



Aplicação do método de Polarização Induzida em área de disposição de resíduos sólidos no município de Caçapava do Sul - RS

Mônica Teixeira de Oliveira* & César Augusto Moreira
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. Avenida
Pedro Anunciação, s/n, Vila Batista, CEP 96570-000,
Caçapava do Sul - RS

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th 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

The geophysics is an effective method for investigation of contaminated areas for the most several types of pollutants, mainly in areas of disposition of residues solid, used in the characterization of contrasts of physical properties in the presence of pollutant substances. This work applies the Polarization Induced method in waste landfill, located in Caçapava do Sul city (RS). The landfill this seated on fractured metamorphic rocks, belonging to the Vacacaí Metamorphic Complex (Neoproterozoic). Were accomplished 8 lines of electric profiling, with spacing of 5m between electrodes and 10 investigation levels. Were also accomplished 83 measures of strike and dip fractures. The geophysical result allows characterize the layer of residues for low cargabilidade values. Vertical anomalies below the layer of residues are interpreted as fracture zones with possible leachate accumulation, characterized by low cargabilidade values.

Introdução

A disposição incorreta ou o manuseio indevido de resíduos sólidos estão geram sérios problemas para o ambiente, inclusive com grande impacto nas águas subterrâneas. Aterros bem construídos (impermeabilizados e com drenos de coleta de lixiviados), operados com eficiência (com cobertura de solo ao final de cada período de serviço) e em localização correta (onde a vulnerabilidade do aquífero subjacente não tenha índices altos) são alternativas seguras para muitos resíduos, mas não para todos.

Vários estudos de poluição das águas subterrâneas demonstram que todo lixão ou aterro controlado provoca algum tipo de poluição. Assim, preocupações como a contaminação do solo e dos recursos hídricos, das plantas, dos animais e do homem, decorrente da presença de elementos metálicos provenientes da inadequada disposição de resíduos sólidos, conduzem pesquisadores a direcionar seus objetivos de pesquisa a estes problemas (OLIVEIRA & PASQUAL, 2004).

Atualmente os métodos geofísicos têm sido amplamente utilizados neste tipo de estudo devido a sua rapidez e custo relativamente baixo quando comparados a outras técnicas de investigação. Os principais métodos geofísicos para investigação de contaminantes são:

Métodos de Eletrorresistividade, Métodos Eletromagnéticos, Potencial Espontâneo (SP), Radar de Penetração no Solo (GPR) e eventualmente Magnetometria (CETESB, 2001).

O trabalho de Moreira & Braga (2009) apresenta os resultados de aplicação dos métodos de Eletrorresistividade e Polarização Induzida, na análise da área de percolação de chorume proveniente de aterro de resíduos sólidos dispostos em valas com datas de fechamento programado. A profundidade do nível freático da área é de 45m. Os resultados sugerem uma associação entre anomalias de alta cargabilidade em valas de resíduos fechadas recentemente, enquanto que as anomalias de baixa resistividade independem da idade de fechamento das valas. As áreas com alta cargabilidade provavelmente estão relacionadas à precipitação de Ferro, dissolvido por ataque do chorume no solo e nos materiais metálicos presentes nos resíduos.

Numa área do aterro controlado da Cidade de Rio Claro-SP, Moura & Malagutti (2003) realizaram ensaios geofísicos, pelos métodos da Eletrorresistividade e Polarização Induzida, por meio das técnicas de sondagem elétrica vertical e caminhamento elétrico, com o objetivo de avaliar as potencialidades da integração dos métodos na caracterização geoeletrica da área. A geologia sobre a qual está assentado o aterro é constituída por sedimentos cenozóicos assentados discordantemente sobre siltitos e argilitos da Formação Corumbataí. A interpretação conjunta da resistividade e da polarizabilidade, além de reduzir a ambigüidade dos modelos geoeletricos unidimensionais e bidimensionais interpretados, permitiu determinar a geometria das cavas de resíduos, zonas de percolação de chorume e identificar os diferentes litotipos. Neste trabalho, ficou evidente que a polarizabilidade é sensível à presença de resíduos urbanos, e que o efeito IP é relacionado a materiais polarizáveis dispostos na cava, como latas, papéis, restos eletrônicos e materiais de empréstimo utilizados para a cobertura dos resíduos.

