2. e 4.3.3.

Foram encontrados em alguns resultados, conforme destacados nas tabelas, valores muito distantes das médias dos demais, razão pela qual os mesmos não foram considerados nas avaliações dos resultados. As análises foram repetidas e os resultados confirmados, e não foi possível identificar as causas destas variações.

TABELA 4.3.1 — Resultados das análises das amostras de água do mar.

Data da coleta	13/12/83	25/01/84	07/02/84	29/02/84	20/03/84	27/03/84	12/04/84	01/06/84	26/07/84	02/08/84	10/08/84	17/08/84	30/08/84	20/09/84	29/09/84
Nº da amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Condições do tempo	CP	CH	CH	TB	CH	CH	TB	TB	CH	CH	CH	CH	CH	CH	TB
1 - CÁLCIO ——— Ca	280,28	142,40	165,50	250,00	250,00	192,38	229,00	355,00	454,50	353,50	320,60	206,10	312,10	312,10	260,10
2 - MAGNÉSIO ——— Mg	392,94	400,78	447,73	590,03	1.067,93	1.108,21	707,92	964,92	1.920,62	1.924,07	2.117,40	1.114,95	950,14	983,65	981,67
3 - POTÁSSIO ——— K	327,10	234,15	268,00	349,50	322,10	317,90	328,00	407,24	430,43	413,04	459,42	413,04	360,86	366,66	297,10
4 - SÓDIO ——— Na	6.915,90	5.697,00	6.181,00	8.186,00	7.441,00	7.441,00	7.360,00	9.347,82	9.379,13	9.379,13	9.739,13	9.739,13	9.347,82	9.608,69	9.086,95
5 - CLORETO ——— Cl ⁻	10.500,00	16.500,00	13.500,00	17.500,00	15.000,00	14.200,00	8.745,00	8.162,00	10.625,00	9.875,00	10.125,00	9.500,00	8.875,00	9.375,00	13.200,00
6 - BROMETO ——— Br ⁻	20,00	10,00	10,00	10,00	6,00	5,00	40,00	80,00	20,00	95,00	25,00	15,00	15,00	25,00	25,00
7 - FLUORETO ——— F ⁻	0,70	0,50	0,60	0,80	0,70	0,70	0,70	1,10	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	1,10
8 - DUREZA ———	2.318,00	2.006,00	2.257,00	3.054,00	5.022,00	5.044,00	3.487,00	4.860,00	9.044,00	8.806,00	9.520,00	5.106,00	4.692,00	4.830,00	4.692,00
9 - ALCALINIDADE ———	56,00	48,00	60,00	76,00	62,00	64,00	80,00	80,00	70,00	66,00	68,00	64,00	62,00	64,00	60,00
10 - SALINIDADE ———	22.500,00	19.000,00	21.950,00	29.280,00	26.250,00	26.260,00	28.090,00	26.440,00	24.500,00	22.540,00	28.570,00	27.380,00	25.340,00	25.920,00	25.240,00
11 - Oxigênio dissolvido —	6,50	6,80	5,20	6,60	5,20	5,60	6,20	6,20	7,60	7,20	7,60	(*) 113,80	8,00	6,50	6,20
12 - pH ———	7,00	6,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	7,00	6,50	6,50	7,00	7,00	6,50	6,50	6,50
13 - TEMPERATURA ———	29,00	28,00	28,00	32,00	27,00	29,00	26,00	29,00	18,00	19,00	20,00	17,50	16,00	22,00	26,00

RESULTADOS EM: 1 a 7 — mg / l
 8 e 9 — mg / l / CaCO₃
 10 e 11 — mg / l
 12 — pH
 13 — °C

CONDIÇÕES DO TEMPO: CH — CHUVOSO
 NU — NUBLADO
 CP — CHUVA NO PERÍODO ANTERIOR
 TB — TEMPO BOM

OBS: (*) RESULTADO NÃO CONSIDERADO

TABELA 4.3.2 — Resultados das análises das amostras de água destilada.

Data de coleta	13/12/83	28/02/84	20/03/84	12/04/84	01/06/84	28/09/84
Nº 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

ISS: (*) RESULTADO NÃO CONSIDERADO

RESULTADOS EM: 1 a 7 — mg / l
 8 e 9 — mg / l / CaCO₃
 10 e 11 — mg / l
 12 — pH
 13 — °C

CONDIÇÕES DO TEMPO: CH — CHUVOSO
 NU — NUBLADO
 CP — CHUVA NO PERÍODO ANTERIOR
 TB — TEMPO BOM

TABELA 4.3.3 — Resultados das análises das amostras de água da chuva.

