

## PESQUISA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ABASTECIMENTO URBANO NAS DUNAS COSTEIRAS DO CEARÁ

Luiz Alberto Siqueira Campos \*

Maria Amélia Souza Menezes \*\*

\* PLANAT — Consultoria em Recursos Naturais

\*\* CAGECE — Companhia de Água e Esgoto do Ceará

### ABSTRACT

Hydrogeological investigations carried on the coastal area of Ceará State, for public water supply of small communities, demonstrates that groundwater recovery from the aquifer of dunes is a factible and economic solution.

As a result of the studies and drilling works, in 9 communities, 123 water production wells, 27 research wells and 182 boreholes, 2.456 hours of aquifer and step drawdown tests and 1.259 hours of recovery level measurements were perfomed.

Besides the groundwater researchs, the experience has provide considerable perfectioning on the methods of construction, by water jetting and completion of the wells with a double gravel pack. A good performance on the efficiency and usefulness of the wells a aquifer of very fine and homogeneous sand-has been obtained. The abstraction is made by a central vacum pumpins system, connected to the different wells by a common suction line.

### INTRODUÇÃO

O aproveitamento do aquífero dunas da região costeira do Ceará para abastecimento de pequenas e médias comunidades, decorre principalmente da falta de outros recursos hídricos subterrâneos capazes de proporcionar soluções permanentes e de baixo custo para abastecimento urbano.

Os conhecimentos hidrogeológicos disponíveis atualmente sobre esse aquífero a partir de estudos já realizados, demonstram que a captação de água das dunas costeiras é perfeitamente possível e economicamente viável, de acordo com os resultados obtidos pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE.

As captações são constituídas por poços tubulares rasos, perfurados em diâmetro de 10" e revestidos em 6" (excepcionalmente 4"). Os filtros utilizados são de aço galvanizado (em apenas duas localidades eles são de aço inoxidável), do tipo espiralado, com ranhuras contínuas e abertura igual ou inferior a 1,00m. Possuem envoltório duplo (eventualmente simples) de cascalho selecionado de acordo com os critérios de Terzaghi.

De 9 (nove) captações já construídas, 6 (seis) entraram em operação (Abreulândia, Aracati, Cocó, Paracuru, São Gonçalo do Amarante e Tra

iri); 3 (tres) estão construídas (Beberibe, Caponga e Pecém), sendo que em Caponga é necessário a execução de serviços topográficos complementares para elaboração de mapa piezométrico visando limitar a "língua de água salgada" que ocorre devido à penetração das marés na depressão inter-dunar e cuja proximidade deve ser controlada. O quadro I a seguir mostra os quantitativos e a natureza dos serviços no âmbito das investigações hidrogeológicas levadas a efeito pela CAGECE.

QUADRO I

Localidade	Sondagem		Poço Pesquisa		Poço Produtor		Teste Aquífero (h)		Teste Prod.
	Nº Furo	Metro	Nº Furo	Metro	Nº Furo	Metro	Bomb.	Rec.	Hora
Abreulândia	17	206	05	47,60	25	290,15	624	312	-
Aracati	-	-	-	-	12	157,95	288	144	-
Beberibe	14	156,52	14	171,42	17	179,20	144	93	250
Caponga	95	675,32	01	10,00	11	120,65	144	95	60
Cocó	35	287,00	05	42,20	30	315,35	720	360	540
Paracuru	-	-	-	-	11	106,86	264	132	-
Pecém	11	112,35	01	7,70	09	82,38	48	27	92
S.G.do Amarante	02	40,00	-	-	03	38,39	104	36	16
Trairi	08	70,00	01	6,70	05	36,25	120	60	-
T O T A I S	182	1.539	27	283	123	1.323	2.456	1.259	958

A população já beneficiada é da ordem de 77 mil habitantes, devendo este número ser elevado para 90 mil depois de inaugurados os tres sistemas de captação já construídos. Atualmente a oferta de água captada das dunas é da ordem de 15.151,92 m<sup>3</sup>/dia.

Do ponto de vista hidráulico, as unidades que já estão em operação tem apresentado resultados plenamente satisfatórios.

