



Varição sazonal da resistividade em latossolos

Carlos T. C. Nascimento (*), Augusto C. B. Pires e Roberto A. V. Moraes, Universidade de Brasília, Brazil

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The purpose of this work is to present a procedure for survey of soils, based on DC electrical resistivity. The study area has 5 km² and is located at Jardim Botânico de Brasília, an environmental conservation area. The results show that clay rich soils are less resistive than sandy soils, independently of moisture condition, and that apparent resistivity variation is larger in sandy soils than in clay rich soils. This fact shows that it is possible to use electrical resistivity measurements like a procedure for to separate clay rich and sandy soils.

Introdução

Métodos geofísicos são largamente utilizados em trabalhos relacionados com mapeamento geológico e prospecção mineral. Desde a década de 1970 eles também vêm sendo utilizados em estudos voltados para prevenção e monitoramento de aspectos relativos à poluição ambiental. No campo da pedologia, têm sido utilizados para medir parâmetros dos solos, como a umidade e a salinidade. No entanto, existem poucos trabalhos relatando a utilização de geofísica no estudo e manejo de solos brasileiros, em particular dos latossolos.

A determinação das características destes solos, por meio de análises físicas, químicas e morfológicas de amostras pontuais, tem sido bastante executada. Entretanto, eles mostram grandes variações estruturais, texturais e composicionais e este fato dificulta a generalização dos resultados destas análises.

Neste contexto, a geofísica se insere como meio de obter estimativas sobre as condições do solo, de maneira rápida, não invasiva e em extensões relativamente grandes. Não se pretende substituir os métodos convencionais de estudo, mesmo porque não há substituto para alguns tipos de análise, mas sim demonstrar as vantagens deste tipo de investigação indireta.

Dentre todos os métodos geofísicos optou-se por trabalhar principalmente com o método elétrico de corrente contínua, devido à boa correlação entre o parâmetro medido neste método e outras propriedades do solo.

A área de estudo foi o Jardim Botânico de Brasília, devido principalmente à existência de um mapa detalhado dos solos daquele local, bem como de um banco de dados de análises físicas e químicas dos solos

cartografados. Outro fator que determinou a escolha deste local foi o fato de tratar-se de uma unidade de conservação ambiental, portanto com um mínimo de interferência humana.

Método

A resistividade elétrica de uma substância, é definida como a resistência à passagem de corrente elétrica, oferecida por um cubo de volume unitário desta substância, na direção perpendicular a uma de suas faces, multiplicada pelo comprimento da aresta do cubo. A resistividade é expressa em unidade de resistência elétrica multiplicada por unidade de comprimento (Ohm.m) (Koefoed, 1979).

A resistividade elétrica é uma propriedade física de cada substância, tendo sido medida e tabelada para vários materiais. Um material homogêneo e isotrópico vai sempre exibir o mesmo valor de resistividade elétrica, conhecido como a resistividade verdadeira do material. No entanto, as rochas e principalmente os solos são meios de grande variação lateral e vertical de características físicas e químicas, as quais se refletem nas determinações da resistividade.

Conforme Fukue *et al.* (1999), a resistividade do solo depende, no mínimo, dos seguintes fatores: grau de saturação; resistividade do líquido nos poros; porosidade; tamanho, forma e distribuição das partículas sólidas; espessura e composição da camada catiônica dos argilominerais. Curiosamente, a dependência da resistividade em relação a um grande número de fatores pode ser uma vantagem no que diz respeito às ciências do solo. Alguns autores, como McBride *et al.* (1990), consideram que medidas de condutividade elétrica, e consequentemente de resistividade, podem fornecer uma visão integrada dos parâmetros relacionados com a produtividade agrícola. Ainda no âmbito da produção agrícola, Corwin e Rhoades (1984), por sua vez, defendem que a medição indireta da salinidade do solo, por meio da condutividade elétrica da porção que vai até 90 centímetros é muito importante, uma vez que é nesta porção onde se concentra a atividade das raízes.

No método elétrico de corrente contínua, trabalha-se com dois eletrodos de corrente (A e B) e dois eletrodos de potencial (M e N), os quatro fixados na superfície do terreno (Figura 1). Através dos eletrodos A e B aplica-se uma diferença de potencial e, como resultado desta diferença, uma corrente elétrica contínua começa a percorrer o terreno. O valor da corrente é medido e registrado. Utilizando os eletrodos M e N, mede-se uma diferença de potencial que se estabelece no terreno e que está associada à passagem da corrente. Deve-se notar que o solo já possui um potencial elétrico natural, o qual deve ser descontado da medição feita com os eletrodos M e N. Conhecendo-se a corrente que percola o subsolo, a geometria da disposição dos eletrodos e o

potencial medido entre os eletrodos M e N, pode-se calcular um valor de resistividade elétrica, que, por estar sendo medido em um meio heterogêneo e anisotrópico, e por ser função do arranjo de eletrodos, é dita aparente (Orellana, 1972; Telford *et al.* 1985).

