

Avaliação da dispersão da pluma de contaminação do antigo lixão da cidade de Cuiabá-MT, usando sondagem elétrica vertical e caminhamento elétrico

Régis Knechtel, Roselha B. Paula, Maria A. Silva, Crysthian R. M. Silva, Cezar C. B. Santos, Antonio C. Coelho, Víctor L. Rigotti, Paulo T. Pereira, Alterêdo O. Cutrim, PPGRH/UFMT

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent 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

This paper presents the use of method of electrical resistivity as a way of detecting the contamination plume by the liquid from decomposed waste (slurry) in Cuiabá's deactivated landfill. We used Vertical Electrical Sounding (VES) and Electrical Profiling (EP) techniques to locate the contaminants depth and vertical distribution. Thus, we proved the effectiveness of the method for this purpose.

Introdução

O crescente avanço industrial e tecnológico, aliado à concentração populacional em áreas urbanas, tem gerado produção acentuada de resíduos, constituindo-se em um dos maiores problemas da atualidade.

Em 2011 o Brasil apresentou um aumento na geração de resíduos sólidos superior à taxa de crescimento populacional urbano do país, com produção de mais de 61 milhões de toneladas. Desse total, pouco mais de 55 milhões foram coletadas, das quais 41,94%, mais de 23 milhões, foram destinadas a locais inadequados como aterros controlados e lixões (ABRELPE, 2011).

A inexistência de locais apropriados para dispor os resíduos adequadamente pode resultar em riscos indesejáveis, como a contaminação de áreas de disposição por chorume, líquido altamente poluente, de cor escura, elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e grande concentração de íons metálicos dissolvidos, que pode afetar o solo e as águas superficiais e subterrâneas (JOSEPH, 2002; SOUZA JÚNIOR, 2004; SILVA *et al*, 2004).

Esse tipo de poluente em lixões e aterros controlados não operantes também gera grande preocupação, pois o mesmo continua ativo no meio, que uma vez contaminado toma-se onerosa e muitas vezes impraticável a sua recuperação, fato que justifica a necessidade de estudos nestes locais (FRANÇA & RUARO 2009; BORTOLIN & MALAGUTTI FILHO, 2010; CUTRIM & CAMPOS, 2010).

Desse modo, esse estudo objetivou avaliar a distribuição da pluma de contaminação no lixão desativado de Cuiabá, através das técnicas de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e Caminhamento Elétrico (CE).

Área de estudo

A área de estudo está localizada às margens do quilômetro 6 da Rodovia Estadual Emanuel Pinheiro, que liga as cidades de Cuiabá e Chapada dos Guimarães, no estado de Mato Grosso (figura 1).

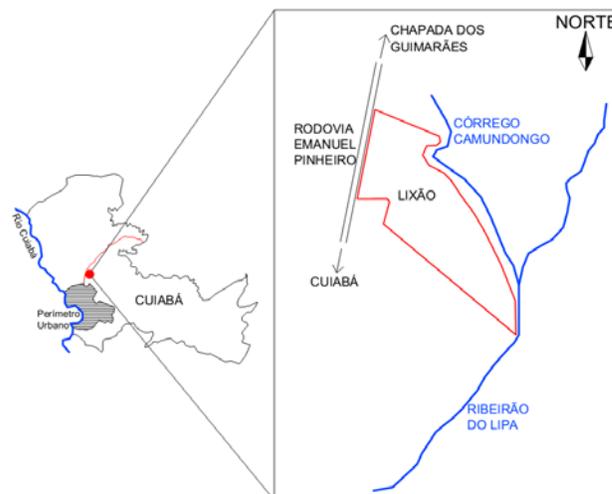


Figura 1 - Localização da área de estudo. Fonte: FÁRIA (2001), adaptado.

