

Verificação do comportamento sazonal de contaminantes subterrâneos através do imageamento elétrico 2D.

Frederico Ricardo Ferreira Rodrigues de Oliveira e Sousa (fredericosousa@phygeo.com – IG/UnB); Welitom Rodrigues Borges (welitom@unb.br – IG/UnB); Márcio Maciel Cavalcanti (marciom.cavalcanti@hotmail.com – IG/UnB); Reiner Stollberg (reiner.stollberg@ufz.de – GMBH/UFZ)

Copyright 2012, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V SimBGF, 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 tem como objetivo verificar o comportamento de contaminantes subterrâneos, provenientes da lixiviação de resíduos sólidos urbanos do aterro do Jockey Club em Brasília/DF, através da análise de resultados de tomografia elétrica obtidas em épocas distintas. As aquisições foram realizadas no mesmo local, usando-se um sistema multi-eletródico com o arranjo dipolo-dipolo, espaçamento entre os eletrodos de 10 metros, e com 30 níveis de investigação. Os dados mostram um contraste de condutividade em algumas áreas, principalmente na zona saturada. A análise dos resultados revelou zonas significativas com resistividades anormalmente baixas, sendo interpretadas como plumas de contaminantes provenientes do aterro. Os resultados de eletrorresistividade mostram que no período de chuvas houve uma diluição e espalhamento do contaminante no subsolo.

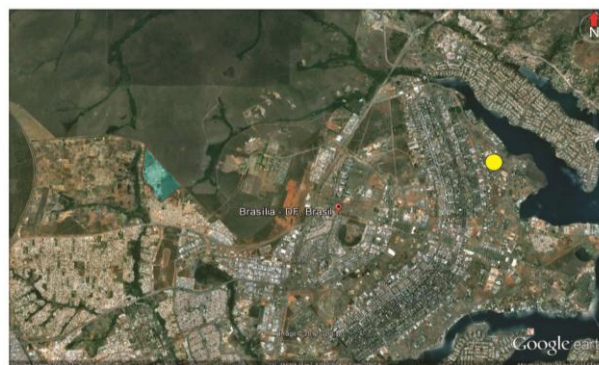
Introdução

Estima-se que o Brasil produza cerca de 240 mil toneladas de lixo diariamente em suas cidades. O destino final desses materiais indesejados quase sempre são os aterros sanitários, os aterros controlados, os lixões e os locais de compostagem e reciclagem, representando, respectivamente, 53%, 23%, 20%, 2% e 2% dos locais de destinação de todo o lixo gerado no Brasil. A situação é preocupante, pois cerca de 70% dos municípios brasileiros despejam seus resíduos em lixões, 14% em aterros sanitários e 18% em aterros controlados (IBGE, 2002). Por não receberem tratamento adequado quanto à disposição e armazenamento, os resíduos sólidos urbanos destinados aos lixões e aos aterros controlados contaminam o solo e a água. Uma vez que o meio natural é contaminado, sua recuperação torna-se onerosa e, em muitos casos, impraticável. A possibilidade de contaminação das reservas de água de uma cidade é um risco permanente. Esse risco motivou alguns órgãos governamentais e privados a adotarem uma série de ações para tentar combater os efeitos nocivos da deposição equivocada de resíduos sólidos urbanos. Dentre elas está a monitoração do contaminante que penetra no solo. Percebe-se então a importância de estudos que possam identificar possíveis contaminações,

em especial aqueles que utilizam técnicas geofísicas (BORTOLIN e MALAGUTTI, 2010). Dentre as técnicas geofísicas de investigação indireta, os métodos elétricos são os mais utilizados em estudos ambientais, principalmente para a detecção de contaminação de águas superficiais (ELIS, 1998).

Os métodos elétricos de investigação geofísica utilizam correntes elétricas naturais da Terra ou artificiais, estas injetadas com uso de fonte externa, com o intuito de determinar a resistividade elétrica dos materiais do subsolo. Dentre esses, destaca-se o método da resistividade, capaz de mapear a subsuperfície através dos contrastes de condutividade/resistividade. Nos estudos ambientais, é um dos métodos mais eficientes na localização de áreas contaminadas por resíduos, uma vez que o chumbo tem alta concentração de íons em suspensão.