Data da coleta	25/01/84	07/02/84	20/03/84	27/03/84	26/07/84	02/08/84	10/08/84	17/08/84	30/08/84	20/09/84
Nº da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Condições do tempo	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1- CÁLCIO ————— Ca	1,84	2,20	3,50	1,60	3,40	1,60	2,50	2,50	0,90	2,02
2- MAGNÉSIO ————— Mg	0,83	0,61	1,76	1,46	2,04	0,24	0,13	0,30	0,16	0,74
3- POTÁSSIO ————— K	0,30	0,35	0,35	0,30	(+13,45	0,61	0,67	0,35	0,16	0,16
4- SÓDIO ————— Na	0,90	4,25	2,45	4,95	(+38,70	0,85	3,48	3,02	1,65	0,62
5- CLORETO ————— Cl ⁻	9,30	8,00	3,50	3,00	(+70,50	2,00	7,80	2,50	1,50	2,00
6- BROMETO ————— Br ⁻	4,00	4,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	4,00	2,00	2,00
7- FLUORETO ————— F ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8- DUREZA —————	8,00	8,00	16,00	10,00	16,90	3,00	5,70	5,00	2,90	8,10
9- ALCALINIDADE —————	4,00	4,00	8,00	4,00	6,00	2,00	10,00	4,00	4,00	4,00
10- SALINIDADE —————	41,00	39,00	40,00	40,00	(+124,00	43,00	50,00	41,00	39,00	35,40
11- OXIGÊNIO DISSOLVIDO —————	8,00	8,00	7,00	7,80	9,60	9,60	9,20	(+13,80	9,00	8,10
12- pH —————	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
13- TEMPERATURA —————	27,00	23,00	26,00	24,00	15,00	20,00	20,00	12,50	14,00	17,00

OBS: (+) RESULTADOS NÃO CONSIDERADOS

RESULTADOS EM: 1 a 7 — mg / l
 8 e 9 — mg / l / CaCO₃
 10 e 11 — mg / l
 12 — pH
 13 — °C

CONDIÇÕES DO TEMPO: CH — CHUVOSO
 NU — NUBLADO
 CP — CHUVA NO PERÍODO ANTERIOR
 TB — TEMPO BOM

5.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os valores das concentrações de sais nas águas do mar, destilada e da chuva, indicados na literatura, consideravam a média das concentrações, ressaltando que os mesmos variavam naquele entôrno.

Os valores apresentados na tabela 5.1, foram obtidos da média aritmética dos valores encontrados nas análises das águas pesquisadas.

A água do mar apresentou concentrações bastante inferiores aos valores apontados pela literatura, porém, talvez isto se deva ao fato de que os valores médios esperados para a água do mar, estão referidos a águas de alto mar, e no caso particular deste trabalho, foram analisadas as águas de uma baía, que na região próxima ao local de coleta das amostras, recebe grandes contribuições de água doce, devido a diversos rios que ali desagüam, tendo sido presenciado nas visitas realizadas, em épocas de chuvas, grandes variações na cor da água do mar, características daqueles rios que carreiam grande quantidade de material sólido em suspensão e disssolvidos em épocas de chuvas.

A água destilada também apresentou resultados surpreendentes, com valores muito acima de zero, contrariando o que preconizam muitos autores, e também além dos limites de 10 mg/ℓ de salinidade apregoado por outros.

TABELA 5.1 — Concentrações médias dos elementos contidos nas águas do mar, destilada e da chuva.

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 ₃	4.982,53	4,50	8,36
9 - ALCALINIDADE —————	mg/l/CaCO ₃	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

Observando-se as médias das concentrações dos elementos contidos na água da chuva, verifica-se que, com exceção do brometo, os demais valores são aproximadamente iguais ao da água destilada.

Devido os valores surpreendentes encontrados na água destilada, algumas amostras foram enviadas, para análise, ao laboratório da Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - SUREHMA (Órgão vinculado à Secretaria de Estado do Interior do Paraná), que é reconhecida pelos padrões da OMS, tendo sido confirmado os resultados.

