



# MÉTODOS GEOELÉTRICOS APLICADOS NO ESTUDO DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Antonio Celso de Oliveira Braga, Walter Malagutti Filho, João Carlos  
Dourado, Vagner Roberto Elis

Departamento de Geologia Aplicada – I.G.C.E. – UNESP – Rio Claro/SP

## Resumo

Ensaio geofísico pelo método da eletrorresistividade, utilizando as técnicas de campo da sondagem elétrica vertical – SEV (arranjo Schlumberger) e caminhamento elétrico - CE (arranjo dipolo-dipolo), foram executados em áreas de disposição de resíduos industriais no município de Iracemápolis-SP. Os estudos geofísicos visaram obter um diagnóstico prévio dos materiais em subsuperfície frente à possível contaminação por resíduos industriais. Foram executadas três SEV's, as quais caracterizaram a litologia dos materiais em subsuperfície em solo superficial seco (resistividade variando de 13 a 14.353 ohm.m), solo de alteração de diabásio (resistividade variando de 25 a 83 ohm.m) e diabásio (resistividade de 617 ohm.m). A profundidade do nível d'água obtido apresentou uma variação de 9,3 (SEV-01) a 13,5 (SEV-03) metros. Para o CE, foram levantadas cinco linhas, a partir das quais, pode-se delimitar a área de disposição de resíduos, avaliar as condições da pluma de contaminação e determinar as direções preferenciais do fluxo d'água subterrâneo. Mapas referentes a três níveis de investigação (profundidades teóricas de 10, 20 e 30 metros) evidenciam que a pluma tende a diminuir sua faixa de contaminação em função da profundidade, restringindo-se a locais isolados. Duas direções preferenciais do fluxo subterrâneo d'água foram identificadas, acompanhando, de um modo geral, a topografia do local estudado.

## INTRODUÇÃO

O Departamento de Geologia Aplicada do IGCE-UNESP, através do Programa Parceria da Fundação Para o Desenvolvimento da UNESP - FUNDUNESP, executou ensaios geofísicos pelo método da eletrorresistividade, utilizando as técnicas de campo do caminhamento elétrico e sondagem elétrica vertical, no município de Iracemápolis/SP, em uma área de disposição de resíduos industriais.

O levantamento geofísico, inserido nos estudos de controle ambiental, tiveram como objetivo específico efetuar uma caracterização geoeletrica dos materiais geológicos em subsuperfície, procurando fornecer subsídios na avaliação das condições de saturação destes materiais, determinando as direções preferenciais do fluxo d'água subterrâneo, a profundidade do nível d'água e delimitar a pluma de contaminação.

A geologia da área é caracterizada por rochas sedimentares da Formação Tatuí – Grupo Tubarão e rochas intrusivas básicas pertencentes a Bacia Sedimentar do Paraná, a estratigrafia local tem a seqüência de solo de alteração de diabásio aflorando e diabásio (Malagutti Filho, 1991).

## METODOLOGIA GEOFÍSICA

A metodologia geofísica utilizada, classificada de acordo com Braga (1997), foi basicamente desenvolvida procurando determinar a resistividade elétrica dos componentes geológicos em subsuperfície, através das técnicas de campo do caminhamento elétrico e da sondagem elétrica vertical. Foram levantadas cinco linhas para o caminhamento elétrico (CE) e três pontos para a sondagem elétrica vertical (SEV), locadas, considerando a topografia, em sulcos efetuados no terreno onde os resíduos foram depositados (Figura 1).

As investigações pelo CE, realizadas ao longo dos perfis programados, foram executadas a partir do arranjo de campo dipolo-dipolo, com espaçamento entre os dipolos de 10 metros e cinco níveis de investigação, atingindo a profundidade teórica máxima de 30 metros. Os resultados obtidos dessa técnica, foram relacionados através de seções e mapas, com três profundidades determinadas (10, 20 e 30 metros). As SEV's foram executadas pelo arranjo de campo Schlumberger, cujo espaçamento máximo atingido pelos eletrodos de corrente AB foi de 400 metros, resultando em uma profundidade teórica investigada de 100 metros (Orellana, 1972). As curvas de campo das SEV's foram interpretadas pelo software RESIX-IP, versão 2.00, da Interpex Limited.

