

**Aderson Marques Martins<sup>1</sup>**

**Resumo** - A praia de Camboinhas é um bairro de veraneio abastecido por água subterrânea, trazendo hoje preocupações quanto à intrusão marinha. A área está em um cordão litorâneo, sobreposto a gnaisses do Pré-Cambriano. Os aquíferos existentes são o poroso e o fissural.

Para estudar a recarga foram utilizados os índices de 20% das chuvas acima de 90 mm (Boonstra & Ridder, 1981) e de 30% da precipitação anual. Para o consumo anual de água foram consideradas 2.000 e 4.000 habitantes e consumos *per capita* de 0,2 e de 0,4 m<sup>3</sup>/hab/dia, tendo em vista a época de veraneio. Uma rede de fluxo, feita a partir de 29 poços freáticos, revelou uma zona de recarga nos sedimentos, na porção central da área, fato atribuído a uma fratura do cristalino.

A partir de 12 sondagens elétricas Wenner, foram obtidas quatro seções com a interface atual água doce/salgada. A condutividade variou de 125 a 600  $\mu\text{S}$ , sendo maior nos poços próximos do mar. Da equação (Glover, 1964 in Domenico & Schwartz, 1981) chegou-se à posição original da interface e a partir daí avaliar a possibilidade de intrusão salina. A interface atual, projetada a 700 m da linha de costa, que estaria virtual a 50 m de profundidade, devido à maior permeabilidade do meio fissural, estará de fato a menor profundidade.

Como a interface atual ultrapassa 1/3 da distância entre a interface inicial e o fundo dos poços na linha de costa e o consumo anual de água é quase sempre superior à recarga, estaria havendo depleção da reserva. Entretanto, as condutividades das águas dos poços na linha de costa (250 a 600 $\mu\text{S}$ ) não confirmam esses efeitos. Parte da resposta pode estar na ausência da recarga proveniente do aquífero fissural nas condições de contorno do modelo. O fluxo inter-aquíferos, em várias partes do mundo, explica a manutenção de longo termo de extrações superiores à recarga (Rebouças, 1999 – Jornal da ABAS).

**Palavras-chave** – aquífero, interface e intrusão

---

<sup>1</sup> Departamento de recursos Minerais – DRM/RJ – Marechal Deodoro 351 – centro 24060-30 – Niterói-RJ  
Ph. 0xx-55-21-621-0049 – Fax. 0xx-55-21-6209132 – E-mail: admarques@drm.rj.gov.br

## **1. INTRODUÇÃO**

A praia de Camboinhas é um bairro turístico e de veraneio do município de Niterói, situado a cerca de 45 km da cidade do Rio de Janeiro. O local não dispõe de rede de abastecimento d'água, sendo suprido por água subterrânea. O uso intensivo e não planejado desse recurso é motivo de preocupações quanto a superexploração e ameaça de intrusão salina.

O estudo hidrogeológico da área foi o objeto da Dissertação de Mestrado realizada no Instituto de Geociências da UFRJ. O estudo foi direcionado para o gerenciamento do uso da água subterrânea, sendo avaliada a recarga, a reserva explotável e os níveis de extração dos aquíferos, visando o equilíbrio da interface água doce/ salgada.

## **2. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS**

A área de estudo está representada no mapa de localização (Fig. 1). A região possui dois domínios geomorfológicos: o maciço costeiro e a baixada litorânea, formada por planícies e depressões lagunares, barradas por restingas, outrora cobertas por dunas. A área objeto de estudo localiza-se nas restingas. A região é drenada pelos rios que nascem no maciço costeiro e deságuam nas lagunas de Piratininga e Itaipu. O clima é quente e úmido, com temperatura média anual em torno de 22°C e a umidade relativa do ar é 80 a 90%. A pluviosidade anual em torno de 1200 mm de chuvas.

## **3 - GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA**

A região é constituída por rochas cristalinas polimetamórficas de idade Pré-Cambriana, cortadas por diques de rochas extrusivas básicas e alcalinas Cretácico-Terciárias. As planícies litorâneas são formadas por sedimentos fluviais, paludiais e marinhos do Quaternário, associados às transgressões e regressões oceânicas (Fig.2) Falhas e fraturas, geradas e reativadas por episódios de tectonismo ruptural do Pré-Cambriano ao Cenozóico, apresentam direções predominantes NE/SW e outras como NW/SE, (DRM, 1981).

A área é coberta por um cordão litorâneo simples, constituído por areias quartzosas, coberto por dunas pouco elevadas. Sondagens arqueológicas e geotécnicas encontraram respectivamente 20 metros de areias quartzosas de granulação média e 22 metros uma seqüência de argilas,