O estudo de caso foi desenvolvido nas circunvizinhanças do aterro do Jockey Club de Brasília, próximo ao Parque Nacional de Brasília-DF (Figura 1).



Aterro Sanitário Jockey Club Universidade de Brasília - UnB

Figura 1 – Localização da área de estudos, próxima ao Parque Nacional de Brasília, cerca de 13km de distância da UnB.

Segundo CAVALCANTI *et al* (2011) nesta região ocorrem anomalias condutivas que podem indicar percolação de chumbo, do aterro sanitário para a área de ocupação urbana (chácaras e residências), onde o abastecimento de água se dá por cacimbas. Os resultados de furos de sondagem realizados nessa região (STOLLBERG *et al.*, 2011), confirmam a presença de contaminantes em subsuperfície devido ao teor de amônia e condutividade elétrica elevados.

Metodologia

O método da eletrorresistividade consiste em analisar indiretamente o meio através de medidas de resistividade elétrica.

A região de estudo foi a porção sudoeste do aterro, onde foram realizados 2 perfis de eletrorresistividade no mesmo local, um no período de estiagem e outro no período de chuvas, a fim de se verificar os efeitos sazonais da umidade do solo.

Neste trabalho utilizou-se o equipamento multicanal Syscal Pro 72, de propriedade do Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/IG/UnB). O arranjo escolhido foi o dipolo-dipolo, com espaçamento entre eletrodos de 10 metros. O protocolo de aquisição foi elaborado para obter 30 níveis de investigação, possibilitando investigar até 70 metros de profundidade.

A filtragem dos dados foi realizada no software Prosys II, e a modelagem no software Res2dinv (GEOTOMO, 2003). A rotina de inversão utilizada foi a de contraste de suavização por mínimos quadrados (SASAKI, 1989).

Resultados

Os resultados da tomografia elétrica 2D mostram um erro médio quadrático (RMS) variando num intervalo de 10% a 29%, com no máximo 5 iterações.

Para a delimitação da geometria da pluma de contaminação foi adotado um valor de resistividade elétrica abaixo de 30 Ω.m, concordando com resultados geofísicos de pesquisas em aterros brasileiros (Fachin et

al., 2006; Bortolin e Malagutti, 2010; Cavalcanti et al., 2011).

Nos modelos geoelétricos obtidos (**figuras 3 e 4**) notam-se três regiões distintas: a primeira ocorre desde a superfície até a profundidade média de 10 metros, com resistividade elétrica acima de 250 Ω.m, sendo interpretada como um solo areno-argiloso com baixo conteúdo de água; a segunda região no modelo mostra valores de resistividade elétrica variando entre 50 Ω.m a 250 Ω.m, ocorrendo, em média, até a profundidade de 30 metros, sendo interpretada como uma zona de rocha alterada com alto conteúdo de água (zona saturada); a última região possui resistividade acima de 650 Ω.m, ocorrendo até o final do modelo, e interpretada como sendo a rocha sã (ardósia pertencente ao Grupo Paranoá). As anomalias condutivas marcadas no modelo, apresentando valores de resistividades entre 5 Ω.m e 30 Ω.m, possivelmente foram ocasionadas pela contaminação provocada pela percolação de chorume no solo.

Os perfis elétricos foram então comparados com os dados dos furos de sondagem (**Tabela 1**, STOLLBERG et al., 2011). A assinatura elétrica dos pontos onde os furos indicavam a presença de contaminantes foi adotada para caracterizar a localização da provável pluma de chorume nos perfis elétricos 2D.

O provável contaminante foi caracterizado nas regiões de limite entre o Lixão da Estrutural e o Parque Nacional de Brasília.



Figura 2 – Localização dos furos de sondagem realizados por Stollberg et al 2011, próximos ao limite entre o Aterro do Jockey Club e o Parque Nacional de Brasília.

Tabela 1 – Dados obtidos através de furos de monitoração, adaptado de Stollberg et al (2011).

