

Ministério de Minas e Energia
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

**“INVESTIGAÇÃO DAS FEIÇÕES DE INSTABILIDADE DA RUA
MATO DA LAGOA E ENTORNO, BAIRRO JOCKEY CLUBE,
CURVELO-MG”**

GEOFÍSICA
(MÉTODOS ELÉTRICOS)

Jairo Jamerson Correia de Andrade
Anderson Dourado Rodrigues da Silva
Luiz Gustavo Rodrigues Pinto



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

Curvelo, 26 de novembro de 2019.

Sumário

INTRODUÇÃO	3
MATERIAIS e MÉTODOS	4
Métodos Elétricos	4
Sondagem Elétrica Vertical	5
Caminhamento Elétrico	6
Polarização Induzida	7
Equipamentos Utilizados	9
AQUISIÇÃO DOS DADOS	10
PROCESSAMENTO DOS DADOS	11
Sondagem Elétrica Vertical	11
Caminhamento Elétrico/IP	11
INTERPRETAÇÃO	14
Sondagem Elétrica Vertical	14
Caminhamento Elétrico / IP	16
CONTEXTO GEOLÓGICO	21
CONCLUSÕES.....	22
RECOMENDAÇÕES.....	24
REFERÊNCIAS.....	25
ANEXOS.....	26

INTRODUÇÃO

O presente relatório do projeto “Investigação das Feições de Instabilidade da Rua Mato da Lagoa, Bairro Jockey Clube, Curvelo-MG” descreve as metodologias empregadas e os resultados preliminares das investigações geofísicas a partir do uso dos métodos elétricos. Trata-se de um estudo complementar na investigação das possíveis causas das feições de instabilidade (trincas, afundamentos, fissuras e rachaduras) verificadas na área (Figura 1).



Figura 1 - Trincas e Afundamentos Observados na Área.

O levantamento foi realizado no período de 29 de outubro a 01 de novembro do ano de 2019 no município de Curvelo/MG, contando com um geofísico do Serviço Geológico do Brasil e apoio de equipe disponibilizada pela prefeitura deste município.

MATERIAIS e MÉTODOS

Métodos Elétricos

Os métodos elétricos utilizam correntes contínuas ou alternadas de baixa frequência para investigar as propriedades elétricas da subsuperfície. Nesse trabalho foram utilizados os métodos de eletrorresistividade e polarização induzida. No método de eletrorresistividade, as correntes elétricas geradas artificialmente são introduzidas no solo e as diferenças de potencial resultantes são medidas na superfície. O fenômeno da polarização induzida (IP) é gerado pela concentração de cargas elétricas no subsolo quando este é submetido a uma injeção de corrente elétrica, suas medidas são realizadas quando a corrente elétrica é interrompida.

A resistividade elétrica é uma das propriedades físicas mais variáveis. A maior parte dos minerais formadores das rochas é isolante e a corrente elétrica é conduzida através de uma rocha principalmente pela presença de íons nas águas dos poros. Assim, o aumento da porosidade e do conteúdo de sais são os principais fatores que diminuem a resistividade de rochas. Secundariamente, a presença de argilominerais, minerais sulfetados e granulação grosseira.

A resistividade elétrica é calculada pela seguinte equação:

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Onde (I) é a corrente elétrica introduzida no solo, (ΔV) é a diferença de potencial medida e (K) é um fator geométrico que depende das técnicas e arranjos utilizados nos levantamentos. As técnicas de campo utilizadas foram a Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e o Caminhamento Elétrico (CE).

A polarização induzida é de magnitude bem reduzida, sendo na prática medida tal como uma variação da voltagem em função do tempo ou frequência, denominada, respectivamente, de IP domínio do tempo e IP domínio da frequência. Foi utilizado IP no domínio do tempo nos trabalhos de campo.

Sondagem Elétrica Vertical

A técnica da SEV consiste numa sucessão de medidas de um parâmetro geológico efetuadas a partir da superfície do terreno (investigação 1D com observação da variação vertical da resistividade elétrica). São injetadas correntes (I) no solo através de dois eletrodos nos pontos A e B e é medida a diferença de potencial (ΔV) entre os outros dois eletrodos nos pontos M e N (Figura 2).