O presente trabalho visa realizar uma investigação geofísica por meio do método de Polarização Induzida numa área de disposição de resíduos sólidos domiciliares, assentado sobre rochas fraturadas, no município de Caçapava do Sul. Os objetivos são a definição da espessura de resíduos enterrados e a presença de caminhos preferenciais de fluxo associado ao fraturamento do substrato, avaliação do comportamento dos parâmetros físicos medidos em relação aos resíduos enterrados e o líquido proveniente da degradação de resíduos orgânicos.

Caracterização da área de estudo

À área de estudos foi um local de disposição de resíduos sólidos domiciliares, localizado no Rincão dos Bitencourt, zona rural do município de Caçapava do Sul, RS, Brasil (Figura 1).

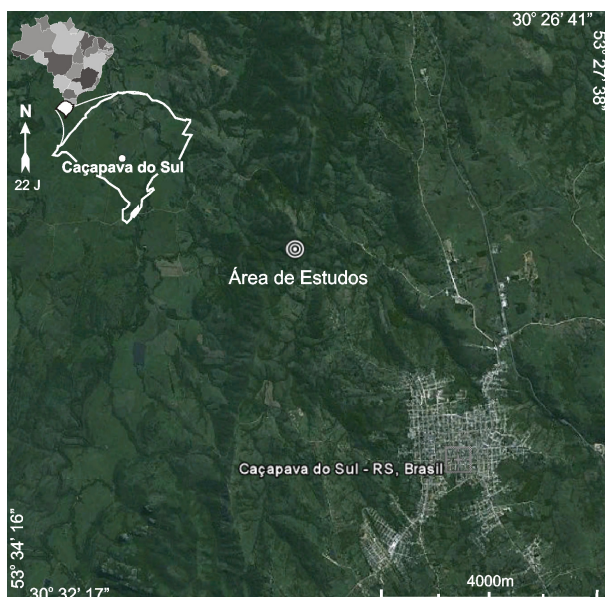


Figura 1 – Localização da área de estudos. (Adaptado de Google Earth, 2010).

O município possui cerca de 33.060 habitantes (IBGE, 2009) com produção diária atual em torno de 12 toneladas de lixo doméstico.

A área de estudos foi utilizada durante 14 anos, entre 1980 e 1994. Durante esse período o lixão recebeu cerca de 28.000 toneladas de material, depositado à céu aberto, causando poluição ao meio ambiente e transtornos aos moradores próximos, devido a proliferação de insetos e mau-cheiro. Esta área é limitada a norte e a sul por duas drenagens.

Durante seu período de funcionamento, houve significativa poluição destas águas, pois não havia quaisquer sistemas de coleta chorume (PMC, 1996).

O contexto geológico da área compreende rochas do Complexo Metamórfico Vacacaí, constituído por uma unidade vulcânica (NP2vcv) e uma unidade vulcano-sedimentar (NP2vcs) (CPRM, 2008). O Complexo é limitado principalmente por coberturas vulcano-sedimentares não metamórficas e intrudida por granitos sintranscorrentes, tardi a pós-tectônicos.

A Suíte Granítica Caçapava do Sul compreende dois corpos graníticos intrusivos no Complexo Metamórfico Vacacaí. O corpo maior possui uma forma ovulada cujo eixo maior, com cerca de 25km de extensão, está orientado segundo uma direção N-S, e denomina à suíte. Esta suíte é constituída predominantemente de monzo e sienogranitos com participação subordinada de rochas de composição granodiorítica a tonalítica representadas principalmente na borda oeste do corpo (CPRM, 2000).

O Complexo Metamórfico Vacacaí é localmente caracterizada por anfíbolitos, mica-xistos e talco-xistos. A área de pastagem adjacente ao aterro apresenta exposições de granito e contato discordante com xistos do complexo metamórfico. O granito apresenta feições de metamorfismo, bandamento pouco pronunciado, cristais de coloração rosa. O fraturamento observado nos xistos possui prolongamento para o granito.

