



Utilização de caminhamento elétrico em áreas de disposição de resíduos – relações entre dimensões do empreendimento e qualidade dos resultados

Vagner Roberto Elis

Pós graduando UNESP Rio Claro – SP

Lázaro Valentim Zuquette

EESC/USP São Carlos - SC

ABSTRACT

Métodos elétricos são extensamente aplicados em áreas de disposição de resíduos. Nesse trabalho, são apresentados alguns resultados obtidos com a técnica de caminhamento elétrico dipolo-dipolo, que tem se mostrado uma ferramenta eficiente, pois permite que o ensaio seja adaptado às dimensões do local de estudo. No entanto, a qualidade da informação obtida decresce com o aumento do espaçamento entre os eletrodos, que é o recurso utilizado para investigar níveis mais profundos em empreendimentos de maior porte.

INTRODUÇÃO

Os métodos elétricos de prospecção geofísica vêm sendo utilizados em escala crescente para investigação, caracterização e monitoramento geoambiental do subsolo. Com o crescimento urbano das cidades e o conseqüente aumento da produção de resíduos e dos problemas relacionados, as áreas utilizadas para disposição de resíduos têm merecido especial atenção. Trabalhos utilizando métodos elétricos e eletromagnéticos para mapeamento e monitoramento da pluma de contaminação e caracterização da estrutura dos depósitos de resíduos têm sido realizados, fornecendo informações importantes com respeito ao volume de rejeitos e perfil vertical do aterro, definição do sentido de fluxo subterrâneo, bem como as relações envolvendo a quantidade de resíduos introduzida no meio e as características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas locais (Carpenter et al, 1990; Vogelsang, 1995). Uma metodologia geofísica que vem sendo aplicada nesse campo de estudo com bons resultados é a utilização de caminhamento elétrico dipolo-dipolo (Ross et al, 1990; Elis & Zuquette, 1997).

As dimensões das áreas de disposição de resíduos variam em função de diversos fatores, como tipo de resíduo e potencial gerador da fonte. Essa variação nas dimensões da área influencia a qualidade dos resultados obtidos por ensaios de caminhamento elétrico, pois o aumento do tamanho dos dipolos necessário para a investigação de profundidades maiores resulta em uma diminuição na resolução da seção obtida no ensaio.

Nesse trabalho, são apresentados resultados obtidos em três áreas com dimensões bastante diferentes: uma pequena área utilizada para disposição de resíduos de curtume na região de Franca - SP, um aterro sanitário de médio porte na cidade de Ribeirão Preto – SP e o aterro Bandeirantes, em São Paulo, considerado o maior aterro sanitário do país. Os resultados dos ensaios realizados nessas áreas mostram como a qualidade da informação obtida decresce em razão da necessidade de utilização de dipolos maiores.

ÁREAS DE ESTUDO

Como já citado anteriormente, foram realizados ensaios de caminhamento elétrico dipolo-dipolo em três áreas utilizadas para disposição de resíduos com dimensões variáveis:

- Uma área de disposição de resíduos de couro em Restinga, na região de Franca – SP, com medidas aproximadas de 100 metros de comprimento por 20 metros de largura. Nessa área existem quatro valas utilizadas para depósito de resíduos líquidos.
- O aterro sanitário em atividade da cidade de Ribeirão Preto – SP, com cerca de 500 por 500 metros.
- O Aterro Bandeirantes, que recebe resíduos sólidos urbanos da cidade de São Paulo, com dimensões de 1 Km de largura por 2 Km de comprimento.

