



Aplicação de Eletroresistividade e Polarização Induzida em área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP

*Alexandre L. Lago, Elizete M. Araújo da Silva¹, Vagner R. Elis¹ & Heraldo Luiz Giacheti²

¹Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP)

² Faculdade de Engenharia – Unesp – Bauru

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 actual article aims the integrated application of geophysical methods to the characterization of an area used for depositing urban wastes in the city of Bauru, São Paulo State, Brazil. This area is placed on the top of sandstones pertaining to the Bauru Group, therefore representing a geological restriction for the setting up of this type of enterprise. The project is operating in accordance to the technical criteria required to avoid or at least minimize both soil and groundwater contamination. In order to study the area and evaluate the contamination problem, resistivity and induced polarization methods were applied.

Introdução

Os impactos ambientais causados pela intervenção do homem nas condições existentes no meio ambiente constituem atualmente uma das grandes preocupações mundiais. A crescente concentração populacional em áreas urbanas e o conseqüente aumento da produção de resíduos domésticos e industriais vêm gerando muitos problemas relacionados a forma de disposição desses resíduos e conseqüentemente em relação à contaminação de solos e águas subterrâneas. Portanto, os problemas relacionados às áreas de disposição de resíduos são considerados, a nível global, como uma das principais fontes potenciais de contaminação de água subterrânea.

Alguns métodos geofísicos vêm sendo utilizados para detectar e monitorar a contaminação gerada por líquidos percolados dos depósitos de resíduos urbanos e industriais. A aplicação de métodos geoelétricos em estudos relacionados a contaminação de águas subterrâneas, principalmente por meio das técnicas de sondagem elétrica vertical e caminhamento elétrico, é amplamente relatada na literatura, como por exemplo: Elis & Zuquette (1997), Elis (1999), Aristodemou & Thomas-Betts (2000), Meju (2000) e Moura (2002). No presente trabalho, foram realizados ensaios de eletroresistividade e polarização induzida, com as técnicas de caminhamento elétrico dipolo-dipolo e sondagem elétrica vertical arranjo Schlumberger no estudo das relações espaciais entre uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos e o meio físico, em área de ocorrência de arenitos do Grupo Bauru, na cidade de Bauru-SP.

Metodologia

O método da eletroresistividade é provavelmente o método geofísico mais utilizado, devido a possibilidade de aplicação nos diversos campos de estudo, como mineração, geologia de engenharia, hidrogeologia e estudos ambientais. Esse método de prospecção geofísica emprega uma corrente elétrica artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados 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 calcular a resistividade real ou aparente em subsuperfície. A resistividade (e seu inverso, a condutividade) dos solos e rochas pode ser afetada principalmente pela composição mineralógica, porosidade, teor em água e natureza dos sais dissolvidos, o que permite a imensa possibilidade de aplicação do método em estudos ambientais e hidrogeológicos. Dentro do método da eletroresistividade existem várias técnicas de aplicação de sondagem elétrica e caminhamento elétrico, dentro dos quais existe uma grande variedade de configurações eletródicas possíveis, o que confere ao método um elevado grau de versatilidade.

A polarização induzida é um fenômeno elétrico estimulado por corrente, observado como resposta retardada à voltagem, em materiais naturais (Summer, 1976 in Moura, 2002). O fenômeno se observa quando se faz passar corrente elétrica através de um eletrólito que contém corpos ou partículas que possuem condutividade eletrônica. O método da polarização induzida possibilita, de forma análoga a eletroresistividade, a realização de sondagens e caminhamentos, utilizando as diversas configurações eletródicas possíveis.

As técnicas utilizadas neste trabalho foram o caminhamento elétrico dipolo-dipolo com espaçamento de 10m e sondagem elétrica vertical arranjo Schlumberger com AB máximo de 80m. Na área de estudo foram realizados um conjunto de 7 sondagens elétricas verticais (SEVs) localizadas fora da cava preenchida com resíduos, denominadas de SEV1 a SEV7. As SEVs forneceram dados a respeito da posição do nível d'água e do posicionamento dos diversos materiais em subsuperfície, e também, a elaboração do mapa de fluxo subterrâneo da área em questão. Quatro linhas de caminhamento elétrico foram realizadas na área de estudo, denominadas de linhas C1 a C4; porém, serão mostrados neste artigo os resultados das linhas C2 e C4. A linha C2 foi realizada de forma a atravessar a cava preenchida com resíduos; enquanto que, a linha C4 foi executada a jusante da área, com o objetivo de identificar zonas anômalas que podem caracterizar o

desenvolvimento de uma provável contaminação dentro da zona saturada. A figura 1 mostra um mapa com a localização dos ensaios geofísicos realizados no aterro sanitário de Bauru-SP.

