



São Paulo 2004

Aplicação de Geofísica como subsídio para estudos de Arqueologia do Lixo

Márcia Hatae e Vagner R. Elis, IAG-USP & André Wagner Oliani Andrade, Unicsul

Copyright 2004, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no I Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo, 26-28 de setembro de 2004. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do I SR-SBGf mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Este trabalho está sendo desenvolvido em conjunto com o MAE/USP, onde os levantamentos de geofísica visam dar suporte a uma pesquisa de arqueologia do lixo (garbologia). O local de estudo é uma área de disposição de resíduos sólidos no município de Mogi das Cruzes – SP. O principal objetivo da geofísica está sendo caracterizar o local, fornecendo informações sobre espessura da camada de resíduos e a profundidade do nível saturado, de modo a obter parâmetros para a escolha das melhores áreas para a realização das escavações. Para isso foram realizados ensaios com EM-34, visando uma caracterização global do local e posteriormente foi realizado um estudo mais detalhado em regiões de maior interesse através da Sondagem Elétrica Vertical.

Introdução

Com o desenvolvimento social e industrial o lixo tornou-se um problema inevitável para a sociedade. Por outro lado, o estudo do lixo nos permite compreender melhor a sociedade, entender seu comportamento e sua evolução natural, além de mostrar caminhos que evitem a contaminação ambiental. O estudo do lixo tem sido desenvolvido atualmente dentro da arqueologia por pesquisadores americanos, área de estudo que vem sendo denominada “garbology”, que vem de “garbage”. A tradução para o português tem resultado em termos como lixologia ou garbologia.

A garbologia é uma ciência bastante ampla, que compreende desde estudos de antropologia, reciclagem, de contaminação ambiental e outros. A garbologia muitas vezes confronta-se com o problema de coletar material de estudo de maneira eficiente, de modo a minimizar custos e otimizar o trabalho. Muitas vezes o lixo se encontra aterrado e não se tem nenhum controle de sua localização e espessura da coluna de lixo e utilizar a geofísica pode ser bastante eficiente na identificação dos locais onde os resíduos estão presentes e no estudo da estrutura dos depósitos. Uma vez que a geofísica pode auxiliar no mapeamento em subsuperfície, determinar áreas com menor ou maior espessura de resíduos e previsões da existência de alguns tipos de materiais podem ser contribuições importantes para esse novo campo de estudo da arqueologia. Além disso a geofísica caracteriza-se pela utilização de métodos não invasivos, que não alteram as estruturas das camadas de lixo.

Esse trabalho está sendo realizado em conjunto com pesquisadores do MAE/USP e tem como objetivo realizar um estudo de garbologia, numa área de disposição de resíduos sólidos, sem controle técnico e/ou histórico e o estudo de geofísica visa dar suporte a essa pesquisa. A área de estudo é um Lixão que se localiza em Mogi das Cruzes (SP), próximo às margens do Rio Tietê, na área do Sítio Volta Fria. Neste trabalho as metodologias geofísicas utilizadas foram o caminhamento eletromagnético (EM-34) e as sondagens elétricas verticais (SEV). O levantamento eletromagnético permite, de maneira bastante eficiente e rápida, mapear a condutividade em subsuperfície em diferentes níveis de profundidade. Isso possibilita a identificação de regiões de maior interesse para um estudo mais detalhado através das sondagens elétricas verticais, que fornecerá um modelo de espessura das camadas e suas respectivas resistividades, que são então traduzidas em informações sobre a espessura das camadas de lixo, a profundidade do nível saturado zona saturada e indicar áreas que possuem presença maior de chorume, que não são adequadas para as escavações.

Metodologia/Problema Investigado

As metodologias utilizadas foram o Método Eletromagnético Indutivo (EM-34) e o Método da Eletrorresistividade (SEV), com o objetivo de selecionar áreas com maior espessura de lixo e nível saturado mais profundo, ou seja, maior espessura de resíduos não saturados.

