

# SÔBRE A APLICAÇÃO DE ELETRO-RESISTIVIDADE NA BAIXADA SANTISTA — (São Paulo)

Por

NELSON ELLERT

## ABSTRACT

The Baixada Santista is a flat region along the coast of S. Paulo State, situated between Santos and Mongaguá. The electroresistivity method (electrical sounding) was employed to obtain elements about the basement surface, covered by pleistocene sediments.

The penetration of sea salt water was also detected, at least south of Mongaguá where the resistivity of the last layer (lowermost) changes with the tide.

The basement surface is situated between the depths of —40 and —120 m. Over this surface there is a layer supposed to be argillaceous due to its very low resistivity. This layer is followed above by a sequence of sandy sediments, saturated with fresh water, presenting resistivity values of hundreds of Ohm.m.

Fresh water occurs along the beach (Praia Grande) floating on salt water.

## RESUMO

A Baixada Litorânea Santista, na faixa compreendida entre S. Vicente e Mongaguá, foi objeto de estudo geofísico visando verificar o relêvo da superfície do embasamento cristalino coberto por sedimentos pleistocénicos. Teve-se também como objetivo estudar o lençol freático e a penetração da água salgada do mar.

Verificou-se que a superfície do embasamento cristalino apresenta cotas que variam de —40 a —120 m. Sobre este deve existir uma camada de argila, comum a toda a faixa. A sul de Mongaguá a camada basal parece ser formada por material mais grosso, pois, neste local, verifica-se uma grande variação nos valores de resistividade em medidas executadas com a maré alta e com a maré baixa. Lentes de água doce existem flutuando sobre a água salgada próximo e mesmo ao longo da praia.

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve por fim estudar uma parte do litoral do Estado de São Paulo. Foi para tanto escolhida a região compreendida entre São Vicente e Mongaguá a sul de Santos, ao longo da Praia Grande.

Este trabalho, realizado graças auxílio concedido pela FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO, é uma complementação do trabalho do A. intitulado «Aplicação de eletro-resistividade em sedimentos paleozóicos e mesozóicos do Estado de São Paulo».

O método da eletro-resistividade, na forma de sondagem elétrica, segundo o esquema Schlumberger, foi aplicado visando a obter dados referentes às resistividades das camadas sedimentares que compõem a planície da Praia Grande. Procurou-se executar as sondagens elétricas aumentando o espaçamento entre os eletrodos de corrente (AB) até que a curva formasse em sua parte final uma reta fazendo um ângulo de 45° com o eixo das abscissas, correspondente a influência do embasamento cristalino sobre a distribuição das linhas de corrente elétrica.

Como qualquer região litorânea, existe aqui também o fenômeno da penetração de água do mar em sedimentos, como comprovado pelo poço profundo perfurado na região da Cidade Ocian. Procurou-se assim observar o comportamento do contato entre a água doce e a água salobra ou salgada.

As curvas de sondagem elétrica estão agrupadas de modo que a sua interpretação possa fornecer dados que permitam a construção de uma secção vertical.



Fig. 1 — Localização da área de estudo.

### SECÇÃO VERTICAL I

Esta secção vertical, obtida a partir da interpretação das curvas ER-30, ER-31, ER-32, ER-33, apresenta camadas cujas resistividades variam de 1,6 a 600 Ohm.m. Os valores baixos de resistividade encontram-se

próximos da praia e devem-se à penetração da água do mar. A presença de uma camada basal de baixa resistividade, situada imediatamente acima do embasamento, é comum a toda a área. Como primeira hipótese poderia ser interpretada como sendo de material argiloso contendo água salgada.



Fig. 2 — Localização das sondagens elétricas.

## SECÇÃO VERTICAL II

A interpretação das curvas ER-42, ER-43 e ER-44 nos fornece dados para a construção desta secção vertical. A camada basal de boa condutividade, já mencionada, está também presente neste perfil. Verifica-se, porém, que o valor da resistividade desta camada diminui ao aproximar-se do rio Piassabugú. O lençol d'água doce da área compreendida entre o mar e o rio está penetrado por água salgada, tanto do lado do mar como do lado do rio, no qual a água do mar penetra vários quilômetros. Como a sondagem elétrica ER-44 está mais próximo do rio, a penetração de água salobra é maior, diminuindo a resistividade. Na área pesquisada, a maior profundidade encontrada para o embasamento cristalino foi de cerca de 120 m, localizado onde foi executada a sondagem ER-43.