Os sistemas de captação das áreas de Abreulândia e Cocó que serviam de reforço ao abastecimento de Fortaleza, estão sendo desativados a pós 3 (tres) anos de funcionamento, em virtude da inauguração do sistema Pacoti-Riachão-Gavião (tres açudes interligados com capacidade de produção de 4,5 m<sup>3</sup>/s).

#### METODOLOGIA EMPREGADA

Para avaliação da potencialidade dos recursos hídricos subterrâneos a metodologia empregada envolveu análise fotogeológica com a seleção de áreas favoráveis à pesquisa; execução de sondagens em 2" para conhecimento da litologia e espessura saturada; perfuração de poços de pesquisa em 10" para execução de teste de aquífero visando determinar as características hidrodinâmicas, de modo a estimar a capaci

dade de produção dos poços que se pretende construir; dependendo desses resultados, os poços produtores são projetados em número suficiente para atender a demanda de projeto.

### TÉCNICA DE PERFURAÇÃO DOS POÇOS

Os primeiros poços perfurados pela CAGECE, no aquífero dunas, apresentaram baixíssima produtividade com perdas de carga singulares muito altas.

Após um estudo detalhado do problema, concluiu-se serem estas perdas decorrentes do próprio método construtivo. Sendo as dunas depósitos pouco consolidados e extremamente homogêneos (areias com diâmetro efetivo de 0,15mm e uniformemente igual a 1,90), a ação percussiva sobre o "tubo de bater", durante o avanço da perfuração, compacta o material do aquífero em torno do tubo de revestimento provisório. Esta compactação do material reduz a porosidade efetiva e a permeabilidade nas paredes do poço e em suas proximidades imediatas.

Para evitar a compactação utilizou-se o método de lavagem, perfurando-se exclusivamente com jato d'água, uma vez que a injeção de água promove uma verdadeira erosão subterrânea na extremidade do tubo de revestimento e remove as partículas finas, contribuindo para aumentar a permeabilidade em volta do poço perfurado.

Além disso, como as areias são finas e homogêneas, foram instalados pré-filtros duplos, constituídos de uma camada externa de areia grossa instalada com jato d'água, por fora da tubulação de revestimento provisório de 10" e uma camada interna, selecionada segundo os critérios de Terzaghi (in Huisman, 1972 - pag 72), colocada no espaço anelar compreendido entre as paredes do poço e o revestimento definitivo. O objetivo do emprego dessa técnica é aumentar a área de contato com o aquífero, utilizando um filtro com ranhura igual ou superior a 0,50m.

Os desenvolvimentos foram realizados utilizando-se bomba centrífuga em bombeamentos alternados e/ou "pump surge-plunger".

### TESTES DE PRODUÇÃO E DE AQUÍFERO

Foram realizados ao todo 958 horas de testes de produção. Estes testes consistem em bombeamentos escalonados em 3 (três) etapas com 4 (quatro) horas de duração e vazões diferentes e progressivas, porém constantes em cada etapa. Após cada etapa de bombeamento deixou-se recuperar o nível d'água no poço antes de ser realizada a etapa seguinte.

As perdas de carga foram calculadas segundo a fórmula de Rorabangh (in Custódio, 1976):  $S_p = B.Q + CQ^n$ .

Observou-se que nos poços onde foi instalada uma camada de areia grossa envolvendo o revestimento provisório não houve perdas de carga singulares expressivas.

Os testes de aquífero, em sua grande maioria, foram realizados com auxílio de bomba submersa e tiveram duração mínima de 24 (vinte e quatro) horas e máxima de 72 (setenta e duas) horas de bombeamento. As medições de vazão e rebaixamento são realizadas a intervalos variáveis e crescentes de 1 (um) minuto até 2 (duas) horas. As medições de recuperação são feitas durante um período médio de 12 (doze) horas. Ao final do bombeamento é coletada amostra d'água para análise físico-química. Foram realizadas ao todo 2.456 horas de bombeamento com 1.259 horas de recuperação.