Nome	Condutividade (µS/m)	Teor de Amônia (mg/l)	Profundidade do poço (m)	pH	Nível d'água (m)
M_UFZ_2	101.4	<10	12	5.7	6.7
M_UFZ_3	21.0	1	10	5.3	4.5
M_UFZ_6	316.0	10 à 30	11	5.3	9.8
ML_UFZ_7	994.0/796.0	60/100	15/10	5.8/ 6.1	8.2
M_UFZ_8	647.0	10 à 30	12	6.9	7.6
M_UFZ_9	153	10 à 30	12	5.3	7.1

Discussão e Conclusões

Os resultados geofísicos obtidos evidenciam padrões anômalos na resistividade elétrica da subsuperfície. Tais regiões foram relacionadas às áreas possivelmente contaminadas por chorume proveniente do aterro, em função dos resultados obtidos através dos furos de sondagem. O fluxo da água subterrânea, na área estudada, vai para direção nordeste, direção do Parque Nacional de Brasília, provavelmente carregando consigo o contaminante proveniente do aterro.

As **figuras 3 e 4** mostram perfis 2D para uma mesma região, nos períodos de chuvas e seca em Brasília-DF. No período de seca, o poluente fica mais concentrado, gerando uma maior área com resistividade elétrica inferior a 30 Ω.m (**Figura 3**). No resultado obtido no período de chuvas, nota-se que houve uma maior saturação em subsuperfície resultando na diluição do chorume, causando assim, um aumento no tamanho da região com menor resistividade elétrica (**Figura 4**).

O método da eletrorresistividade se mostrou eficaz para a caracterização de áreas contaminadas devido as diferentes resistividades dos materiais em subsuperfície, sendo altamente recomendado para estudos ambientais dessa natureza.

Agradecimentos

Aos membros da **PHYGEO**, empresa júnior dos alunos de graduação em geofísica da UnB, pelo serviço prestado durante a aquisição de dados. Ao técnico Péricles de Brito Macedo e ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) pela disponibilização dos equipamentos geofísicos.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985) – NBR 8849 – Apresentação de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos. São Paulo

BAESSA, M.P.M.; OLIVA, A; KIANG, C.H. Imageamento elétrico 3D em área contaminada por hidrocarboneto no polo industrial de Cubatão - SP. Rev. Bras. Geof., São Paulo, v. 28, n. 4, Out. 2010.

BORGES, W.R.; LAGO, A.; FACHIN, S.; ELIS, V.R.; SANTOS, E. Gpr utilizado na detecção da geometria de cavas usadas para disposição de resíduos de óleos lubrificantes. Rev. Bras. Geof., São Paulo, v. 24, n. 4, p. 483-493, Out. 2006.

BORTOLIN, J. R. M.; MALAGUTTI FILHO, W. Método da eletrorresistividade aplicado no monitoramento temporal da pluma de contaminação em área de disposição de resíduos sólidos urbanos. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v.15 n.4, out/dez 2010, P. 367-374.

CAVALCANTI, M.M.; BORGES, W.R.; ROCHA, M.P.; CUNHA, L.S.; SEIMETZ, E.X. Investigação Geofísica (Eletrorresistividade e GPR) nos Limites do Lixão da Estrutural e do Parque Nacional de Brasília – DF (Resultados Preliminares). 12º Congresso Internacional da SBGf, 2011.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2001) Manual de Gerenciamento de áreas contaminadas. 389 p. São Paulo.

CUNHA, L. F. J; SHIRAIWA, S. Mapeamento de contaminação de resíduos industriais pelo método eletromagnético indutivo. In: Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.593-601.

ELIS, V. R. (1998) Avaliação da aplicação de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos. 264 P. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.

ELIS, Vagner Roberto; BARROSO, Carlos Maurício Rocha; KIANG, Chang Hung. Aplicação de ensaios de resistividade na caracterização do Sistema Aquífero Barreiras / Marituba em Maceió - AL. Rev. Bras. Geof., São Paulo, v. 22, n. 2, Aug. 2004.

FACHIN, S.J.S.; HUBER, F.; SHIRAIWA, S.; BORGES, W.R.; MIGLIORINI, R.B. Aplicação de métodos geofísicos para identificar áreas contaminadas por resíduos de curtime. RBGf, Vol. 24 (1), 2006.

FRANCO, HA. 1996. Geofísica e Química aquática aplicadas ao estudo da contaminação de recursos hídricos subterrâneos no aterro do Jockey Club, Brasília-DF. Dissertação de Mestrado n. 113, IG/UnB.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000) Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível no endereço <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 19/04

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2002) Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível no endereço <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 19/04/2012.

MEJU, M. A. (2000) Geoelectrical investigation of old abandoned, covered landfill sites in urban areas: model development with a genetic diagnosis approach. Journal of Applied Geophysics 44 (2000) 115–150.