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

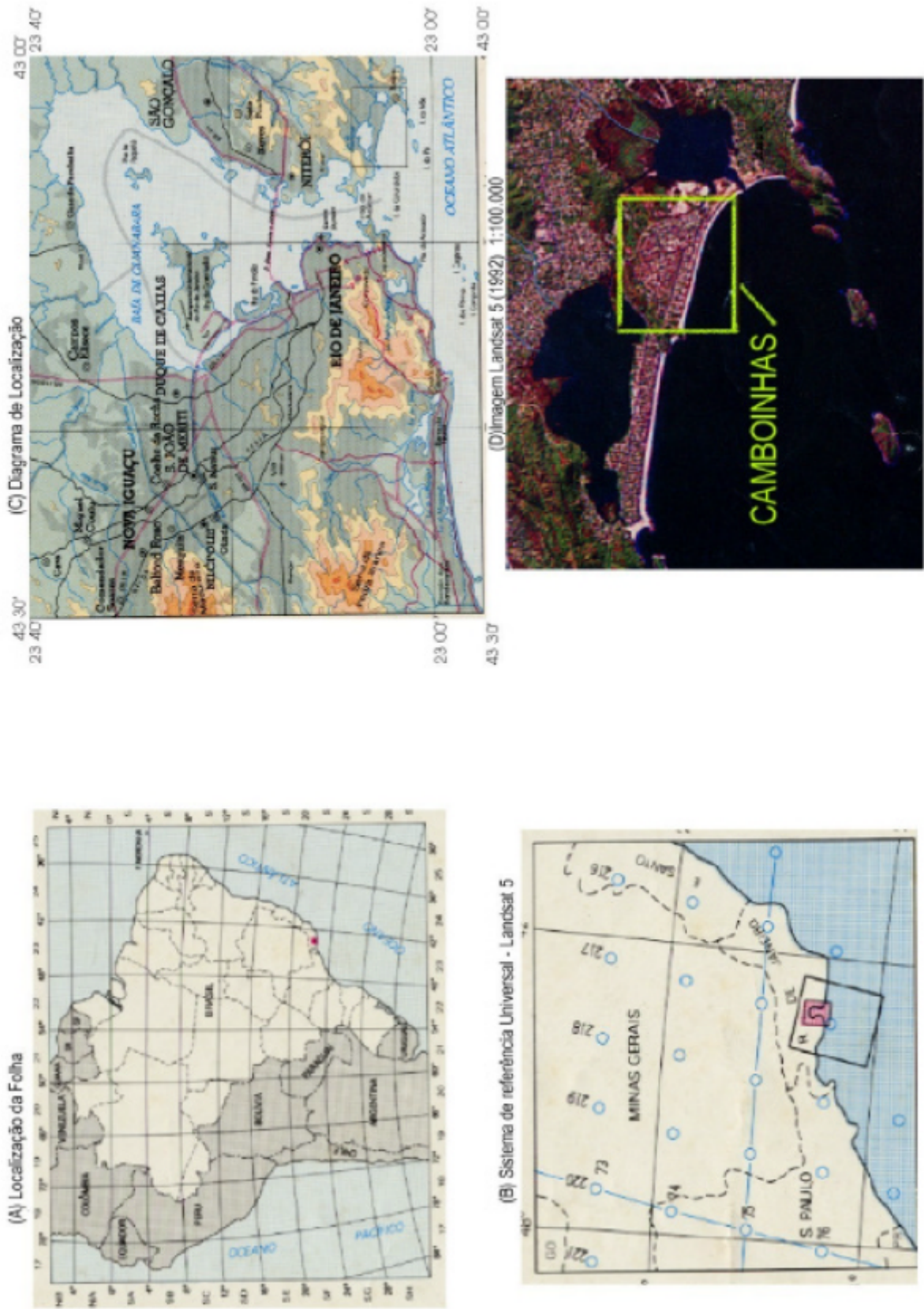
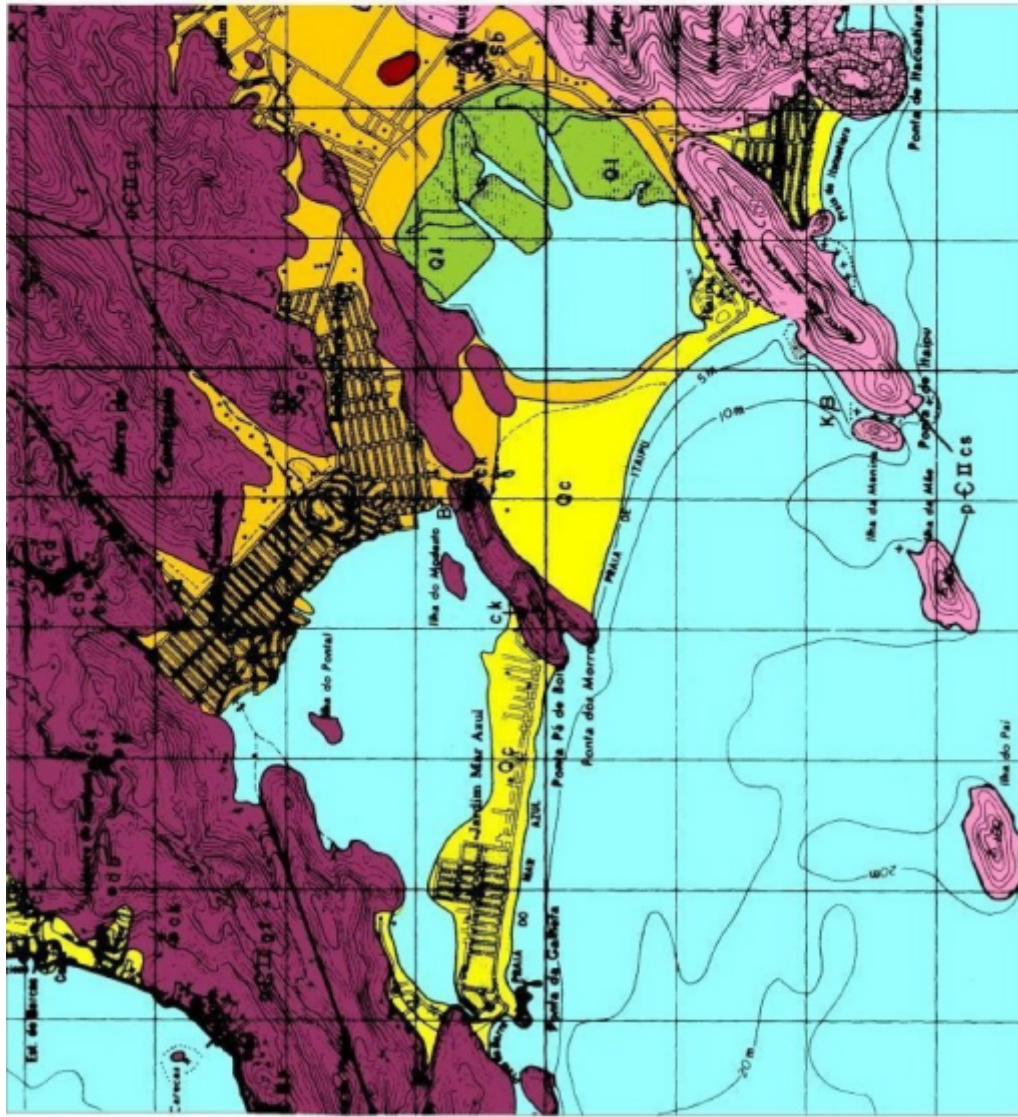




Fig. 2 MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO OCEÂNICA



**LEGENDA**

**Quaternário**

Qc	Ql
Qp	

Qc - Sedimentos litorâneos; areias quartzosas marinhas de cordões litorâneos

Qp - Sedimentos fluviais; areias grosseiras a finas de planície de inundação

Ql - Sedimentos paludiais; argilas cinzas e depósitos de turfa; argilas orgânicas de depósitos de mangue

**Mesozóico**



K - Diques de rochas básicas

**Pré-Cambriano**

PCIlgf	PCIics
--------	--------

PCIlgf - Unidade Gnaiss Facoidal; gnaisses facoidais com lentes de biotita gnaisses, leptinitos, metabasitos, calcossilicatas e kinzigitos

PCIics - Unidade Cassorotiba; migmatitos diatexiticos com enclaves de charnockitos

**Escala 1:50.000**



siltes e areias argilosas intercaladas por horizontes de turfas e argilas orgânicas, às margens da laguna de Itaipu. Perfis geológicos de poços tubulares profundos na área confirmam a grosso modo esses dados.

Os aquíferos principais são (Tubbs, 1993) o poroso, livre, constituído pelos sedimentos arenosos e o aquífero fissural nos gnaisses. A recarga principal é direta, propiciada pelos próprios sedimentos arenosos, tendo o aquífero fissural parte de seu reabastecimento proveniente do maciço costeiro.