## MÉTODOS DE INTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Na interpretação dos resultados, para determinação das propriedades hidráulicas (permeabilidade e transmissividade) são empregadas as fórmulas apresentadas a seguir:

- JACOB (regime transitório):

$$T = \frac{Q}{4\pi s_w} \ln \frac{2,25 Tt}{rw^2 s} + \frac{1-P}{P} \ln \frac{(1-P)hs}{rw}$$

- DUPUIT modificada (regime estacionário):

$$K = \frac{\pi}{Q} \{ho^2 - [(1-\alpha) ho]^2\} / \left\{ \ln \left( \frac{ri}{rw} \right) + \frac{1-P}{P} \ln \frac{(1-P)hs}{rw} \right\}$$

### VAZÃO MÁXIMA POSSÍVEL

Na dependência do rebaixamento máximo disponível, considerado igual à soma das perdas da formação, perdas devidas à penetração parcial, perdas de carga singulares e perdas devidas às interferências. Esse rebaixamento é avaliado de forma que o nível dinâmico fique sempre situado pelo menos a 0,5m acima do topo da secção filtrante. Os rebaixamentos em cada poço são dados pela seguinte expressão:

$$s_w = s_o + \Delta s_o + s_p + s_i$$

### VAZÃO MÁXIMA PERMISSÍVEL

Avaliada em função da velocidade de entrada admissível no pré-filtro ( $V_c = \sqrt{k}/30$ ) e da área de contato do aquífero com a obra de captação a partir da equação:

$$Q_{max} = \pi d h s \sqrt{k}/30$$

### CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO

Trata-se de um aquífero livre constituído por areias que repousam diretamente sobre os clásticos do Grupo Barreiras, normalmente pouco permeável, os depósitos eólicos distribuem-se paralelamente à linha de costa e caracterizam-se pela morfologia ondulada, típica desses depósitos, ocorrendo principalmente em cordões grosseiramente alinhados na direção leste-oeste. E, alguns casos estes cordões constituem uma barreira natural à drenagem superficial proporcionando a formação de lagoas perenes.

No domínio das dunas recentes, por conta da altíssima capacidade de infiltração potencial, a drenagem superficial é endorreica (nas dunas fixas) e inexistente nas dunas móveis. As depressões entre os critérios das dunas longitudinais se comportam como verdadeiros semiduros das águas meteóricas.

### LITOLOGIA E DIMENSÕES

Os sedimentos eólicos que recobrem o Grupo Barreiras são constituídos predominantemente por areias finas a muito finas, com diâmetro efetivo em torno de 0,15mm e coeficiente de uniformidade igual a 1,90. São sedimentos muito bem selecionados com grãos de quartzo translúcidos a opacos, sub-arredondados a arredondados e com pequenas variações na cor (branco acinzentado a cinzento escuro).

A espessura saturada encontrada nas dunas é relativamente pequena (entre de 5 a 10m, em média e excepcionalmente 15m). São localizados ao longo de toda a costa em uma faixa com largura variável chegando a atingir 5 km.

## ALIMENTAÇÃO

A alimentação deste sistema aquífero provém essencialmente da infiltração pluvial. Em 1971, Manoel Filho, (5) efetuou medições nas dunas de Aracati com infiltrômetro de gaveta, concluindo ser a infiltração (I) da ordem de 10% das precipitações. Nas dunas de Fortaleza, o balanço hídrico realizado por Beltrão, 1973 (2) utilizando o método de THORNTHWAITE, revelou um excesso de água (I + R) de 410mm para uma precipitação média de 1.390mm. Segundo essa mesma fonte, um infiltrômetro instalado na Praia do Futuro em Fortaleza, revelou uma infiltração efetiva da ordem de 30% das precipitações. Tal precipitação foi na realidade interpretada como sendo o excesso de água (I + R) do balanço, já que sobre as dunas o run-off é praticamente desprezível.

Dessa contribuição efetiva de 30%, devido a espessura das dunas, a intensa evapotranspiração e pequena profundidade do freático, pode-se considerar com relativa segurança uma infiltração (I) de 10% na cobertura arenosa, o que deve representar o contingente de recarga do aquífero.

## RESERVAS

O cálculo das reservas da água subterrânea em cada uma das captações estudadas é apresentado no quadro II, a seguir.