Resultados

Os resultados das SEVs mostraram uma grande heterogeneidade nos modelos obtidos, sobretudo em relação às camadas mais superficiais; essa heterogeneidade elétrica reflete a mistura de materiais que caracterizam o solo superficial na área, resultante ora por uma camada de aluvião de areia fina, silto-argilosa, seguida de solo coluvionar, ora do próprio colúvio composto por areia argilosa.

Um exemplo de sondagem pertencente a esse conjunto é a SEV5, apresentada na Figura 2. A camada 1 dessa sondagem, com 26,4 ohm.m, representa o solo superficial. A camada 2, com 517 ohm.m, representa o solo seco. A camada 3, com 11,7 ohm.m, representa um solo residual arenoso, porém com valores de resistividade bastante baixos, o que sugere que existe uma percolação de chumbo através desse material, visto que essa sondagem está localizada próximo a cava preenchida com resíduos. A camada 4, com 32 ohm.m, representa uma camada de material sem contaminação com teor de umidade maior que as camadas sobrejacentes (zona de capilaridade). A camada 5, com 19,3 ohm.m, representa a zona saturada. Os valores de resistividade obtidos para a zona saturada nos 7 pontos de ensaio variam de 10,4 a 22,3 ohm.m.

Com a definição da posição do nível d'água através das sondagens foi construído o mapa de fluxo subterrâneo apresentado na Figura 3, onde pode ser observado, através dos valores de altitude do nível d'água, que o sentido principal do fluxo local é para NW.

Na interpretação quantitativa dos dados obtidos pelo caminhamento elétrico, modelagem por suavização, utilizou-se o software RESIXIP2DI. Na figura 4 são apresentados os resultados da Linha 2. A seção de resistividade e cargabilidade (figura 4) mostra que os altos valores de resistividade (maiores que 40 ohm.m) associados a baixos valores de cargabilidade (menores que 20 mV/V) podem ser interpretados como meio natural, fora da cava. Os valores de resistividade menores que 40 ohm.m, associados a valores de cargabilidade maiores que 20 mV/V encontrados dentro da cava, caracterizam a presença de resíduos. Valores baixos de resistividade (valores entre 5 e 15 ohm.m) encontrados dentro da cava preenchida com resíduos nas posições 110 e 120 metros, e 260 e 278 metros são interpretadas como zonas de concentração do percolado, sugerindo o sentido da migração vertical para baixo do percolado presente na cava de resíduos. Na figura 5 são apresentados os resultados da Linha 4. Os valores de resistividade e cargabilidade mostram a presença dos materiais não saturados e a presença da zona saturada. Os materiais não saturados (solos superficiais) são caracterizados por valores de resistividade superiores a 150 ohm.m associados a valores intermediários e baixos de cargabilidade. A zona saturada é caracterizada pela tendência de menor resistividade em elevação de 510 metros no início do perfil, próxima de 528 metros no

centro (devido a topografia do local) e cerca de 522 e 530 metros no final do perfil, e também, ao longo da elevação de 510 metros os altos valores de cargabilidade confirmam a caracterização da zona saturada. Observa-se dentro da zona saturada zonas de menor resistividade nas posições entre 105 e 145 metros, 180 e 200 metros, e 240 e 270 metros, sugerindo uma provável contaminação da água subterrânea. Os valores baixos de cargabilidade associados com os valores baixos de resistividade observados nas posições 180 e 200 metros, e 240 e 270 metros, reafirmam a hipótese de contaminação dentro da zona saturada.

Conclusões

Os resultados de caminhamento elétrico apresentados mostram variações laterais de resistividade e cargabilidade que estão relacionadas com os resíduos e com o ambiente natural. A cava preenchida com resíduos na área de estudo apresentaram valores de resistividade baixos associados com altos valores de cargabilidade. Portanto, a cargabilidade é sensível à presença de resíduos, e que o efeito IP é relacionado à presença de materiais polarizáveis dispostos na cava, tais como: latas, papéis, pilhas, pedaços de metais. Os materiais naturais apresentaram valores de resistividade altos associados com baixos valores de cargabilidade. As zonas anômalas com valores muito baixos de resistividade e cargabilidade observados na linha C4, caracterizam provavelmente contaminação dentro da zona saturada. As SEVs possibilitaram a confecção do mapa de fluxo subterrâneo, mostrando o sentido do fluxo preferencialmente para NW, além de permitirem um melhor entendimento dos materiais que constituem as camadas em subsuperfície.

