

IMPORTÂNCIA DO MÉTODO DE ELETRORRESISTIVIDADE NA DETERMINAÇÃO DA NATUREZA E ESPESSURA DO MANTO DE DECOMPOSIÇÃO EM ROCHAS CRISTALINAS

Por
ANDRÉ DAVINO (1)

RESUMO

No presente trabalho é feita uma síntese dos resultados de centenas de sondagens elétricas executadas em rochas cristalinas pré-cambrianas situadas num raio de 70 km ao redor da cidade de São Paulo.

Os fatores a serem considerados quando da interpretação das sondagens elétricas são agrupados em 3 categorias: litológico-estrutural, morfológico e repartição da água no solo e nas rochas (água de retenção, água capilar e de gravidade).

São estudadas 3 curvas de sondagens elétricas típicas da área e é examinado um exemplo de aplicação real. Dá-se ênfase à importância do emprego da eletrorresistividade antes da execução do programa de sondagens mecânicas.

1 — INTRODUÇÃO

Estudos geofísicos sobre o manto de decomposição de rochas cristalinas não são mencionados nos livros-texto e são raras as publicações a esse respeito. Compreende-se perfeitamente essa falta, levando-se em conta que grande parte das aplicações da prospecção geofísica sobre áreas de rochas cristalinas se limita a países situados na faixa de clima temperado, onde a espessura do manto não ultrapassa uma dezena de metros. Para o Brasil, no entanto, esse problema apresenta grande importância, em vista de estar a maior parte de seu território situada em terrenos cristalinos que apresentam um espesso manto de decomposição que pode alcançar até uma centena de metros. A existência desse espesso manto de intemperismo apresenta inúmeras vantagens e desvantagens às implantações de obras de engenharia civil, tais como barragens e rodovias, para citar apenas as mais importantes.

O autor que teve a oportunidade de examinar, nesses últimos dez anos, centenas de

curvas e perfis de resistividade obtidos em áreas de rochas cristalinas, pré-cambrianas, da região da Serra do Mar, do Planalto de São Paulo e da Serra da Mantiqueira, num raio de 70 km ao redor da cidade de São Paulo, procura neste trabalho explicar as causas da «estratificação elétrica» do manto de intemperismo dessas rochas, bem como, demonstrar a importância econômica da aplicação do método de eletrorresistividade na fase dos estudos de base de obras de engenharia civil.

2 — «ESTRATIFICAÇÃO» ELÉTRICA DO MANTO DE INTEMPERISMO

Como, para a interpretação correta dos dados de eletrorresistividade, são necessárias várias informações geológicas sobre a área em que foi procedido o levantamento, procurou-se no presente estudo, agrupar essas informações em 3 categorias:

- Litologia e Estruturas Geológicas
- Morfologia
- Repartição da água nos solos e nas rochas

LITOLOGIA E ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

Do ponto de vista da propagação da corrente elétrica, as rochas sãs, sem fissuras e sem porosidade, comportam-se como materiais isolantes quase perfeitos. Assim, numa sondagem elétrica não se distingue a presença de um xisto são da de um granito, ou outra rocha cristalina, também não fissurado e são. Mas, a natureza do manto de decomposição depende essencialmente da composição petrográfica da

(1) Professor Livre — Docente do Inst. Geociências e Astronomia, USP.

rocha-mãe. Algumas rochas dão origem a um manto de decomposição argiloso, outras produzem um manto arenoso, havendo entre esses dois extremos, toda a gama de granulometria. Disso resulta grandes diferenças de permeabilidade e porosidade do material do manto de intemperismo que, conseqüentemente, afetam sua resistividade elétrica. Deve-se levar em conta a atitude da xistosidade e das zonas de fraturamento (falhas e diaclasamentos intensos), pois ao longo dessas estruturas se encontram variações laterais bruscas na resistividade.

MORFOLOGIA

A natureza e a espessura do manto de intemperismo, como se sabe, é função direta do relêvo topográfico.

Em áreas montanhosas, de relêvo acidentado, onde os declives locais variam de 20° a 60°, como em certas regiões da Serra do Mar e da Mantiqueira, predominam os coluviões e os tálus, de espessura variada, mas que podem facilmente ultrapassar uma dezena de metros. O solo residual só se forma nos cumes aplainados dos morros.