## SECÇÃO VERTICAL III

As sondagens elétricas ER-47 e ER-48 foram executadas na área N de Mongaguá, para estudar-se o comportamento elétrico dos sedimentos numa faixa onde a Serra do Mar se aproxima da praia.

Nesta secção vertical observa-se que apesar de ER-47 estar situada a cerca de 200 m das primeiras elevações da Serra, o embasamento cristalino encontra-se numa profundidade superior a 60 m. Observa-se que a ca-

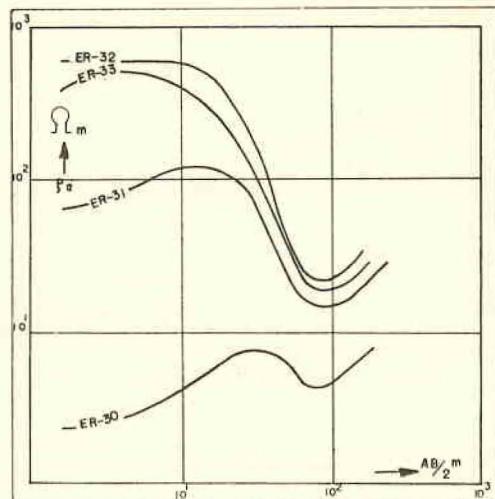


Fig. 3 — Curvas de sondagem elétrica.

mada imediatamente acima do embasamento apresenta nesta região uma resistividade de 10 Ohm.m, enquanto que no ponto de ER-48, o seu valor é de 1,6 Ohm.m, produto talvez da penetração da água do mar.

## SECÇÃO VERTICAL IV

Esta secção vertical obtida a partir da interpretação das curvas ER-37, ER-45 e ER-49 mostra que a superfície do embasamento mergulha suavemente em direção ao mar.

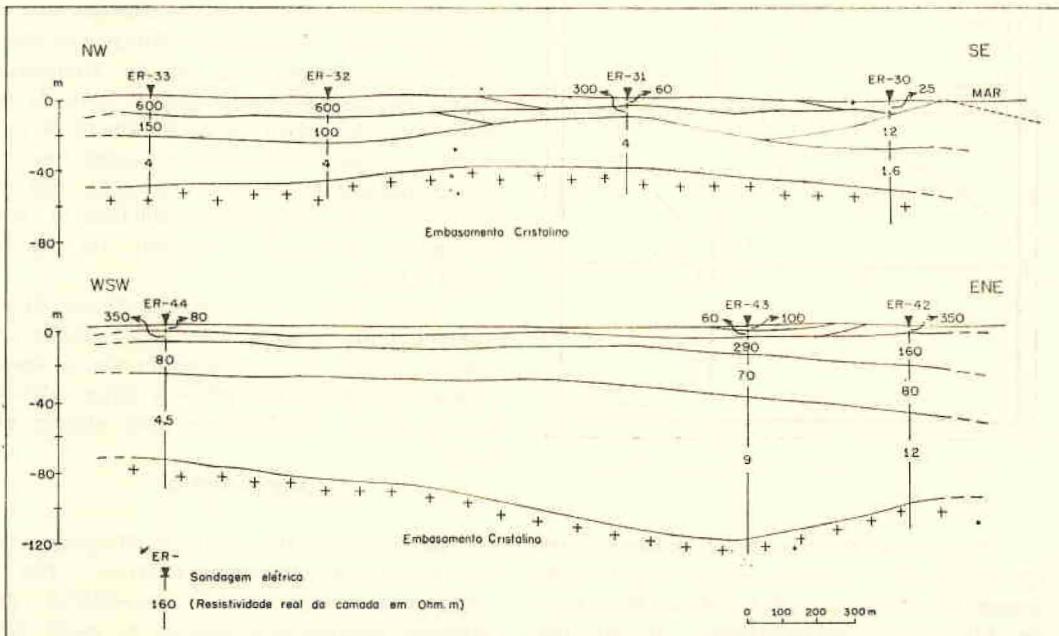


Fig. 4 — Secções verticais I e II

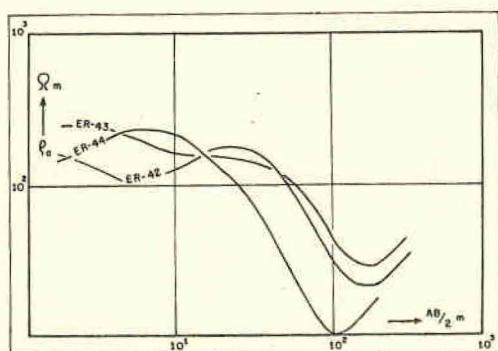


Fig. 5 — Curvas de sondagem elétrica.