QUADRO II - Reservas de Água

Localidade	Demanda (l/s)	Reservas Permanentes (H <sup>3</sup> .km <sup>2</sup> )	Reservas Exploráveis (l/s.km <sup>2</sup> )	Recursos Renováveis (l/s)	Vazão de Escoamento (l/s)	Vazão para Exploração (l/s)
Abreulândia	44,44	0,450	4,76	22,17	45,00	44,44
Aracati	36,11	1,000	10,57	57,84	150,00	41,67
Beberibe	7,32	0,900	9,51	11,95	12,60	11,53
Caponga	22,77	0,800	8,46	13,58	200,00	-
Cocó	50,00	0,776	8,20	29,60	54,00	50,00
Paracuru	18,33	0,600	6,34	39,53	34,49	18,33
Pecém	6,60	0,700	7,31	4,00	21,35	6,11+1,60
S.G.do Amarante	4,40	0,780	8,24	13,50	78,00	7,22
Trairi	3,33	0,600	6,34	20,4	36,00	3,33

O procedimento utilizado para as estimativas é mostrado abaixo e apresenta-se para uma avaliação global, tomando como base a espessura média encontrada nas diversas áreas e na porosidade efetiva de 10%.

- Reservas permanentes por km<sup>2</sup>:  $R_p = 0,700 \text{ km}^3$
- Reservas exploráveis (1/3R<sub>p</sub>):  $R_e = 0,230 \text{ km}^3/\text{ano}/\text{km}^2$   
 $R_e = 26,30 \text{ m}^3/\text{h. km}^2$

A estimativa de recursos exploráveis efetuada na base de 1/3 das re

servas permanentes coincide com a estimativa de recursos exploráveis que se obtém pelo método de AGUIAR, interpretando-se o rendimento R como a soma de run-off e infiltração

- . Área de drenagem ..... km<sup>2</sup>
- . Precipitação média anual .. 1,2 m
- . Rendimento ..... 0,23m
- . Coeficiente de correção ... 0,50
- . Run-off ..... 0,115 Hm<sup>3</sup>/ano/km<sup>2</sup>

### CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS

As características hidrodinâmicas foram determinadas com base nos dados obtidos tanto nos testes de aquífero como nos de produção. Os valores médios obtidos em 285 determinações estão condensados no Quadro III a seguir:

QUADRO III - Valores médios dos parâmetros hidrodinâmicos obtidos.  
- Sistema Aquífero - Dunas -

Localidade	Método	Nº de Determ	T (m <sup>2</sup> /s)	K (m/s)	Ho (m)	HS (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	SW (m)
Abreulândia	Dupuit	25	3,15x10 <sup>-3</sup>	7,00x10 <sup>-4</sup>	4,50	3,00	6,40	2,00
Aracati	Dupuit	15	3,50x10 <sup>-3</sup>	5,00x10 <sup>-4</sup>	7,00	4,00	10,83	2,48
Beberibe	Jacob	62	6,59x10 <sup>-4</sup>	7,32x10 <sup>-5</sup>	9,00	3,00	2,44	4,15
Coó	Dupuit	135	1,94x10 <sup>-3</sup>	2,50x10 <sup>-4</sup>	7,76	3,00	6,00	3,57
Paracuru	Dupuit	11	1,72x10 <sup>-3</sup>	2,87x10 <sup>-4</sup>	6,00	2,00	5,24	2,35
Pecém	Jacob	22	1,08x10 <sup>-3</sup>	1,40x10 <sup>-4</sup>	7,74	2,00	2,44	2,44
S. Gonçalo	Dupuit	9,0	1,20x10 <sup>-3</sup>	1,00x10 <sup>-4</sup>	12,00	3,00	8,67	2,80
Trairi	Dupuit	6,0	1,08x10 <sup>-3</sup>	2,50x10 <sup>-4</sup>	4,30	2,00	2,40	1,46

O valor médio para permeabilidade equivalente encontrado nas diversas localidades varia dentro de um intervalo de grande amplitude, isto é, vai desde 7,32.10<sup>-5</sup> m/s até 7,00.10<sup>-4</sup> m/s, ficando a média em torno de 2,88 x 10<sup>-4</sup> m/s para um desvio padrão de 2,14 x 10<sup>-4</sup> m/s. Essa variação em torno do valor médio é explicada pela maior ou menor presença de material siltico e caulínico. Embora hajam grandes divergências nos valores de permeabilidade equivalente determinados, podemos considerar o valor de K = 2.10<sup>-4</sup> m/s como representativo do sistema dunas.