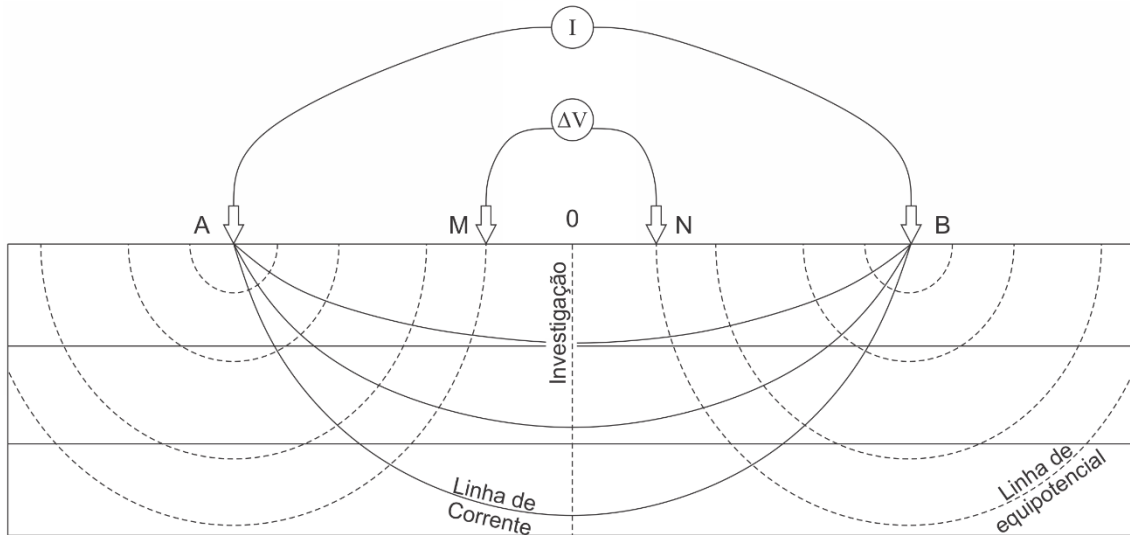


Figura 2 - Técnica da Sondagem Elétrica Vertical (SEV).

Uma vez que se conhece as distâncias \overline{AM} e \overline{AN} , pode-se medir a corrente (I) injetada e a diferença de potencial (ΔV), e calcular a resistividade aparente (ρ_a) com a seguinte equação:

$$\rho_a = \pi \cdot \frac{\overline{AM} \cdot \overline{AN}}{\overline{MN}} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

O arranjo utilizado foi o Schlumberger em que os eletrodos (AB) são afastados do centro do arranjo a cada leitura, investigando cada vez mais profundo, e os eletrodos (MN) se mantêm fixos. As leituras deste arranjo estão menos sujeitas as variações laterais no parâmetro físico medido, irregularidades na superfície topográfica e ruídos produzidos por fontes artificiais (BRAGA, 2016).

Caminhamento Elétrico

A técnica do CE se baseia na análise e interpretação de um parâmetro geoeletrico, obtido com base em medidas efetuadas na superfície do terreno, com espaçamento constante entre os eletrodos AMNB. Por meio desta técnica, investigam-se, ao longo de linhas, as variações laterais do parâmetro físico a uma ou mais profundidades determinadas; com isso, a direção da linha de investigação permanece fixa e o centro do arranjo AMNB varia com o seu desenvolvimento. Para o desenvolvimento desta técnica, podem ser usados vários tipos de arranjos de desenvolvimento, como Schlumberger, Wenner, gradiente, dipolo-dipolo, polo-dipolo etc.

O Arranjo utilizado foi o dipolo-dipolo em que os eletrodos de corrente (AB) e de potencial (MN) são alinhados em uma mesma direção com espaçamento constante (Figura 3). Este arranjo apresenta vantagem em relação aos outros arranjos, porque é um arranjo simétrico e, como resultado desta simetria, facilita o melhor posicionamento de uma anomalia. Neste levantamento foram utilizados simultaneamente 10 dipolos de recepção (MN) dispostos ao longo do sentido de aquisição de dados (cada dipolo corresponde a um nível de investigação).

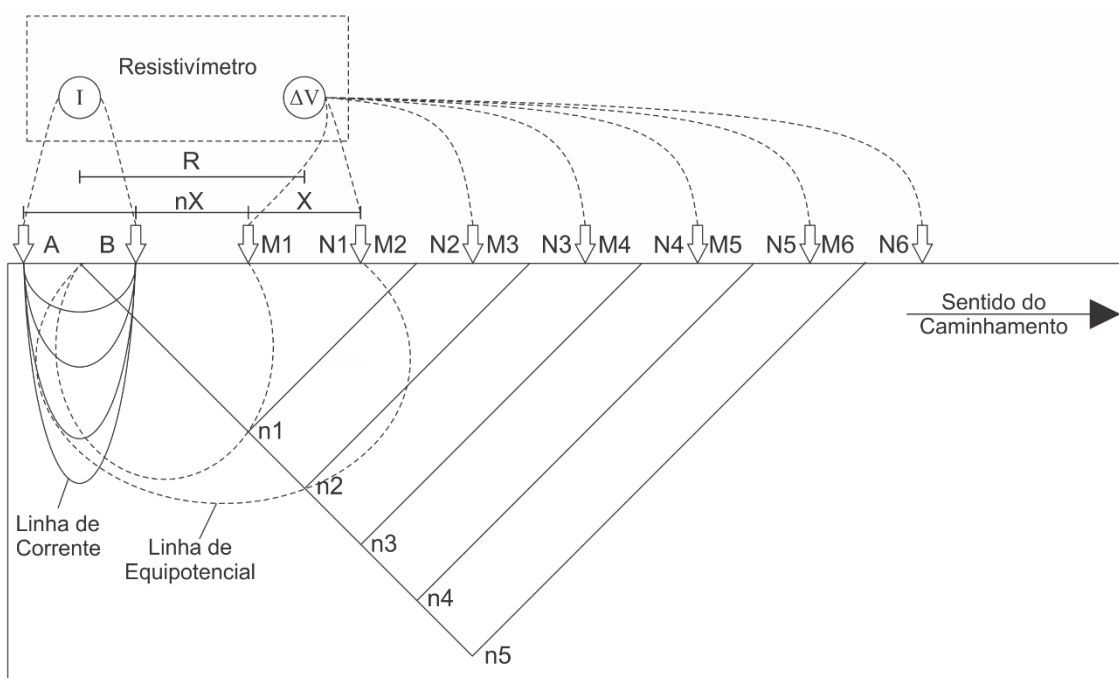


Figura 3 - Esquema do CE, Arranjo Dipolo-dipolo.