Referências

- ARISTODEMOU, E. & THOMAS-BETTS, A. – 2000 – DC resistivity and induced polarisation investigations at a waste disposal site and its environments. *Journal of Applied Geophysics*, 44: 275-302.
- 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.
- ELIS, V. R. – 1999 - *Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos*, Tese de Doutorado, São Paulo-SP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Unesp, Rio Claro/SP. (inédita)
- 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: 115-150.
- MOURA, H.P. - 2002 - *Emprego da Eletroresistividade e da Polarização Induzida na caracterização geoeletrica de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos*, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro, 223 p.

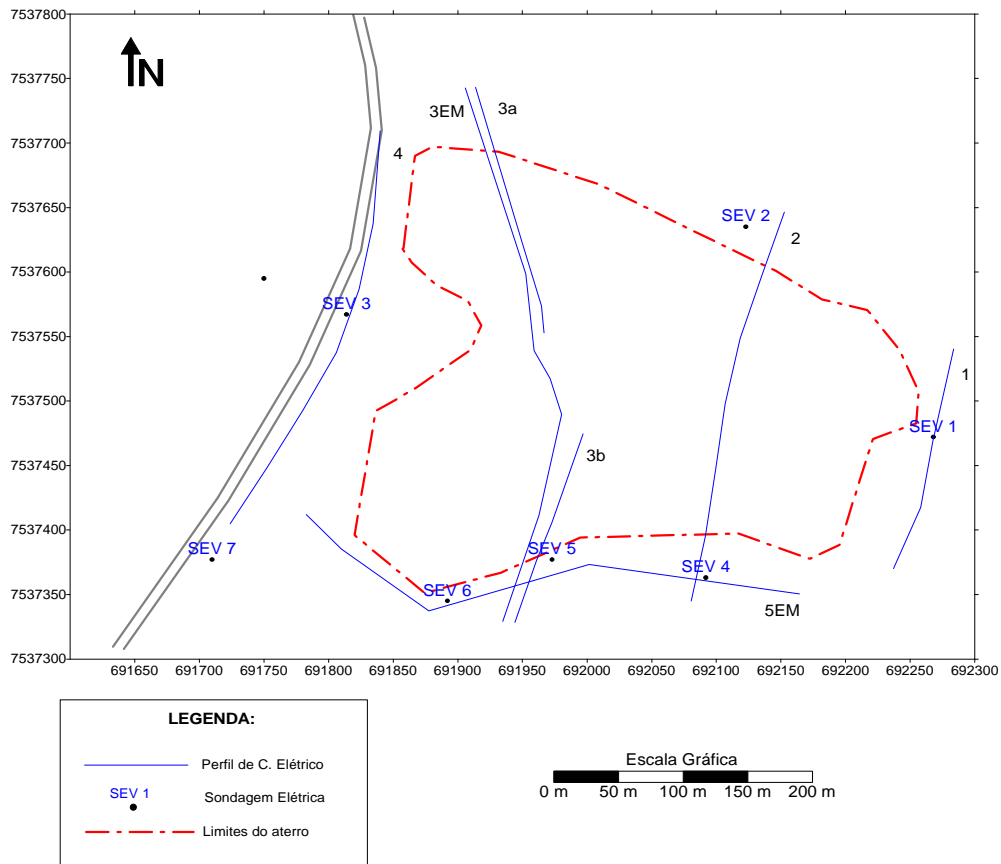


Figura 1 – Mapa de localização dos ensaios geofísicos realizados no aterro sanitário de Bauru-SP.

