

# CAUSAS DA SALINIZAÇÃO DOS POCOS DA PRAIA DA ABREULÂNDIA EM FORTALEZA - CEARÁ

MARIA AMÉLIA SOUZA MENEZES \*

JOÃO RAIMUNDO DE ARAÚJO \*\*

## R E S U M O

O problema das intrusões marinhas e seus efeitos tem preocupado pesquisadores brasileiros e cientistas em todo o mundo.

As análises das superfícies piezométricas e dos mapas de cloretos obtidos a partir das medições efetuadas nos anos de 1978, 1984 e 1987, mostram os diferentes estágios da intrusão marinha nos poços da Abreulândia, estado do Ceará, como resultado da exploração de um volume de água superior à vazão de escoamento natural do aquífero.

## A B S T R A C T

Problems of sea water intrusions and their effects have been cause of concern of brasilian researchers and cientists all over the world.

The analyses of piezometrics surfaces and chloride maps obtained from data of measurements carried out during the years 1978, 1984 and 1987, show the different stages of sea water intrusion in wells of Abreulandia beach, State of Ceará, Brazil. They are result of mined water volume being larger than the natural drainage of the aquifer.

\* Geóloga da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

\*\* Geólogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda as causas de salinização dos poços tubulares da Abreulândia, provocada pelo intenso bombeamento dos poços existentes.

A contaminação dos aquíferos costeiros por intrusão salina é conhecida, desde a antiguidade. Esses aquíferos requerem cuidados especiais na operação de poços de bombeamento, como forma de prevenir o avanço da água salgada para o continente.

## 2.0 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada localiza-se 7 km a nordeste da cidade de Fortaleza. O acesso, até o local da captação, é feito por via asfaltada. (figura 1).

## 3.0 - ANTECEDENTES

Em 1978 a Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE, por solicitação da COHAB perfurou 25 poços tubulares rasos na praia da Abreulândia para abastecimento de um conjunto habitacional na região metropolitana de Fortaleza.

À época, na falta de uma piezometria do freático, fez-se uma estimativa da vazão de escoamento natural a partir de um gradiente hidráulico inferido de 4%, chegando-se a um valor de 45 l/s ou 162 m<sup>3</sup>/h ao longo de uma frente de escoamento de 500m. Esta inferência baseou-se nos gradientes detectados nas dunas da área do Cocô próximas da Abreulândia.

Recomendou-se, que essa vazão não deveria ser ultrapassada pelos bombeamentos dos poços pois, do contrário, haveria a possibilidade do avanço da interface com intrusão de água salgada. Foi também recomendada a instalação de alguns piezômetros de observação entre a bateria de poços e o mar para controle periódico da qualidade da água. Esse dispositivo não foi construído e nem foram observadas as condições de exploração definidas para o sistema.

Em 1981, quando o sistema Pacoti-Riachão-Gavião que abastece Fortaleza entrou em operação, os poços de Abreulândia foram desativados.

Em 1984, com o agravamento da crise de abastecimento de

água em Fortaleza, cogitou-se em reativar a bateria de poços tubulares da Abreulândia até então abandonada pela COHAB. Entretanto, os resultados das análises de cloretos na água dos poços mostraram que havia 5 poços, dentre os 25 existentes, salinizados (nº 01, 02, 09, 10 e 11) conforme é ilustrado no mapa de teores de cloretos (figura nº 2).

Em 1987, procedeu-se a uma nova análise de cloretos e, mesmo os poços não tendo sido bombeados desde 1982, alguns deles permaneceram salinizados.

Os resultados das análises de cloretos das águas dos poços da Abreulândia referente aos anos 1978, 84 e 87, estão condensados na figura nº 3.

Na figura nº 4 é mostrada a tabela com os níveis d'água dos poços medidos nos anos de 1978, 84 e 87.

#### 4.0 - ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

O aquífero costeiro é constituído predominantemente, por areias finas a médias, homogêneas e com grãos de quartzo arredondados a sub-arredondados. Esses depósitos eólicos desenvolvem-se paralelos à costa, repousando sobre os sedimentos terciários arenossilicos do Grupo Barreiras.

Na praia da Abreulândia, o aquífero é constituído por areias finas a médias, homogêneas e com presença de argilas orgânicas, escuras, na sua porção inferior.