Deste modo é possível calcular a resistividade aparente (ρ_a) com a seguinte equação:

$$\rho_a = 2\pi GX \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

Com

$$G = \frac{1}{\frac{1}{n} - \frac{2}{n+1} + \frac{1}{n+2}} \quad (3)$$

Em que: (X) é o espaçamento dos dipolos (AB) e (MN) adotado; (n) é o nível de investigação correspondente (BRAGA, 2016).

Polarização Induzida

No IP domínio do tempo, ao se aplicar corrente elétrica na superfície do terreno, de modo análogo ao CE (Figura 3), é gerada uma diferença de potencial primária ΔV entre cada dipolo de recepção (MN). Essa diferença de potencial primária (ΔV_p) não é estabelecida ou anulada instantaneamente quando a corrente elétrica emitida é cortada em pulsos sucessivos. Ela varia com o tempo na forma de uma curva $\Delta V_{IP} = f(t)$. Essa curva liga assíntota ΔV_p em regime estacionário com a assíntota zero após o corte de corrente (Figura 4). A amplitude de um valor de $\Delta V_{IP}(t)$ está diretamente ligada à maior ou menor capacidade de polarização de material ou conjunto de materiais em estudo, constituindo-se, portanto, na base do método. Essa capacidade de polarização constitui a susceptibilidade IP dos materiais da Terra (BRAGA, 2016).

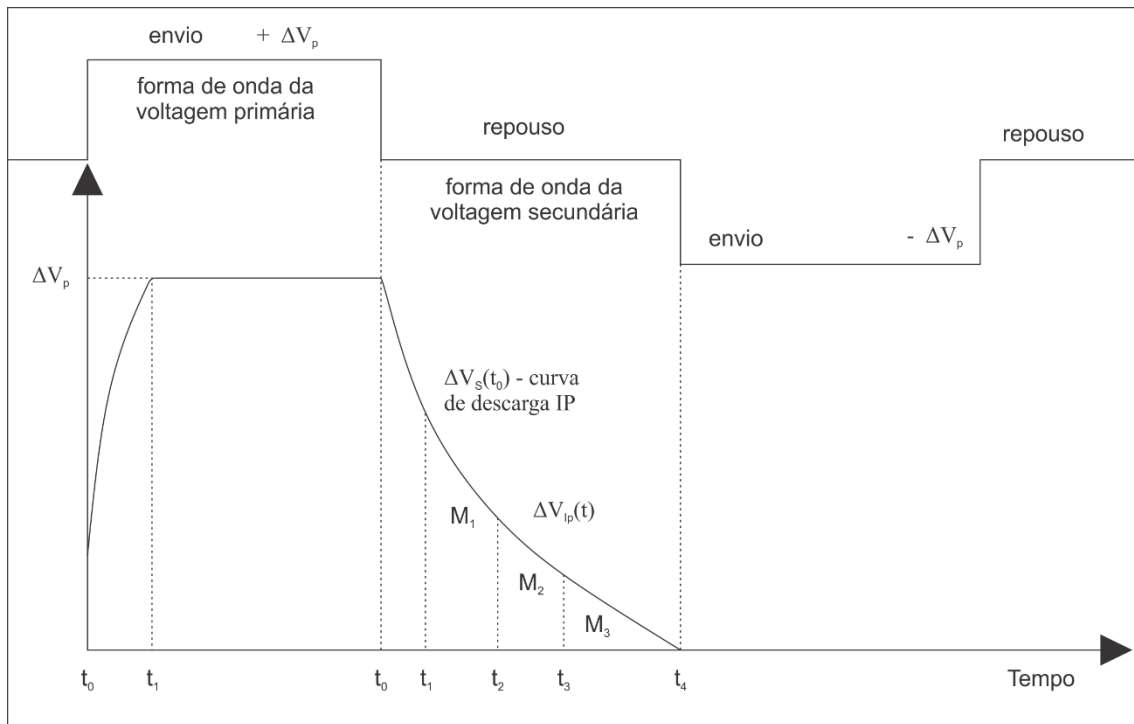


Figura 4 - IP no Domínio do Tempo.

A variação da cargabilidade e resistividade com a litologia pode ser utilizada nas correlações geológico-geoeletrica. Draskovits et al. (1990) concluiu com técnicas de campo de SEV, perfilagem elétrica IP e Resistividade que as litologias apresentam as seguintes características:

- Camadas com misturas de areias e argilas apresentam IP maior que camadas argilosas puras;
- Argilominerais puros apresentam baixa resistividade e baixa cargabilidade;
- Camadas arenosas apresentam alta resistividade e cargabilidade intermediária;
- Camadas siltsosas apresentam alta cargabilidade e resistividade intermediária

Equipamentos Utilizados

No levantamento de eletrorresistividade foi utilizado o resistivímetro Syscal Pro (Figura 5), que possui 10 canais de leitura integrados. Para a SEV estavam disponíveis quatro rolos de cabos sendo dois de 100 m e dois de 350 m. Para o CE/IP estava disponível um cabo com abertura máxima, entre cada canal, de 20 m e com 10 canais de medidas cada, permitindo leituras automáticas em todos os eletrodos. Os equipamentos auxiliares foram: duas baterias de 12 V; eletrodos metálicos para injeção de corrente elétrica e medição do potencial elétrico; cabos para conexões entre equipamento e eletrodos; marretas para fixação dos eletrodos e trenas para marcar as posições dos eletrodos.