O Método Eletromagnético Indutivo caracteriza-se pelo uso de equipamentos de operação muito simples e rápido e de baixo custo. O equipamento mede diretamente a condutividade dos materiais geológicos com base nos princípios da indução eletromagnética. O princípio de operação destes equipamentos baseia-se no estabelecimento de uma corrente alternada na bobina transmissora, que vai gerar um campo magnético primário H_p , ortogonal a disposição da bobina. Esse campo magnético primário vai induzir correntes elétricas no subsolo (McNeil, 1980). Passando por um condutor, essas correntes vão dar origem a um campo magnético secundário H_s , que será lido na bobina receptora, juntamente com o campo magnético primário. A razão entre H_s e H_p é usada pelo equipamento para medir diretamente a condutividade aparente do terreno. Nesse trabalho está sendo utilizado o equipamento EM-34 cujo objetivo é a construção de mapas de condutividade da área.

O Método da Eletrorresistividade emprega uma corrente elétrica artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados de A e B), com o objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados M e N) nas proximidades do fluxo de

corrente, permitindo assim determinar a resistividade real ou aparente em subsuperfície (Orellana, 1972). Dentro do método da eletrorresistividade existem várias técnicas de aplicação dos ensaios. São divididas basicamente em técnicas de sondagem elétrica e caminhamento elétrico. No caso deste projeto será utilizada a técnica de Sondagem Elétrica com arranjo Schlumberger, que nos fornece a variação pontual de resistividade e visa obter informações sobre a seqüência e as espessuras das camadas geológicas e de resíduos, de modo a indicar os melhores lugares para as escavações.

Resultados

Na área de estudo mostrada na figura caracteriza-se pela disposição desordenada de resíduos urbanos, de forma que não existiam informações sobre a estrutura do aterro. Na **figura 1** é apresentada uma foto do aspecto do depósito de resíduos. Dessa forma os ensaios geofísicos foram realizados com o objetivo de se escolher os locais com maior espessura de resíduo acima da zona saturada.

Depois de observações realizadas em uma visita a área e de dados de sondagens SPT disponíveis, procedeu-se a utilização do EM-34 para as profundidades teóricas de 7,5 e 15 metros, partindo da premissa que as áreas de maior concentração de chorume e menor espessura de resíduos seco apresentariam maiores valores de condutividade aparente no nível menos profundo. Baseado também nos dados anteriores, esperava-se que as áreas de maior espessura do depósito apresentassem maiores valores de condutividade aparente para o nível mais profundo. Nesse levantamento foram feitos 12 perfis de caminhamento EM-34, com pontos de medidas espaçados de 20 metros e linhas a aproximadamente 50 metros.



Figura 1 – Aspecto do depósito de resíduos.

Para estabelecer os melhores locais para escavações, foram construídos mapas de condutividade aparente nos dois níveis teóricos (7,5 e 15m). Nestes mapas a área do com resíduos foi bem delimitada pelos valores de condutividade mais altos. No mapa do nível 7,5 (**Figura 2**) metros foi possível delimitar bem a área onde existe a presença de resíduos e também uma região em toda a borda leste com altas condutividades aparentes (> 80 mS/m) que possivelmente caracterizam alta concentração de chorume. As altas condutividades

ocorrem também por esse nível estar abaixo da zona saturada, uma vez que o local está localizado às margens do Rio Tietê. No mapa do nível 15 metros (**Figura 3**) é possível observar valores de condutividade aparente um pouco menores em relação ao anterior devido a influência do material natural da base do aterro. Esse mapa mostrou áreas de maiores condutividades em pontos na borda oeste que forma escolhidas para detalhamento com as SEVs. Dentro da área dos resíduos os valores de condutividade aparente têm um comportamento um pouco mais homogêneo.