MOURA, H. P.; OLIVEIRA, M. J.; SACASA, R. J. V.; ROSARIO, J. M. L.; MALAGUTTI FILHO, W.; SOUTO, F. A. F.; NERY, J. R. C. Emprego da sondagem elétrica vertical com o método da eletrorresistividade no estudo do lixão de Macapá-AP. Geociências, v.26, n.3, p. 279-286 – São Paulo, UNESP 2007.

PORSANI, J.L.; FILHO, W.M.; ELIS, V.R.; SHIMELES, F.; DOURADO, J.C.; MOURA, H.P. The use of GPR and

VES in delineating a contamination plume in a landfill site: a case study in SE Brazil. Journal of Applied Geophysics, 55 (2004) p. 199– 209.

STOLLBERG, Reiner; WEIB, Holger. Municipal waste disposal Lixão do Jóquei, Brasília, Distrito Federal do Brasil: Site investigation, groundwater monitoring, and hydrochemical analysis. (Unpublished) 2011.

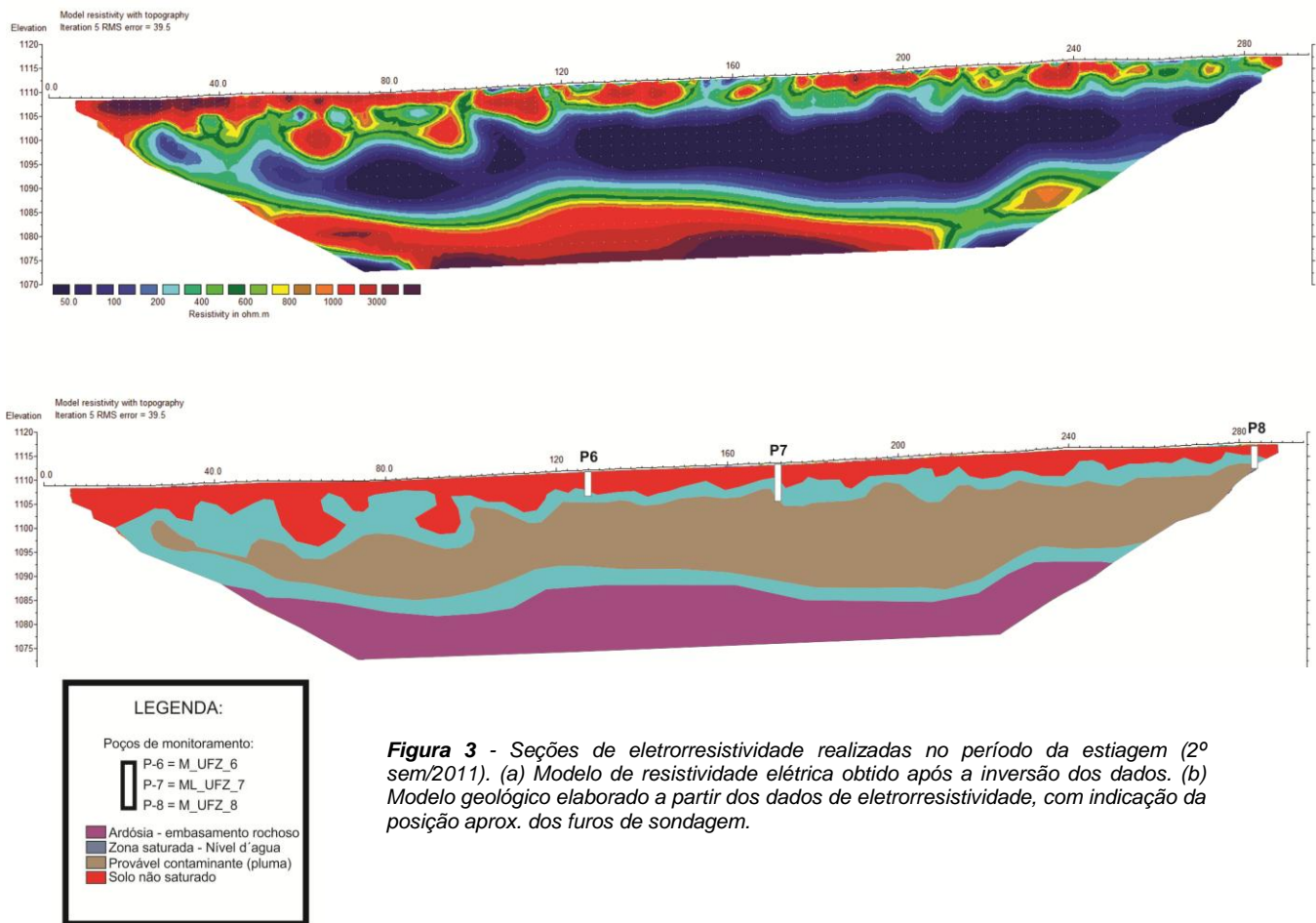
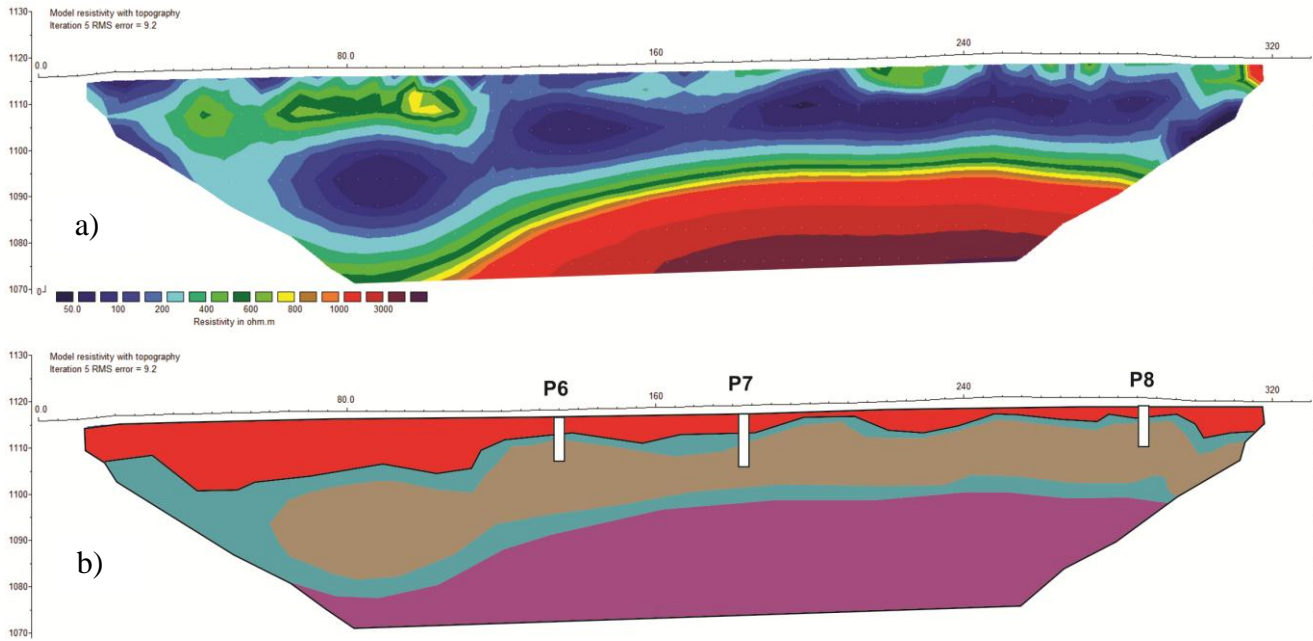


Figura 3 - Seções de eletrorresistividade realizadas no período da estiagem (2º sem/2011). (a) Modelo de resistividade elétrica obtido após a inversão dos dados. (b) Modelo geológico elaborado a partir dos dados de eletrorresistividade, com indicação da posição aprox. dos furos de sondagem.



LEGENDA:

Poços de monitoramento:

- P-6 = M_UFZ_6
- P-7 = ML_UFZ_7
- P-8 = M_UFZ_8

- Ardósia - embasamento rochoso
- Zona saturada - Nível d'água
- Provável contaminante (pluma)
- Solo não saturado

Figura 4 - Seções de eletrorresistividade realizadas no período das chuvas (1º sem/2012). (a) Modelo de resistividade elétrica obtido após a inversão dos dados. (b) Modelo geológico elaborado a partir dos dados de eletrorresistividade, com indicação da posição aprox. dos furos de sondagem.