## **4. TRABALHOS REALIZADOS**

### **4.1 – FOTOINTERPRETAÇÃO -**

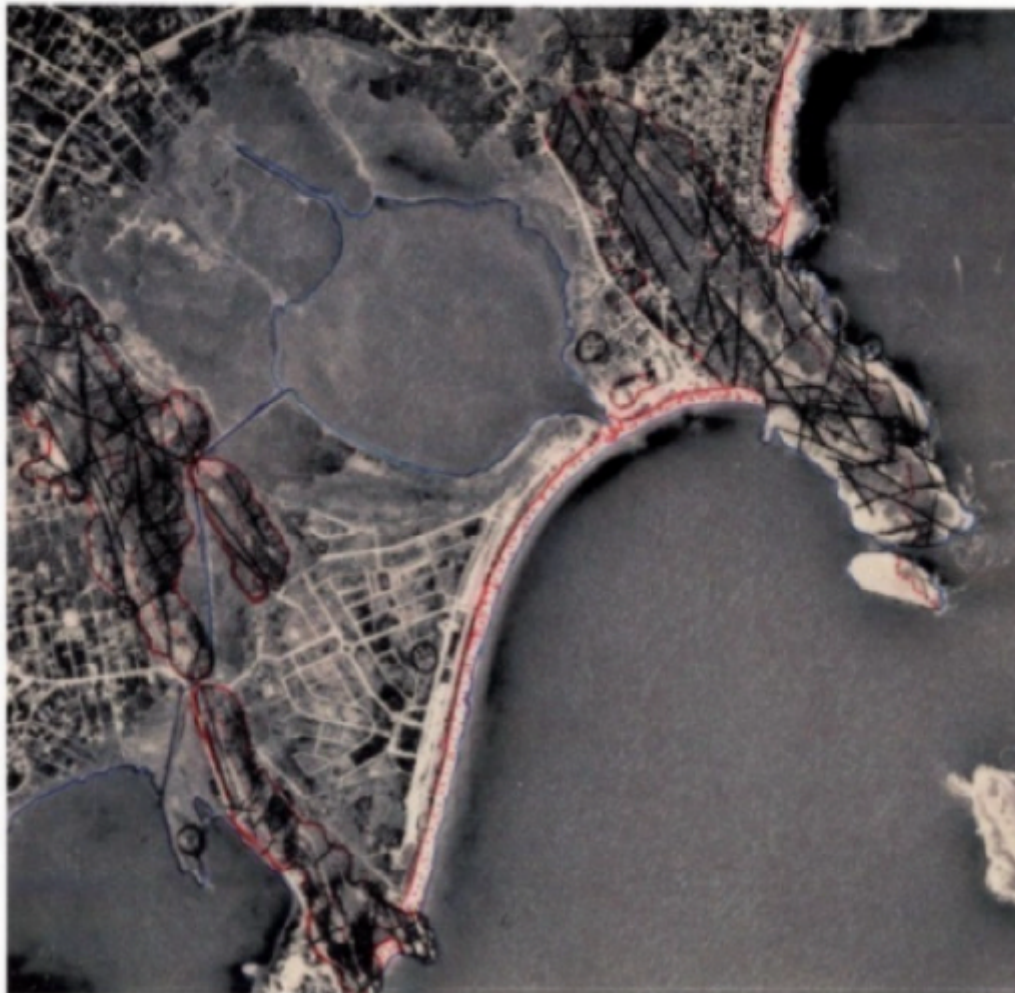
A fotointerpretação (Fig. 3) tomou por base o Projeto Niterói (DRM, em desenvolvimento). As estruturas encontradas sugerem dois grandes eventos tectônicos na região. O primeiro, um sistema de falhamento transcorrente, dextral, com direção de compressão N/S, com fraturas de distensão NE/SW e fraturas NW/SE de natureza compressiva. O segundo, um sistema de falhamentos verticais, com duas grandes estruturas rochosas e uma faixa mais baixa encaixada entre elas, preenchida por sedimentos, sugerindo uma estrutura do tipo *graben*, onde teria se formado a laguna de Itaipu e o vale do rio João Mendes.

### **4.2 - INVENTÁRIO DE PONTOS D'ÁGUA E REDE DE FLUXO**

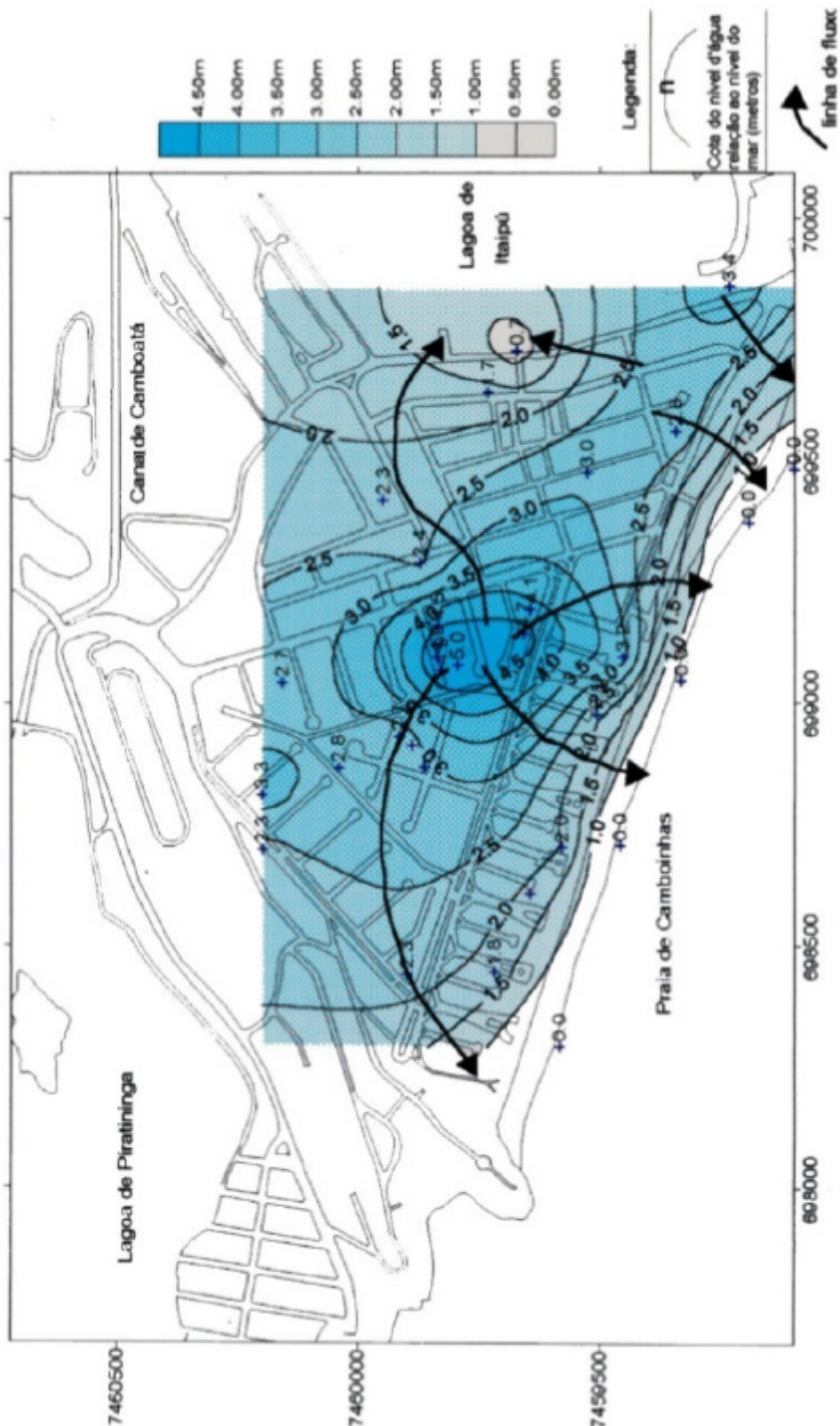
Foram cadastrados 29 poços rasos, os quais foram plotados no mapa do loteamento fornecido pelo Condomínio, tendo-se atualizado cotas do terreno, com auxílio de nível ótico e mira. As medidas de NA foram feitas entre setembro e novembro de 1997. A rede de fluxo (Fig. 4) foi elaborada com a utilização do programa *Surfer for Windows – versão 5.00*.

A rede de fluxo revela uma área de recarga localizada aproximadamente na porção central da área, nos sedimentos flúvio-marinhas. Uma interpretação para a localização da área de recarga no centro da área seria uma falha ou fratura do cristalino. Essa hipótese encontra respaldo na fotointerpretação, que mostra alinhamentos estruturais de direção NE e NW, que, inferidos para o substrato, cruzam-se na altura da zona de recarga encontrada.

**FIGURA 3 - FOTOINTERPRETAÇÃO**



**Figura 4 - Rede de fluxo do aquífero poroso de Camboinhas - (setembro/dezembro 1997)**



### 4.3 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

Os ensaios de laboratório foram direcionados basicamente para a obtenção de dados para a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero granular. Foram realizadas análises granulométricas de amostras dos sedimentos em poço tubular raso,



poço tubular profundo e em cava, as quais serviram de base para a determinação da condutividade hidráulica e transmissividade. Foram feitos ensaios para determinação das porosidades total e eficaz, complementando a obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos.