Após os levantamentos com o EM-34 foram selecionadas duas regiões de condutividade aparente relativamente mais baixas para o nível 7,5 metros e relativamente mais altas para o nível 15 metros, que teoricamente seriam locais de maior espessura de resíduos e menor concentração de chorume. Nessas regiões (**Figura 4**) foram realizadas sondagens elétricas verticais com arranjo Schlumberger para definir com maior segurança a espessura de resíduos acima da nível saturado.

Os dados das SEVs realizadas foram interpretados utilizando o software IPI6, que nos fornece um modelo teórico de subsuperfície, separando as camadas por suas respectivas resistividades. As SEVs 1 e 4 foram posicionadas nas áreas de maior interesse.

Na SEV 1 o modelo de melhor ajuste foi de quatro camadas, onde a espessura da camada de lixo acima da zona saturada é de 7,62m, que é marcada pela presença de valores de resistividade de 188 e 68,7 ohm.m. Na profundidade de 7,62m é atingido o nível da água, sendo observada a brusca mudança dos valores de resistividade para 8,67 ohm.m e a profundidade de 14,93m encontra-se o topo da rocha granítica (provavelmente alterada) quando os valores de resistividade voltam a aumentar.

Na SEV 4 o modelo geoeletrico apresenta 5 camadas, atingindo o topo do granito alterado em 20,12m. As camadas de resíduos acima da zona apresentam valores de resistividade acima de 31 ohm.m. A zona saturada tem valores abaixo de 20 ohm.m e está posicionada a 7,72 metros.

Discussão e Conclusões

Embora não se tenha ainda nenhum dado das escavações que confirmem a eficácia dos métodos geofísicos, com os dados coletados até o presente momento verificamos que a metodologia delimita bem a região do Lixão como pode ser observado nas figuras 2 e 3, com altos valores de condutividade para a área onde se encontra o lixão e valores de baixa condutividade para os locais fora do lixo.

As SEVs possibilitam o estudo da estrutura do depósito em locais de interesse. A informação sobre a profundidade da zona saturada, além de importante em estudos ambientais, é de primeira importância para a programação dos trabalhos da equipe de arqueologia, indicando as melhores regiões para as escavações, regiões estas que são caracterizadas por uma coluna de

lixo mais espessa e a menor presença de líquidos (chorume).

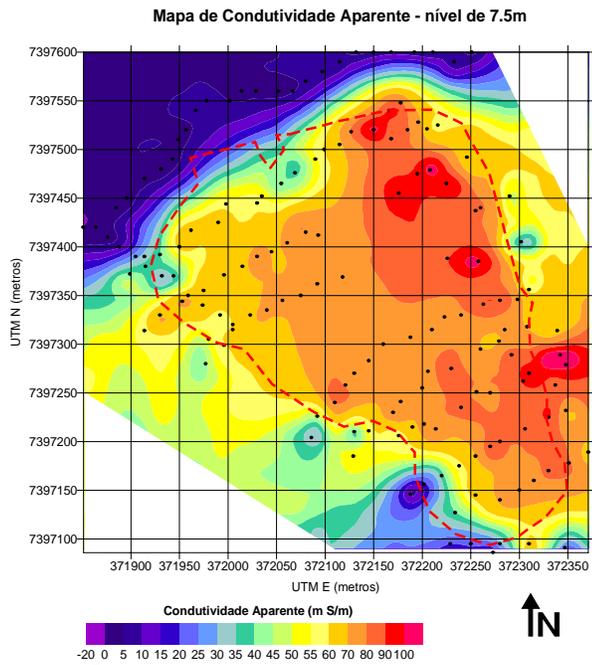


Figura 2 – Mapa de condutividade aparente nível teórico 7,5 metros.