Nos planaltos, com relêvo suave, expresso por morros cujas encostas apresentam declives da ordem de 10°, como é o caso de certas áreas do Planalto de São Paulo, predominam solos espessos «in situ», da ordem de uma dezena de metros, aos quais seguem o solo de alteração e a rocha alterada, que podem ultrapassar, em conjunto, 40 metros de espessura. Nos planaltos é comum a rocha sã se encontrar a mais de 50 metros abaixo do manto de decomposição.

Os aluviões também apresentam interesse, pois em certas áreas da região em estudo, eles ocupam grandes extensões, podendo alcançar 20 metros de espessura. Se para a construção de barragens, os aluviões podem constituir entaves intransponíveis, para a captação de água subterrânea são os melhores reservatórios naturais das áreas cristalinas.

REPARTIÇÃO DA ÁGUA NO SOLO E ROCHAS

A água que se infiltra na terra pode ser classificada em 3 categorias: água de retenção, água capilar e água de gravidade (Castany, 1967, pp. 148-154). Como a resistividade das rochas depende da quantidade e qualidade das águas nelas contidas, essa classificação é muito adequada para a compreensão da «estratificação» elétrica.

As partículas do solo e das rochas apresentam diferentes capacidades de retenção da

água; assim, as argilas podem reter 45% de água, enquanto as areias não fixam senão 3% (Castany, 1967, p. 125). Por isso, as argilas sempre apresentam as menores resistividades elétricas em relação aos siltes e areias.

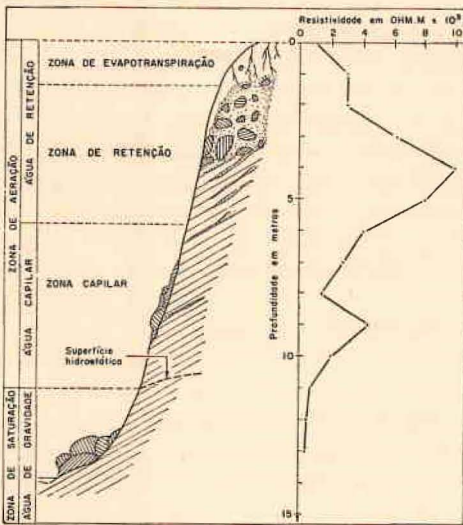
A água capilar, mantida pelas forças de capilaridade, pode subir acima da superfície piezométrica, mantendo-se em equilíbrio nos interstícios da rocha e do solo pela ação da tensão superficial. A água capilar ocupa uma faixa do terreno acima do nível hidrostático. A zona capilar é, naturalmente, mais úmida que a zona de retenção e por isso, nessa zona, os valores de resistividade são mais baixos.

A água de gravidade se concentra na zona de saturação, onde a resistividade atinge geralmente os menores valores.

Na fig. 1 pode ser observada a relação entre a variação da resistividade e as zonas de distribuição dos tipos de água acima descritos. Trata-se de um corte natural em gnaiss ao longo do vale do rio Cubatão, na Serra do Mar. Nos primeiros metros dessa seção observa-se o solo vegetal, argilo-siltoso, onde predomina o fenômeno de evapotranspiração. Aí, a resistividade é da ordem de 1.000 ohm.m. Logo abaixo, entre 1 a 5 metros de profundidade, predominam os depósitos de coluvião, com blocos de gnaiss semialterado de até 0,5 m de diâmetro; segue-se o gnaiss parcialmente alterado, mas, com estruturas ainda visíveis. Na zona de retenção, onde a quantidade de água é mínima, e portanto a quantidade de ar contida nos poros é máxima, a resistividade alcança valores da ordem de 10.000 ohm.m. Estes valores muito elevados se explicam também pelo fato da água de retenção naquele local ser praticamente isenta de sais em solução (eletrólitos). Na zona de saturação, o movimento das águas é muito lento e esse líquido permanece longo tempo em contato com os minerais das rochas que, então, são dissolvidos e os sais produzidos tornam o eletrólito altamente condutor. Este fato é de alta relevância, pois a rocha, do ponto de vista da mecânica, pode ser considerada pouco alterada ou quase sã, no entanto, apresenta os mais baixos valores de resistividade.