Analisando-se os valores encontrados na água do mar e correspondente água destilada, conforme tabela 5.2, verifica-se que não há nenhuma correlação entre os valores, os quais não seguem uma mesma tendência de variação, enquanto um aumenta o outro ora aumenta ora diminui ou vice-versa.

Corroborando esta última observação, o funcionamento do sistema, que é contínuo, na água destilada, praticamente independe da concentração de sais na água do mar, não havendo assim, sentido em se analisar a eficiência da remoção de sais do destilador. Deve ser salientado que o sal que fica no fundo do destilador, é diluído na água de alimentação, sucessivamente, até que todo o sal seja retirado na época de limpeza da unidade destiladora.

Se houvesse uma correlação entre a concentração de sais na água do mar e a destilada, sua identificação deveria observar:

- a) período de limpeza do destilador;
- b) todos os sais contidos no destilador seriam sempre diluídos na água de alimentação;
- c) que a eficiência de remoção de sais é fixa, independente da concentração;

vê-se claramente, nesta hipótese, que no decorrer do tempo, a concentração de sais na água destilada deveria aumentar.

Considerando-se que a qualidade química da água desti

TABELA 5.2 — Concentrações na água do mar e correspondente água destilada.

Data da coleta	13/12/83	28/02/84	20/03/84	12/04/84	12/06/84	28/09/84
Nº da amostra	1 / 1	4 / 2	5 / 3	7 / 4	8 / 5	15 / 6
Condições do tempo	CP	TB	CH	TB	TB	TB
1- CÁLCIO ——— Ca	280,28 1,60	250,00 1,20	250,00 1,60	229,00 1,08	355,00 1,60	260,10 1,50
2- MAGNÉSIO ——— Mg	392,94 0,97	590,03 0,29	1.067,93 0,01	707,92 1,04	964,92 0,65	981,60 0,20
3- POTÁSSIO ——— K	327,10 0,50	349,50 0,10	322,10 0,25	328,00 0,35	407,24 0,48	297,10 0,60
4- SÓDIO ——— Na	6.9 15,90 3,45	8.186,00 0,65	7.44 1,00 1,80	7.360,00 5,40	9.347,82 0,28	9.086,95 1,42
5- CLORETO ——— Cl ⁻	10.500,00 1,00	17.500,00 1,00	15.000,00 1,00	8.745,00 1,00	8.162,00 0,60	13.200,00 1,00
6- BROMETO ——— Br ⁻	20,00 0,00	10,00 0,00	6,00 0,00	40,00 0,00	80,00 0,00	25,00 0,00
7- FLUORETO ——— F ⁻	0,70 0,00	0,80 0,00	0,70 0,00	0,70 0,00	1,10 0,00	1,10 0,00
8- DUREZA ———	2.318,00 8,00	3.054,00 4,00	5.022,00 4,00	3.487,00 7,00	4.860,00 1,30	4.692,00 2,70
9- ALCALINIDADE ———	56,00 4,00	76,00 3,00	62,00 4,00	80,00 7,00	80,00 10,00	60,00 4,00
10- SALINIDADE ———	22.500,00 32,00	29.280,00 32,00	26.250,00 30,00	26.090,00 40,00	26.440,00 39,00	25.240,00 39,90
11- Oxigênio dissolvido —	6,50 5,30	6,60 5,00	5,20 6,60	6,20 7,00	6,20 10,40	6,20 5,40
12- pH ———	7,00 6,00	6,50 5,00	6,50 5,00	6,50 5,00	7,00 6,00	6,50 5,00
13- TEMPERATURA ———	29,00 35,00	32,00 44,00	27,00 30,00	26,00 30,00	29,00 27,00	26,00 36,00

RESULTADOS EM: 1 a 7 — mg / l
8 e 9 — mg / l / Ca CO₃
10 e 11 — mg / l
12 — pH
13 — °C

CONDIÇÕES DO TEMPO: CH — CHUVOSO
NU — NUBLADO
CP — CHUVA NO PERÍODO ANTERIOR
TB — TEMPO BOM

lada não pode ser correlacionada com a água de sua origem, convém observar os resultados obtidos, examinando-se os extremos, no sentido de avaliar as situações críticas, correlacionando-os com os limites de concentrações recomendados à água potável.