O aquífero é caracterizado como do tipo livre e os poços nele perfurados encontram-se com profundidades máximas de 15m. A espessura média saturada varia de um mínimo de 5,50m e um máximo de 9,0m, e a permeabilidade média encontrada foi de  $4,0 \cdot 10^{-4}$  m/s.

#### 5.0 - VAZÃO DE ESCOAMENTO NATURAL

A vazão de escoamento natural na Abreulândia foi estimada com dados inferidos a partir das perfurações da área do Cocô. Porém, com os dados das medições dos níveis d'água efetuados em 1978 e 1984 e com o nivelamento da área foi possível caracterizar a vazão de escoamento natural na área, utilizando-se a seguinte fórmula:

- $Q = TIL$ , onde  
 $T =$  Coeficiente de transmissividade do aquífero ( $m^2/s$ )  
 $Q =$  Vazão do escoamento natural ( $m^3/s$ )  
 $i =$  Gradiente hidráulico (%)  
 $L =$  Largura da frente de escoamento (m)

Assim sendo, a partir da superfície piezométrica de 1978 (figura nº 5), obteve-se a seguinte vazão de escoamento natural, utilizando-se as curvas isopiezométricas de 5,0 e 4,50m e ainda os seguintes dados:

$$\begin{aligned}
 T &= 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \\
 i &= 1,5 \times 10^{-2} \\
 L &= 400\text{m, obtendo-se:} \\
 Q &= 3,42 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 400 = 20,52 \text{ l/s ou } 74\text{m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

Superfície piezométrica de 1984 - tomando-se as curvas isopiezométricas de 6,0 e 6,50m (figura nº 6) é possível distinguir ao longo de uma frente de escoamento de 400m, três setores de fluxo a saber:

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 1) $T_1 = 5,74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ | 2) $T_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ | 3) $T_3 = 2,61 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ |
| $i_1 = 0,8 \%$                                     | $i_2 = 1 \%$                                    | $i_3 = 3,3 \%$                                     |
| $L_1 = 96 \text{ m}$                               | $L_2 = 160 \text{ m}$                           | $L_3 = 144 \text{ m}$                              |
| $q_1 = 4,41 \text{ l/s}$                           | $q_2 = 4,96 \text{ l/s}$                        | $q_3 = 12,40 \text{ l/s}$                          |

Obtendo-se a seguinte vazão de escoamento natural:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 4,41 + 4,96 + 12,40 = 21,77 \text{ l/s ou } 78 \text{ m}^3/\text{h}$$

Superfície piezométrica de 1987 - utilizando-se as curvas isopiezométricas de 8,0 e 7,5 m (figura nº 7) é possível distinguir ao longo de uma frente de escoamento de 336m, três setores de fluxo conforme mostrado a seguir:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| 1) $T_1 = 4,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ | 2) $T_2 = 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ | 3) $T_3 = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ |
| $i_1 = 4 \%$                                       | $i_2 = 2 \%$                                       | $i_3 = 2 \%$                                       |
| $L_1 = 124,8 \text{ m}$                            | $L_2 = 121,6 \text{ m}$                            | $L_3 = 89,6 \text{ m}$                             |
| $q_1 = 21,31 \text{ l/s}$                          | $q_2 = 5,35 \text{ l/s}$                           | $q_3 = 8,29 \text{ l/s}$                           |

obtendo-se a seguinte vazão de escoamento natural:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 21,31 + 5,35 + 2,29 = 34,95 \text{ l/s ou } 125,82 \text{ m}^3/\text{h}$$

Observa-se que, comparativamente às superfícies piezométricas de 1978 e 1984, houve um aumento na vazão de escoamento natural a partir da superfície piezométrica de 1987, havendo consequentemente uma nova oferta, desta feita da ordem de 125,0 m<sup>3</sup>/h.

## 6.0 - CONCLUSÕES

Os resultados das análises físico-químicas realizadas em 1978, 84 e 87, sumarizadas na figura 3 e no mapa de teores de cloretos (figura 2, 8 e 9) mostram os diferentes estágios da intrusão marinha, observando-se que em 1978 a mesma ainda não havia se manifestado. No segundo mapa de cloretos (figura 8) vê-se que a intrusão iniciou-se pela zona NE da área, penetrando na porção mais deprimida do terreno. E o terceiro mapa de cloretos (figura 9) mostra um acentuado recuo da intrusão marinha, obviamente associado à interrupção dos bombeamentos.