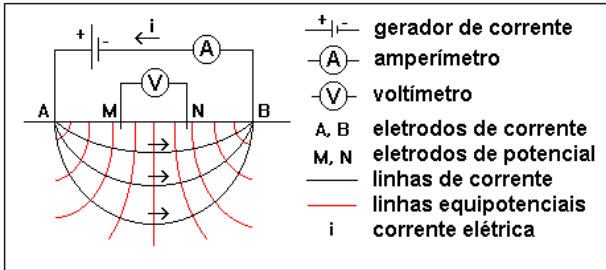


Figura 1 - Distribuição habitual dos eletrodos no método elétrico de corrente contínua.

Existem diferentes maneiras de dispor os eletrodos uns em relação aos outros, bem como de transportá-los sobre o terreno a ser estudado. Um dos arranjos mais comuns é aquele idealizado pelo norte-americano Frank Wenner, em 1915, e que leva o seu nome. Este arranjo caracteriza-se pela disposição equidistante dos eletrodos de potencial e de corrente, segundo uma linha reta. Habitualmente, os eletrodos A e B situam-se nos extremos do arranjo, enquanto M e N situam-se próximo ao centro (Fetter, 1994; Koefoed, 1979; Orellana, 1972; Van Nostrand e Cook, 1966).

O arranjo de Wenner é normalmente utilizado para a perfilação elétrica horizontal, que é a determinação da variação lateral da resistividade, a uma profundidade constante. Na perfilação, também conhecida como caminhamento elétrico, os quatro eletrodos são deslocados em grupo sobre o terreno, de forma a obter um conjunto de medidas regularmente distribuídas ao longo de uma dada direção. Quando são executadas várias linhas de medidas em uma dada área, os resultados podem ser apresentados na forma de mapas. A profundidade de investigação é proporcional ao espaçamento entre eletrodos.

Admite-se que quanto maior o espaçamento entre os eletrodos, maior a profundidade alcançada. Em pesquisas geológicas ou hidrogeológicas, este espaçamento pode variar desde alguns metros até vários quilômetros (Telford *et al.* 1985). Em pesquisas relacionadas com caracterização de solos, o espaçamento entre os eletrodos pode ser de poucos centímetros. Rhoades e Ingvalson (1971) relatam a execução de perfilações elétricas horizontais, nas quais o espaçamento entre os eletrodos foi de 0,3 m. Robain *et al.* (1996), trabalhando em solos lateríticos, na República de Camarões, África Central, utilizaram arranjo de eletrodos com espaçamento de 0,1 m para obter medidas de resistividade ao longo das paredes de poços abertos para descrição de perfis de solo.

O Distrito Federal localiza-se no estado de Goiás, região Centro Oeste do Brasil. No Distrito Federal, selecionou-se como área de estudo o Jardim Botânico de Brasília

(JBB). Esta escolha deveu-se principalmente à existência de um mapa de solos daquele local em escala 1:10.000, bem como de um banco de dados relativo à análises físicas e químicas dos solos cartografados (Cavedon e Sommer, 1990). Outro fator que contribuiu para esta escolha foi o fato de tratar-se de uma unidade de conservação ambiental, portanto com um mínimo de interferência humana.

No mapa de solos (Figura 2) destacam-se as unidades C, RL, LV e LVA. C corresponde a cambissolo, com teor de argila entre 15% e 35%, localmente cascalhento (C2). RL corresponde a solo litólico, assentado diretamente sobre quartzito, com teor de argila entre 15 e 35%, com cascalho e afloramentos de rocha. LV corresponde a latossolo vermelho, com teor de argila variando entre 60% (LV1) até 15% (LV3). LVA corresponde a latossolo vermelho amarelo, com teor de argila variando entre 15% (LVA1) até 60% (LVA3).