A primeira área de estudo localiza-se na Estância Santa Marina, no quilômetro 386 da Rodovia Cândido Portinari, que liga Ribeirão Preto a Franca, em área de ocorrência da Formação Serra Geral. Nessa área são dispostos resíduos gerados pelos processos de beneficiamento do couro para a indústria de calçado. O local de disposição dos resíduos pode ser descrito como um conjunto de quatro valas construídas nas camadas superiores de solo residual de basalto, com cerca de 4 metros de largura por 20 metros de comprimento cada e profundidades nunca superiores a 2 metros. Essas valas recebem semanal ou quinzenalmente cerca de 6.000 litros de resíduos oriundos do tratamento de

couro. Como os resíduos são líquidos, essas valas podem ser consideradas como pequenas lagoas de disposição, cuja finalidade é apenas receber e armazenar o material. Nessas valas, dentre os sistemas necessários para um funcionamento adequado de uma lagoa de disposição de resíduos líquidos, somente o de impermeabilização existe, constituído por material argiloso do próprio solo do local (solo residual de basalto). um caminhão tanque, em períodos semanais ou quinzenais, alimenta uma das valas, caracterizando o sistema de entrada de líquido.

O aterro sanitário em atividade de Ribeirão Preto localiza-se a oeste da cidade, na rodovia para Dumont. O substrato geológico é representado por basalto da Formação Serra Geral, que está recoberto pelo manto de alteração e solo desenvolvidos a partir dessa própria rocha. Este empreendimento foi implantado em área aproximadamente quadrada com cerca de 500 metros de lado. Atualmente são dispostos, regularmente com o sistema de células, somente os resíduos urbanos. Na época de realização dos ensaios, a espessura de material depositado era superior a 20 metros na parte mais espessa.

O Aterro Bandeirantes ocupa uma área de cerca de 1 quilômetro de largura por 2 quilômetros de extensão, situada no Km 26 da Rodovia dos Bandeirantes. O local está situado em região serrana, de ocorrência de rochas cristalinas, e ocupa uma antiga depressão que foi em grande parte preenchida com os resíduos, sendo o substrato rochoso caracterizado por filitos (principalmente) e mica-xistos do Grupo São Roque, rochas foliadas que apresentam dobramentos e fraturamentos. A alteração desses tipos litológicos gerou solos argilo-siltosos e siltosos. Este é o maior aterro sanitário do país e possivelmente da América Latina, onde a espessura dos resíduos depositados chega, em alguns pontos, a atingir 100 metros.

ENSAIOS REALIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS

Em todas as áreas foram executados ensaios de resistividade com a técnica de caminhada elétrica dipolo-dipolo, sendo os dados obtidos interpretados em seções de resistividade 2D através de software apropriado. A abertura entre os eletrodos variou em função da profundidade de investigação requerida em cada local.

Na área de disposição de resíduos de curtume, foram realizados ensaios de com espaçamentos (dipolos) de 10 e 5 metros. Nesse local, linhas de ensaio com dipolo 10 metros cortando as valas no sentido transversal permitiram a determinação da zona de influência dos resíduos (20 ohm.m), da espessura do manto de alteração (que apresenta resistividade de 180 ohm) e da presença de fratura (170 ohm.m) dentro da rocha inalterada (1500 ohm.m). Esses resultados são apresentados na Figura 1. Uma linha de mais detalhe, com dipolo de 5 metros, realizada durante período de maior pluviosidade possibilitou ainda a identificação da zona saturada na seção.