As porosidades total e eficaz foram determinadas pelo método de saturação e drenagem (Custodio y Llamas, 1976) a partir de ensaio de laboratório, tendo-se obtido uma porosidade total ( $n$ ) = 0,387 e uma porosidade eficaz ( $n_e$ ) = 0,195, valor foi adotado para o coeficiente de armazenamento.

Para a condutividade hidráulica adotou-se a relação de Hazen (Fetter, 1993)  $K = C(d_{10})^2$  aplicável a areias com diâmetro entre 0,1 e 3 mm. As análises granulométricas apresentaram  $d_{10} = 0,4$  mm. e  $C$  foi admitido como 100 (areia média, bem selecionada). Portanto,  $K = C(d_{10})^2 = 16 \cdot 10^{-2}$  cm / s

A transmissividade foi calculada, admitindo-se uma espessura saturada média ( $b$ ) do aquífero granular considerada como de 10 metros. Nesse caso

$$T = K \cdot b = (16 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^2) \text{ cm}^2 / \text{s} = 16 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 / \text{s}$$

#### 4.4 - RECARGA DO AQUÍFERO E CONSUMO DE ÁGUA

O ponto de partida para o estudo da recarga dos aquíferos foi a série pluviométrica de 29 anos do posto da Ilha do Modesto (Cavalcanti, 1996). A área, com 1,1 km<sup>2</sup>, foi reduzida em 30%, devido à impermeabilização urbana. Foram usados dois métodos: um considerando como taxa de recarga o valor de 20% das chuvas com intensidades acima de 90 mm (Boonstra & Ridder, 1981). O gráfico (Fig.5) mostra que essa condição se dá nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, setembro, novembro e dezembro, totalizando 156 mm. A recarga, neste caso foi de 120.120 metros cúbicos.

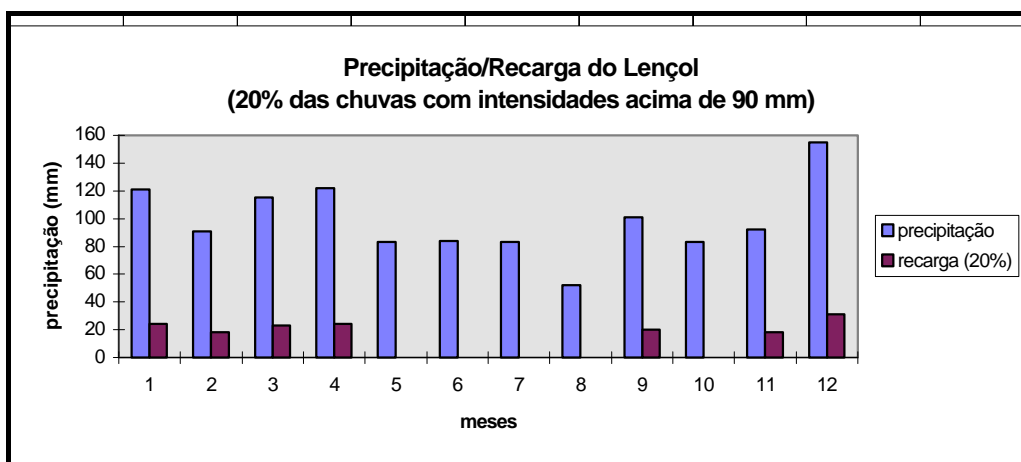


Figura 5 - Precipitação mensal acima de 90 mm (Nascimento, 1998)

O outro método adotou um índice de recarga de 30% da precipitação anual, ou seja, 354 mm, considerando que a permeabilidade do solo (areias quartzosas), com horizonte A insignificante e sem horizonte B. Nesta hipótese, a recarga foi de 272.580 metros cúbicos anuais.

Para avaliar as condições de exploração do aquífero foram cogitados dois níveis de consumo per capita: de água (1) o padrão adotado pela FAO, de 200 litros/habitante/dia; (2) o adotado pela CEDAE de 400 litros/habitante/dia. Foram consideradas duas populações, uma fixa de 2.000 habitantes e outra para a época de veraneio de 4.000 habitantes. Tais números se apoiaram em dados da Fundação IBGE e em informações do condomínio SOPRECAM. Os consumos anuais foram de 144.000, 288.000 e 576.00 metros cúbicos.

#### **4. - SONDAGENS ELÉTRICA VERTICAIS (SEV'S)**

Foram executadas 12 sondagens elétricas verticais ao longo de quatro seções perpendiculares à linha de costa (conforme mapa topográfico e de localização de poços e sondagens geofísicas) para determinação do posicionamento da interface da água doce com a água do mar subterrâneas. As sondagens foram executadas através do arranjo "Offset Wenner Sounding" e foram executadas com o eletro-resistivímetro Geopulse BGS-128 (foto-5).

Os resultados dessas sondagens, que também auxiliaram na determinação do topo do embasamento permitiram obter as seções mostradas nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