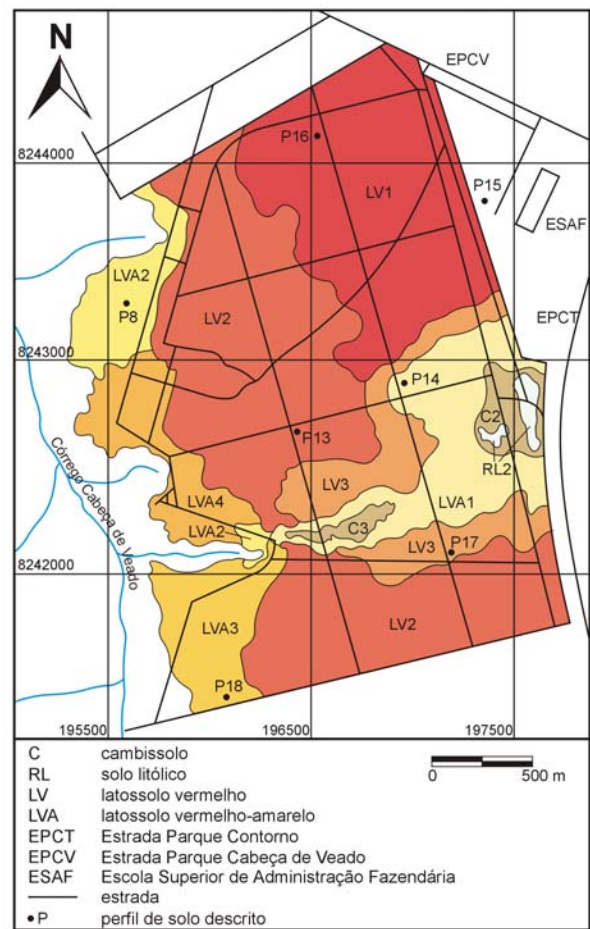


Figura 2 - Mapa de solos do JBB. Modificado de Cavedon e Sommer (1990).

Durante os trabalhos no JBB, utilizou-se um resistivímetro modelo Geopulse, fabricado por Campus Geophysical Instruments, Inglaterra. Trata-se de um equipamento relativamente moderno, portátil e leve (cerca de 6 kg), projetado para trabalhar com sistemas do tipo multieletrodo, nos quais, vários eletrodos são conectados de forma simultânea e independente ao resistivímetro por meio de um cabo especial (Figura 3).



Figura 3 - Resistivímetro modelo Geopulse.

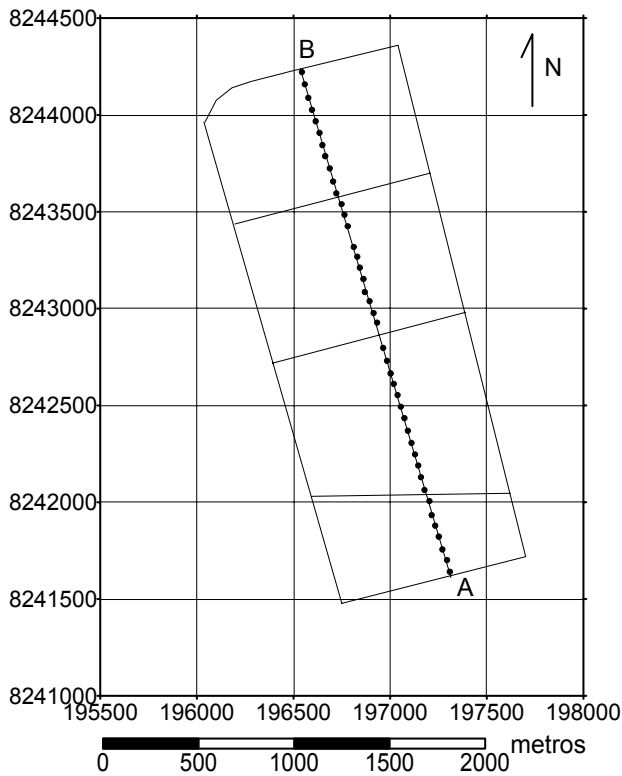


Figura 4 - Localização das medidas de resistividade aparente realizadas no JBB.

As medidas de resistividade aparente foram obtidas em 42 locais, distribuídos ao longo da estrada central do JBB, com espaçamento de 65 metros (Figura 4). Esta estrada tem 2730 metros de comprimento e foi percorrida no sentido A-B em 5 diferentes datas, entre janeiro e junho de 2002. O período durante o qual foi executado o trabalho coincide com a transição da estação chuvosa (precipitação média de 250 mm mensais) para a estação

seca (precipitação média de 8 mm mensais), típicas da região central do Brasil. As medidas foram obtidas com o arranjo de Wenner e espaçamento de 2 metros entre eletrodos. Ao todo, dispõe-se de 208 medidas de resistividade aparente.

Resultados

O local de cada medida teve suas coordenadas UTM registradas, de modo a que fosse possível representar espacialmente a variação sazonal da resistividade. Adotou-se o ponto A como posição "0 metros". Todas as leituras foram posicionadas mediante o cálculo de sua distância até o ponto A, obtendo-se as 5 curvas mostradas na figura 5.