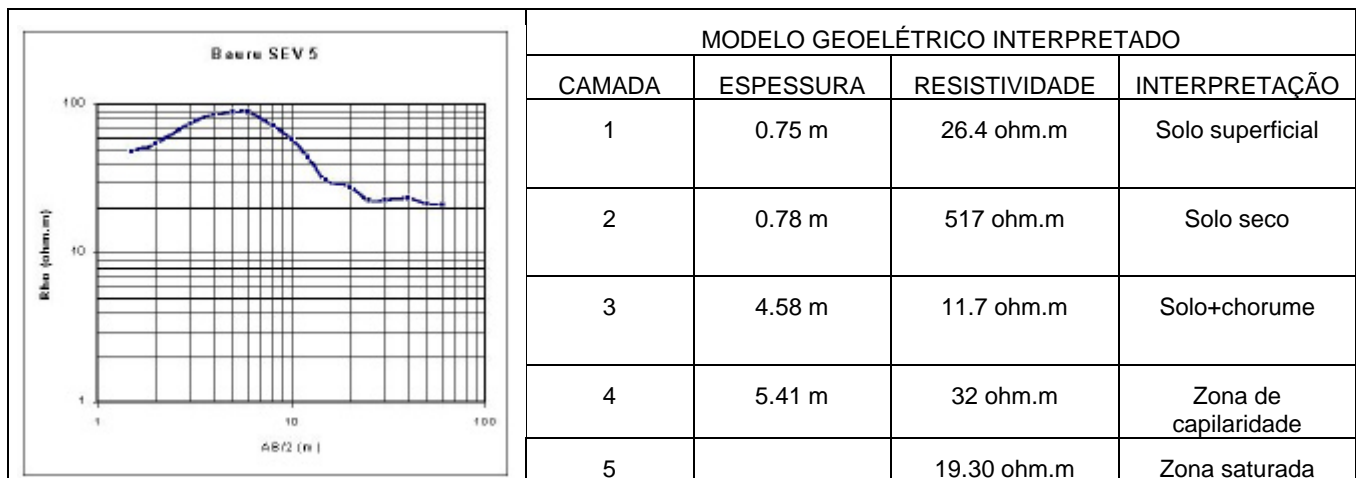


Figura 2 – Interpretação da SEV 5.