Apesar do desequilíbrio entre a vazão de exploração dos poços da Abreulândia e da vazão de escoamento natural do aquífero, a intrusão marinha poderia ser evitada, caso fossem seguidas as recomendações para instalação de poços de observação na linha entre os poços produtores e o mar.

## 7.0 - BIBLIOGRAFIA

- BEAR, J.-1979 - Hydraulics of Groundwater, Haifa, McGrawHil, 567pp.
- CAGECE/PLANAT - 1978 - Captação de Abreulândia - Relatório Final da Construção dos Poços e Definição das Condições de Exploração - Fortaleza-Ce, 246 pp.
- CAGECE/PLANAT - 1984 - Captação de Abreulândia - Diagnóstico da Situação Atual - Fortaleza-Ce, 77 pp.
- HUISMAN, L. - 1972 - Groundwater Recovery; London, Macmillan, 336pp
- HUMMERT M.K.- 1940 - The Theory of Groundwater Motion Journal of Geology - vol. 48, nº 8.
- WALTON, W.C.- 1970 - Groundwater Resource Evaluation, New York , McGraw-Hill, 664 pp.

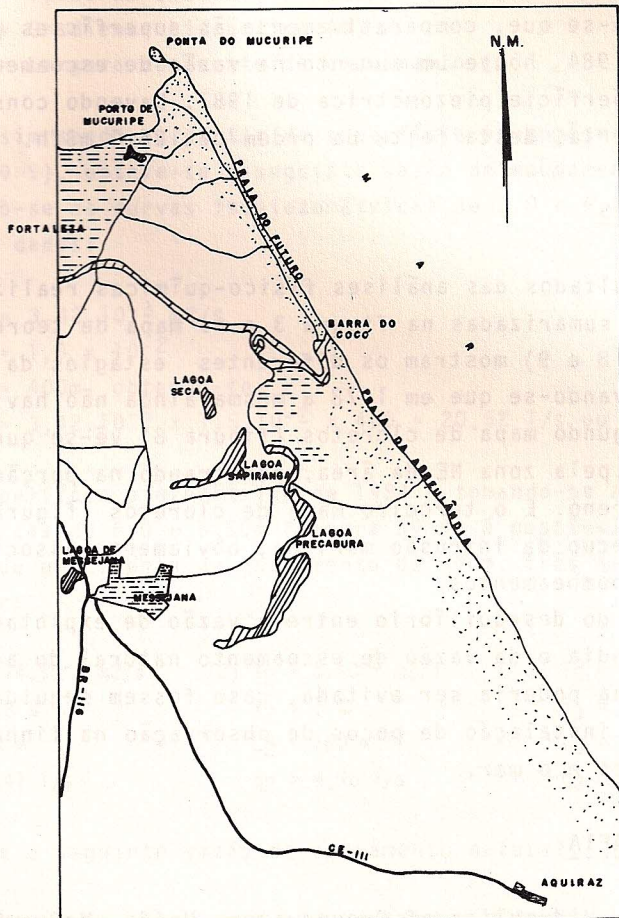








FIG.1- ÁREA DE LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DA ABREULÂNDIA

L E G E N D A

-  - CIDADES
-  - ALAGADICO.
-  - AREIA
-  - LAGOA, RIO
-  - ESTRADA MUNICIPAL
-  - BR., CE.