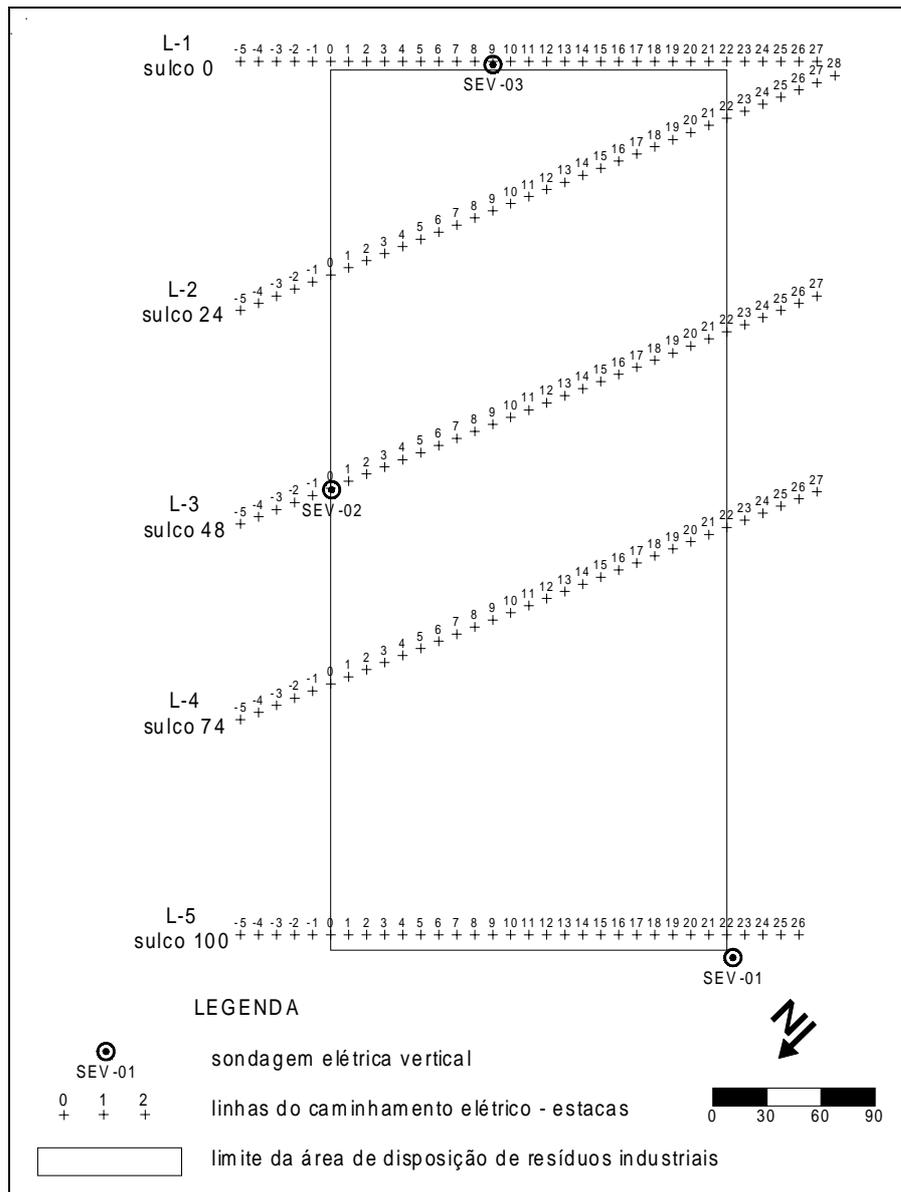


Figura 1 – Localização dos ensaios geofísicos executados

O equipamento geofísico utilizado nestes ensaios foi um resistímetro digital da Bison, de procedência norte-americana, adquirido pelo IGCE/UNESP – Campus de Rio Claro.

#### ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na interpretação dos dados obtidos pela sondagem elétrica vertical, foram determinados os seguintes estratos geoeletrônicos, definidos em função da predominância do material:

- Solo Superficial – Porção Seca
- Solo de Alteração de Diabásio – Porção Saturada
- Diabásio – Rocha Sã

O estrato Solo Superficial foi separado, em função dos valores de resistividades obtidos, nas seguintes faixas:

- zona de evapotranspiração: 145 a 6.187 ohm.m e 13 a 30 ohm.m (provável influência dos resíduos).
- zona de retenção: 1.181 a 14.353 ohm.m
- zona capilar: 265 a 694 ohm.m

Para o estrato Solo de Alteração de Diabásio, os valores de resistividades apresentaram uma variação de 25 a 83 ohm.m, valores típicos para sedimentos predominantemente argilosos e/ou argilo-arenosos. O estrato Diabásio, com resistividade de 617 ohm.m, foi determinado apenas na SEV-01. A profundidade do nível d'água determinado foi de 9,3 metros (SEV-01), 12,0 metros (SEV-02) e 13,5 metros (SEV-03).