Entre os anos de 1982 e 1997, a área de estudo foi utilizada como destinação final dos resíduos sólidos da cidade de Cuiabá, não sendo adotado nenhum estudo técnico prévio para receber as 700 mil toneladas de lixo nesses anos de funcionamento (FÁRIA, 2001).

Inserida na unidade de relevo denominada Depressão Cuiabana, a área possui uma topografia com amplitude altimétrica em tomo de 25 m, entre as cotas 300 e 275 m (LUZ *et al*, 1980; SANTOS, 2005).

Segundo Faria (2001), o local estudado está inserido na unidade do Grupo Cuiabá, na subunidade 5, definida por Luz *et al* (1980), que corresponde à Formação Miguel Sutil, proposta por Migliorini (2004), onde predominam filitos e filitos sercíticos, com intercalações subordinadas e lentes de metarenito, metarcósios, quartzitos e metaconglomerados.

O sistema de aquífero na região é fissural, do tipo livre, heterogêneo e anisotrópico, apresentando intensa variação lateral e em profundidade (MIGLIORINI, 2004). Segundo Santos (2005), o sentido predominante do fluxo das águas subterrâneas na área é de noroeste para sudeste, com profundidade média de pouco mais de 6 metros (figura 2).

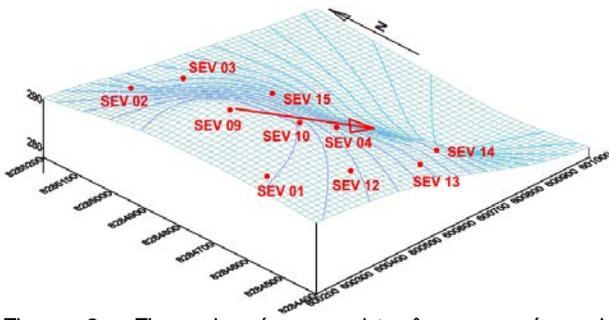


Figura 2 - Fluxo das águas subterrâneas na área de estudo. Fonte: SANTOS (2005).

Metodologia

Neste trabalho foi empregado o método geofísico de eletrorresistividade que tem como princípio injetar uma corrente elétrica (I) por meio de um par de eletrodos (A e B) e medir a diferença de potencial (ΔV) entre dois eletrodos de recepção denominados M e N (KELLER & FRISCHKNECHT, 1977; BHATTACHARYA & PATRA, 1968; BRAGA, 2001; SAMOUELIAN *et al.*, 2005).

A partir do registro dos valores da corrente e do potencial, é possível calcular a resistividade através da equação apresentada em Bhattacharya & Patra (1968) e Braga (2001):

$$\rho_a = \left(\frac{\Delta V}{I} \right) k \text{ em que } k = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}}$$

Em que:

ρ_a = resistividade aparente;
 ΔV = diferença de potencial;
 I = corrente elétrica;
 AM = distância entre os eletrodos A e M;
 AN = distância entre os eletrodos A e N;
 BM = distância entre os eletrodos B e M;
 BN = distância entre os eletrodos B e N.

As técnicas empregadas foram SEV e CE, que permitem investigar a variação vertical e horizontal, respectivamente, das resistividades no meio físico. Na aplicação da SEV foi usado o arranjo Schlumberger e no CE foi o arranjo Wenner – Schlumberger.

O equipamento utilizado para coletar os dados foi um resistímetro, com potência máxima de 250W. A resistência de contato nos eletrodos foi minimizada, quando necessário, com uso de água salgada. A profundidade investigada foi estimada a partir da relação $AB/4$.

A distribuição dos pontos e linhas de medição foi estabelecida de forma a garantir a existência de dados tanto dentro, quanto fora da área de deposição de resíduos (figura 3).