Figura 5 - Syscal Pro.

As coordenadas foram registradas com o GPS portátil Garmin 62sc, admitindo-se uma precisão máxima horizontal de 5 m e vertical de 10 m. Essas são também as precisões dos produtos geofísicos gerados. Para o alinhamento entre as estações e medidas dos espaçamentos entre os canais, foi utilizada uma Estação Total FOIF RTS 102 R5.

AQUISIÇÃO DOS DADOS

Foram realizados 3 Caminhamentos Elétricos (CEs), que foram nomeados de Linhas, e 4 Sondagens Elétricas Verticais (SEVs) sobre as imediações da região afetada (Figura 6).

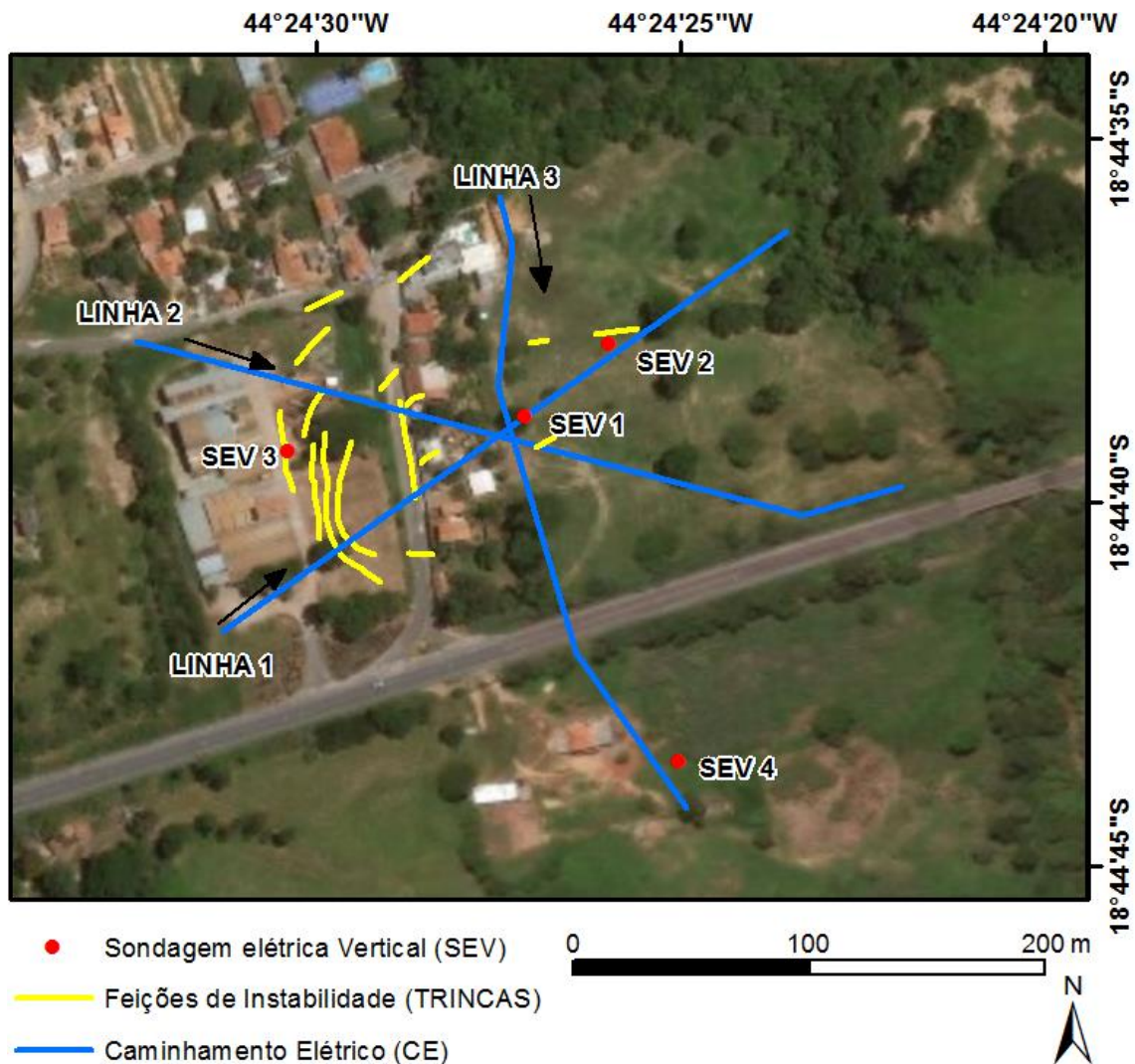


Figura 6 - Localização dos Levantamentos Geofísicos.