Figura 6 - Interpretação Hidrogeológica da Seção Geoeletrica S-1

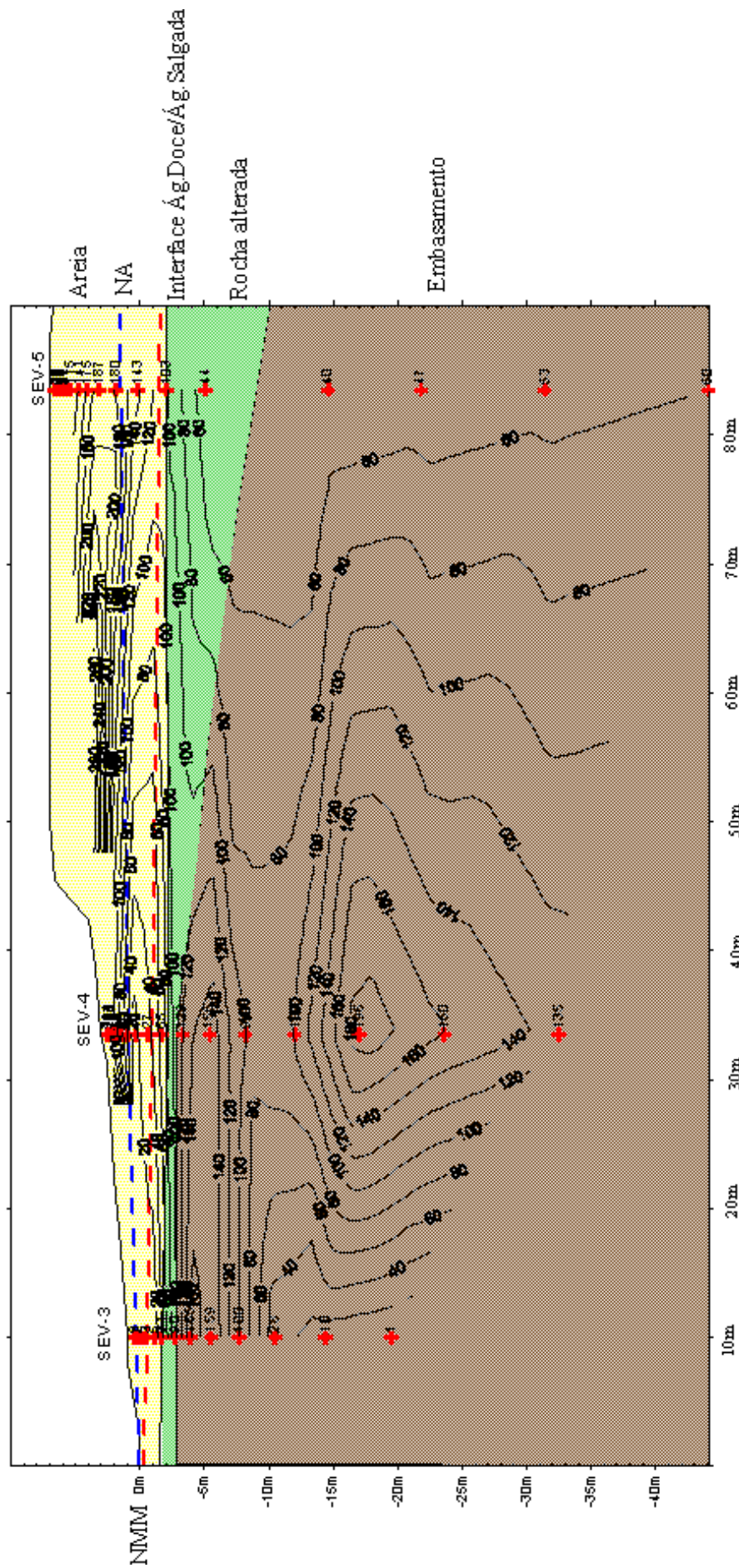




Figura 7 - Interpretação Hidrogeológica da seção Geométrica S-2

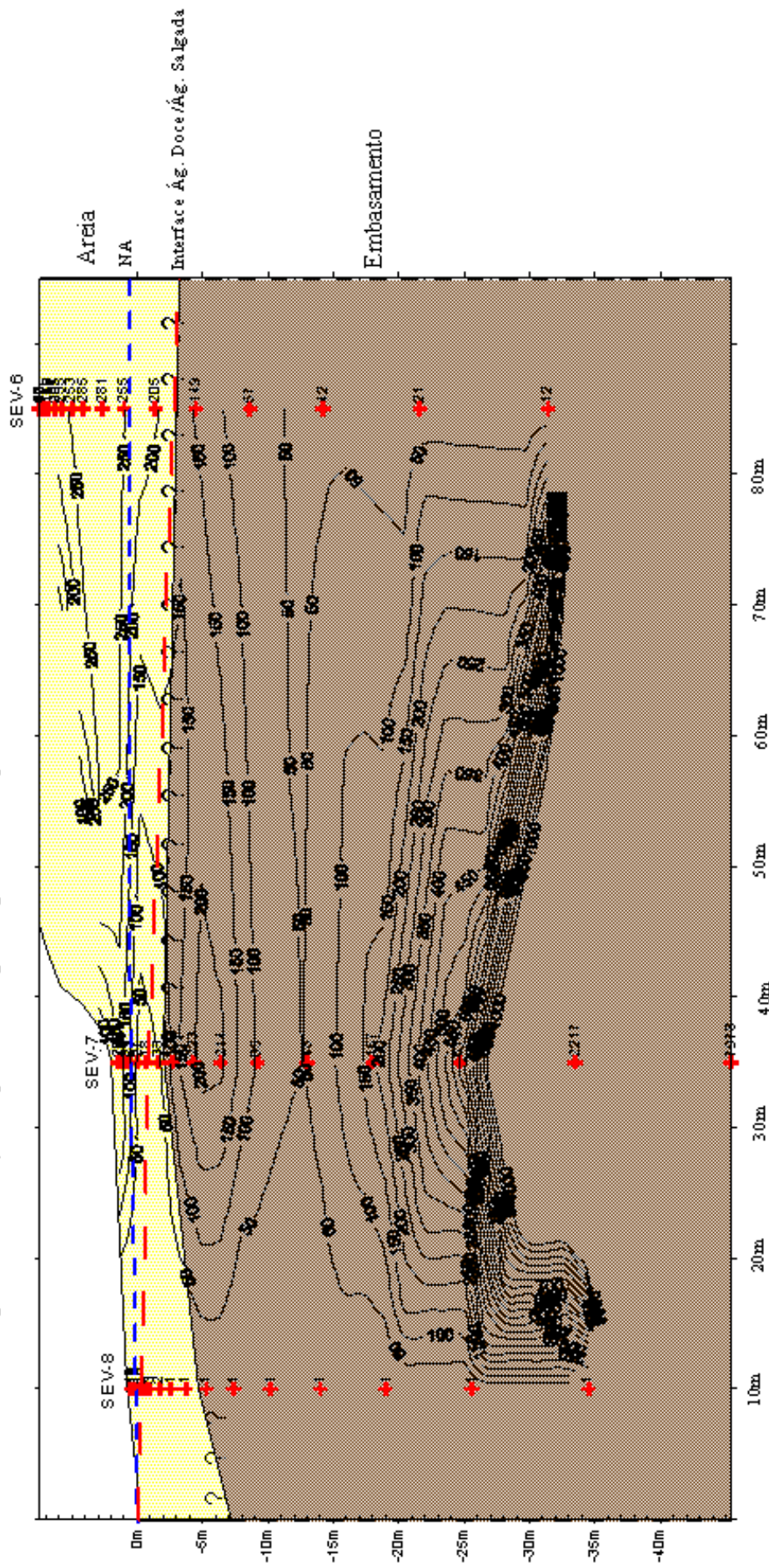


Figura 8 - Interpretação Hidrogeológica da Seção Geométrica S-3

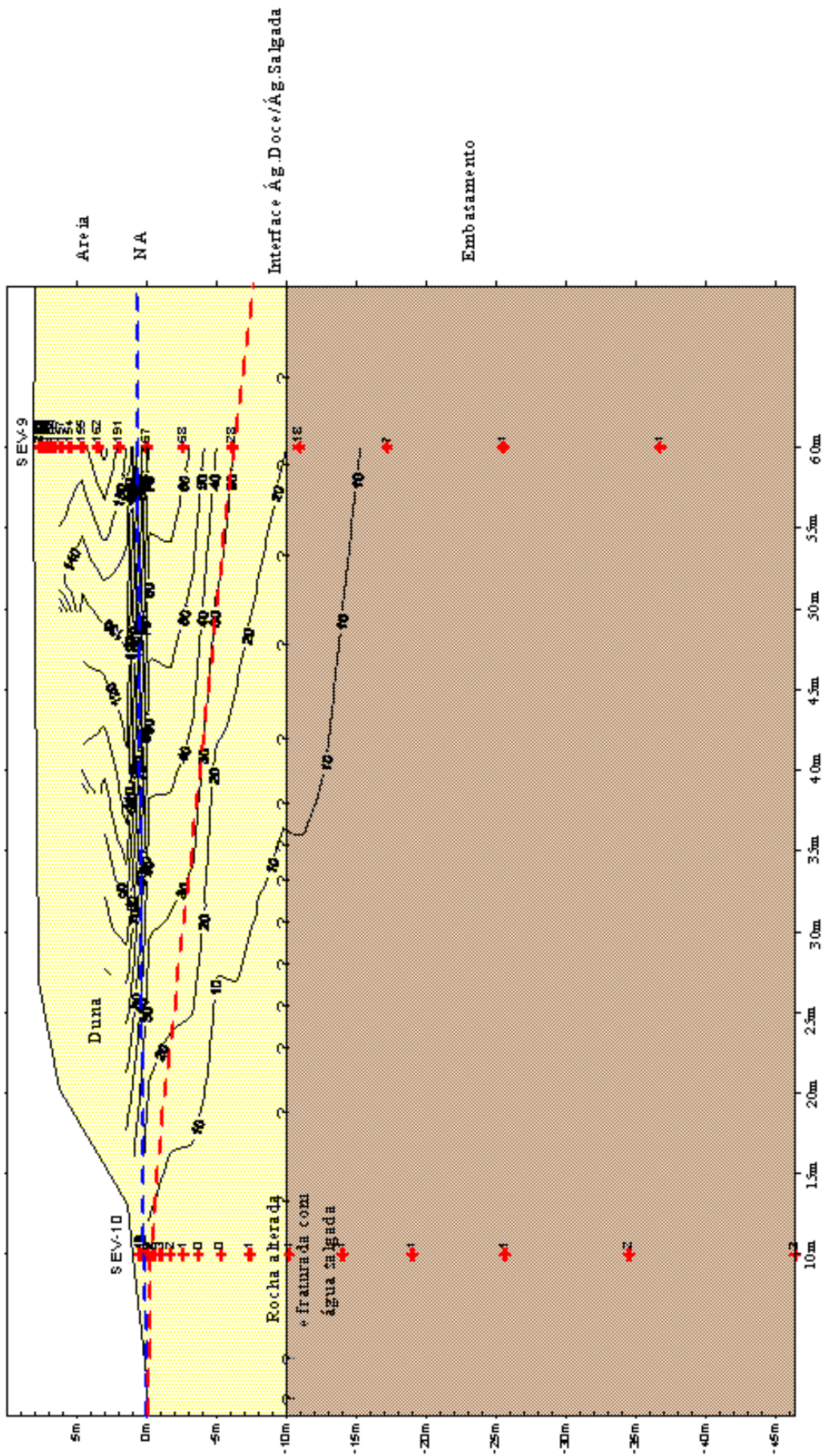
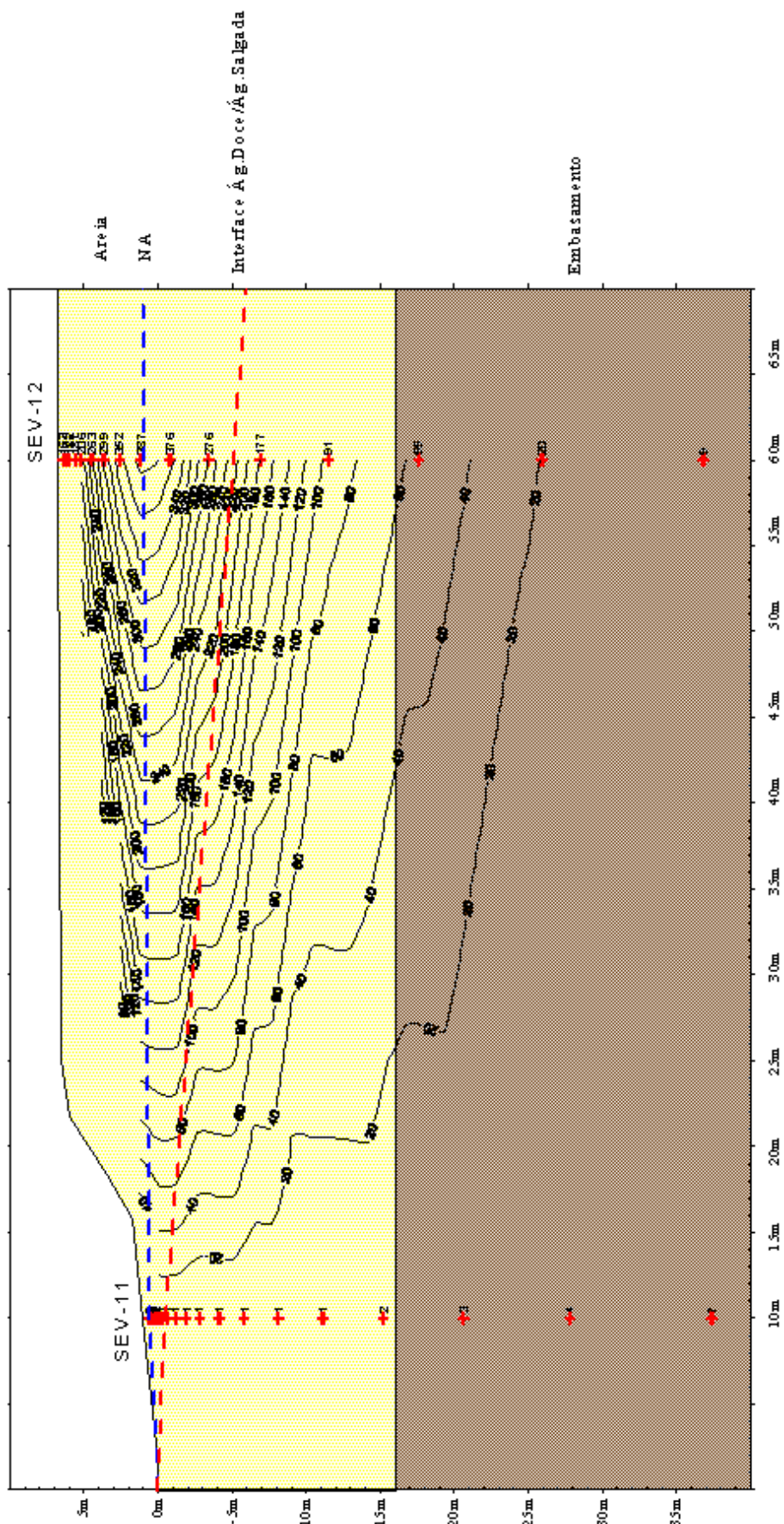




Figura 9 - Interpretação Hidrogeológica da seção Geoeletrica S-4



#### 4.5 - DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Foram coletadas amostras de águas de poços rasos distribuídos segundo perfis perpendiculares à linha de costa. Os valores de condutividade variaram de 125 a 600 $\mu$ S, sendo maiores nos poços mais próximos ao mar. A exceção foi o poço PR-52, localizado



próximo ao costão rochoso, que apresenta a condutividade mais alta (2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); Este poço está alinhado NE com o poço tubular (PP-43A) com água salgada, em fraturas a 80 e 100 m de profundidade:

#### 4.6 - INVESTIGAÇÃO SOBRE A POSIÇÃO INICIAL DA INTERFACE

Aplicando a equação de Glover  $z^2 = 2Q'x\gamma_d / K(\gamma_s - \gamma_d) + [Q'\gamma_d / Q'\gamma_d]^2$

onde

$z$  é a profundidade da interface para o nível do mar

$x$  é o avanço da descarga de água doce além da linha de costa

$Q'$  é o fluxo de água doce por unidade de comprimento da linha de costa

pode-se chegar a um valor da posição inicial da interface antes do bombeamento hoje existente e, a partir daí, avaliar a posição atual da interface em relação aos valores críticos.

Tem-se,	para S-1 ,	$z = 2$	$x = 80$
	para S-2	$z = 4$	$x = 80$
	para S-3,	$z = 6$	$x = 60$
	para S-4,	$z = 8$	$x = 60$

Como

$$K = 16.10^{-2} \text{ cm/s} = 138,24 \text{ m/dia} , \quad \gamma_d = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \text{e} \quad \gamma_s = 1025 \text{ kg/m}^3$$

Para valores médios de  $z = 5 \text{ m}$  e  $x = 70 \text{ m}$ ,  $Q' = 0,62 \text{ m}^3/\text{dia/metro}$  de linha de costa.