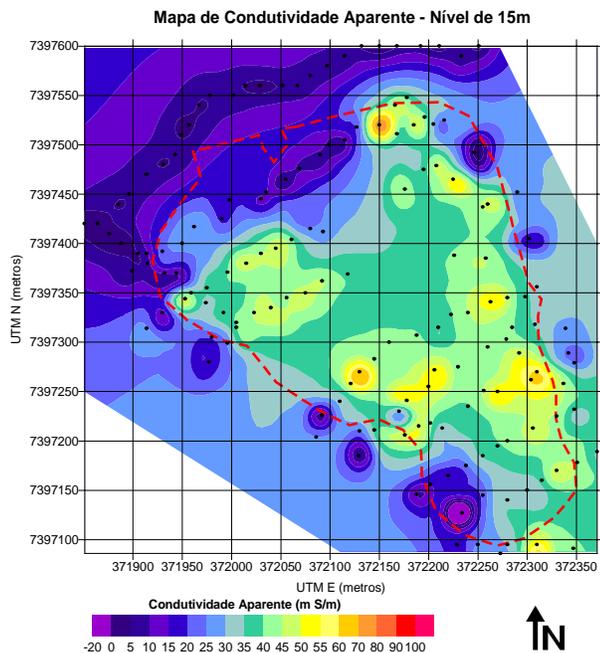


Figura 3 – Mapa de condutividade aparente nível teórico 15 metros.

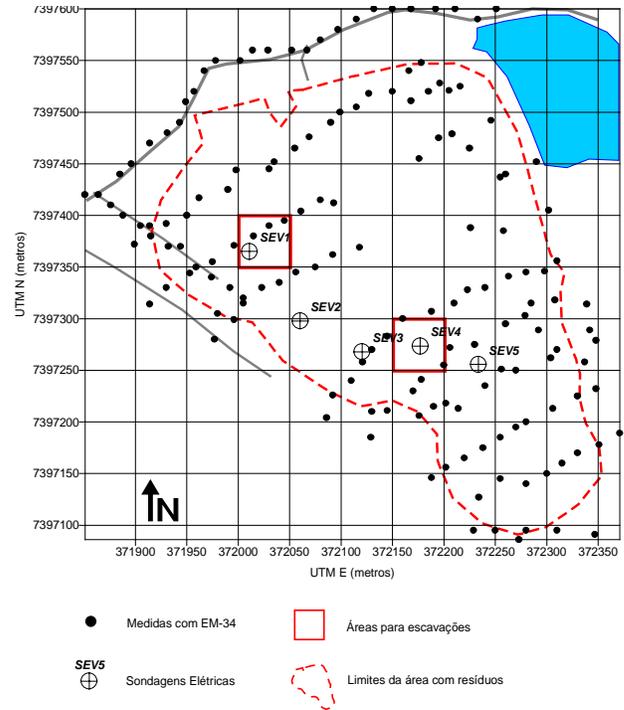


Figura 4 – Mapa de localização das áreas de interesse.

O estudo do fluxo subterrâneo requer mais ensaios de SEVs, porém o comportamento dos mapas de condutividade aparente sugerem uma direção predominante SE.

Pode-se dizer que este trabalho atende a duas solicitações, pois os mesmos dados podem dar suporte a estudos de arqueologia do lixo e para estudos de contaminação ambiental, bastando, para isso, complementar com dados de caminhamento eletromagnético em áreas fora do lixo, o que foi realizado neste trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem pela colaboração nas atividades de campo: André Wagner Oliani Andrade, aos alunos da Unicsul que participam do grupo de arqueologia do lixo, a Elizete M. A. da Silva, Alexandre Lisboa Lago, Ernande Costa e a Prefeitura de Mogi das Cruzes.

Referências

ELIS, V. R. – 1998 - Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro – SP, 264p.

McNEILL, J.D. – 1980 – Eletromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Nota técnica n0 6, Geonics, 15p.

ORELLANA, E. – 1972 - Prospeccion Geoelectrica em Corriente Continua. Ed. Paraninfo, Madrid, 523p.