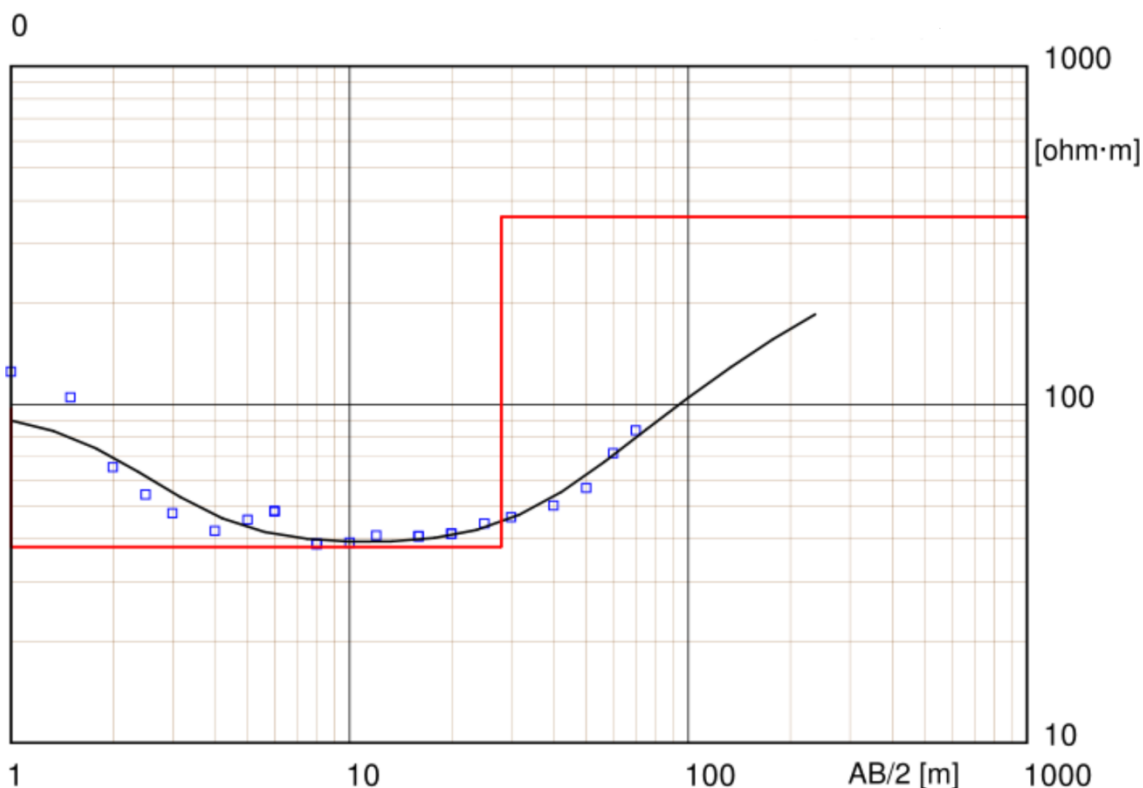
Os CEs, Linhas 1 e 2, foram executados de forma a seccionar a área que concentra as feições de instabilidade. A partir dos resultados do pré-processamento dos dados, realizado ainda durante o período de aquisição de dados, foi planejada e executada uma terceira linha (Linha 03) um pouco mais afastada da área afetada. Para a locação dos pontos onde foram realizadas as SEVs considerou-se os resultados preliminares do processamento dos dados das linhas de CEs. A produção de campo totalizou 920 m de CEs e 4 SEVs com abertura máxima entre os eletrodos (AB) de corrente de até 200 m.

PROCESSAMENTO DOS DADOS

Sondagem Elétrica Vertical

Para o processamento dos dados da SEV foram utilizados os Softwares Prosys II; versão 03.11.02. desenvolvido por IRIS Instruments e o WinSev; versão 6.3 desenvolvido por W-GeoSoft.

A SEV 1 apresenta modelo geoeletrico de 3 camadas (Figura 7).



Localização X = 44°24'27.12"O Y = 18°44'38.82" Z = 602

Modelo

Resistividade	Espessura	Profundidade	Altitude
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
97	1		602
38	27	1	601
358		28	574

Figura 7 – Modelo Geoeletrico da SEV 1.

Os modelos geoeletricos das demais SEVs e tabela de dados encontram-se no anexo.

Caminhamento Elétrico/IP

Para o processamento dos dados do CE foram utilizados os Softwares Prosys II; versão 03.11.02. desenvolvido por IRIS Instruments e o Res2dinv; ver.

3.4; 2D Resistivity and IP Inversion. (desenvolvido por Geotomo Software Malaysia). O método de inversão utilizado foi o robusto e foi utilizado o modelo de discretização com refinamento (modelo com células com metade do espaçamento, 10 m neste caso).

A Figura 8 apresenta o modelo geológico de resistividade e polarização induzida, respectivamente, da Linha 2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