Os limites apresentados pelas análises das amostras, mostrados nas tabelas 5.3 e 5.4, foram escolhidos dentre os menores e maiores valores detectados, sem levar-se em consideração a composição global da amostra, devendo portanto serem olhados com reservas, pois não representam a condição extrema de uma amostra, porém, têm a finalidade de realçar dentre os valores obtidos, aqueles mais críticos.

Observando-se estes valores extremos, verifica-se que os mesmos comparados aos valores convencionais de água potável apresentam uma diferença muito significativa, podendo-se admitir praticamente a ausência de sais, tanto na água destilada como na água da chuva.

Esta constatação confirma a necessidade de correção do teor de sais nestas águas a níveis compatíveis com as águas naturais.

Os limites mínimos ideais de concentração dos diversos sais na água potável, não foi definido pela literatura consultada, não tendo-se notícia dos mesmos terem sido fixados por estudos já realizados neste sentido.

Uma referência que merece destaque como definição de limite mínimo de concentrações de sais na água potável, é o resultado da experiência de EL'PINER, o qual aponta uma concentração de 100 mg/l de sal na água como um valor ótimo.

A salinidade média encontrada na água destilada ou da chuva foi de 40 mg/l, que representa apenas 40% do valor recomendado por EL'PINER.

TABELA 5.3 — Concentrações máximas e mínimas dos elementos medidos na água destilada

ELEMENTO	UNIDADES	Concentração mínima	Concentração máxima
1- CÁLCIO ————— Ca	mg / l	1,08	1,60
2- MAGNÉSIO ————— Mg	mg / l	0,01	1,04
3- POTÁSSIO ————— K	mg / l	0,10	0,67
4- SÓDIO ————— Na	mg / l	0,28	5,40
5- CLORETO ————— Cl ⁻	mg / l	0,60	1,00
6- BROMETO ————— Br ⁻	mg / l	0,00	0,00
7- FLUORETO ————— F ⁻	mg / l	0,00	0,00
8- DUREZA —————	mg / l. CaCO ₃	1,30	8,00
9- ALCALINIDADE —————	mg / l. CaCO ₃	3,00	10,00
10- SALINIDADE —————	mg / l	30,00	40,00
11- OXIGÊNIO DISSOLVIDO ———	mg / l	5,00	7,00
12- pH —————	—	5,00	6,00
13- TEMPERATURA —————	°C	27,00	44,00

TABELA 5.4 — Concentrações máximas e mínimas dos elementos medidos na água da chuva.

ELEMENTO	UNIDADES	Concentração mínima	Concentração máxima
1 - CÁLCIO ————— Ca	mg / l	0,90	3,50
2 - MAGNÉSIO ————— Mg	mg / l	0,13	2,04
3 - POTÁSSIO ————— K	mg / l	0,16	0,67
4 - SÓDIO ————— Na	mg / l	0,62	4,95
5 - CLORETO ————— Cl ⁻	mg / l	3,00	9,30
6 - BROMETO ————— Br ⁻	mg / l	1,50	4,00
7 - FLUORETO ————— F ⁻	mg / l	0,00	0,00
8 - DUREZA —————	mg / l. CaCO ₃	2,90	16,00
9 - ALCALINIDADE —————	mg / l. CaCO ₃	2,00	10,00
10 - SALINIDADE —————	mg / l	39,00	50,00
11 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO —	mg / l	7,00	9,60
12 - pH —————	—	5,00	5,00
13 - TEMPERATURA —————	°C	12,50	27,00

6.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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 os diversos usos nas residências, no comércio e na indústria, cresceram ao longo do tempo, devido as melhorias das condições sanitárias e o 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 aquelas 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 as condições básicas de sobrevivência não são disponíveis, e quando existem, sua qualidade química não satisfaz aos requisitos básicos de potabilidade.

Considerando-se estas situações e salientando que o uso de unidades dessalizadoras é uma solução de custos ele

vados, com um custo estimado em Cr\$ 20.000.000 (vinte milhões de cruzeiros), para a implantação de um destilador, com capacidade para produzir 1 (um) metro cúbico de água destilada por dia, que requer além dos investimentos de sua implantação, contínuo acompanhamento técnico de operação e manutenção, serão abordados a seguir as conclusões e recomendações fruto deste trabalho.