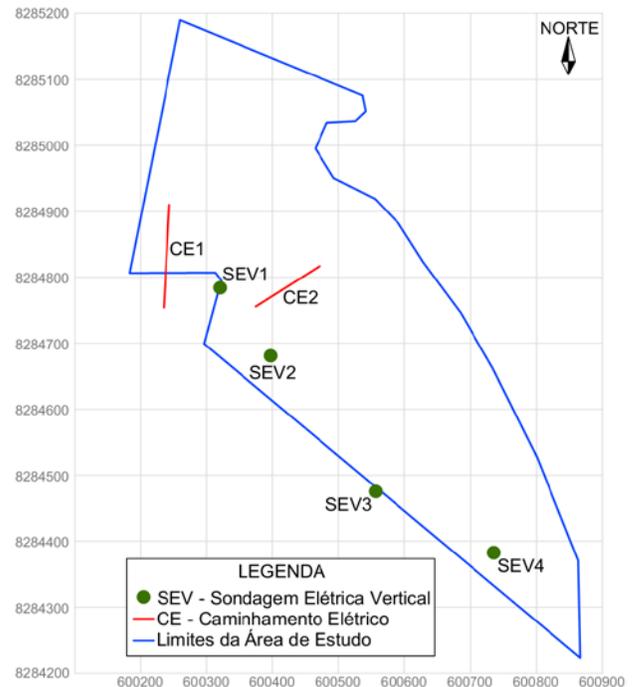


Figura 3 - Mapa de localização dos pontos de amostragem.

As profundidades investigadas através das SEVs é de até 25 m e dos CEs foi de até 15 m, com comprimentos da seção de 130 m para o CE 1 e 100 m para o CE 2.

A interpretação dos CEs foi realizada com base na elaboração de seções que relacionam a profundidade e o comprimento investigados com as resistividades aparentes obtidas em campo. No caso das SEVs, a interpretação se deu sobre uma pseudo-seção que relaciona a profundidade investigada e a distância entre as SEVs com a resistividade aparente medida.

Resultados e discussão

A partir dos dados dos Caminhamentos Elétricos 1 (CE1) e 2 foram elaboradas, respectivamente, as pseudoseções das Figuras 4 e 5.

Nos primeiros 30 m do caminhamento CE1 é possível notar que os valores da resistividade aparente se mantém acima dos 600 ohm.m, especialmente em menores profundidades, chegando até cerca de 1900 ohm.m. Nos 70 m restantes da investigação, os valores de ρ_a decrescem gradativamente até valores inferiores a 100 ohm.m.

Como a geologia da área é formada por metarenitos e filitos e o chorume gerado pela decomposição é conhecido por ser bom condutor de corrente elétrica (CHRISTENSEN *et al.*, 1994; BAGCHI, 1987), é possível considerar que a tendência de redução a partir dos 30 m se deve à presença de contaminação orgânica. Tais considerações são compatíveis com as observações realizadas em campo, pois nos primeiros metros ainda era possível identificar solo natural exposto na superfície.

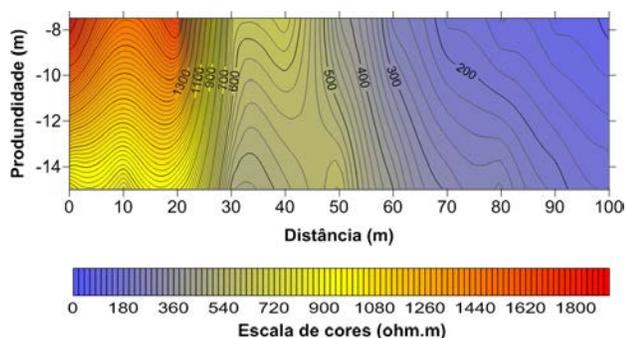


Figura 4 – Pseudo seção de resistividade aparente do Caminhamento Elétrico 1.

O Caminhamento CE2 (figura 5) encontra-se totalmente inserido na área de deposição de resíduos. Observa-se que do início do perfil até cerca de 40 m, a resistividade varia de 100 a 500 ohm.m até a profundidade de 12m e dessa profundidade até 15m essa faixa de resistividade atinge no máximo uma extensão de 18m. Nas demais profundidades e extensão as resistividades decrescem gradativamente, atingindo valor mínimo de 20 ohm.m.

