



A IMPORTÂNCIA DE INFORMAÇÕES DIRETAS NA OTIMIZAÇÃO DA INTERPRETAÇÃO GEOFÍSICA

Otávio Coaracy Brasil Gandolfo

José Domingos Faraco Gallas

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de um ensaio geoeletrico realizado no campus da USP, próximo à Raia Olímpica, com o objetivo de caracterizar litologias rasas em subsuperfície. No local dos ensaios foi realizada uma trincheira para coleta de amostras de solo. Desta forma, foi possível a obtenção de informações diretas do perfil estratigráfico, profundidade do nível d'água, assim como de medidas de resistividade elétrica das formações *in situ*. As informações diretas permitem o estabelecimento mais preciso do modelo geoeletrico local. Estas informações foram utilizadas na interpretação de uma sondagem elétrica vertical (SEV) realizada nas proximidades da trincheira, contribuindo para uma precisa caracterização geoeletrica das litologias presentes, particularmente quanto à distribuição vertical das resistividades elétricas na área de estudo.

1. Introdução

Pesquisadores do IG-USP e do IAG-USP vêm recentemente desenvolvendo sistemáticos trabalhos de pesquisa geológica e hidrogeológica de campo em uma área situada próxima à Raia Olímpica da Cidade Universitária (campus da USP), onde também estão sendo realizados diversos ensaios geofísicos utilizando eletrorresistividade, GPR e o método eletromagnético.

Na ocasião da escavação da trincheira, coordenada por pesquisadores do IAG-USP, foram realizados os ensaios de eletrorresistividade, através de medidas diretas (na trincheira) e indiretas (SEV), cujos resultados são apresentados neste trabalho.

2. Geologia e hidrogeologia local

A área de estudo encontra-se na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo, integrante do Rift Continental do Sudeste do Brasil. Sedimentos terciários do Grupo Taubaté, composto pelas formações Resende, Tremembé e São Paulo, superpostos pela Formação Itaquaquetuba recobrem as rochas cristalinas do embasamento (Melo et al., 1989). A Formação Itaquaquetuba corresponde aos depósitos de sistema fluvial entrelaçado que ocorrem sob aluviões holocênicos dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. Na porção norte da Cidade Universitária, próximo à Raia Olímpica, que era uma antiga cava de extração de areia para construção (Iritani, 1993), ocorre a Formação Itaquaquetuba (Riccomini et al., 1992).

O nível d'água encontra-se raso, a uma profundidade em torno de 3m. A condutividade da água subterrânea

medida em alguns poços apresentou valores entre 200 a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (50 a 25 Ωm).

3. Ensaios de campo e discussão dos resultados

O perfil litológico da trincheira escavada pode ser assim descrito (Tabela 1):

Tabela 1 - Perfil litológico da trincheira escavada

Litologia	Profundidade (m)
Solo superficial	0 - 0,5
Aterro	0,5 - 0,8
Solo argiloso	0,8 - 2,3
Solo areno/argiloso seco	2,3 - 3,2

No dia da escavação da mesma, o nível d'água encontrava-se a 3,2m de profundidade, informação obtida na trincheira e em poços situados nas proximidades do local onde foram realizados os ensaios.

Nas proximidades da trincheira, foi realizada uma SEV utilizando o arranjo *Schlumberger* e com abertura entre eletrodos dimensionada de forma a definir-se as espessuras das camadas observadas na trincheira escavada. A abertura inicial entre eletrodos de corrente foi 1,2m ($AB/2=0,6\text{m}$) estendendo-se até 40m ($AB/2=20\text{m}$, abertura máxima). Na Figura 1 encontra-se a curva de resistividade elétrica aparente da SEV realizada.