FONTE : SUDENE

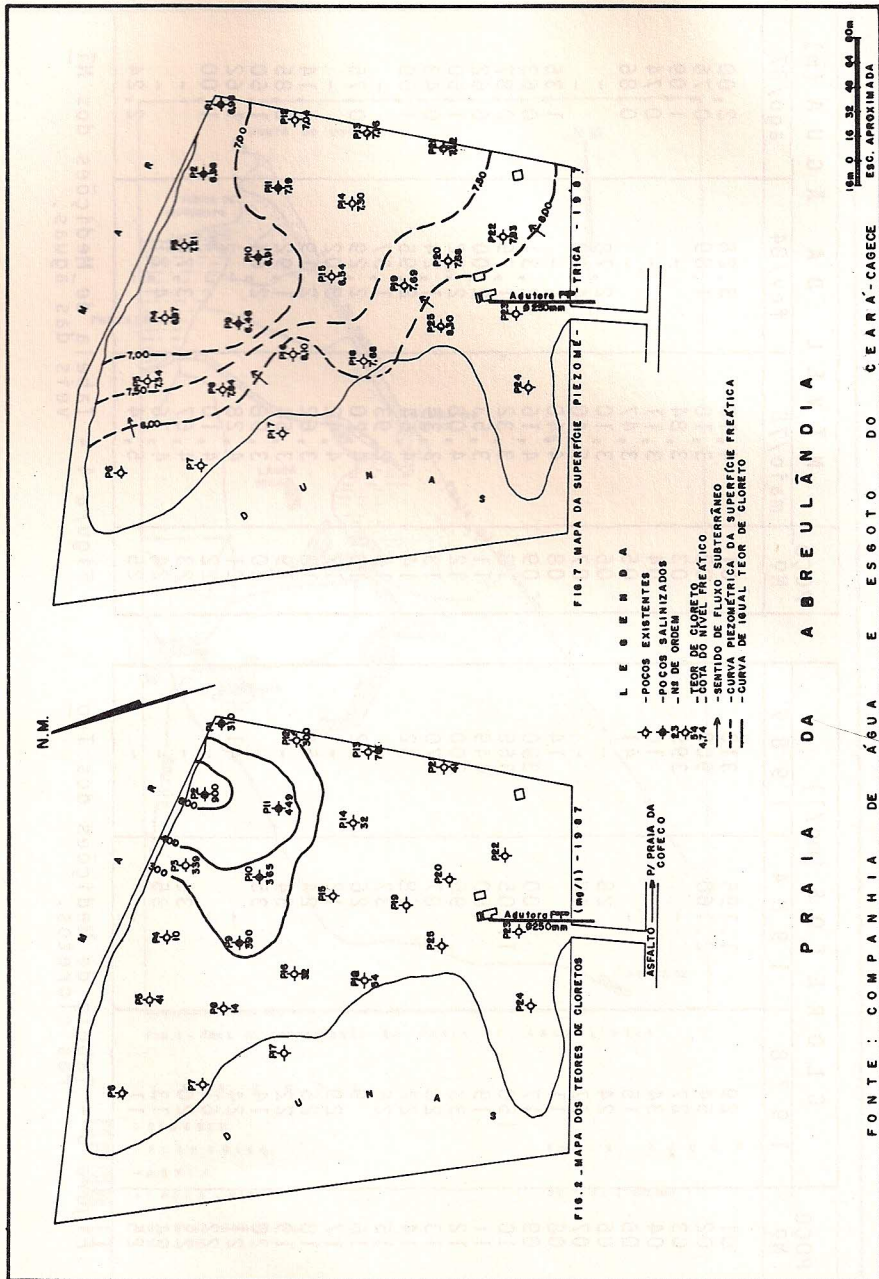
ESCALA : 1:100.000

POÇO Nº	C L O R E T O S (mg/l)			
	1 9 7 8	1 9 8 4	1 9 8 7	1 9 8 7
01	29	1.195	310	
02	54	2.160	900	
03	27	-	399	
04	34	-	10	
05	15	-	41	
06	24	28	-	
07	17	18	-	
08	11	-	14	
09	17	200	390	
10	150	1.205	365	
11	19	560	449	
12	33	96	300	
13	28	87	70	
14	27	68	32	
15	25	37	-	
16	9	26	32	
17	29	12	-	
18	25	24	54	
19	22	34	-	
20	14	35	-	
21	24	-	41	
22	61	-	-	
23	20	35	-	
24	13	35	-	
25	11	-	-	

Figura 3 - Tabela de Medições dos Teo  
res. cloretos.

