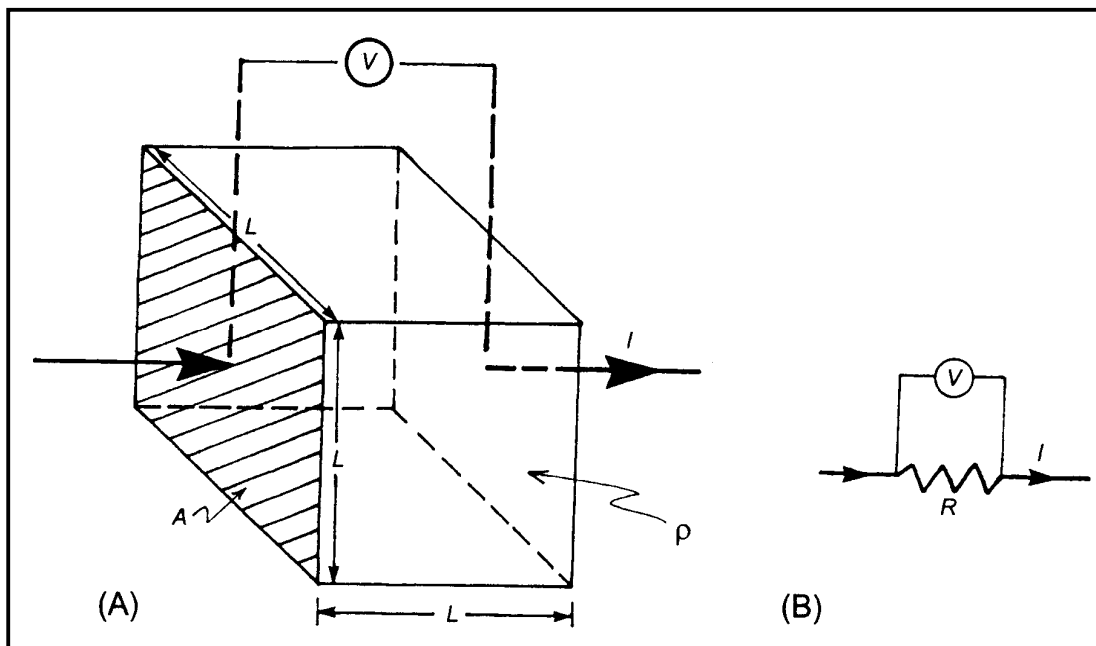


GEOFÍSICA: MÉTODO ELÉTRICO

Fundamentações Teórica dos Métodos

A resistividade elétrica é uma propriedade física dos materiais. Representa uma medida da dificuldade (resistividade) ou facilidade (condutividade) com a qual uma corrente é estabelecida num meio.

Figura 1 Esquema para a determinação da resistividade elétrica em laboratório.



É medida (Figura 1) estabelecendo-se uma corrente elétrica (**I**) no subsolo entre um par de eletrodos e se medido a diferença de potencial (\square **V**) em outro par, e sua expressão deriva da lei de Ohm:

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \Rightarrow \rho = \vec{E} / \vec{J} \text{ ou pela analogia do circuito elétrico acima :}$$