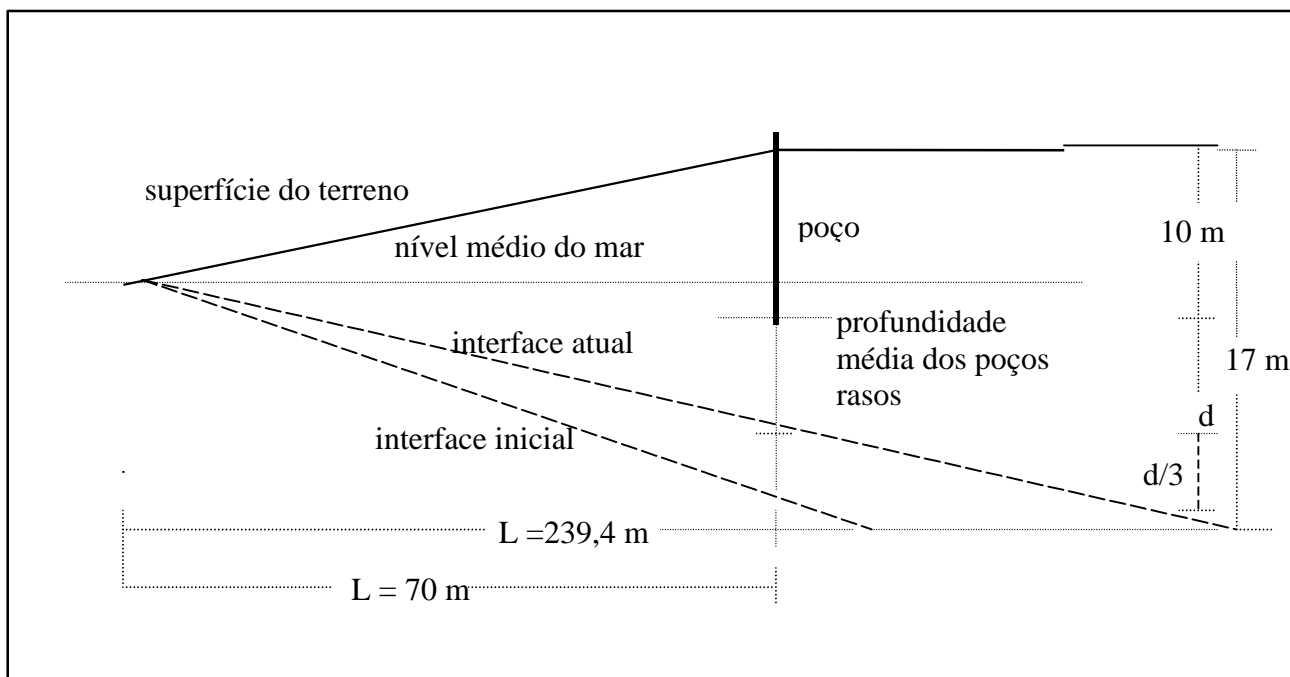
Para calcular a posição inicial da interface é preciso obter o fluxo inicial  $Q_o$  e calcular  $z_o$  a partir da fórmula. Como a área encontra-se sob bombeamento permanente, a este valor de  $Q'$  deve ser acrescido o fluxo retirado pelos poços  $Q_b$ . Este pode ser obtido, transformando-se o consumo anual de água em metros cúbicos por dia por metro de linha de costa. Considerando-se este consumo 288.000 metros cúbicos/ano, e 1.800 metros de linha de costa, teremos  $Q_b = 0,44 \text{ m}^3/\text{dia/metro}$ .

$$\text{Assim,} \quad Q_o = Q_b + Q' = 0,44 + 0,62 = 1,06 \text{ m}^3/\text{dia/metro}$$

Substituindo  $Q'$  por  $Q_o$  na equação de Glover

$$z_o = 6,43 \text{ metros}$$

A interface média atual, encontrada pelas sondagens elétricas, já ultrapassa o limite de 1/3 de  $d$  (distância da interface inicial para a profundidade média dos poços na orla) conforme ilustra o desenho esquemático da Fig. 10.



**Figura 10-** Deslocamento horizontal da interface (esquemático)

O comprimento da interface encontrada é calculado, igualando  $z$  à espessura média do aquífero 15 metros. Desse modo, dividindo esta espessura pela tangente do ângulo formado pela interface e o nível médio do mar, tem-se

$$\operatorname{tg}\alpha = 5/70 = 0,071$$

$$L = 17 / 0,071 = 239,4 \text{ metros}$$

A projeção da profundidade da interface para 700 metros (distância média dos poços tubulares profundos para a linha de costa) daria um valor próximo a 50 metros. No entanto, por estar dentro do aquífero fissural, a interface é virtual e sua presença só seria possível através de fraturas que se comunicassem com a água salgada no aquífero poroso. Por outro lado, devido a maior permeabilidade das fraturas, a presença de água salgada deve ser esperada a profundidades menores. Este pode ser o caso do poço tubular PP-43C, com água salgada, situado a cerca de 750 metros da linha de costa.

## 5 - AVALIAÇÃO DE RESERVAS

Considerou-se para os sedimentos de restinga uma espessura média de 17 metros, podendo-se adotar uma espessura saturada de 10 metros para o aquífero granular. Com

uma área de 1,1 km<sup>2</sup>, e um coeficiente de armazenamento de 0,195, a reserva seria de  $(1.100.000 \text{ m}^2 \cdot 10 \text{ m} \cdot 0,195) = 2.145.000 \text{ m}^3$ .

A reserva disponível deve levar em conta a intrusão salina. A investigação realizada demonstrou que até uma média de 239,4 metros da linha de costa, a posição encontrada da interface ultrapassou o limite de 1/3 da distância entre a posição original da interface e a profundidade média dos poços tubulares rasos na orla. Isto significa que a reserva disponível já estaria sendo sobreutilizada.

A 700 metros do mar (faixa dos poços tubulares profundos) a interface é virtual, a 50 metros de profundidade, no aquífero fissural. Neste meio, devido a maior permeabilidade das fraturas, a salinização pode ser encontrada a uma profundidade menor, quando houver interconexão com cunha salina.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A superexploração na área é aqui discutida quando se verifica que o consumo anual de água é inferior às recargas consideradas apenas em uma das hipóteses relacionadas (Tabela 1).. Os níveis de extração, a confirmarem-se, estariam causando depleção da reserva e avanço da cunha salina.

**Tabela 1 - Consumo de Água e Recarga**

População	Consumo per capita (lts). /dia)	Consumo Anual ( m <sup>3</sup> )	Recarga de 120.120 (m <sup>3</sup> )	Recarga de 272.580 (m <sup>3</sup> )
2.000	200	144.000	-23.880	128.580
2.000	400	288.000	-167.880	-15.420
4.000	200	288.000	-167.880	-15.420
4.000	400	576.000	-455.880	-303.420

A análise e o confronto dos dados obtidos com a realidade permite fazer algumas ponderações:

- não se pode menosprezar o fato de que grande parte da água consumida venha do aquífero fissural, cuja recarga tem parte de sua origem na área do maciço costeiro;



- Não há evidências práticas de uma progressiva salinização, a não ser local e episodicamente. Os poços da linha de costa, com profundidade média de 10 metros, apresentaram condutividades entre 250 a 600 $\mu$ S, portanto na faixa da água doce (Custodio y Llamas, 1983), com exceção do PR-52 que apresentou 2500 $\mu$ S. Portanto, a salinização dessas águas seria, no máximo, da periferia da zona de mistura da interface, ao aerosol do mar ou chuvas de evaporação marinha (Tubbs, 1993).
- As interfaces água doce/salgada são muito pouco inclinadas, (Figs. 4-10, 4-11, 4-12 e 4-13). caracterizando elevado fluxo de água doce para o mar, com uma área submersa de descarga (Glover, 1964 in Domenico & Schwartz, 1990).