6.1. CONCLUSÕES

Pela análise dos dados, conforme exposto no capítulo anterior, ficou evidenciado que o processo de destilação reduz excessivamente o teor de sais na água, fato este que com prova a importância deste estudo, inédito no Brasil, realçando os objetivos estabelecidos, os quais foram plenamente atin gidos, permitindo que fossem tecidas as observações a seguir relacionadas:

1º - Quanto a qualidade das águas destilada e da chuva, tornou-se evidente a necessidade da correção do teor de sais, devido a 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 mis tura proporcional desta com a água a ser distribuída à população;
- dieta alimentar da população servida: conside - rando suas carências de sais na dieta alimentar;
- condições sócio-econômicas: disponibilidade de recursos financeiros para a operação e manuten - ção do sistema;

2º - A correção do teor de sais pelo método da uti lização de cascas de ostras, é uma solução que tem sido uti lizada com sucesso em outras instalações semelhantes, confor-

me indicações na literatura consultada. Pelos resultados encontrados nas experiências de laboratório, é recomendável que as mesmas sejam calcinadas e moídas;

3º - 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.

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

5º - É imperioso que sejam estabelecidos pelo Ministério da Saúde, os teores mínimos de sais indispensáveis à higiene das populações e incluídas 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 dependem apenas da origem da água salobra e da possível permanência de elementos tóxicos após a destilação.

6.2 - 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:

- 1º - 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;
- 2º - 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...).
- 3º - as condições sociais da população beneficiada, devem ser minuciosamente estudadas, verificando-se suas aspirações, necessidades e principalmente sua capacidade de assimilação do projeto. Apesar do sistema implantado ter sido concebido como uma unidade piloto, parece que nas dimensões (160 m²) 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 m², 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.

- 4º- 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 aproveitado também a água da chuva como reforço ao sistema abastecedor. Considerando-se que durante os períodos de estiagem será produzido apenas a água destilada, pode-se assim projetar a unidade destiladora, interpretando-a como um "regularizador" das condições pluviométricas local.

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

- 5º- deve ser salientada a importância da continuidade de destes estudos, tanto no sentido de aprimorar os modelos de unidades destiladoras procurando soluções mais econômicas e de maior produtividade, como procurando determinar todas as implicações da destilação na qualidade da água, quanto a permanência de metais pesados, tóxicos ou ainda elementos de origem orgânica que pos-

...sam comprometer a potabilidade da água.

- 6º- 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 do teor de sais poder ser corrigido dosando com a própria água, que por ser subterrânea dever ser naturalmente límpida.
- 7º- 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 dificuldades de grandes regiões áridas ou semi-áridas, que dependem destas soluções para serem atendidas as suas necessidades básicas de saneamento.

7.0 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. BATALHA, BEM-HUR LUTTEMBARK & PARLATORE, Antonio Carlos. 1977. Controle da Qualidade da Água Para Consumo Humano - Bases Conceituais e Operacionais. São Paulo CETESB. 1980.
2. 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.
3. CAMP, Thomas R. 1963. Water and Its Impurities. New York, Reinhold Publishing Corporation.
4. CLARK, John W. et alii. 1977. Water Supply and Pollution Control. New York, IEP-Dun Donnelley, Harper & Rox Publishers 857 p.
5. COUTINHO, Ruy. 1981. Noções de Fisiologia da Nutrição. Rio de Janeiro-RJ. Ministério da Educação e Cultura. 2ª ed. 512 p.
6. CUSTÓDIO; Emílio. Hidrologia Subterrânea. 1ª ed. Tomo II. Ediciones Omega, S.A. - Casa Nova, 220 - Barcelona, 11.
7. DACACH, N.G. 1966. Aproveitamento da Água do Mar para seu primeiro Público de Água Potável. Revista DAE, (60):18-22.