$$R = V/I \Rightarrow R \propto L/A \text{ ou}$$

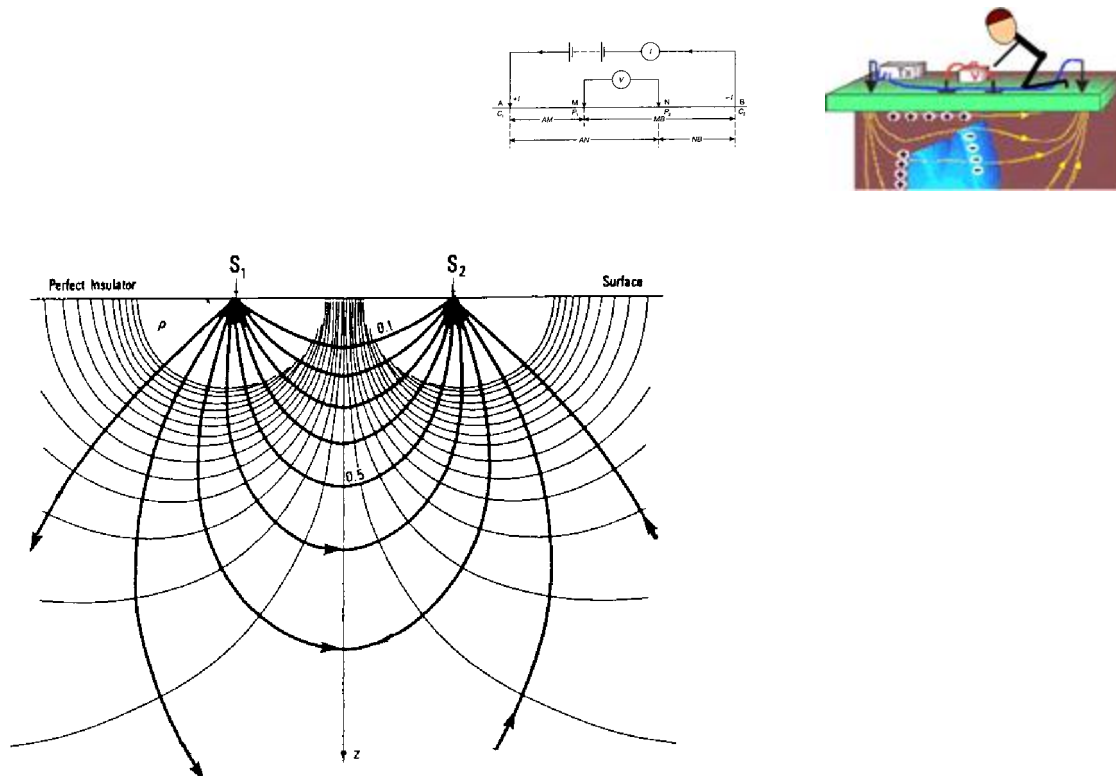
$$R = \rho (L/A) \text{ ou}$$

$$V/I = \rho L / A \text{ ou, finalmente}$$

$$\rho = \left(\frac{V}{I} \right) \left(\frac{A}{L} \right) \Rightarrow [\text{Ohm.m}]$$

Nos levantamentos eletrorresistívimétricos os procedimentos para a medição da resistividade é semelhante (Figura 2), ou seja:

Figura 2 Esquema mostrando a distribuição das correntes elétricas (linhas de corrente) e do potencial elétrico desenvolvido (equipotenciais) da resistividade elétrica medida sobre um substrato homogêneo.



A corrente estabelecida (**I**), num dos vários arranjos eletródicos possíveis, e a ddp medida (ΔV) são transformadas em resistividade pelo produto da resistência ($R = \Delta V / I$) pelo fator de geometria do arranjo em regado da medição (**K**), ou:

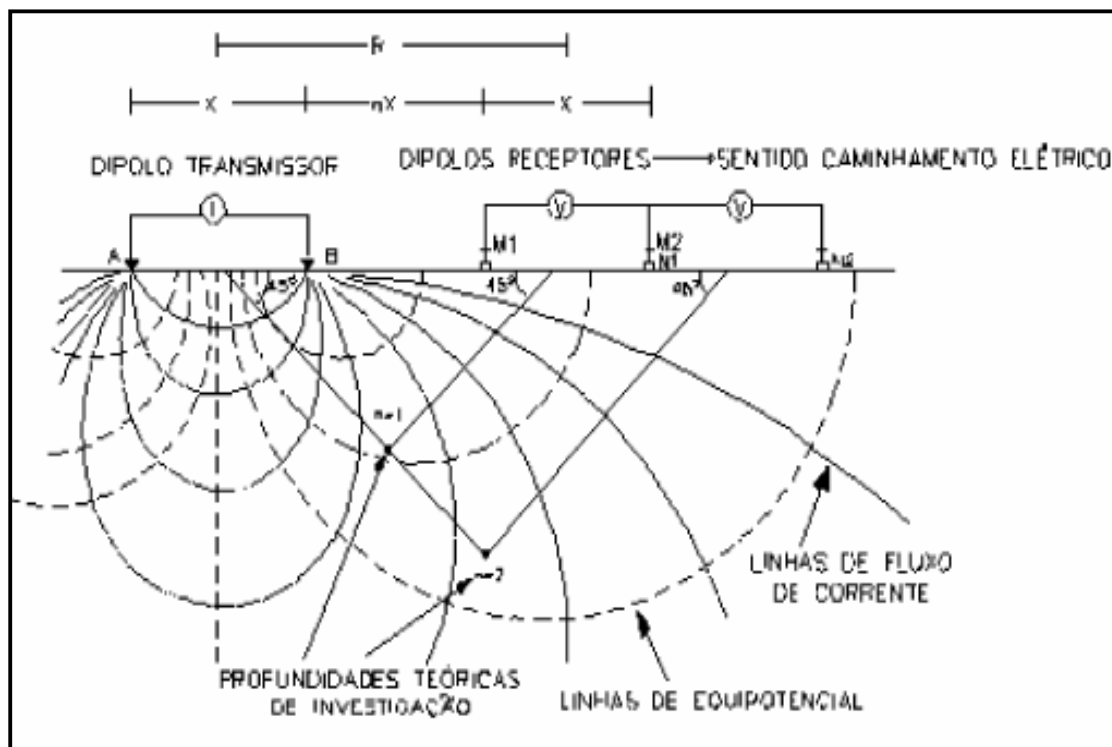
$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} K = RK$$

A resistividade assim obtida é dita aparente por ser medida sobre um meio inhomogêneo que é a superfície da Terra.

Caminhamento (Arranjo Dipolo-dipolo)

Os modelos de perfilagem (ou caminhamento) elétrica horizontal, as separações básicas do arranjo são mantidas fixas (x ou a), enquanto se desloca sobre o terreno (nx ou na ; Figuras A8.1.2-3 e A8.1.2-4).

Figura 3: Arranjo quadri-eletródico para o dipolo-dipolo e disposição de plotagem da pseudo seção (cargabilidade e eletrorresistividade aparentes). Separação básica: a . Número níveis: n . A plotagem se dá nos cruzamentos (ponto $n=1, 2, 3 \dots$) entre as linhas inclinadas a 45° que partem dos centros das posições dos dipolos de corrente (transmissor - I) e de potencial (receptor - V) para cada separação entre estes (na) e que se encontram no centro (nível n) da profundidade geométrica da investigação.