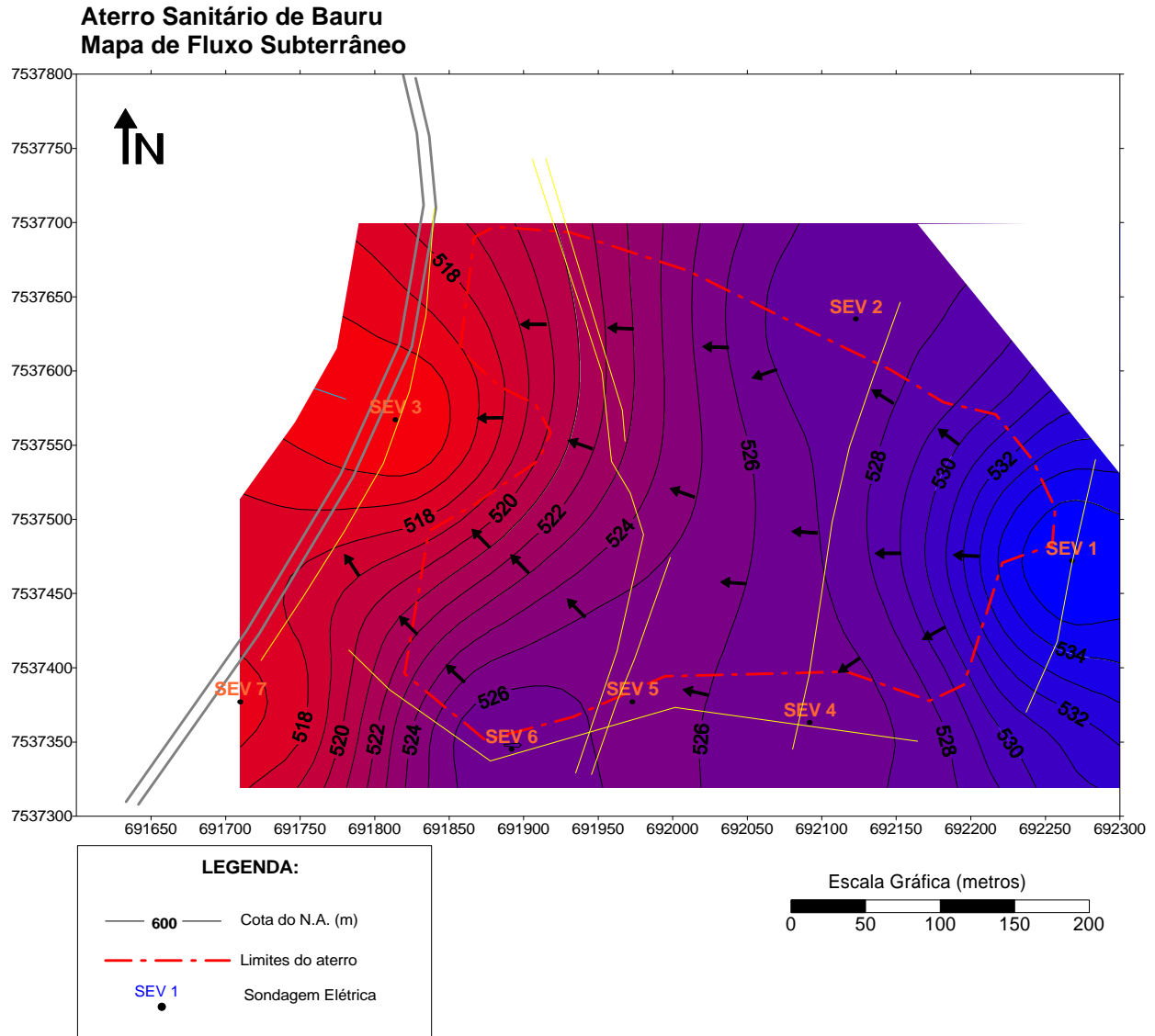


Figura 3 – Mapa de fluxo subterrâneo definido através das SEVs.

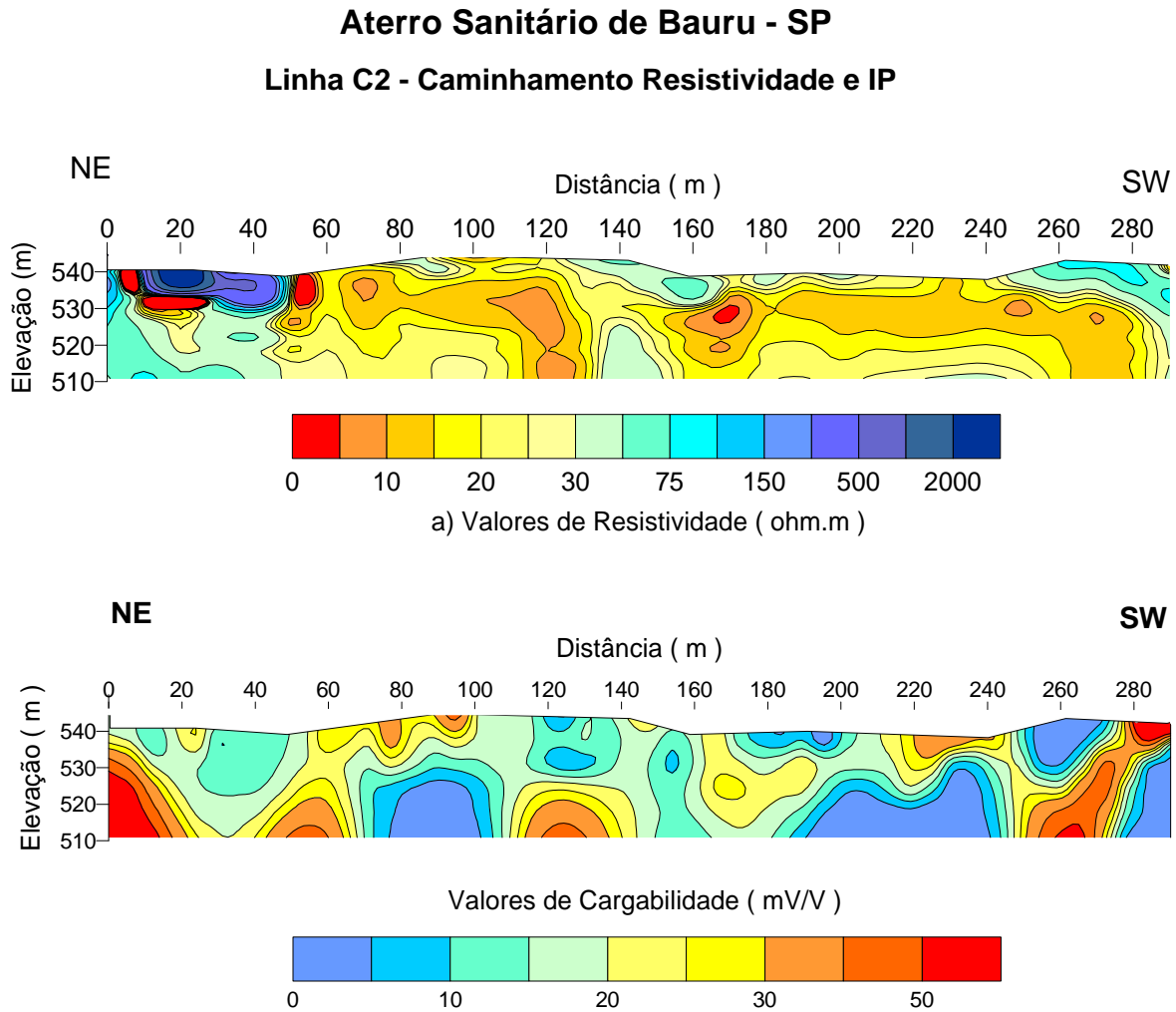


Figura 4 – Seção de resistividade e cargabilidade realizada dentro da área preenchida com resíduo.