A partir da interpretação das seções de resistividades aparente - CE, as quais são exemplificadas pelas linhas 1, 3 e 5 - Figura 2, determinou-se o contato entre o solo (resistividades altas) e solo saturado com resíduo industrial (resistividades mais baixas).

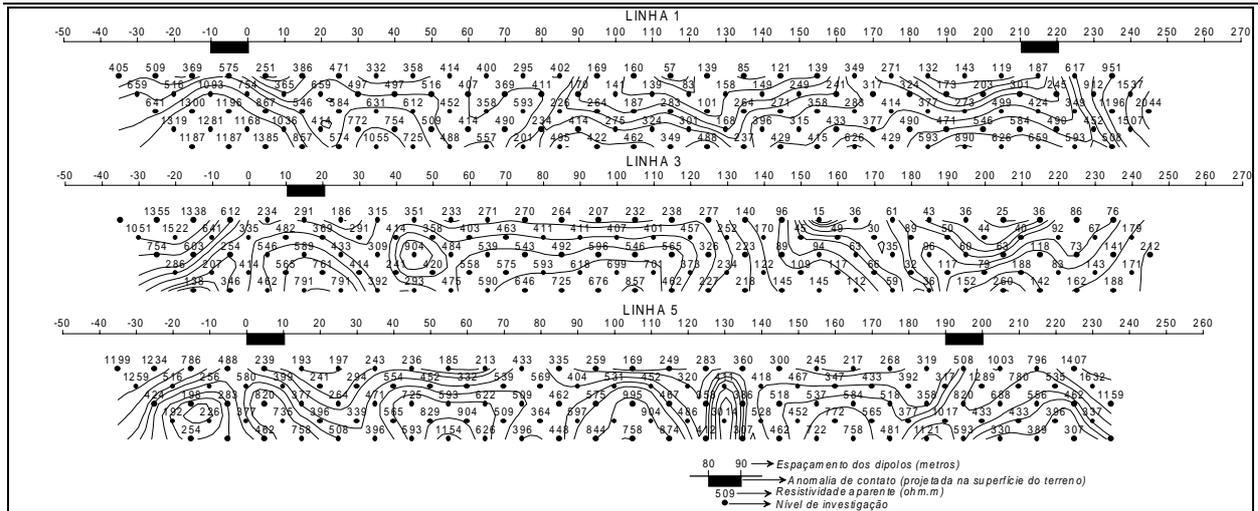


Figura 2 – Exemplos das seções de resistividade aparente – Linhas 1, 2 e 3 – CE arranjo dipolo-dipolo.

Para melhor visualizar os resultados do CE, foram traçados três mapas de isovalores de resistividade aparente: (1) mapa referente ao primeiro nível – Figura 3; (2) mapa referente ao terceiro nível; e, (3) mapa referente ao quinto nível – Figura 4 (respectivamente, profundidades teóricas investigadas de 10; 20 e 30 metros).

A faixa condutora (valores < 500 ohm.m), relacionada à porção com provável influência do resíduo industrial, tende a diminuir em profundidade, resultando em pequenas manchas localizadas (mapa do quinto nível). Ressalta-se que o mesmo ocorre com a faixa de valores < 100 ohm.m, tida como solo com maior influência do resíduo (legenda da Figura 3). Evidenciando, com isto, que em profundidade, o resíduo ocorre em locais restritos. Nesses mapas, foram traçados, duas direções preferenciais do fluxo d’água subterrâneo, as quais estão relacionadas com os condutores associados à influência do resíduo industrial.