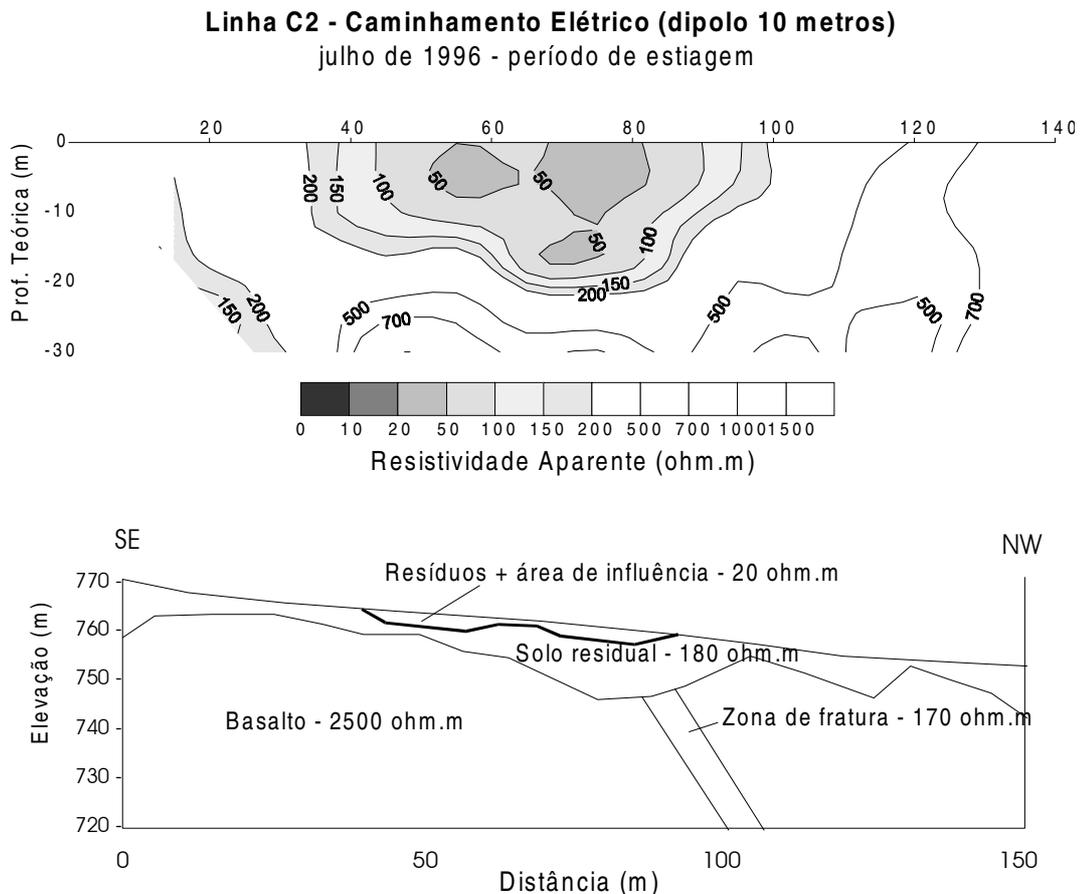


Figura 1 – Resultado de caminhada elétrica com dipolo 10 metros obtido na área de resíduos de curtume.

No aterro sanitário de Ribeirão Preto, os ensaios foram realizados com dipolos de 10 e 20 metros. Nas seções interpretadas, foram individualizados os resíduos (6 ohm.m), alguns níveis de solo residual (80 e 280 ohm.m), a zona saturada (45 ohm.m) e o basalto inalterado (1500 ohm.m). Não foi possível a identificação de zonas de fratura dentro da rocha sã. Na figura 2 é apresentada uma seção interpretada com dipolo de 20 metros.