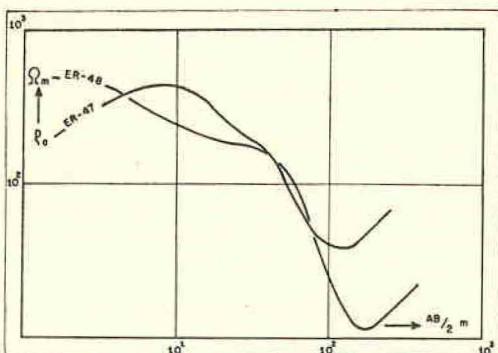


Fig. 6 — Curvas de sondagem elétrica

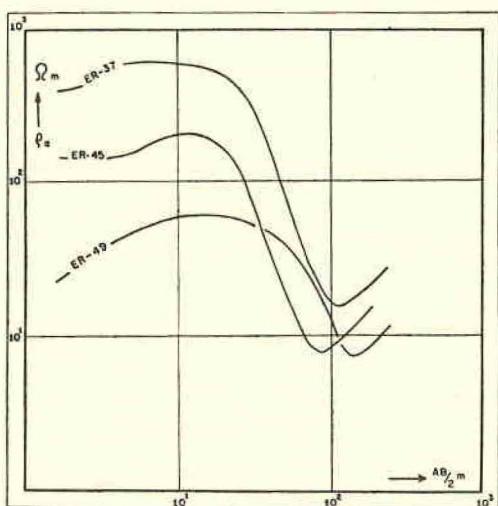


Fig. 7 — Curvas de sondagem elétrica

Acima da camada basal existem duas, provavelmente de areias, cujas resistividades aumentam em direção à Serra do Mar, devendo, talvez, ao empobrecimento em sais dissolvidos.

## SECÇÃO VERTICAL V

Com os dados da interpretação das curvas ER-34, ER-35, ER-36, ER-37, ER-38, ER-39 e ER-40, constrói-se esta secção vertical. Nesta secção, o pacote sedimentar, constituído de argilas, areias e cascalho (?), não ultrapassa 60 m. A superfície do embasamento apresenta pequenas ondulações onde a diferença de nível é inferior a 15 m. A camada basal de baixa resistividade prolonga-se desde a praia até, pelo menos, o Rio Branco. Sobrejacente à camada basal existe uma de resistividade relativamente alta, com espessura da ordem de 20 m que se prolonga desde a praia até ER-34 e poderia ser interpretada como sendo formada por areias contendo o lençol de água doce.

## SECÇÃO VERTICAL VI

Ao longo da praia, na direção NE-SW, foram realizadas 7 sondagens elétricas para determinar a topografia do embasamento e também detectar a presença ou ausência de lentes de água doce mesmo em pontos próximos ao mar. A superfície do embasamento apresenta elevações que alcançam diferenças de nível de até 40 m. A camada basal de baixa resistividade é presente em toda a extensão da praia e é em geral bem desenvolvida. As variações na espessura desta camada nos pontos pesquisados podem estar relacionadas com o fenômeno de transgressão da cunha de água salgada em função da maré cheia como observado a sul de Mongaguá. Acima da camada basal aparece uma de resistividade da ordem de 20-30 Ohm.m. É provável que esta camada seja a mesma que nos outros pontos pesquisados apresenta uma resistividade de cerca de 200-100 Ohm m, sendo aqui a camada de transição, ou seja de água salobra.

Acima desta nos pontos ER-48 até ER-40 aparece uma camada com resistividade entre 70 e 220 Ohm.m, devendo ser o lençol d'água doce flutuando sobre a água salgada. A espessura desta camada pode atingir até 30 m.

## MONGAGUA

Na parte sul da cidade de Mongaguá foram executadas sondagens elétricas a fim de verificar o comportamento geo-elétrico das camadas sedimentares quando a maré está cheia e quando está baixa.