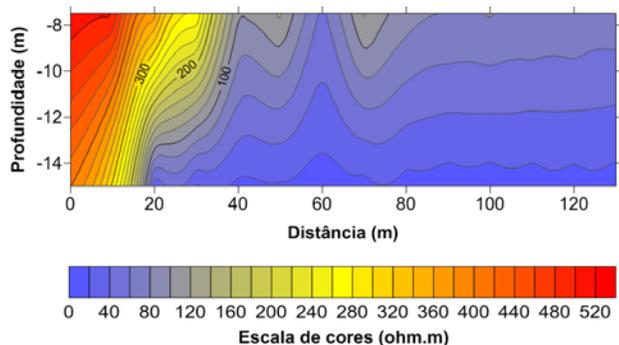


Figura 5 - Pseudo seção de resistividade aparente do Caminhamento Elétrico 2.

Dessa forma, é possível afirmar que a pluma de contaminação por choro se torna mais expressiva à medida em que se avança para nordeste na linha do CE2. O mesmo ocorre com o aumento da profundidade até, pelo menos, 15 metros.

A diferença expressiva nas faixas de resistividade aparente entre o CE1 e o CE2 sugere que toda a extensão investigada pelo segundo, apresenta contaminação orgânica, apesar de haver variação ao longo da seção.

Os dados das quatro SEVs com profundidades investigadas de até 25 m estão apresentados na pseudo seção da Figura 6.

Observa-se que os valores próximos à SEV1 variam entre cerca de 1150 e 350 ohm.m, na SEV2 tais valores decrescem até cerca de 150 ohm.m. Isso pode ser explicado pela localização de tais pontos, pois a primeira se encontra fora da área onde ocorria a deposição de resíduos, onde há pouca ou nenhuma influência do choro na resistividade do meio. Já a SEV2 se localiza dentro do lixão, o que explica os baixos valores de resistividade apresentados.

A SEV3 apresenta resistividades entre 100 e 120 ohm.m. Estes baixos valores não se devem à contaminação por choro, são decorrentes dos solos argilo-siltosos e do filito (KELLER & FRISCHKNECHT, 1977), pois esta SEV está localizada no início do lixão e no sentido contrário ao fluxo das águas subterrâneas.

Já na SEV4, é possível observar baixos valores de resistividade, inferiores a 70 ohm.m, até a profundidade de cerca de 7 m. Assim, neste ponto, a contaminação orgânica não atingiu grandes profundidades como nas seções dos CEs 1 e 2. Isso se deve ao fato de que, neste local em especial, a deposição de resíduos se deu em menor intensidade e, em sua maioria, por materiais inertes, pois esta se concentrou em locais mais distantes do Córrego Camundongo.

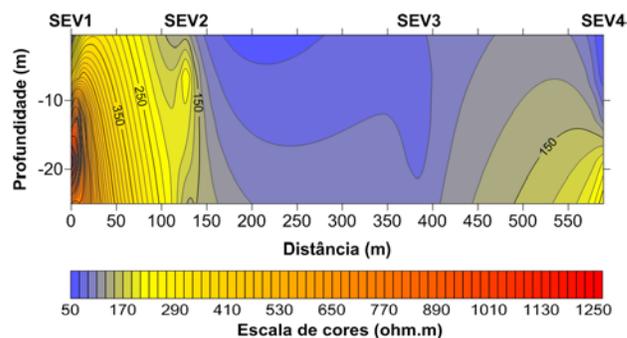


Figura 6 – Pseudo seção de resistividade aparente elaborada à partir das SEVs.

Conclusão

A determinação das áreas afetadas pela contaminação por choro foi possível através da comparação entre os dados de resistividade obtidos fora da área do lixão e dentro dela. No caso dos métodos geoeletricos, isso é essencial, pois os valores de resistividade aparente variam de acordo com o tipo de solo e rocha, grau de saturação, características dos contaminantes, entre outros.