Torna-se oportuno remontar, a esta altura, a zona de recarga localizada na porção central da área, revelada pela rede de fluxo (Fig. 4.5). Tal fato, interpretado como uma fratura do aquífero fissural contribuindo para o aquífero granular com uma expressiva descarga, é uma hipótese com razoável embasamento para explicar a realidade dos fatos à luz dos conceitos hidrogeológicos.

Tal fenômeno não é incomum, sendo exemplificado por vários casos, documentados amplamente na literatura especializada, internacionalmente. Em recente artigo no Jornal da ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, (Rebouças, 1999) é relatada avaliação realizada pelo United States Geological Survey dos 11 mais importantes aquíferos dos Estados Unidos em que a manutenção de longo termo de taxas de extração superiores à recarga, sem que seja observada, na prática, uma efetiva superexploração, é atribuída aos fluxos inter-aquíferos, engendrados seja por intensos bombeamentos, recarga artificial ou mesmo por irrigação

Diante dos resultados obtidos pelos trabalhos de campo e de escritório e a não observação de efeitos da superexploração e salinização nas águas dos poços, a não ser local e episodicamente, fica fortalecida a hipótese de uma contribuição de recarga do aquífero fissural para o aquífero granular, através de uma fratura ou falha. Fica questionada a superexploração demonstrada pelos cálculos desenvolvidos, concluindo-se que o modelo ressurte-se de mais investigações.

## **7. - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Apesar da necessidade de continuar a investigação, é recomendável planejar as extrações seguindo o critério das vazões seguras, como também pensar e planejar

alternativas como recarga artificial, e zoneamento da impermeabilização da área. Em relação a recarga artificial, uma idéia é fazer através de cisternas ou poços de recarga, recolhendo as águas de chuvas dos telhados, evitando-se efeitos indesejáveis como entradas de ar, sedimentos, matéria orgânica e/ou partículas coloidais, bem como desenvolvimento de ferro-bactérias no aquífero, ou precipitação de ferro causado pelo pH da água de recarga (Fetter, 1994):

Com relação à prevenção contra a intrusão salina, a principal providência é regular as vazões de bombeamento, de maneira a evitar um gradiente hidráulico da zona de água salgada para o cone de drenagem do bombeamento dos poços. A regra é manter a interface salina no máximo a 1/3 acima da distância da interface inicial para a entrada de água nos poços.

Em aquíferos litorâneos confinados da Califórnia, utilizam-se poços de injeção de água doce na orla, produzindo uma barreira na superfície potenciométrica. Este tipo de solução pode ser utilizada em aquíferos livres, combinada com recarga artificial, através de poços de recarga, cisternas ou lagos/canais artificiais, podendo adaptar-se ao caso de Camboinhas (Fig. 11).

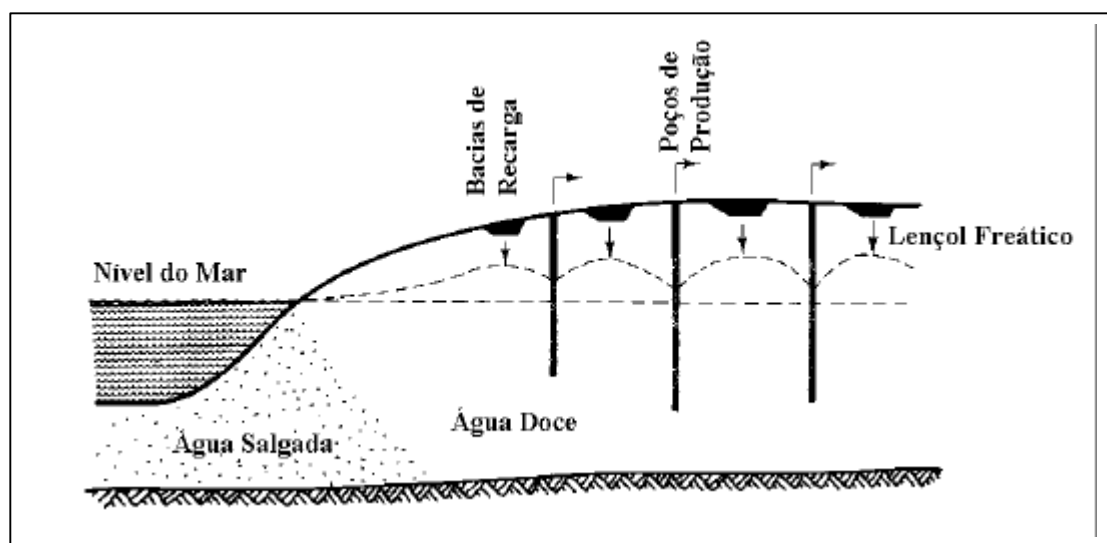


Fig. 11. Uso de recarga artificial em área de poços de produção em aquífero livre costeiro. A água da recarga artificial mantém o lençol freático abaixo do nível do mar, evitando a intrusão salina. (Fetter, 1994).

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amador, E. S. –Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza..

Edição do autor. 539p - 1997.

- Boonstra, J.A & Ridder, N.A. - Numerical Modeling of Groundwater Basins**  
International Institute for Land Reclamation and Improvements - ISBN 90 70260  
697 - Wageningen, The Netherlands -1981 - 250p.
- Cavalcanti, M.A.M.P. - Impacto dos Sistemas de Saneamento “In Situ” nas Águas Subterrâneas no bairro de Piratininga - Município de Niterói - RJ - Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências, USP. São Paulo - 1996.**
- Custódio, E. & Llamas, M.R. - Hidrología Subterránea - Ediciones Omega S.A. - Barcelona, España - 1976.**
- Departamento de Recursos Minerais - DRM/RJ - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Baía da Guanabara - 1981.**
- Domenico, P. A. & Schwartz, F.W. – Physical and Chemical Hydrogeology – John Wiley & Sons, New York, USA, 1990.**
- Feitosa, F.A.C. & Filho, J.M. - Hidrogeologia, Conceitos e Aplicações - CPRM, LABHID-UFPE - 1997.**
- Fetter, C.W. - Applied Hydrogeology - 3rd edition - Prentice Hall Inc. - New Jersey - U.S.A. - 1994.**
- Kneip, L.M., Pallestrini, L. , Cunha, F.L. S. & Andrade, A.B. - Análise dos Sedimentos das Sondagens in Pesquisas Arqueológicas no Litoral de Itaipu, Niterói - RJ - Rio de Janeiro, 1981.**
- Marins, G.M.S & Vieira, A.C. – Utilização do Sensoriamento Remoto na Avaliação do Potencial Mineral do Município de Niterói, RJ – VII Jornada de Iniciação Científica. 1, p 178 – 1997.**
- Nascimento, E.A. - Modelagem de Água Subterrânea - Tese de Doutorado (no prelo) - Coordenação do Programa de Pós Graduação em Engenharia - COPPE, Programa de Engenharia Civil, Área de Recursos Hídricos - 1998**
- Pinheiro. J.C.N. - Ensaio Triaxiais em Depósito Mole Turfoso na Margem Oeste da Lagoa de Itaipu - Tese de Mestrado - Dep. de Engenharia Civil, PUC-RJ - 1980.**
- Rebouças, A. C. – Gerenciamento Integrado: Sustentabilidade – Coluna do Aldo – Jornal da ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – nov. 1998.**
- Silva Filho, E.V., Mariani, R.L.C., Tubbs, D., Maddock, J.E.L. & Bidone, E.D. - Origin of Groundwater Elements in the Coastal Region of Niterói - RJ - Brazil - Proceedings of the International Symposium on Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries - Niterói - RJ - november 1993.**

**Tubbs, D. - Caracterização Hidroquímica e Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Litorânea do Município de Niterói - RJ - Dissertação de Mestrado - 1994 -**