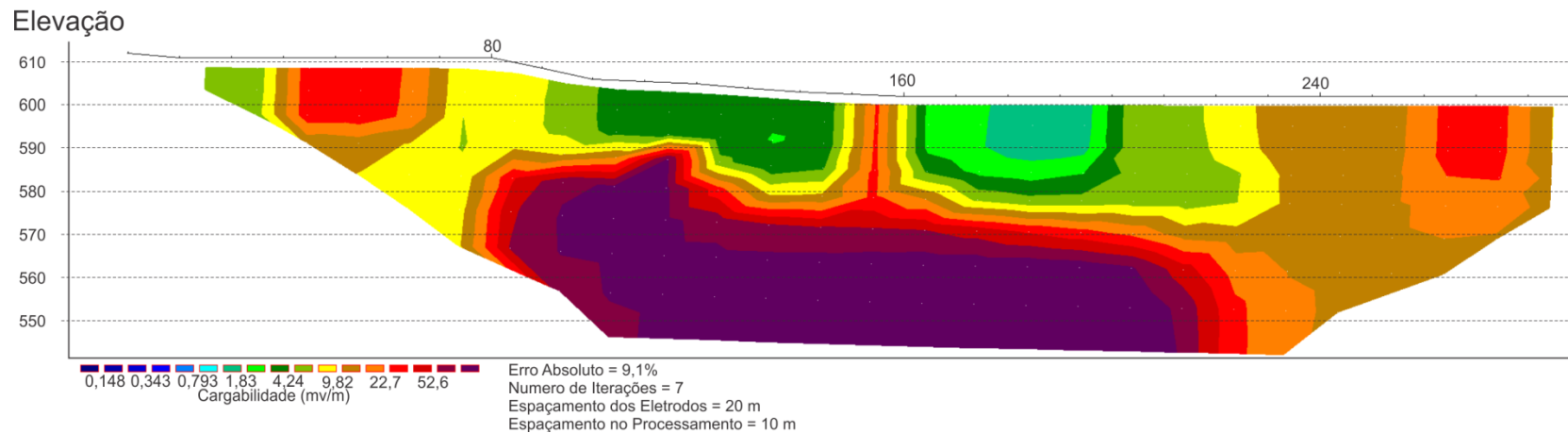
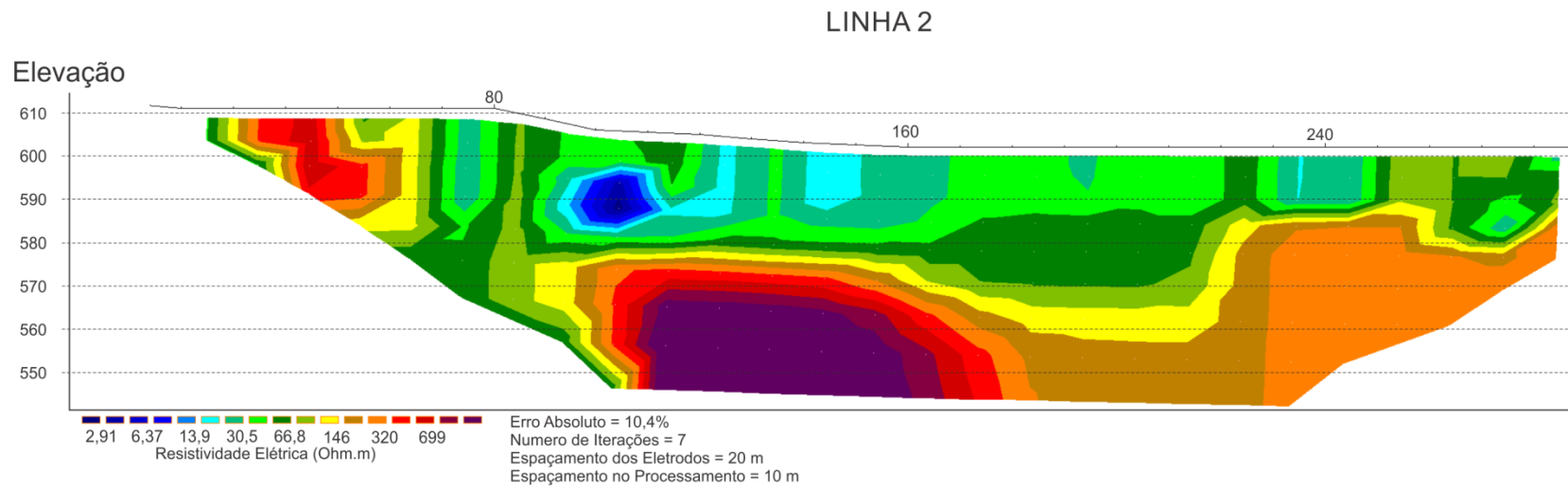


Figura 8 - Seção Inversa de Resistividade e Polarização Induzida da Linha 2.

As demais seções invertidas e pseudo-seções medida e calculada das três linhas encontram-se no anexo.

INTERPRETAÇÃO

Sondagem Elétrica Vertical

As SEVs 1, 2 e 4 apresentam modelos geoeletricos de camadas análogos, possuem 3 camadas geoeletrica com ordem de grandeza de resistividade próximas (Tabela 1). A interpretação destas será no mesmo contexto geológico.

Tabela 1 - Dados da inversão das SEVs 1, 2 e 4. Res representa a resistividade elétrica da camada e Z sua espessura.

SEV	Res 1 ($\Omega.m$)	Z 1 (m)	Res 2 ($\Omega.m$)	Z 2 (m)	Res 3 ($\Omega.m$)
1	97	1	38	27	358
2	281	1,2	46	20	405
4	136	1,9	28	18	386

A primeira camada identificada, de cada SEV citada, apresenta valores de resistividade elétrica variando de 97 a 281 $\Omega.m$ com espessuras em torno de 1,0 a 1,9 m. Esta camada é interpretada como Solo Superficial. A segunda camada apresenta valores de resistividade elétrica entre 28 a 46 $\Omega.m$ com espessuras variando de 18 a 27 m, esta camada é interpretada como Rocha Alterada. A última camada apresenta valores de resistividade mais elevados, acima de 350 $\Omega.m$, esta camada é interpretada como Rocha não alterada (Figura 9).