A associação entre as técnicas de SEV e CE se mostrou eficiente na detecção e localização da pluma de contaminação por choro em áreas de lixão, apresentando bons resultados e baixo custo no levantamento de dados.

Referências

- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011. Disponível em: <www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2011.pdf> Acesso em 17 de fev. 2013. 186 p.
- BAGCHI A. 1987. Natural attenuation mechanisms of landfill leachate and effects of various factors on the mechanism. Waste Management Research, 5: 453-464.
- BHATTACHARYA, P. K.; PATRA, H. P. 1968. Direct Current Geoelectric Sounding. Elsevier Publishing Company, New York. 134 p.

- BRAGA, A. C. O. 2001. A Geofísica Aplicada na Caracterização da Geologia e da Qualidade das Águas Subterrâneas. In: MAIA, N. B. (Org.). 2001. Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC. p. 187-204.
- BORTOLIN, J. R. M.; MALAGUTTI FILHO, W. 2010. Método da Eletrorresistividade Aplicado no Monitoramento Temporal da Pluma de Contaminação em Área de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, p. 367-374.
- CHRISTENSEN T. H.; KJELDEN P.; ALBRECHTSEN H. J.; HERON G.; NIELSEN PH, B. J. E. R. G. P. L.; HOLM P. E. 1994. Attenuation of landfill leachate pollutants in aquifers. Critical Review in Environmental Science and Technology, 24: 119-202.
- CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. 2010. Avaliação da Vulnerabilidade e Perigo à Contaminação do Aquífero Furnas na Cidade de Rondonópolis (MT) com Aplicação dos Métodos GOD e POSH. Revista Geociências. São Paulo, UNESP, v. 29, n. 3, p. 401-411.
- FARIA, A. F. B. 2001. Impactos Decorrentes da Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos – Estudo de Caso: Lixão de Cuiabá. 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2001.
- FRANÇA, R. G.; RUARO, E. C. R. 2009. Diagnóstico da Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI), Santa Catarina. Ciência & Saúde Coletiva, v.14, n.6, Rio de Janeiro. p. 2191-2197.
- KELLER, G. V.; FRISCHKNECHT, F. 1977. Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Oxford: Pergamon. 517 p.
- JOSEPH K.; NAGENDRAN. R.; PALANIVELU, K. 2002. "Open Dumps to Sustainable Landfills", CES ENVISION, Monthly newsletter of the ENVIS node under EMCBTA project at CES (AU/CES/NL-02) supported by Ministry of Environment and Forests, Government of India, v.1, n.2.
- LUZ J. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, J.O.; MOTTA J. F. M.; TANNO, L.C.; CARMO, L. S.; SOUZA, N. B. 1980. Projeto Coxipó - Relatório Final. Goiânia, DNPM/CPRM, v. 1. 136 p.
- MIGLIORINI, R. B. 2004. Qualidade Físico-Química e Bacteriológica de Águas Subterrâneas em Meio Urbano. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2004, Cuiabá. Resumos... Cuiabá: ABAS, p. 1-17.
- SAMOUELIAN, A.; COUSIN, I.; TABBAGH, A.; BRUAND, A.; RICHARD, G. 2005. Electrical Resistivity Survey in Soil Science. Soil & Tillage Research. v. 83, n. 2. p. 173-193.
- SANTOS, F. M. Aplicação de Métodos Geofísicos no Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas no Lixão de Cuiabá – MT. 2005. 88 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2005.
- SILVA, A. C.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA JR., G. L. 2004. Treatment and Detoxification of a Sanitary Landfill Leachate. *Chemosphere*. 55:, 2004. p. 207-214
- SOUZA JÚNIOR, D. I. (2004). A Degradação da Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Engevista*. Rio de Janeiro, v. 6, n. 3. p. 99-105.