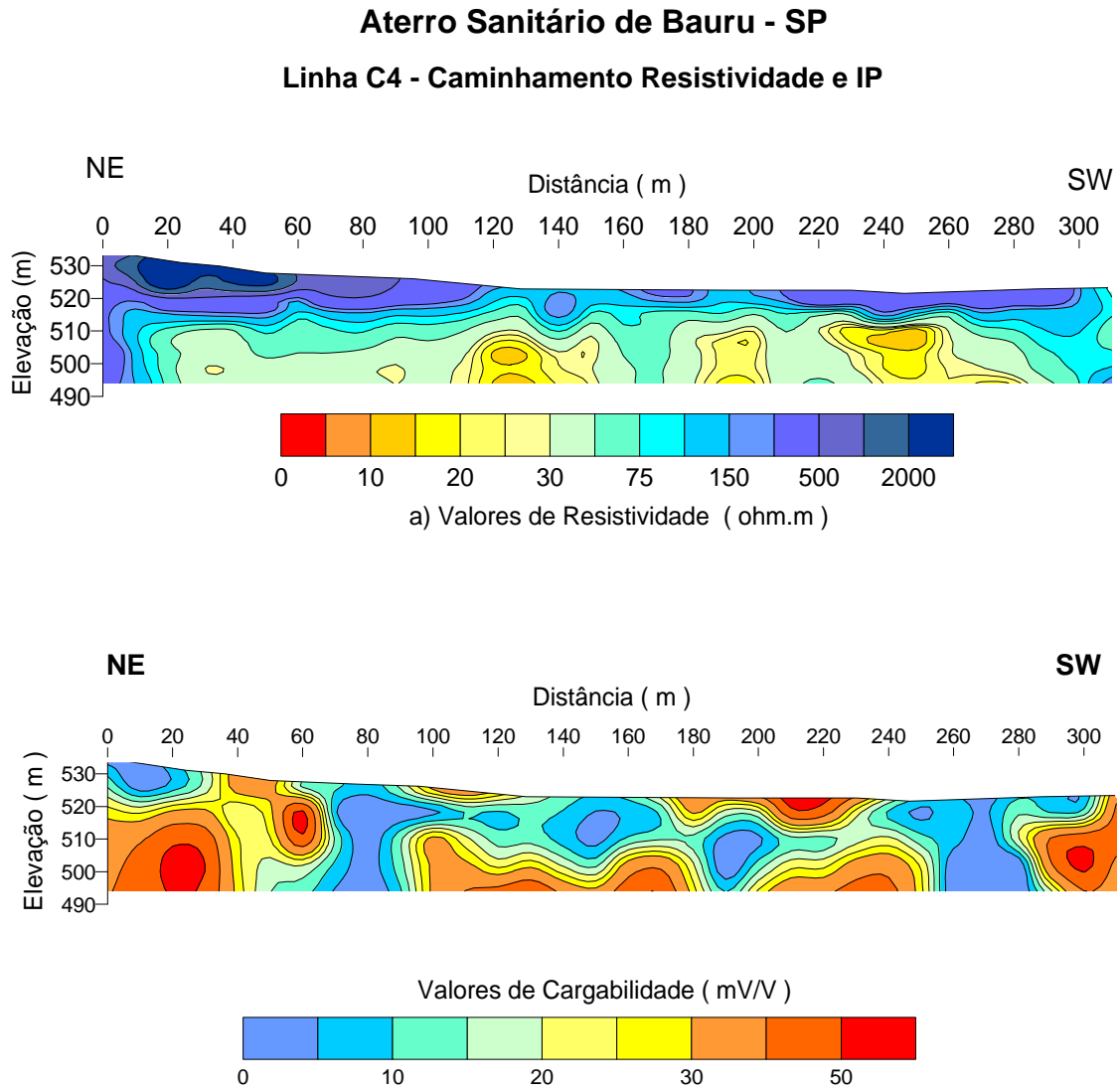


Figura 5 - Seção de resistividade e cargabilidade realizada fora da área preenchida com resíduo.