A SEV 3 apresenta modelo geoeletrico com 2 camadas (Figura 10). A primeira possui resistividade de 34 $\Omega.m$ e espessura de 3 m. A segunda conta com resistividade de 76 e sua espessura não pode ser estabelecida (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados da inversão da SEV 3. Res representa a resistividade elétrica da camada e Z sua espessura.

SEV	Res 1 ($\Omega.m$)	Z 1 (m)	Res 2 ($\Omega.m$)	Z 2 (m)	Res 3 ($\Omega.m$)
3	34	3,1	76		

As SEVs 1 e 4 apresentam quebra abrupta na continuidade da curva, na SEV1 esta quebra pode ser vista na Figura 7, entre os AB/2 6 e 8 m, já na SEV 4 esta quebra ocorre entre os AB/2 de 3 e 4 m (Figura 18). Tais quebras nas continuidades das curvas, que deveriam ser suaves, podem estar associadas à extensão em profundidade das fissuras, fraturas ou falhas.

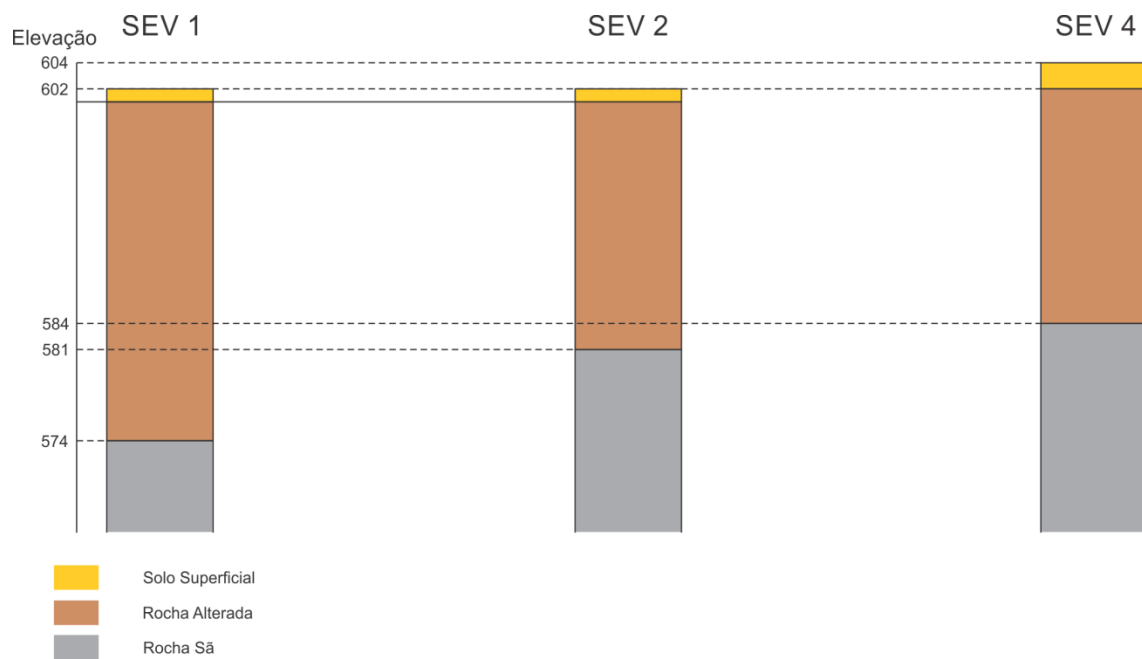


Figura 9 - Interpretação das SEVs 1, 2 e 4.

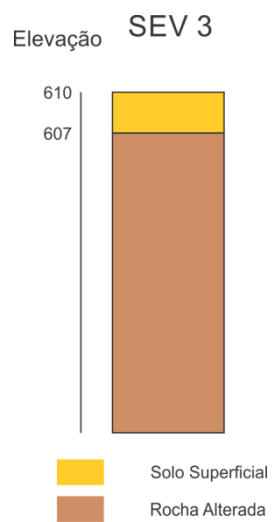


Figura 10 - Interpretação das SEV 3.