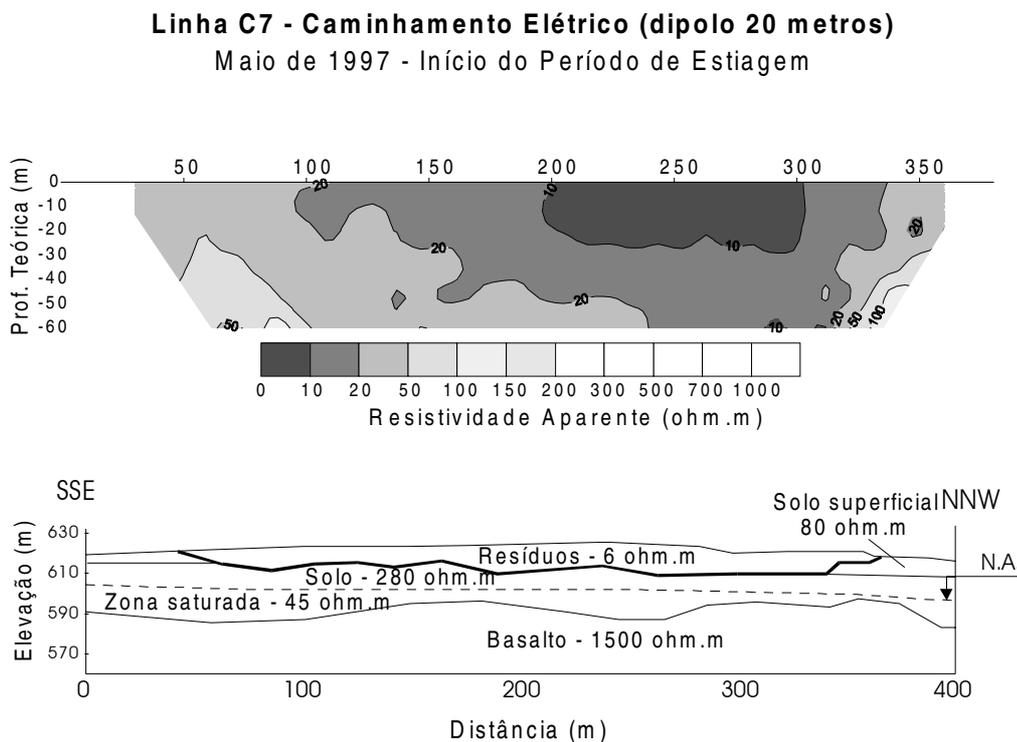


Figura 2 – Seção interpretada de caminhamento com dipolo 20 metros do aterro sanitário de Ribeirão Preto.

No Aterro Bandeirantes, onde a espessura das camadas de resíduos pode atingir até 100 metros, os ensaios de caminhamento elétrico dipolo-dipolo foram executados com espaçamento de 40 metros. Um ensaio foi realizado cortando o aterro em sentido transversal. A seção de resistividade aparente obtida mostrou a parte superior com valores baixos de resistividade aparente (inferiores a 5 ohm.m) e um pequeno aumento dos valores de resistividade na parte inferior. Essa disposição caracteriza a parte preenchida por resíduos (zona mais condutora) e a base do aterro, determinada pelo aumento dos valores de resistividade aparente. Os resultados interpretados desse ensaio são apresentados na figura 3, onde é possível identificar o formato e a profundidade da área ocupada pelos resíduos, da camada de solo residual e o topo do filito. Se comparados aos resultados obtidos nas outras áreas, é observado que não foi possível obter informações a respeito da posição da zona saturada e de possíveis zonas de fratura dentro do filito.

Com esses resultados, pode ser feito um quadro comparativo dos níveis e estruturas identificados em cada área. Esse quadro é apresentado na tabela 1, onde pode ser observado que o número de elementos individualizados decresce com o aumento da profundidade de investigação.

Tabela 1 – Quadro comparativo entre elementos (níveis e estruturas) identificados em cada área de estudo.

Elementos individualizados	Área de disposição de resíduos de curtume	Aterro Sanitário de Ribeirão Preto	Aterro Bandeirantes
Presença de resíduos	X	X	X
Cobertura inconsolidada	X	X	X
Rocha inalterada	X	X	X
Zona saturada	X	X	
Zonas fraturadas	X		

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos em todas as áreas mostram que a técnica de caminhamento elétrico dipolo-dipolo é uma ferramenta que fornece informações importantes na caracterização de áreas utilizadas para disposição de resíduos. No entanto, em função do porte do empreendimento, existe a necessidade de adequar o ensaio variando o espaçamento entre os eletrodos. Essa possibilidade de adaptação do ensaio ao objeto de estudo caracteriza uma grande vantagem da técnica, pois como visto, existem áreas de disposição de resíduos das mais variadas dimensões. Por outro lado, o aumento da profundidade de investigação, que é conseguido com um aumento do espaçamento entre os eletrodos, ocasiona uma diminuição no nível de detalhe obtido na seção geoeletrica. Nos casos estudados, essa

diminuição no nível de detalhe resultou em limitações na determinação da profundidade da zona saturada e de zonas de fraturamento dentro do substrato rochoso, que são parâmetros importantes para estudos geoambientais dessa natureza. Nesses casos, torna-se necessário a utilização de técnicas de ensaio adicionais. No caso específico da zona saturada, ensaios de sondagem elétrica vertical ou sondagens TDEM podem ser boas opções (Buselli et al., 1992).