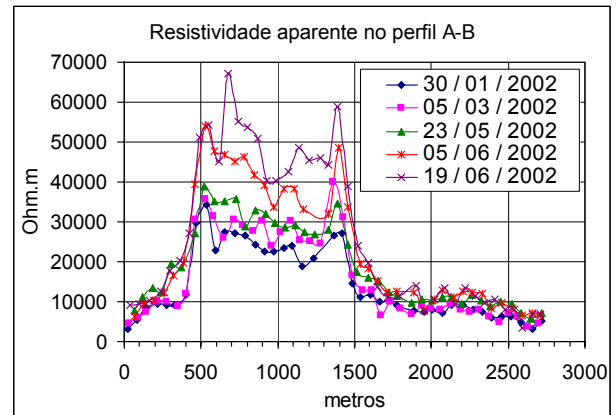


Figura 5 - Variação da resistividade aparente na estrada central do JBB, entre janeiro e junho de 2002.

É possível distinguir duas porções do terreno ao longo da estrada, uma mais resistiva, entre 400 m e 1500 m, e outra, mais condutiva, antes e após este intervalo. A progressiva redução da umidade do solo no período considerado, intensificou esta distinção. A variação da resistividade aparente, no período considerado, foi maior entre as posições 400 m e 1500 m do que em qualquer outro local do perfil.

A explicação para os comportamentos observados provavelmente reside no aspecto textural dos solos encontrados ao longo da estrada. Até 400 m e após 1500 m predominam solos argilosos, ao passo que entre 400 m e 1500 m predominam solos arenosos.

Os solos argilosos retêm mais água que os arenosos em qualquer época do ano e quanto mais umidade, menor a resistividade. A circulação de água é mais fácil nos solos arenosos, fazendo com que a redução da umidade nestes seja maior do que aquela observada nos solos argilosos, no mesmo período. Isto explicaria a maior amplitude da variação da resistividade nos solos arenosos.

Conclusões

Observou-se que a variação no conteúdo de umidade do solo, conforme a época do ano, influencia os valores da resistividade elétrica aparente, e que esta variação é maior nos solos arenosos. Os solos argilosos mostraram valores entre 8.000 e 10.000 Ohm.m, em correspondência à passagem da estação chuvosa para a

seca. Nos solos arenosos, o valor desta propriedade variou de 20.000 até 60.000 Ohm.m no mesmo período.

Estes valores são apenas relativos e sua reprodutibilidade está sujeita à utilização do mesmo arranjo de eletrodos. Sua importância está no fato de demonstrarem que é possível diferenciar solos argilosos e arenosos com base em medidas desta propriedade, independente da época do ano.

Referências

- Cavedon, A. D., e Sommer, S.,** 1990, Jardim Botânico de Brasília; Levantamento Semidetalhado dos solos. Brasília, Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, 95p.
- Corwin, D. L., e Rhoades, J. D.,** 1984, Measurement of inverted electrical conductivity profiles using electromagnetic induction: Soil Science Society of America Journal, Vol. 48, p288-291.
- Fetter, C. W.,** 1994, Applied Hydrogeology. 3.ed. New York, Macmillan College Publishing Company, 691p.
- Fukue, M., Minato, T., Horibe, H., Taya, N.,** 1999, The micro-structures of clay given by resistivity measurements: Engineering Geology, Vol. 54, p43-53.
- Kofoed, O.,** 1979, Resistivity Sounding Measurements. Amsterdam, Elsevier, 276p.
- McBride, R. A., Gordon, A. M., Shrive, S. C.,** 1990, Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity: Soil Science Society of America Journal, Vol. 54, p290-293.
- Orellana, E.,** 1972, Prospeccion Geoelectrica en Corriente Continua. Madrid, Paraninfo, 523p.
- Rhoades, J. D., e Ingvalson, R. D.,** 1971, Determining salinity in field soils with soil resistance measurements: Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 35, p54-60.
- Robain, H., Descloitres, M., Ritz, M., Atangana, Q. Y.,** 1996, A multiscale electrical survey of a lateritic soil system in the rain forest of Cameroon: Journal of Applied Geophysics, Vol. 34, p237-253.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A.,** 1985, Applied Geophysics. Cambridge, Cambridge University Press, 860p.
- Van Nostrand, R., e Cook, K. L.,** 1966, Interpretation of Resistivity Data; Geological Survey Professional Paper 499. Washington, United States Geological Survey, 310p.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento da pesquisa. A Sr^a Anajúlia Heringer Salles, diretora do JBB, por autorizar a execução do trabalho de campo.