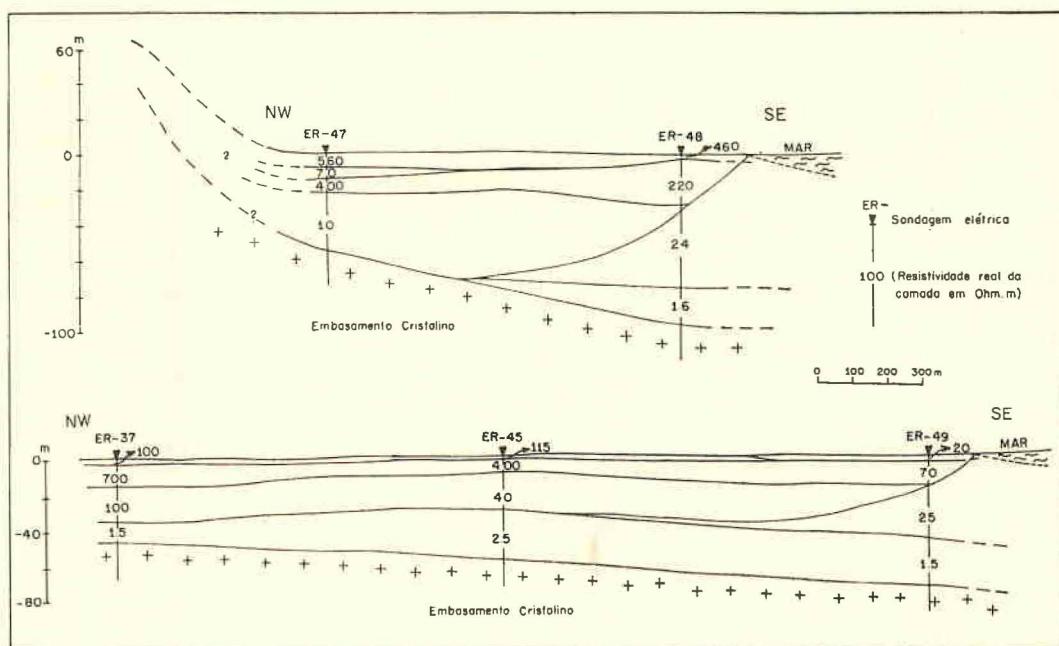


Fig. 8 — Secções verticais III e IV

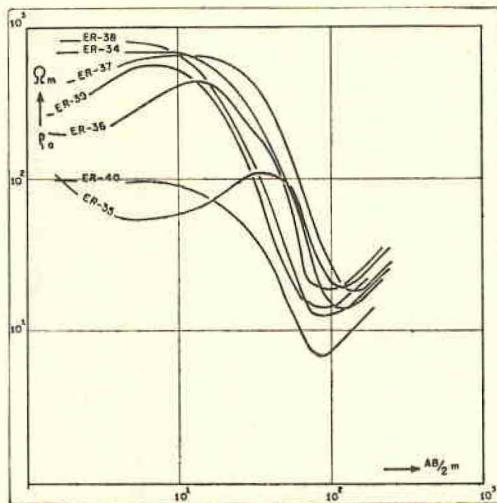


Fig. 9 — Curvas de sondagem elétrica

As sondagens elétricas ER-51 e ER-52 foram executadas no mesmo local, sendo que ER-51 com a maré cheia e ER-52 com a maré baixa. Verifica-se que a parte inicial das curvas, até  $AB/2 = 70$  m, os valores de resistividade aparente obtidos são os mesmos a partir do qual aparece uma diferenciação nestes valores. Isto deve-se a presença de sedimentos grosseiros penetrados por água salgada do mar.

A interpretação das curvas de sondagem elétrica é a seguinte:

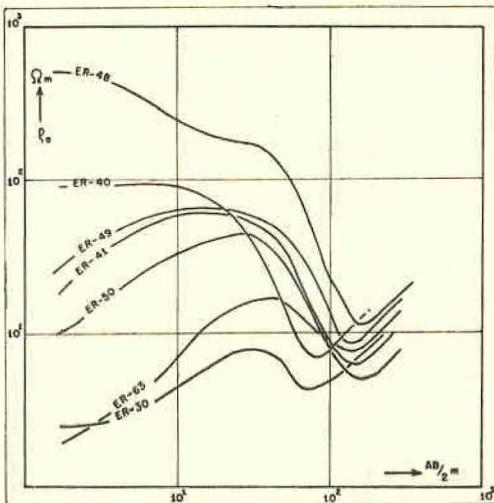


Fig. 10 — Curvas de sondagem elétrica

ER-51		ER-52	
espessura	resistividade	espessura	resistividade
m	Ohm.m	m	Ohm.m
5,0	700	5,0	700
25,0	600	25,0	600
40,0	70	40,0	18
	∞		∞