Na zona capital, os valores de resistividade são intermediários entre os da zona de retenção e a zona de saturação.

Essa «estratificação» elétrica é genérica na região pesquisada. Disso resulta curvas de sondagem elétrica semelhantes: começam em forma de sino seguido de uma escada descendente e fundo de navio (vide sondagens elétricas).



cas 2 e 3 da fig. 2). Quando a zona capilar é muito delgada, há apenas curvas sino-fundo de navio.

3 — EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Na fig. 2 são reproduzidas curvas de sondagens elétricas típicas, obtidas na área estudada. Elas foram colocadas juntas para possibilitar a comparação e confrontar com a explicação acima exposta:

- Todas as curvas têm seu ramo terminal ascendente a 45°, correspondendo à rocha sã.
- A curva 1 é uma curva duas-camadas; a primeira correspondendo ao aluvião e gnaiss decomposto que, praticamente, se confundem do ponto de vista da condução da corrente elétrica; a segunda camada é o gnaiss são, na base do aluvião.
- A curva 2 corresponde ao manto de decomposição do gnaiss e a curva 3, ao do xisto. Essas duas curvas são típicas e permitem distinguir, em certos casos, quando se trata de um e de outro tipo de rocha: o xisto sempre se apresenta mais profundamente decomposto e os valores de resistividade da zona de saturação cai a algumas centenas de ohm.m, pois que o material, nessa zona, é muito mais argiloso que no gnaiss.

Na fig. 3 é mostrado um corte geoeletrico interpretado a partir de 9 sondagens elétricas executadas ao longo de 2 km sobre rochas xistosas na serra da Mantiqueira. Dependendo das facilidades de acesso ao local, esse corte pode ser obtido em apenas 1 dia de trabalho de campo. As cotas das estações de sondagens podem ser obtidas simultaneamente com as

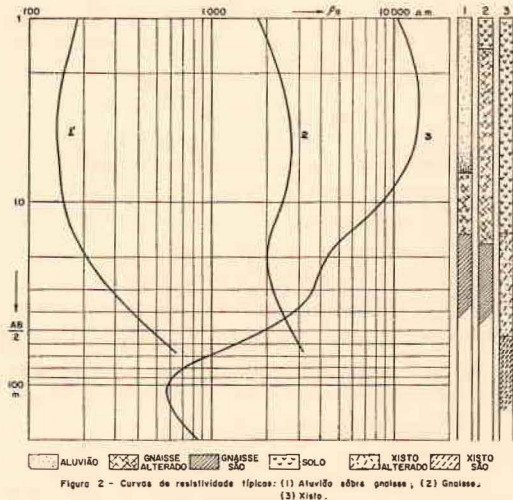


Figura 2 - Curvas de resistividade típicas: (1) Aluvião sobre gnaiss, (2) Gnaiss, (3) Xisto.

medidas de eletrorresistividade por meio de um altímetro de precisão.

Para fins de estudos de viabilidade de obras de engenharia civil (corte de estradas, abertura de túneis, construção de barragens, etc.) o corte geoeletrico interpretado é largamente suficiente. Nesse corte, interessa sobretudo a posição da rocha sã, o que se consegue a partir das sondagens elétricas com relativa precisão da ordem de 10 a 20%. A partir do corte geoeletrico interpretado pode-se a priori abandonar o local escolhido para a implantação da obra ou, então, modificar o projeto. A partir dos resultados de uma campanha geofísica, pode-se racionalizar melhor a outra etapa do estudo de base: a programação das sondagens mecânicas.



Figura 3 - Corte geoeletrico interpretado a partir de 9 sondagens elétricas.

BIBLIOGRAFIA

BERTIN, J. (1964) — Importance des méthodes géophysiques appliquées aux problèmes du Génie Civil, de Travaux Publics et du Bâtiment. Le Monde Souterrain. Paris.

CASTANY, G. (1967) — Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
 LASFARGUES, P. (1964) — Projection électrique par courants continus. Masson & Cia. Éditeurs. Paris.