Linha C1 - Caminhamento Elétrico (dipolo 40 metros)

Setembro de 1997 - Período de Estiagem

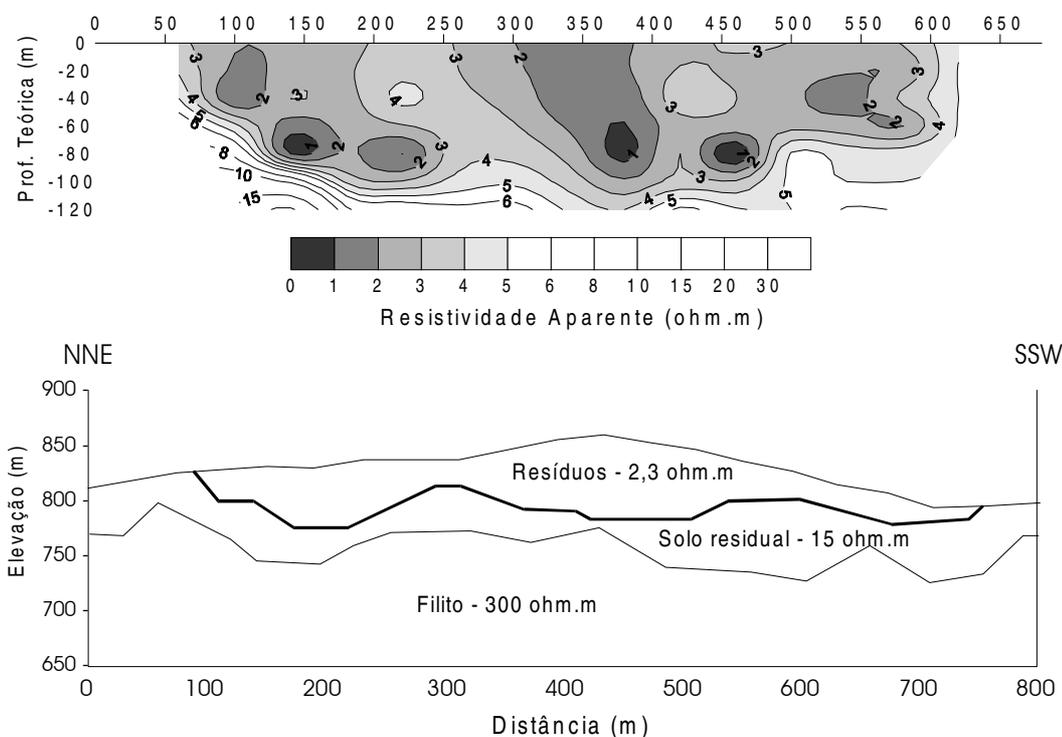


Figura 3 – Resultado obtido com dipolo de 40 metros no Aterro Bandeirantes.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

BUSELLI, G.; DAVIS, G.B.; BARBER, C.; HEIGHT, M.I. & HOWARD, S.H.D. - 1992 - *The application of electromagnetic and electrical methods to groundwater problems in urban environment. Exploration Geophysics* 23 (4), pp. 543-556.

CARPENTER, P.J.; KAUFMANN, R.S. & PRICE, B. - 1990 - *The use of resistivity soundings to determine landfill structure. Ground Water* 28 (4), pp. 569-575.

ELIS, V.R. & ZUQUETTE, L.V. - 1997 - *Determinação da estrutura do aterro sanitário de Ribeirão Preto - SP através de métodos geoeletricos. Anais do V Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo (SP), Vol 1, pp. 417-420.*

ROSS, H.P.; MACKELPRANG, C.E. & WRIGHT, P.M. - 1990 - *Dipole-dipole electrical resistivity surveys at waste disposal study sites in Northern Utah Geotechnical and Environmental Geophysics (Investigations in Geophysics n. 5), Vol. I, Society of Exploration Geophysics, pp. 145-152.*

VOGELSANG, D. - 1995 - *Environmental Geophysics. A practical guide. Springer-Verlag, Berlin, 172p.*

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos à FAPESP (processo 96/2398-4) e ao CNPq (processo 143920/95-2) pelos auxílios concedidos para a realização do trabalho.