Método

O método de Polarização induzida é baseado na medição das variações de voltagem em função do tempo ou frequência (TERFORD *et al*, 1990). Este trabalho utiliza a medida de Polarização induzida no domínio do tempo. O parâmetro físico medido é a Cargabilidade, neste caso é medida em mV/V.

A cargabilidade é definida como (Eq. 1):

$$M = \frac{1}{V_c} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (1)$$

Este trabalho adota a técnica de caminhamento elétrico, que consiste numa investigação 2D com movimentação lateral dos eletrodos de transmissão e recepção e investigação em vários níveis de profundidade (LOWRIE, 2007). O presente trabalho aplica o arranjo de campo dipolo-dipolo, que consiste em dois pólos de leitura de corrente e dois pólos de leitura de potencial, o espaçamento entre os eletrodos de corrente e potencial é constante (MILSON, 2003).

Foi utilizado o resistímetro SYSCAL PRO, fornecido pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Este equipamento realiza leituras de resistividade elétrica, cargabilidade elétrica e voltagem, possui 250W de potência e 2,5A de corrente. Foram utilizados eletrodos não polarizáveis a base de uma solução salina de sulfato de cobre (CuSO₄). Esta solução consiste em água, na qual é adicionado CuSO₄ granulado, até a saturação ser atingida. Os dados foram processados no programa RES2DINV (Loke & Barker, 1996).

Resultados e Discussão

Para a aquisição de dados foram realizadas 8 linhas de caminhamento, com espaçamento de 5m entre eletrodos e 10m de separação entre linhas. As linhas de caminhamento elétricos 1 a 7 foram realizadas sobre a área com resíduos enterrados.

As linhas seguem a direção N/S, com início na porção Sul da área e final na porção Norte, topograficamente mais baixa (Figura 2).

A linha 8 foi realizada no limite do aterro, numa vala posicionada na porção topográfica mais baixa da área. Esta vala foi aberta com a finalidade de canalizar o fluxo de águas superficiais, além de possivelmente direcionar também o fluxo subterrâneo (Figura 2).

Foram realizadas 83 medidas de direção e sentido de fraturas, em exposições de rochas aflorantes no início e no final das linhas de caminhamento. Os dados estruturais estão representados na forma de estereograma (Figura 3).

O diagrama indica o predomínio de direções de fraturas entre N90° a N110° e mergulho de 90°. Este fato induziu a programação das linhas de caminhamento de forma perpendicular à estruturação geral da área.

As linhas de caminhamento elétricos 1 a 7 foram realizadas sobre as áreas de resíduos enterrados, com a linha 8 realizada no limite do aterro (Figura 2). A partir deste ponto serão discutidos os modelos de inversão destas linhas (Figuras 4 e 5).

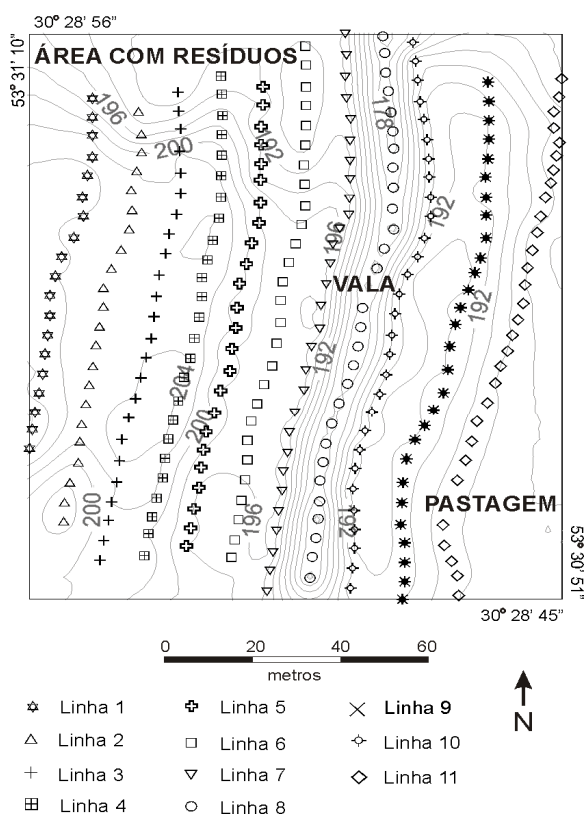


Figura 2 – Linhas de caminhamento elétrico com pontos de leitura e topografia da área.