Os valores médios de transmissividade encontrados variam desde 6,59 .10<sup>-4</sup> até 3,50.10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s, ficando a média em torno de 1,79.10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s para um desvio padrão de 1,03.10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s, o que pode ser considerado como, representativo do sistema aquífero.

Vale salientar que nos cálculos das vazões exploráveis para cada poço, os valores de transmissividade e permeabilidade utilizados foram os valores médios encontrados nas determinações realizadas em cada unidade.

## ESCOAMENTO E EXUTÓRIOS

O escoamento das águas subterrâneas do aquífero dunas se dá principalmente para as lagoas, geralmente localizadas em depressões interdunares, e pequenas fontes difusas ao longo da costa. Contudo as maiores perdas d'água do aquífero são as ocasionadas pela evapotranspiração. Isto ocorre por conta da pequena profundidade das águas subterrâneas, da reduzida espessura das areias, e do grande número de lagoas.

## VAZÃO DE ESCOAMENTO NATURAL

Adotando-se como sendo representativo do aquífero um valor de transmissividade da ordem de  $1,8 \cdot 10^{-3} m^2/s$  e gradiente hidráulico em torno de 1%, tem-se para a vazão de escoamento natural um valor de 18 l/s para cada 1 km de frente de escoamento.

## QUALIDADE DA ÁGUA

Foram coletadas amostras de água de 112 poços para determinação das características físico-químicas observando-se, localmente, excessos quanto ao teor de ferro e baixo pH indicando uma condição ácida das águas. Há variações na concentração dos sólidos totais, mas nunca superior a 500 mg/l. Feitas a correção do pH e a remoção do ferro, as águas são de qualidade aceitável para consumo humano.

INFORMAÇÕES DE pH, CLORETOS, FERRO E SÓLIDOS TOTAIS DAS AMOSTRAS ANALISADAS, POR LOCALIDADE E POR POÇO, SÃO MOSTRADAS ABAIXO:

### A R A C A T I

POÇO	pH	CLORETOS mg/l	FERRO mg/l	SÓLIDOS TOTAIS mg/l
01	7,30	19,00	0,24	166,74
02	7,30	12,00	0,78	127,28
03	7,30	16,00	0,52	124,72
04	7,40	10,00	0,60	94,20
05	7,70	14,00	0,52	111,52
06	7,50	12,00	0,98	122,98
07	7,80	9,00	0,98	111,48
08	7,50	17,00	0,98	129,98
09	7,60	10,00	0,45	103,45
10	7,70	7,00	0,49	101,99
11	7,60	9,00	0,98	103,98
12	7,60	5,00	0,60	89,60

A B R E U L Â N D I A

POÇO	pH	CLORETOS (mg/l)	FERRO (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)
01	6,3	29,0	0,20	93,70
02	5,7	54,0	2,85	159,35
03	6,6	27,0	1,96	102,78
04	6,7	34,0	0,52	132,35
05	5,9	15,0	0,82	87,86
06	6,3	24,0	0,78	85,61
07	5,6	17,0	0,98	95,63
08	6,4	11,0	0,98	87,65
09	5,9	17,0	0,98	70,35
10	7,3	150,0	0,28	337,67
11	5,4	19,0	0,81	92,59
12	6,0	33,0	0,40	113,40
13	6,3	28,0	0,32	97,12
14	3,4	27,0	2,0	124,30
15	5,5	25,0	0,65	144,90
16	6,0	9,0	0,65	75,22
17	5,8	29,0	0,81	99,85
18	5,2	25,0	0,48	112,80
19	6,6	22,0	0,81	112,60
20	5,7	14,0	0,61	117,11
21	7,0	24,0	0,40	72,80
22	6,0	61,0	1,20	138,82
23	5,8	20,0	0,52	70,52
24	5,6	13,0	0,20	100,00
25	6,5	11,0	0,61	98,61



B E B E R I B E

POÇO	pH	CLORETOS (mg/l)	FERRO (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)
01	7,81	163,40	0,45	464,71
02	6,80	200,90	0,20	497,05
03	5,91	149,99	1,88	398,87
04	6,00	153,00	0,80	339,03
05	6,02	105,35	0,19	315,00
06	6,28	141,92	0,12	452,59
07	5,54	131,78	0,20	391,75
08	7,42	105,82	0,20	291,73
09	6,64	132,72	0,46	398,29
10	6,96	96,85	0,10	273,75
11	5,90	125,55	0,12	316,55
12	6,88	116,58	0,16	364,18
13	5,94	90,97	0,12	256,74
14	5,92	154,36	0,42	441,27
15	6,00	111,39	0,18	338,18
16	6,86	53,38	0,18	149,73
17	5,74	119,26	0,32	225,56