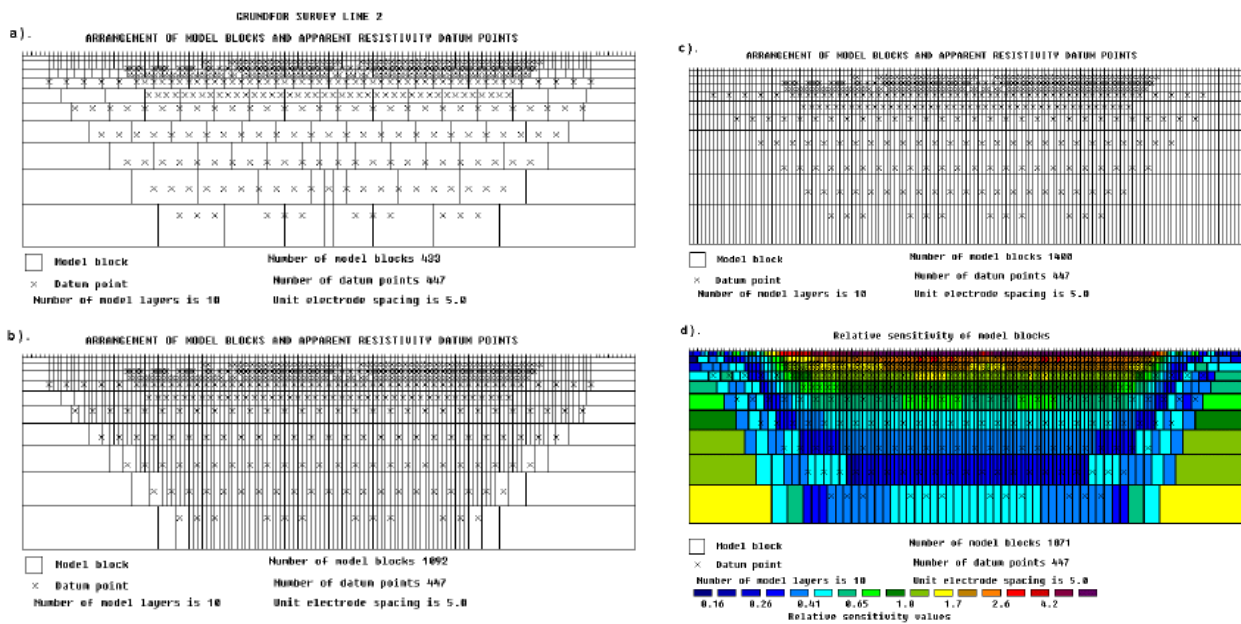


A eletrorresistividade pode ser empregada na acepção de se estudar as variações verticais na resistividade, dita então sondagem elétrica vertical (SEV) ou em termos mais apropriados ao estudo das variações horizontais, ou laterais dessa propriedade, dita perfilagem.

No segundo caso, as separações básicas do arranjo são mantidas fixas (x ou a), enquanto se desloca sobre o terreno (nx ou na ; Figura A8.1.2-3). Para um dos arranjos mais usados nesta configuração (perfilagem), o dipolo-dipolo, o esquema de apresentação das resistividades aparentes é o de seções geometricamente definidas,

sem correlação espacial com profundidades, ditas pseudo-seções (Figura 4).

Figura 4: Subdivisão da subsuperfície em blocos retangulares usados na interpretação de dados 2D usando diferentes algoritmos. O modelo (a) é aquele default, baseado na posição dos dados na pseudo-seção e da maior dimensão do arranjo; o modelo (b) mais refinado com o número de blocos excedendo aquele de dados; modelo (c) estende os extremos da base da seção e o modelo (d) usando a sensibilidade de uma terra homogênea.



Interpretação Geofísica

Entre as grandezas físicas a serem interpretadas a eletrorresistividade nas rochas são e secas, como encontradas em profundidades, é, em geral, muito elevada. Os minerais que as constituem, na maioria silicatos das mais diversas combinações químicas, são isolantes elétricos por natureza. As variações que os diversos litotipos apresentam nesta condição é pequena e a resistividade, por conseguinte é muito elevada (milhares de Ohm.m) e difícil de ser medida. A cargabilidade, nestes casos é também desprezível pela incapacidade de ocorrerem polarizações elétricas, mesmo na presença de interfaces entre minerais metálicos (condutores eletrônicos) e os demais constituintes não metálicos presentes (isolantes elétricos) pela falta da condução eletrolítica.

O que torna os materiais geológicos prospectáveis por ambas as técnicas advém do fato de que quando estes materiais são expostos na superfície da terra, aparecem toda uma sorte de fissuras, fraturamentos e desagregações internas causados pelas acomodações físicas destes às condições de temperatura e pressão ambientes, diferentes daquelas com as quais foram formados e constituídos (rochas sedimentares, ígneas e metamórficas) e que permitiram tomar sua forma física final (metamorfismos dos mais diversos tipos e condições).

Este fato causa o aparecimento de porosidade secundária nestes. Esta aliada àquelas próprias do material, dependendo de sua natureza (principalmente de sedimentar ou metassedimentar) e do nível de intemperismo (químico e físico) presente, causam o surgimento de micro-espacos vazios. A intercomunicação destes vazios entre determina a permo-porosidade dos mesmos. A natureza do eletrólito que preenche esta permo-porosidade, total ou parcialmente, determina a eletrorresistividade do material geológico em observação, grandeza que é medida em levantamentos (e ensaios) como o realizado.