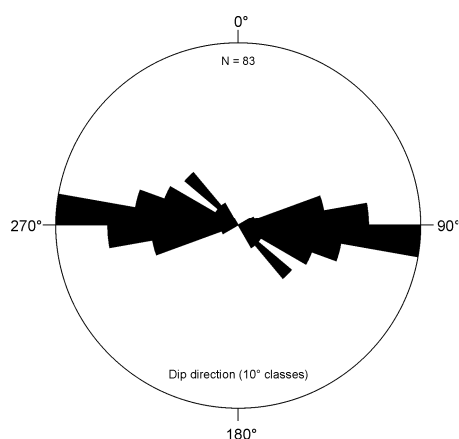


Figura 3 – Estereograma de medidas estruturais.

Todas as linhas apresentam anomalias verticais de baixa cargabilidade no intervalo da rocha, localizada a 60m e 120m do início das linhas, valores entre 1mV/V e 18mV/V. Desta forma, é provável que à percolação de chorume em fraturas.

Com base nas informações de campo referentes à espessura de resíduos em diversos pontos da área é possível afirmar que nas seções modeladas a faixa de

valores entre 1mV/V e 20mV/V define o intervalo desde a superfície ate a base da camada de resíduos, que correspondem a profundidade de 6 m a 8 m, e que valores superiores a 20mV/V definem os anfíbolitos e xistos presentes na região estudada (Figuras. 4 e 5).

Em campo foi comprovado que a espessura de lixo aumenta gradativamente de oeste para leste. As seções corroboram este fato, pois há o aumento da espessura da faixa de baixos valores de cargabilidade também neste sentido (Figuras. 4 e 5).

A linha 8 foi realizada no limite do aterro e apresenta valores entre 12mV/V e 26mV/V para o intervalo correspondente a camada de resíduos. Esta linha apresenta valores mais elevados quando comparados as seções anteriores. A área cruzada por esta linha não apresenta resíduos enterrados, em contraste com as demais linhas, que cruzam a camada de resíduos enterrados (Figura 5).

As linhas 1 e 7 apresentam um padrão semelhante ao descrito para a linha 8, possivelmente devida a pequena espessura de resíduos na área cruzada por esta linha.

Conclusões

Os resultados deste trabalho permitem caracterizar a camada de resíduos sólidos por baixos valores de cargabilidade (abaixo de 20mV/V), numa condição de nível freático raso definido pelo contato solo/rocha, que corresponde a base da camada de resíduos.

O trabalho de Lago et. al. (2006) descreve uma faixa ampla de valores de cargabilidade (entre 0,1mV/V e 26mV/V) em valas com resíduos enterrados num contexto de zona insaturada, ou seja, acima do nível freático. O trabalho de Moura & Malagutti (2003) apresenta valores de cargabilidade da ordem de 31mV/V para o intervalo de resíduos contidos em célula, com nível freático posicionado abaixo da célula de resíduos. Em contrapartida, o trabalho de Moreira & Braga (2009) apresenta baixos valores de cargabilidade em valas recentemente fechadas e nas valas mais antigas apresenta valores de cargabilidades altos, assentadas em solo argiloso, num contexto geológico que simula um aquífero suspenso.

Aparentemente existe uma relação entre intensidade de polarização e saturação do material analisado. Os altos valores de cargabilidade em resíduos enterrados num contexto de zona não saturada podem ser produto de polarização eletrônica, ou seja, elevada intensidade devido a presença de metais. Em contrapartida, os valores de baixa cargabilidade em resíduos dispostos em área com nível freático raso, ou seja, em zona saturada, refletem o fenômeno de polarização eletrolítica, de intensidade relativamente menor quando comparado ao fenômeno de polarização atribuído a materiais metálicos.