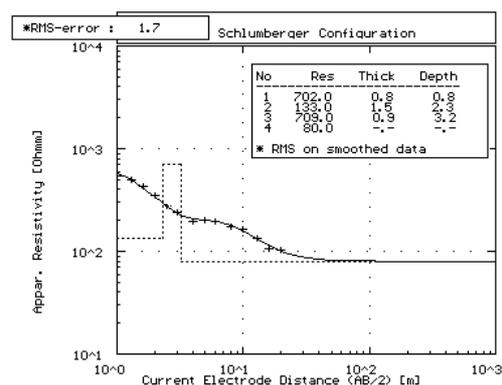


Figura 1 - SEV realizada nas proximidades da trincheira

Na interpretação foi definido um modelo de 4 camadas geoeletricas. As espessuras destas, conhecidas pela inspeção visual da trincheira (Figura 4), puderam ser fixadas no processo de inversão dos dados. O parâmetro resistividade não foi fixado e os valores calculados pelo programa correspondem ao melhor ajuste com os dados medidos em campo (pontos discretos no gráfico da Figura 1). Foi estabelecido o seguinte modelo geoeletrico (Tabela 2):

Tabela 2 - Modelo geoeletrico da SEV da Figura 1

Litologia	ρ_a (Ωm)	Espes-sura (m)	Prof. do topo (m)
Solo superficial	702	0,8	-
Aterro			
Solo argiloso	133	1,5	0,8
Solo areno/argiloso seco	709	0,9	2,3
Solo areno/argiloso saturado	80	∞	3,2 (N.A)

Observar que as duas camadas superiores, bem definidas no perfil litológico da trincheira (solo superficial e aterro), foram interpretadas como uma única camada geoeletrica com valor de resistividade igual a 702 Ωm . Conhecida a espessura de cada camada, procedeu-se então a determinação *in situ* dos valores da resistividade elétrica das mesmas, dispondo os eletrodos na parede da trincheira e efetuando-se as medidas (Figura 5). Foi utilizado o arranjo *Wenner*, com espaçamento entre eletrodos fixo e igual a 0,3m. Neste tipo de ensaio, adotando-se pequeno espaçamento entre eletrodos, os valores de resistividade são considerados valores reais do material geológico ensaiado (Braga, 1997). As medidas foram realizadas com três diferentes disposições do arranjo *Wenner*. Alfa (eletrodos de corrente ou de potencial adjacentes, A-M-N-B), beta (eletrodos de corrente e de potencial adjacentes, A-B-M-N) e gama (eletrodos de corrente e de potencial não adjacentes, A-M-B-N), conforme descrição de Carpenter (1955). A resistividade elétrica aparente pode ser calculada através da equação,

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (eq.1)$$

onde a constante geométrica "K" assume distintos valores dependendo da disposição dos eletrodos: $K_\alpha=2\pi a$ (alfa); $K_\beta=6\pi a$ (beta) e $K_\gamma=3\pi a$ (gama) sendo "a" o espaçamento entre eletrodos utilizado (0,3m).

A Tabela 3 apresenta os valores de resistividade elétrica nas diferentes litologias da trincheira, segundo as três disposições de eletrodos descritas anteriormente. Não foram efetuadas medidas na camada saturada (abaixo de 3,2m).

Tabela 3 - Medidas de resistividade elétrica aparente realizadas na parede da trincheira utilizando os arranjos *Wenner* alfa (ρ^α), beta (ρ^β) e gama (ρ^γ)

Litologia	ρ^α (Ωm)	ρ^β (Ωm)	ρ^γ (Ωm)
Solo superficial	844	1.176	681
Aterro	513	752	396
Solo argiloso	264	242	275
Solo areno/argiloso seco	528	626	481

Carpenter (op.cit.) obteve uma relação geral para o arranjo *Wenner*, dada por:

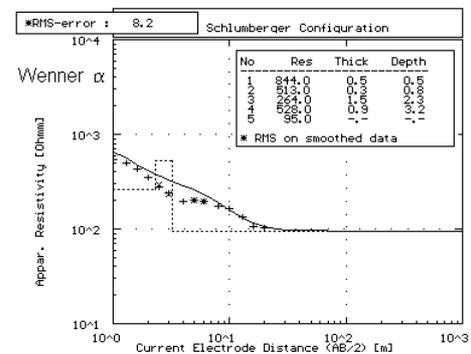
$$3 \cdot \rho_a^\alpha = \rho_a^\beta + 2 \cdot \rho_a^\gamma \quad (eq.2)$$

onde ρ_a^x é a resistividade elétrica aparente medida segundo as configurações alfa (α), beta (β) e gama (γ). No caso de um meio isotrópico e homogêneo a relação seria obviamente exata, pois os três valores de resistividade medidos seriam iguais.

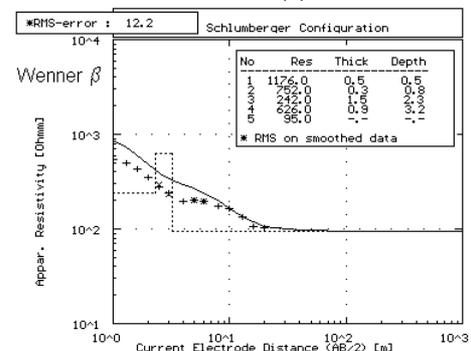
Observando-se a Tabela 3, constata-se que a relação é praticamente válida para todos horizontes litológicos, apresentando pequenas diferenças (6 Ωm , o maior valor, no caso camada superficial), possivelmente devido às heterogeneidades do meio.

A fórmula apresentada na equação 2 encontra uma aplicação prática. Além de poder fornecer uma checagem da qualidade dos dados e eventuais erros instrumentais, presta-se ainda para avaliar a homogeneidade de uma determinada litologia. Particularmente, foi na camada de argila (extremamente homogênea como verificada *in situ* na trincheira) onde se observou a menor variação dos valores medidos nas três diferentes configurações e a relação foi exata.

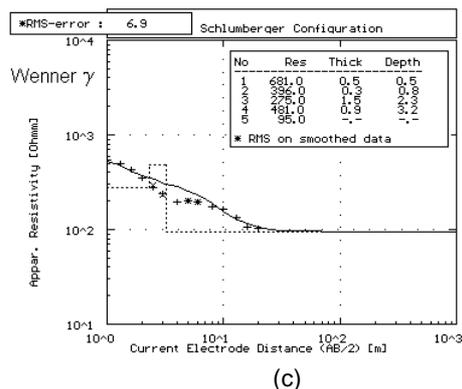
Foram então elaborados três modelos geoeletricos (cinco camadas) cujas espessuras foram fixadas de acordo com as informações diretas obtidas na trincheira (Tabela 1). Em cada modelo foram utilizados os valores de resistividade medidos *in situ* na trincheira nas três configurações de eletrodos (Tabela 3). Foi considerada a existência de uma quinta camada (valor de resistividade igual a 95 Ωm equivalendo à camada de areia com argila e saturada com água) para a queda de resistividade observada no final da curva. As Figuras 2a, 2b e 2c apresentam a resposta direta dos três modelos geoeletricos (em linha contínua) sobreposto aos dados de campo da SEV realizada (pontos discretos nos gráficos).



(a)



(b)



(c)

Figuras 2a, 2b, 2c - Resposta direta do modelo (linha contínua) correspondente às camadas geoeletricas da Tabela 3 (acrescida uma quinta camada com resistividade igual a 95 Ωm) nas configurações alfa (a), beta (b) e gama (c). Os pontos discretos correspondem à SEV realizada (dados da Tabela 2).