POÇO Nº	N I V E L D A A G U A (m)		
	maio/78	fev/84	ago/87
01	4,10	3,28	2,00
02	3,18	1,89	0,76
03	3,84	-	1,09
04	3,11	-	0,74
05	3,47	-	0,86
06	3,10	2,78	-
07	5,40	4,23	-
08	4,40	-	1,35
09	4,16	2,31	0,63
10	3,32	1,79	0,87
11	3,53	2,00	0,62
12	4,08	2,72	1,50
13	3,34	1,24	0,43
14	4,64	2,95	1,50
15	2,93	1,37	-
16	4,20	2,29	0,75
17	4,42	3,02	-
18	3,62	2,19	1,14
19	3,64	1,92	0,85
20	3,98	2,64	1,50
21	4,28	-	1,62
22	4,10	-	1,00
23	4,67	3,70	-
24	4,76	4,21	-
25	5,14	-	2,24

Figura 4 - Tabela de Medições dos NÍ  
veis das águas.



N.M.

FIG. 2 - MAPA DOS TEORES DE CLORETO

FIG. 7 - MAPA DA SUPERFÍCIE PIEZOMÉTRICA

LEGENDA

- ◆ - POCOS EXISTENTES
- ◆ - POCOS SALINIZADOS
- 33 - Nº DE ORDEM
- — — — — TEOR DE CLORETO
- — — — — SOTA DO NIVEL FREÁTICO
- - SENTIDO DE FLUXO SUBTERRÂNEO
- — — — — SUPERFÍCIE PIEZOMÉTRICA
- — — — — CURVA DE IGUAL TEOR DE CLORETO

ASFALTO PRAIA DA ABREULÂNDIA

PRAIA DA ABREULÂNDIA

FONTE: COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CAGECE

ESCALA: 1:25000

ESCALA APROXIMADA



N.M.

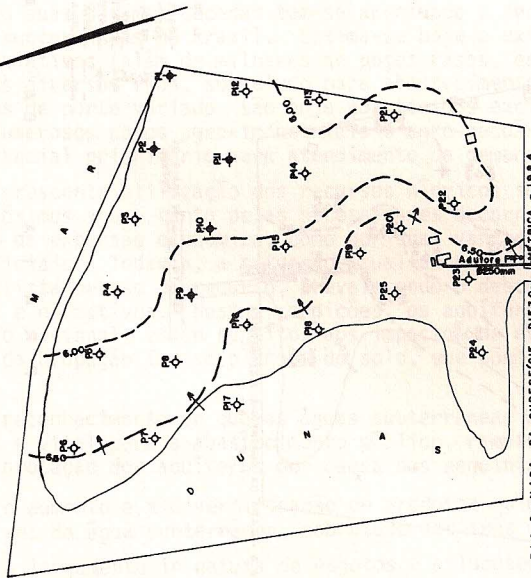


FIG. 6 - MAPA DA SUPERFÍCIE PIEZOMÉTRICA - 1984

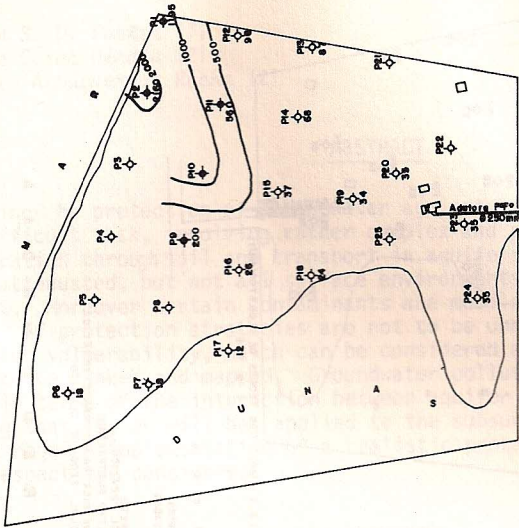


FIG. 9 - MAPA DOS TEORES DE CLORETO (Emp/1) - 1984

- L E G E N D A**
- ◇ - POCOS EXISTENTES
  - ◇ - POCOS SALINIZADOS
  - 23 ◇ - ME DE ORDEM
  - ◇ - TEOR DE CLORETO
  - - SENTIDO DE FLUXO SUBTERRÂNEO
  - - CURVA PIEZOMÉTRICA DA SUPERFÍCIE FREÁTICA
  - - - - CURVA DE IGUAL TEOR DE CLORETO

**P R A I A   D A   A B R E U L Â N D I A**

16m 0 16 32 48 64 80m  
Escala - APROXIMADA

FORNTE: COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CAGECE