8. DORIA, A. 1965. Aspectos de Dessalinização da Água do Mar. Revista DAE, São Paulo, 26 (59): 53-8. dez.
9. DAY, Harvey. 1979. Sal: Quanto Menos, Melhor. Vida e Saúde: 29-30.
10. EL'PINER, L.I. et alii, 1980. Estudo experimental de padronização de composição ótima de sal na água potável. BIOL BIOL Aviakosm Med (Russo), (4): 14:17-7.
11. ESTADOS UNIDOS. Department of Economics and Social Affairs. 1970. Solar Distillation. New York. 86 p.
12. HEM, John D. 1970. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 2ª ed. Geological Survey Water-Supply Paper 1473. United States Government Printing Office, Washington. 363 p.
13. HOWE, E. 1954. Utilization of Sea Water. IN: UNESCO. Reviews Research on Problems of Utilization of Saline Water. Paris. p 73-91.
14. JOOSENS, J.V. 1973. Salt and Hypertension, Water Hardness and Cardiovascular Death Rate. Triangle, (12): 9-16.
15. 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.
16. LEWIS, Willian M. Jr. 1981. Precipitation Chemistry at Nutrient Loading by Precipitation in a Tropical Watershed. Water Resources Research, 17: 169-181.
17. LHSAMA. 1981. 1º Relatório Trimestral de Andamento das Atividades - Projeto LITORAL/LHSAMA. Curitiba-PR, Universidade Católica do Paraná. 31 f.
18. MIKELMAN, J. et alii. 1983. Planta de Desalinización de el Cebolar Estado actual y Resultados. 8 va Reunion Nacional de Trabajo de la Asociacion Argentina de Ener-

- gia Solar - ASADES, 18 de junho al 19 de julio de 1983.
Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
19. NEGUS, Sidney S. 1938. Phy siological aspects of Mine-
ral Salts in Public Water Supplies. Journal American
Water Works Association. U.S.A. 30 (2): 242-64.
 20. PANG BORNE, Rose Marie & PECORE, Suzanne D. 1982.
Taste Perception of Sodium Chloride in Relation to Die-
tary Intake of Salt. The American Journal of Clinical
Nutrition. 35 (3): 510-520
 21. PAULINYI, Erno Ivan. 1968. Abastecimento individual de
Água já tem Solução. ENGENHARIA - Revista do Instituto
de Engenharia. (303): 18-23.
 22. PEARSON, A.M. & WOLZAK, A.M. 1982. Salt-Its Use in
Animal Products - A Human Health Dilema. Journal of
Animal Science. 54 (6): 1263-77.
 23. POLLARD, C.B. 1936. Phy Siological Effects of Mineral
Salts in Natural Waters. Journal American Water Works
Association. U.S.A. 28 (8): 1038-43.
 24. Potabilidade da Água tem Normas e Padrão em todo o País;
Portaria nº 56/Bsb, de 14 de março de 1977. Revista En-
genharia Sanitária. 16 (1): 26-30, jan/mar.
 25. ROCCO ROJAS, REGINALDO S. & VALÊNCIA VILA LOBOS, Pedro S.
1981. Anteprojeto para la Instalacion de una Planta
Desalinizadora en la Segunda Región. Universidad Del
Norte - Departamento de Ingenieria. Antofagasta.
 26. SARTWELL & MAXCY-ROSENAU. Medicina Preventiva e Saúde
Pública. Lisboa. 1ª vol, 2ª ed. trad. Abisio J. M. Coe
lho. Fundação Calouste Gulbenkian.
 27. SAWYER, C.N. & Mc KARTY, P.L. 1967. Chemistry for Sani-
tary Engineers. 2ª ed. Mc Graw Hill Book Company. 518 p.
 28. SCHIAVONE, D.E. 1963. Considerations About the Physio-

- logical aspects and health and the Quality of Drinking Water. Revista de la Sanidad Militar Argentina. 62: 29-35. Jan - Mar.
29. SIDORENKO, G.I. et alii. 1978. Desalinated Water Hygiene and Scientific Basis for its Investigation. J Hygiene Epidemiology, Microbiology, Praha, 22 (3): 257-67.
 30. SMITH, David B. 1955. Reclamation of Water from Sea Water. Engineering Progress at University of Florida. IX (4): 92-96. April.
 31. SPIEGLER, K.S. 1965. Salt - Water Purification. John Siley & Sons, Inc., New York. 167 p.
 32. STAACKMANN, M. & AGARDY, F. 1977. The Potencial of Economic Desalination for Small Systms. Journal Americam Water Works Association. 69 (7): 344-7. July.
 33. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 15th Ed. American Public Health Association.
 34. The Contribution of Drinking Water to Mineral Nutrition Humans 1980. Drinking Water and Health. National Academy Press. Washington. DC. 3: 265-403.
 35. Water Quality Criteria. 1972. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
 36. WYLIE, K.M. Jr., 1959. Como se Puede Edndulzar el Agua Del Mar. Revista Rotaria - Evanston: 18-20. Marzo.