Observa-se para os três tipos de configuração o mesmo padrão das curvas ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 < \rho_4 > \rho_5$). Observa-se também que o valor de resistividade da terceira camada (em torno de 260 Ωm , correspondente ao solo argiloso) medido na trincheira é elevado, não permitindo um ajuste adequado com os dados de campo. Entretanto, se for considerado o valor de resistividade obtido através da inversão dos dados da SEV (133 Ωm) o ajuste melhora consideravelmente. A Figura 3 apresenta a curva obtida considerando este novo valor para o modelo *Wenner* alfa, que apresentou o melhor ajuste com os dados de campo (pontos discretos) dentre as três configurações estudadas. Vale salientar que o arranjo *Wenner* alfa é o que apresenta a melhor razão sinal/ruído (S/R) se comparado com o beta e o gama sendo, por estas razões, o mais utilizado nas aplicações práticas.

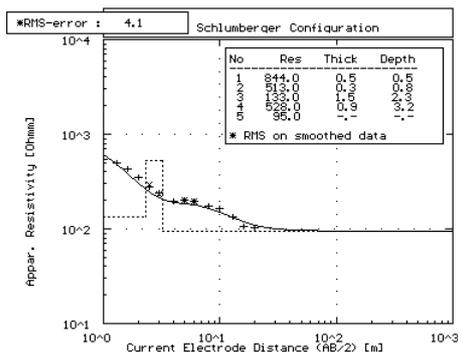


Figura 3 - Modelo da Figura 2a (*Wenner* alfa), considerando-se um valor de resistividade menor (133 Ωm) para a terceira camada (solo argiloso).

A diferença existente entre a resistividade do solo argiloso, medida na parede da trincheira (valor mais elevado) e obtida através da SEV (valor mais baixo) justifica-se pelo fato da camada exposta na trincheira ter perdido conteúdo de água, acarretando a elevação do valor de sua resistividade elétrica.

4. Conclusões

Este trabalho procurou mostrar a importância do conhecimento de informações geológicas a priori, necessário para fixação de determinados parâmetros no processo de inversão dos dados. Isto garante resultados mais precisos e confiáveis, facilitando a etapa de interpretação.

As informações diretas, obtidas em local representativo de uma área objeto, servem como modelo que pode ser extrapolado para uma modelagem geoeletrica mais precisa do local investigado.

Mesmo não dispondo de uma trincheira como a disponibilizada para a realização destes ensaios, é de fundamental importância para o geofísico a obtenção de informações provenientes de poços ou de qualquer fonte segura e confiável, para o processamento dos dados e interpretação dos resultados.

Foi ainda verificada a validade de uma simples relação apresentada por Carpenter (1955) e que pode auxiliar na checagem da consistência dos dados de resistividade, assim como possibilitar uma avaliação quanto ao grau de homogeneidade de uma determinada litologia.

5. Agradecimentos

Ao professor Renato Luiz Prado e mestrandia Manuelle Santos Gois Paixão do IAG-USP que permitiram as medidas de resistividade elétrica durante a escavação da trincheira realizada em seu projeto de pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

- Braga, A. C. O., 1997.** Métodos geoeletricos aplicados na caracterização geológica e geotécnica - Formação Rio Claro e Corumbataí, no Município de Rio Claro-SP. Tese de Doutorado, IGCE/UNESP: 169pp.
- Carpenter, E. W., 1955.** Some notes concerning the Wenner configuration. *Geophysical Prospecting*, 3: 388-402.
- Iritani, M. A., 1993.** Potencial hidrogeológico da Cidade Universitária. Dissertação de Mestrado, IG/USP: 63pp
- Melo, M. S., Coimbra, A. M., Riccomini, C., 1989.** Evolução dos conhecimentos sobre a geologia da Bacia de São Paulo na década de oitenta. *Workshop Geologia da Bacia de São Paulo, 1989*. IG-USP/SBG, São Paulo: 1-11.
- Riccomini, C., Coimbra, A. M., Takiya, H., 1992.** Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo. Seminário "Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo". Anais. ABAS/ABGE/SBG, São Paulo: 21-45.



Figura 4 - Perfil de solo observado na trincheira.



Figura 5 - Eletrodos cravados na camada correspondente ao solo areno/argiloso. O piso da trincheira estava a 3m de profundidade em relação à superfície.