## C O C Ô

POÇO	pH	CLORETOS (mg/l)	FERRO (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)
01	6,2	46,00	0,24	341,34
02	5,5	36,00	0,20	261,20
03	5,5	37,00	0,40	256,20
04	4,5	43,00	1,00	251,10
05	4,5	40,00	0,40	155,45
06	5,3	44,00	0,20	179,40
07	7,1	40,00	0,40	139,50
08	6,7	44,00	0,30	160,60
09	6,8	48,00	0,30	183,00
10	6,90	47,00	0,30	170,10
11	6,90	47,00	2,00	143,50
12	7,00	53,00	1,00	130,50
13	7,00	53,00	0,20	183,20
14	6,70	43,00	0,20	240,20
15	6,70	41,00	0,40	176,45
16	6,90	38,00	0,20	176,30
17	5,50	42,00	0,20	169,40
18	4,80	36,00	2,00	220,00
19	4,50	33,00	0,32	207,52
20	5,00	41,00	0,20	221,40
21	5,50	40,00	0,28	130,68
22	5,50	50,00	0,32	213,32
23	4,80	26,00	0,64	238,04
24	5,50	27,00	0,24	142,75
25	5,50	49,00	0,32	325,82
26	5,52	49,00	0,20	180,10
27	5,00	31,00	0,36	166,86
28	5,50	29,00	0,24	102,24
29	6,00	39,00	0,20	136,20
30	4,80	56,00	0,25	249,29

P A R A C U R U

POÇO	pH	CLORETOS (mg/l)	FERRO (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)
01	6,10	26,00	0,15	99,15
02	6,20	30,00	0,25	130,25
03	6,30	24,00	0,52	86,52
04	6,60	25,00	0,20	114,25
05	7,40	19,00	0,95	91,95
06	7,70	23,00	0,12	91,12
07	7,40	25,00	1,00	104,00
08	7,50	27,00	1,00	111,00
09	6,40	23,00	0,80	107,20
10	7,20	23,00	0,12	107,22
11	7,40	24,00	0,23	123,73

P E C Ê M

POÇO	pH	CLORETOS (mg/l)	FERRO (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)
01	6,60	57,29	0,96	285,33
02	7,00	168,63	0,64	522,20
03	7,06	63,92	0,16	227,51
04	6,88	64,86	0,10	231,61
05	7,09	58,28	0,22	219,58
06	6,96	62,98	0,07	305,69
07	6,98	58,55	0,20	246,06
08	6,98	56,75	0,20	220,60
09	7,10	32,43	0,96	206,29

SÃO GONÇALO DO AMARANTE

POÇO	pH	CLORETOS (mg/l)	FERRO (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)
01	6,50	33,00	0,42	171,33
02	6,80	52,00	0,22	190,80
03	7,00	24,00	0,65	93,70

T R A I R I

POÇO	pH	CLORETOS (mg/l)	FERRO (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)
01	6,50	10,00	0,48	133,06
02	6,90	12,00	0,61	180,14
03	6,40	19,00	0,98	200,35
04	6,70	19,00	0,45	169,14
05	7,00	29,00	0,72	174,10

CUSTOS DOS POÇOS

A avaliação dos custos do programa de pesquisa de mananciais subterâneos na zona costeira apresentou resultados compensadores, justificando plenamente o investimento realizado pela Companhia, em estudos, pesquisas e construção dos poços.

Os dados disponíveis sobre os investimentos realizados no período 1977 - 1981 permitem estimar gastos da ordem de 36.500 UPC na construção de 123 poços produtores, 27 poços de pesquisa não aproveitados, 182 sondagem em 2" e, inclusive custos com material e consultoria especializada.

No quadro IV a seguir está resumido o custo das pesquisas de mananciais por localidade.