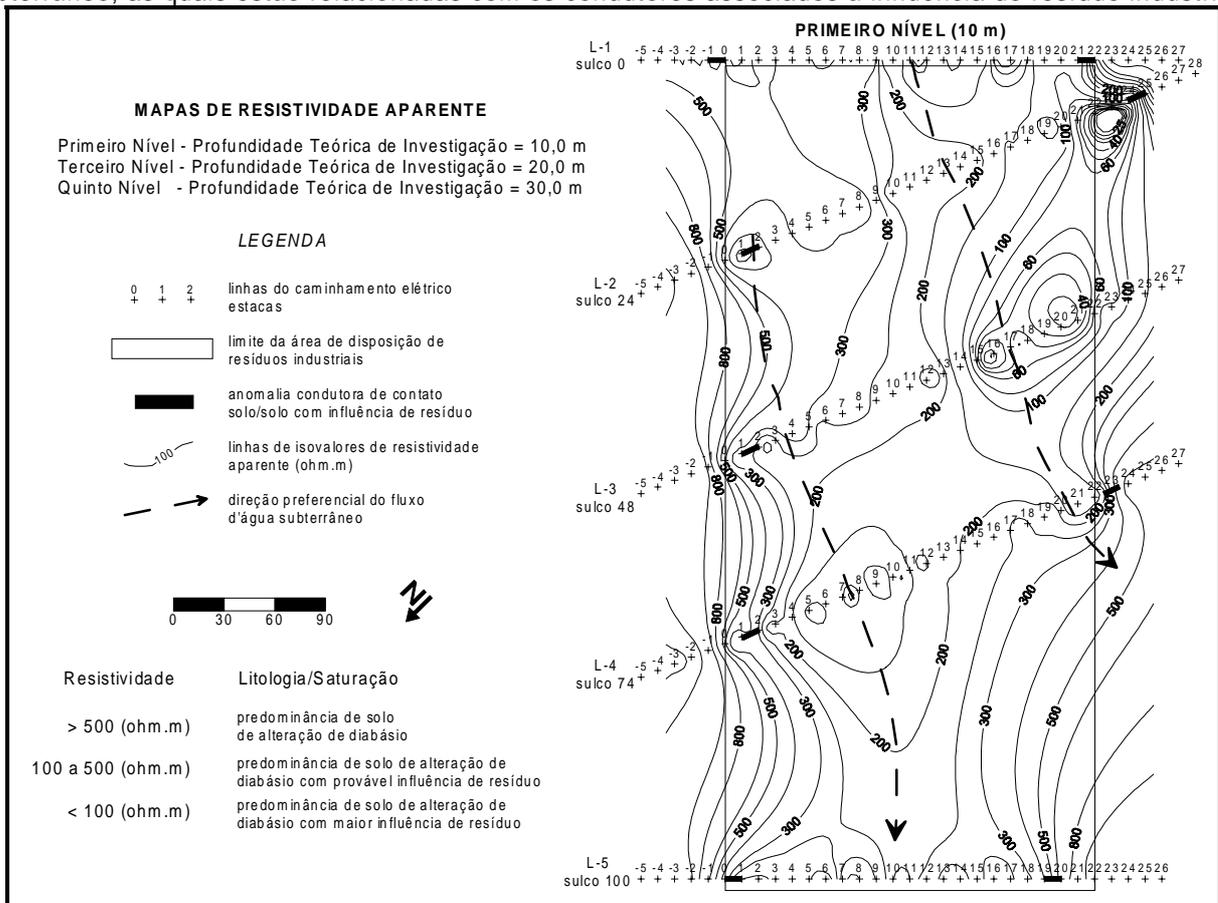


Figura 3 – Mapa de resistividade aparente – primeiro nível - CE

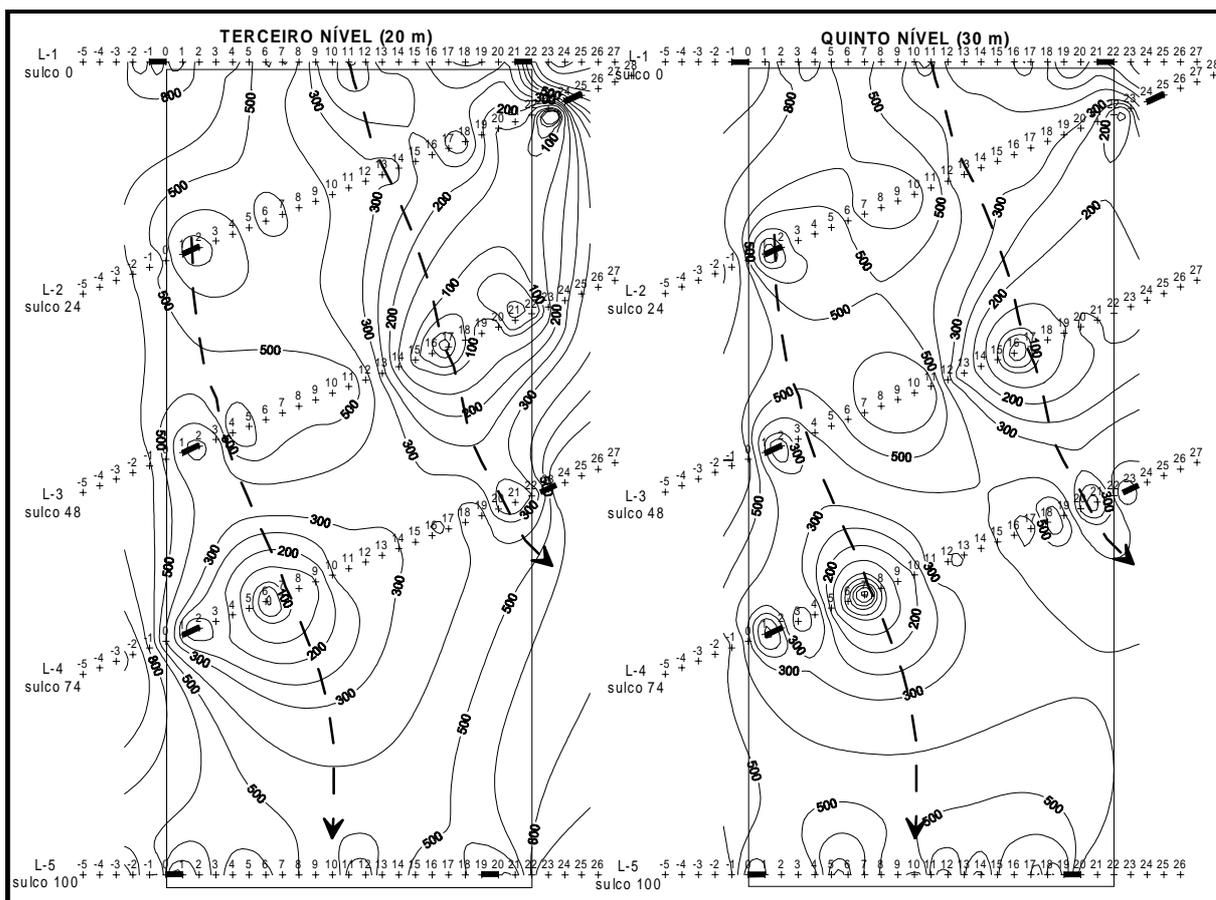


Figura 4 - - Mapas de resistividade aparente – terceiro e quinto níveis - CE

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram identificar e posicionar em profundidade os diferentes estratos correlacionados com a geologia da área, em especial aqueles que caracterizaram os objetivos do trabalho, e determinar o nível e fluxo d'água subterrâneo.

A integração das técnicas da SEV e CE, neste tipo de estudo, apresentaram bons resultados a custos e prazos reduzidos. A partir dos levantamentos geofísicos, poços de monitoramento podem ser locados com precisão e dimensionados de acordo com o grau do problema identificado.

## REFERÊNCIAS

- Braga, A.C.O. 1997. *Métodos Geolétricos Aplicados na Caracterização Geológica e Geotécnica - Formações Rio Claro e Corumbataí, no Município de Rio Claro - SP*. Rio Claro. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP - Campus de Rio Claro-SP), 169 p.
- MALAGUTTI FILHO, W. 1991. *Utilização de técnicas geofísicas na caracterização de solos e rochas com aplicações na Geologia de Planejamento Urbano*. Rio Claro. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP - Câmpus de Rio Claro/SP). 2 v.
- ORELLANA, E. 1972. *Prospeccion geoelectrica en corriente continua*. Madrid, Ed. Paraninfo, Biblioteca Tecnica Philips, 523 p.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação para o Desenvolvimento da UNESP – FUNDUNESP, pelo suporte administrativo e ao Departamento de Geologia Aplicada, do IGCE - UNESP, pelo apoio nos trabalhos de campo