O eletrólito que preenche esta permo-porosidade é normalmente a água que nela se movimenta e tem suas propriedades eletrolíticas determinadas pela natureza e quantidade de sais dissolvidos, absorvidos, adsorvidos e livres para atuarem como tal no processo de condução eletrolítica (cátions e ânions) desencadeado quando um campo elétrico é estabelecido na superfície.

Com isso, como diferentes materiais geológicos possuem diferentes permo-porosidades, um mesmo eletrólito (água potável) pode emprestar ao conjunto diferentes eletrorresistividades e é o que conta na prospecção geoeletrica.

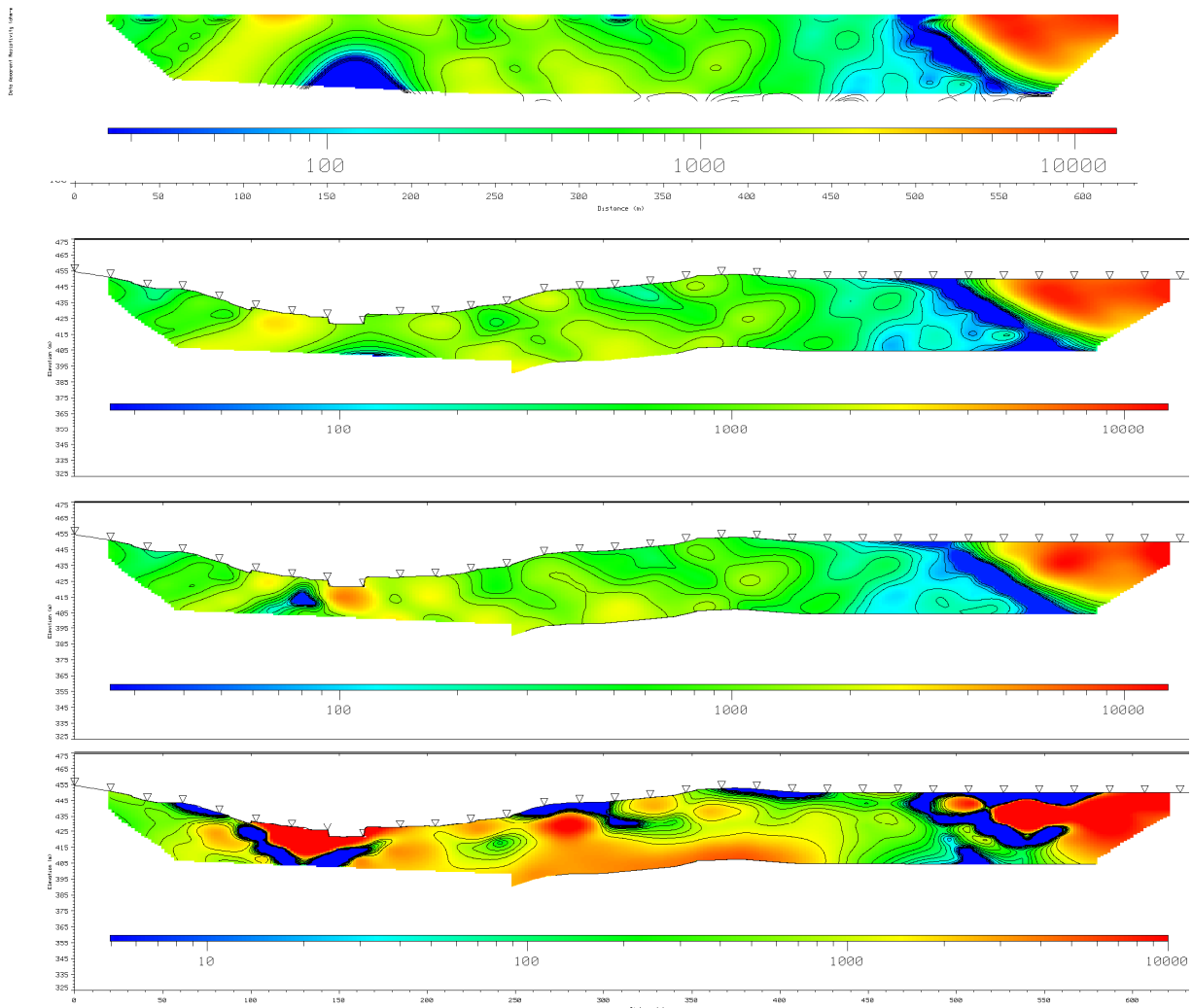
Por outro lado, a presença de uma condução iônica (eletrolítica) nesta permo-porosidade quando estabelecida por campos elétricos externos é perturbada pelas interfaces com os minerais metálicos que interceptam ou estão próximos estas, e causam polarizações elétricas com o aparecimento do efeito de sobre tensão, conhecido como polarização induzida.