Os modelos de inversão apresentam anomalias verticais de baixa intensidade principalmente nas posições de 60m e 120m. Os planos de fratura obtidos a partir de medidas estruturais revelam fraturas ortogonais as linhas de caminhamento elétrico, com mergulho próximo a 90°. Desta forma, é possível inferir à presença de fluidos provenientes da decomposição de matéria orgânica presente nos resíduos enterrados em planos de fraturas,

principalmente nas posições 60m e 120m, as quais devem representar zonas intensamente fraturadas. Os resultados deste trabalho demonstram aplicabilidade do método de Polarização Induzida em estudos de contaminação inorgânica em terrenos fraturados. Houve um contraste bastante claro entre zonas de fratura saturadas em água e possivelmente em choro e a rocha metamórfica em redor.

Referências

- BITENCOURT, M.F. 1983. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS: Geologia e relações com o corpo granítico. In: Simpósio Sul – Brasileiro de Geologia. Porto Alegre: SBG, 1983. p. 37- 48.
- CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2001. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. GTZ. 2ª. Ed. São Paulo. 389p.
- CPRM. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1: 750.000. / organizado por Wilson Wildner; Gilberto Emilio Ramgrab; Ricardo da Cunha Lopes; Carlos Moacyr Fontoura Iglesias – Porto Alegre: CPRM, 2008.
- CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Cachoeira do Sul, Folha SH.22-Y-A. Estado do Rio de Grande do Sul. Escala 1:250.000. / organizado por Carlos Alfredo Porcher e Ricardo da Cunha Lopes. – Brasília: CPRM, 2000.
- GOOGLE EARTH. Versão 4.3 (beta). Europa Technologies – US Dept. of state Geographer, 2010.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02/12/09.
- JUCÁ J.F.T. 2003. Disposição Final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. Porto Alegre: REGEO, 2003.
- LAGO, A.L.; ELIS, V.R.; GIACHETI, H. 2006. Aplicação integrada de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP. Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 24(3): 357 – 374.
- LOKE M.H. & BARKER R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, 44: 131-152.
- LOWRIE, W. 2007 Fundamentals of Geophysics. 2. Ed. New York: Cambridge University Press, 381pp.
- MILSON, J. 2003. Field Geophysics – The geological Field guide series, 3ª ed. London: Wiley, 249pp.
- MOREIRA, C.A. & BRAGA, A.C.O. 2009. Decomposição de resíduos sólidos domiciliares e variações na resistividade e cargabilidade. Revista Brasileira de Geofísica. Vol. 27(3): 401 – 409.
- MOURA H. P, MAKAGUTTI F. 2003. Métodos de Eletroresistividade e de Polarização Induzida aplicados na área de disposição de resíduos urbanos: Aterro Controlado de Rio Claro – SP. Geociências, 22: 129-139.
- OLIVEIRA, S. & PASQUAL, A. 2004. Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluentes líquidos de um aterro sanitário. Revista de Engenharia Sanitária Ambiental, Vol. 9 (3): 240-249.
- PMC – Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul – Antigo Lixão. Relatório Final, 42 p, 1996.
- POSSAMAI F.P, VIANA E, SCHULZ H.E, COSTA M.M, CASAGRANDE E, 2007. Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Ciência & Saúde Coletiva, 12:171-179.
- TELFORD, W. M, GELDART, L. P, SHERIFF, R. E. 1990. Applied Geophysics. 2ª Ed. Cambridge University Press, 770pp.