QUADRO IV - CUSTOS DOS POÇOS

LOCALIDADE	DISCRIMINAÇÃO	Nº	CUSTO - (UPC)		TOTAL
			UNITÁRIO	SUB-TOTAL	
Abreulândia	Sondagem em 2"	17	15,08	256,38	5.471,51
	Poço pesquisa 10"	05	110,74	553,69	
	Poço produtor 10"	25	166,68	4.167,05	
	Consultoria	-	-	494,39	
Aracati	Poço produtor 10"	12	210,22	2.522,64	2.803,28
	Consultoria	-	-	280,64	
Beberibe	Sondagem em 2"	14	75,41	1.055,17	13.568,96
	Poço pesquisa 10"	14	284,76	3.978,26	
	Poço produtor 10"	17	397,94	6.765,06	
	Consultoria	-	-	1.770,47	
Cocó	Sondagem em 2"	35	15,00	525,00	5.454,32
	Poço pesquisa 10"	05	56,63	283,15	
	Poço produtor 10"	30	140,20	4.206,00	
	Consultoria	-	-	440,17	
Paracuru	Poço produtor 10"	11	252,45	2.776,95	2.924,49
	Consultoria	-	-	147,54	
Pecém	Sondagem em 2"	11	20,68	227,48	3.114,47
	Poço pesquisa 10"	01	167,82	167,82	
	Poço produtor 10"	09	214,07	1.926,60	
	Consultoria	-	-	792,57	
S.G.do Amaran te.	Sondagem em 2"	02	16,65	33,31	1.845,45
	Poço produtor 10"	03	576,84	1.730,52	
	Consultoria	-	-	81,62	
	Sondagem em 2"	08	10,64	85,15	1.267,70
	Poço produtor 10"	05	214,31	1.071,57	
	Consultoria	-	-	110,98	
TOTAL GERAL.....					36.450,18

## CONCLUSÕES:

As pesquisas de mananciais subterrâneos executadas pela CAGECE nas dunas costeiras, apresentaram resultados compensadores justificando plenamente o investimento realizado pela Companhia, em estudos, pesquisas e construção de poços.

Considerando a adversidade climática restritiva dos recursos hídricos subterrâneos no Ceará, a utilização das águas do aquífero dunas para abastecimento urbano, possibilitou à companhia dotar as comunidades litorâneas de água em quantidade suficiente e de qualidade aceitável para consumo humano.

Diante desses resultados, outras localidades da faixa costeira vêm sendo incluídas na programação da Companhia para estudos e pesquisas visando definir captações através de poços tubulares rasos. Na programação de CPP/82, os estudos em comunidades litorâneas já foram iniciados e, pelo menos duas das pesquisas realizadas através de sondagem em 2", revelaram resultados positivos para a perfuração de poços de pesquisa/produtores em 10".

## SIMBOLOGIA

d	=	diâmetro do tubo filtrante
$\Delta s_o$	=	rebaixamento devido as perdas por penetração parcial
h <sub>o</sub>	=	espessura saturada do aquífero
h <sub>s</sub>	=	extensão da secção filtrante
K	=	coeficiente de permeabilidade do aquífero
p	=	fração de penetração parcial
Q	=	vazão
r <sub>w</sub>	=	raio do poço
s	=	coeficiente de armazenamento
s <sub>i</sub>	=	rebaixamento devido às interferências
s <sub>o</sub>	=	rebaixamento devido às perdas da formação
s <sub>p</sub>	=	rebaixamento devido às perdas de cargas
s <sub>w</sub>	=	rebaixamento máximo disponível
t	=	coeficiente de transmissividade
t	=	tempo de bombeamento

## BIBLIOGRAFIA

1. AGUIAR, F. G., 1939 - Estudos Hidrométricos do Nordeste Brasileiro - Boletim do IFOCS, Rio de Janeiro
2. BELTRÃO, A.E., e MANOEL FILHO, J., 1973 - Abastecimento de Água da Área Metropolitana da cidade de Fortaleza, Série Hidrogeologia nº 44, SUDENE, Recife.
3. CUSTÓDIO, E., e LLAMAS, M.R., 1976 - Hidrologia Subterrânea - Tomo I, Ediciones Omega, p./157, Barcelona
4. HUISMAN, L., 1972 - Groundwater Recovery, Macmillan - London
5. MANOEL FILHO, J., 1971 - Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Folha nº 10, Série Hidrogeologia nº 30, SUDENE - Recife.