A transformação da pseudo-seção com as resistividades aparentes em seções geoeletricas com as resistividades reais (interpretadas), considerando-se a topografia local é feita durante a modelagem (Figura 4).

A modelagem é feita usando-se diferenças finitas ou elementos finitos com malhas (*meshes*) definidas em 2D ou 3D de forma a detalhar o alvo da melhor forma possível, possuindo vários níveis de densificação até a preparação da malha final (Figura 4d).

O resultado da modelagem usando este esquema representa o modelo geolétrico captado nas medições (Figura 5 topo) agora transcrito em termos das resistividades interpretadas (ou verdadeiras, para o modelo) para as diversas feições no subsolo (Figura 5 base).

Figura 5 - Modelagem (inversão) eletroresistivimétrica.

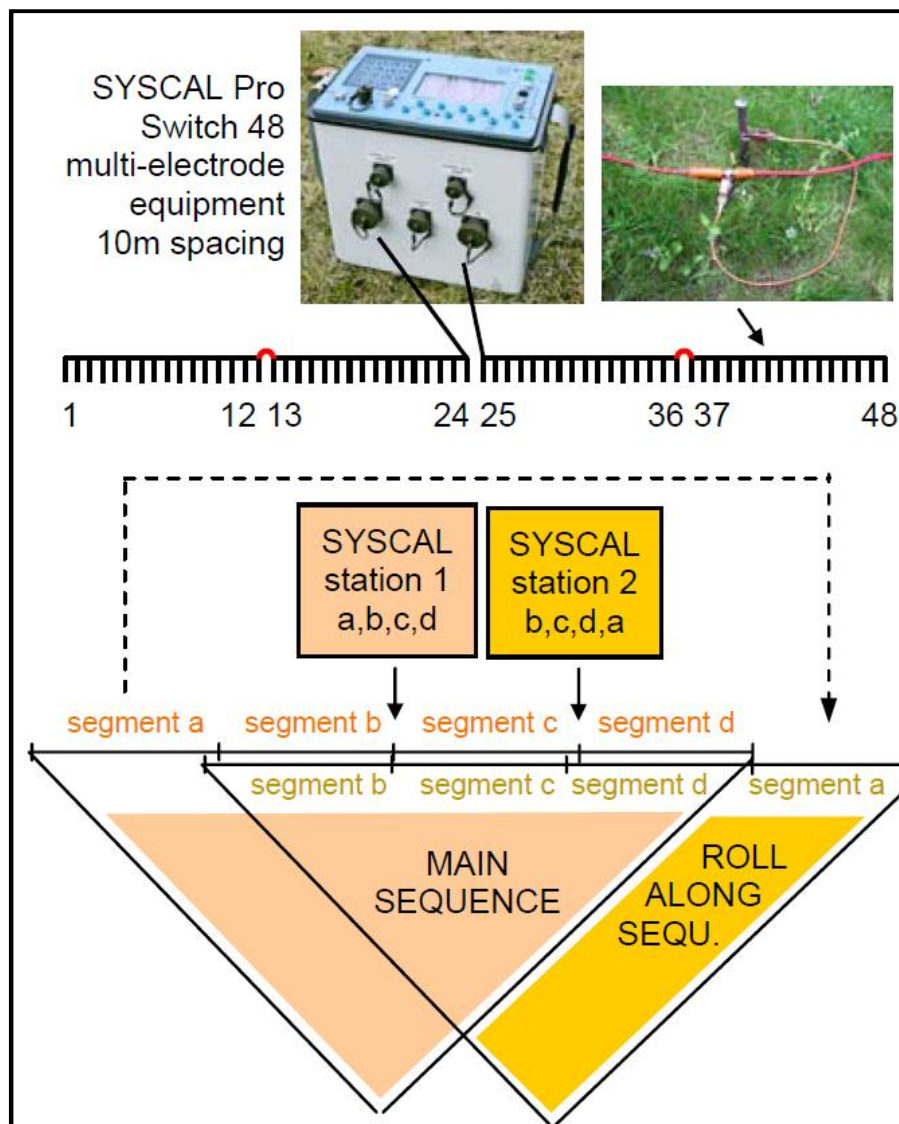


Pseudo-seção das resistividades aparentes (medidas) sem correção topográfica (topo); Pseudo-seção com correção da topografia; Pseudo-seção com as resistividades aparentes (centro) obtidas do modelo geolétrico interpretado para as resistividades verdadeiras (base).

Instrumentação Usada

A perfilagem usou arranjo dipolo-dipolo (Figura 3), com separações múltiplas de 5m, 10 m, e 20 m ($a = 5\text{ m}, 10\text{m}, 20\text{ m}$) e dezesseis níveis de investigação ($n = 16$), em configuração do tipo multi-eletrodo projetada para este tipo de perfilagem (imageamento; Figura 6).

Figura 6 - Arranjo dipolo-dipolo usado na perfilagem horizontal.



O equipamento empregado foi um SYSCAL Pro da **Iris Instruments**, França, com 36 eletrodos (estacas de aço inox) interligados a uma unidade de comutação automática (Figura 7).