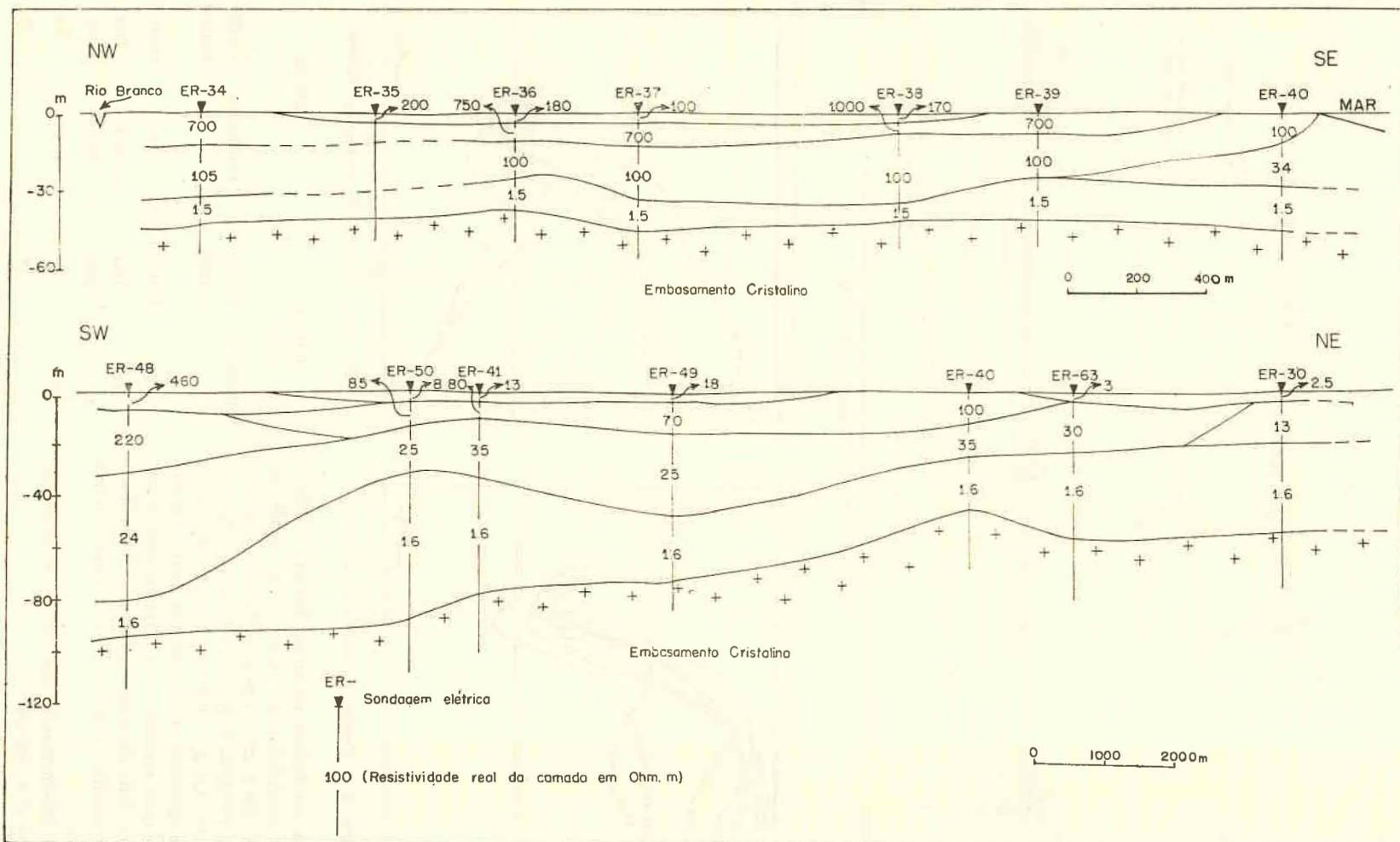


Fig. 11 — Secções verticais V e VI

Nota-se que até a profundidade de 30 m os sedimentos não sofrem qualquer alteração em seu valor de resistividade. A partir desta profundidade a camada basal apresenta-se muito mais condutora durante a maré cheia devido aos sais presentes na água que saturam os sedimentos.