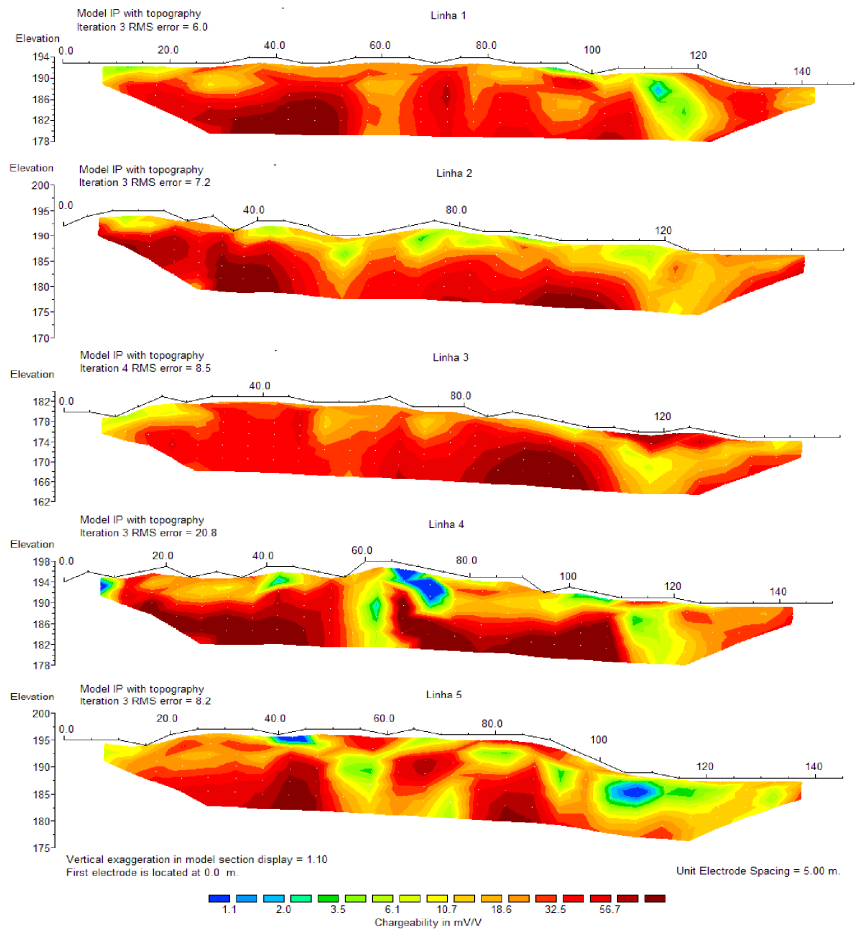


Figura 4 – Modelo de inversão em termos de Polarização Induzida da linha 1 a 5.

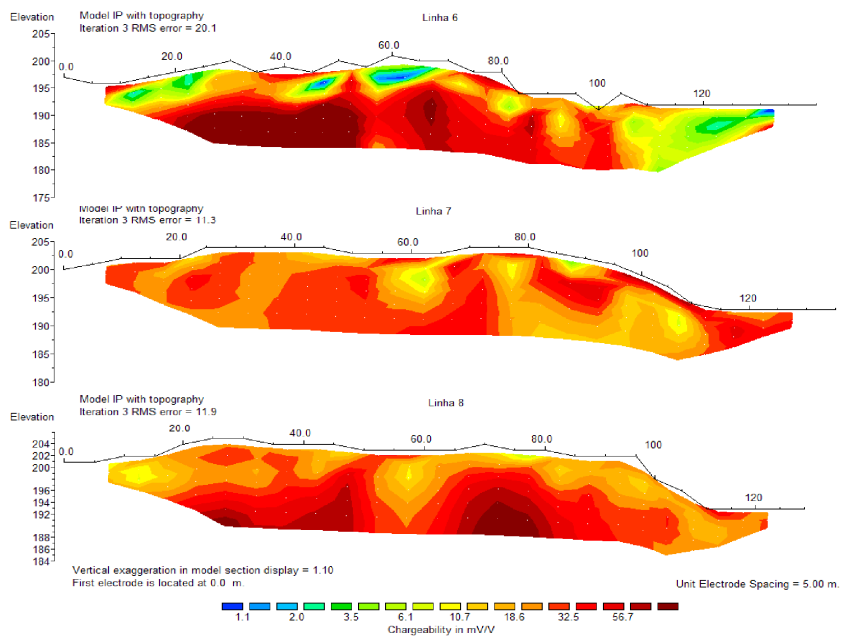


Figura 5 – Modelo de inversão em termos de Polarização Induzida da linha 6 a 8.