Figura 7 – Eletroresistivímetro usado (Syscal Pro).



Bibliografia e Obras Consultadas

BURGUER, H. R., 1992, Exploration geophysics of the shallow surface: EUA, Prentice Hall, PTR.

GRANT, F. S. & WEST, G. F., 1965, Interpretation theory in applied geophysics: EUA, McGraw-Hill, Inc.

KELLER, G. V. e FRISCHKNECHT, F. C., 1970, Electrical methods in geophysical prospecting: Inglaterra, Pergamon Press Ltda., 1ª reimpressão.

KOEFOD, O., 1979, Geosounding principles, 1 - Resistivity Sounding Measurements: Holanda, Elsevier Scientific Publishing Co., Methods in Geochemistry and Geophysics.

KUNETZ, G., 1966, Principles of direct current resistivity prospecting: Alemanha, Gebrüder Bontraeger, Geoexploration Monographs, Series 1, Number 1.

ORELLANA, E., 1974, Prospecção geoelectrica em corrente continua (volume 1): Espanha, Paraninfo.

ORELLANA, E., 1974, Prospecção geoelectrica por campos variables (volume 2): Espanha, Paraninfo.

PARASNIS, D. S., 1970. Mining geophysics: Holanda, Elsevier Scientific Publishing Co.

REYNOLDS, J. M., 1998, An introduction to applied and environmental geophysical: EUA, John Wiley and Sons, 2ª reimpressão.

SUMNER, J. S., 1976, Principles of induced polarization for geophysical exploration: Holanda, Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Co.

SYUMNER, J. S., 1979, The induced polarization exploration method; *in*: Geophysics and Geochemistry in the search for metallic ore, P. J. Hood, Editor, Econ. Geol. Report 31, Geological Survey of Canada, pp 123-133.

TELFORD, W. M., GELDART, L. P. e SHERIFF, R. E., 1993, Applied Geophysics: EUA, Cambridge University Press, 2ª edição.