As sondagens elétricas ER-53 e ER-54 foram realizadas mais afastadas da praia. Estas sondagens, como as anteriores, foram executadas em diferentes condições de maré. Verifica-se, entretanto, que as curvas não apresentam qualquer diferença no tocante a resistividade medida no campo. Por outro lado os valores obtidos no campo, quanto à resistividade aparente, são menores que os de ER-51. Isto deve-se talvez a uma maior concentração de material argiloso. Sendo um material argiloso, como a variação da maré é uma questão de horas, não há tempo suficiente para se efetuar a penetração de água do mar quando da maré cheia, determinando assim uma constância no caráter geo-elétrico desta camada mesmo em diferentes condições de maré.

A interpretação destas curvas é a seguinte:

resistividade Ohm.m	espessura m
700	5,0
550	30,0
10	70,0
$\infty$	

A inflexão da curva na altura de  $AB/2 = 50$  m é mais acentuada do que a inflexão das outras curvas em  $AB/2 = 20$  m, demonstrando que a camada basal é de resistividade bem menor do que ER-51.

## CONCLUSÕES

Os trabalhos de campo executados na área da Praia Grande permitiram verificar a presença de uma série de camadas sedimentares cobrindo o embasamento cristalino. Estas camadas podem ser diferenciadas em face de seu caráter elétrico. Se por um lado estas camadas podem ser litologicamente semelhantes, por outro, são distintas elétricamente em função da resistividade da água (água do mar, água da interface, água doce) que a saturam. Os valores de resistividade das diferentes camadas variam entre 1,5 e 1.000 Ohm.m.

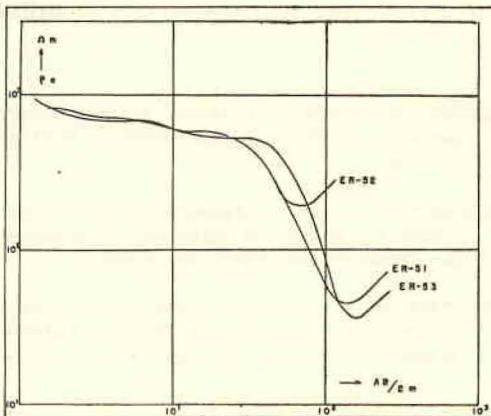


Fig. 12 — Curvas de sondagem elétrica

As secções verticais mostram que praticamente em qualquer lugar da região da Praia Grande, a camada situada imediatamente acima do embasamento é a camada que apresenta o menor valor de resistividade de todo o pacote sedimentar sobrejacente.

Em trabalhos executados por Kollert (relatório ao Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo — I.G.G.S.P.) em 1963, foi possível verificar a presença desta camada de baixa resistividade. Uma sondagem executada na área pelo I.G.G.S.P. em 1964, permitiu constatar que esta camada basal corresponde a um material argiloso. Um perfil de poço dessa sondagem revelou que a resistividade desta camada é da ordem de 1,5 Ohm.m. Por outro lado, na área de Guarujá (S.P.), na praia de Pernambuco, foi executado um poço profundo que produz água subterrânea contendo cerca de 1.700 mg/l de NaCl, ou seja, água altamente salobra. Assim sendo, esta camada, seja ela argilosa ou saturada de água salobra, é desinteressante como aquífera.

As secções verticais mostram também a presença de camadas mais superficiais com alto valor de resistividade mesmo próximo e ao longo da praia. Estas camadas correspondem àquelas saturadas com água de baixo conteúdo em sais, ou seja, o lençol aquífero doce.

A superfície do embasamento cristalino é ondulada, com cotas variando entre -40 e -120 m. Sua origem poderia estar ligada a um dos períodos de isostasia.

Nota-se sempre no ponto mais próximo da praia a presença da cunha de água salgada que penetra rumo ao interior.

## BIBLIOGRAFIA

- BENTZ, A. — 1961 — *Lenrbuch der angewandten Geologie*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1.067 pp.
- ELLERT, N. — 1967 — *Aplicação de eletro-resistividade em sedimentos paleozóicos e mesozóicos do Estado de São Paulo*. No prelo.
- FLATHE, H. — 1955 — *Possibilities and limitations in applying geoelectrical methods to hydrogeological problems in the coastal areas of the North West Germany*. Geoph. Prospec., vol. III, n° 2, pp. 95-110.
- KOLLERT, R. — 1963 — *Relatório ao Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo*. Inédito.
- ZEUNER, F. E. — 1945 — *The pleistocene period its climat echronology and faunal successions*. The Ray Society, vol. 130, Adlard & Son, Ltd. Londres, 322 pp.