Caminhamento Elétrico / IP

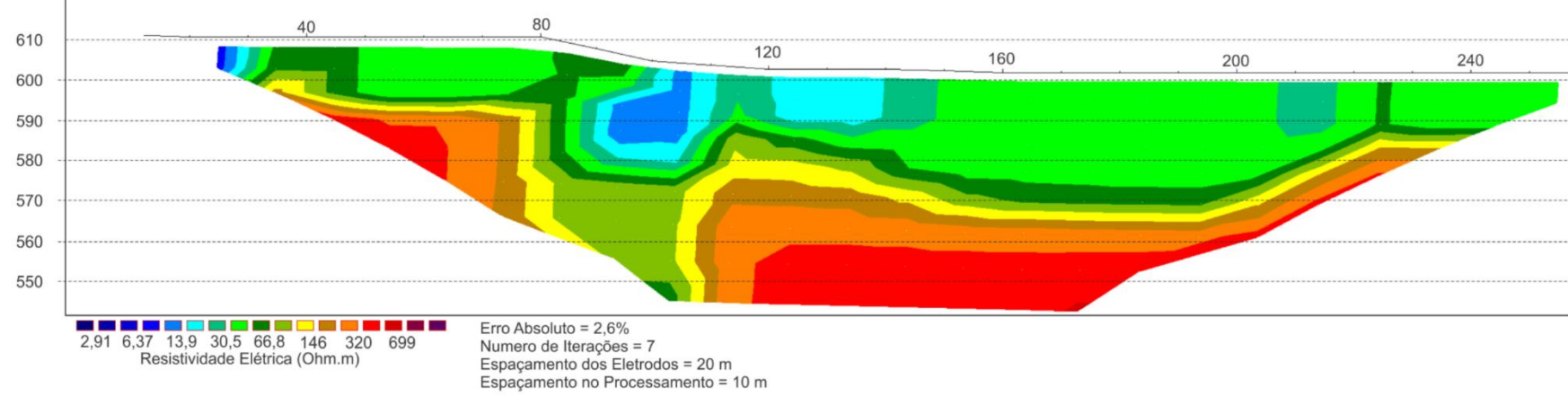
A Linha 1 apresenta seção 2D de resistividade elétrica que evidencia duas principais camadas geoeletricas, uma mais superficial da ordem de 20 a 60 $\Omega.m$ de resistividade elétrica, que foi associada à rocha alterada e outra mais profunda, com resistividade elétrica superior a 200 $\Omega.m$, que foi associado a rocha não alterada. Entre as posições 80 e 110 m do levantamento observa-se uma quebra na continuidade lateral da camada mais resistiva, esta descontinuidade pode ser interpretada como uma zona com intenso faturamento e/ou falhamento (este trecho situa-se abaixo da área onde se concentram, superficialmente, as feições de instabilidade). As zonas mais condutivas, com resistividade elétricas inferiores a 20 $\Omega.m$, vistas nas posições 25, 100 e 130 m são estruturas antrópicas e correspondem respectivamente a um reservatório, adutora e solo úmido ou encharcado, este último decorrente da rede esgoto das residências, que descartam resíduos em fossas e diretamente sobre o solo (Figura 11).

A Linha 2 apresenta seção 2D com as mesmas características e interpretação similares as da Linha 1. A quebra de continuidade lateral observada na seção 2D da linha 01 repete-se nesta seção entre as posições 65 e 100 m do ensaio. A zona mais condutiva, com resistividade elétrica inferior a 20 $\Omega.m$, vista na posição 105 m do levantamento corresponde à adutora. Entretanto, diferente da Linha 1, a camada associada a rocha não alterada na Linha 2, apresenta um corpo muito mais resistivo, semicircular, com aumento concêntrico na resistividade localizado entre posições 110 e 150 do ensaio (Figura 12).

A Linha 3 apresenta seção 2D de resistividade elétrica com duas camadas geoeletricas, associadas as rochas alteradas e são, respectivamente, a sessão não apresenta quebra na continuidade laterais das camadas, salvo desnível entres as camadas na posição 175 m. A camada correspondente a rocha alterada, apresenta algumas zonas mais condutivas que podem estar associadas ao esgoto, solo úmido ou encharcado, já que as casas da região afetada não contam com rede de saneamento básico (Figura 13).

LINHA 1

Elevação



Elevação

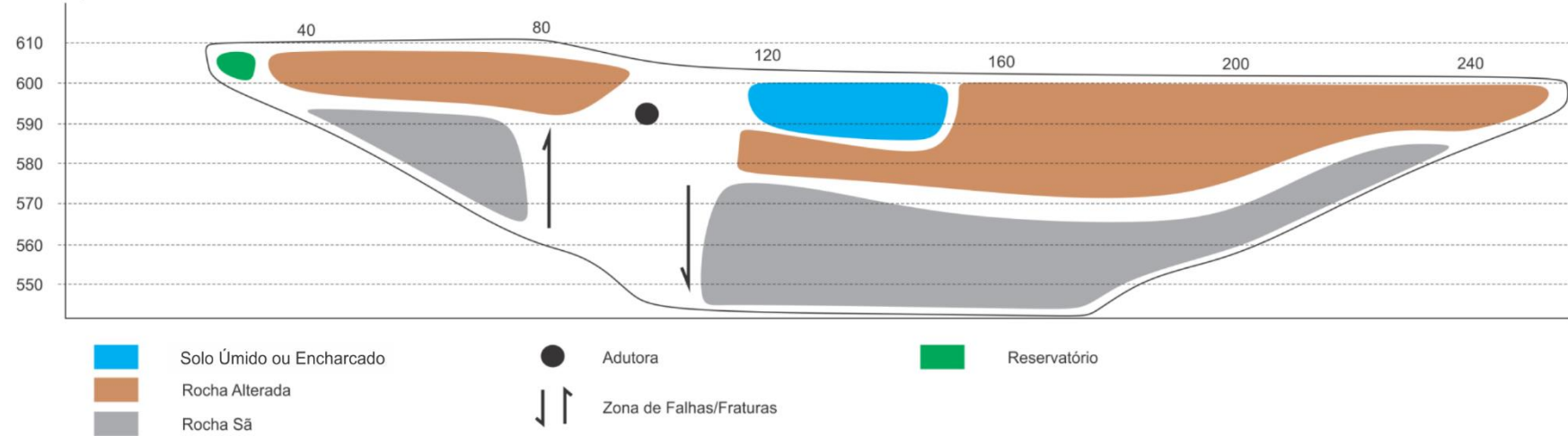


Figura 11 - Interpretação da Linha 1 (Resistividade Elétrica).

LINHA 2

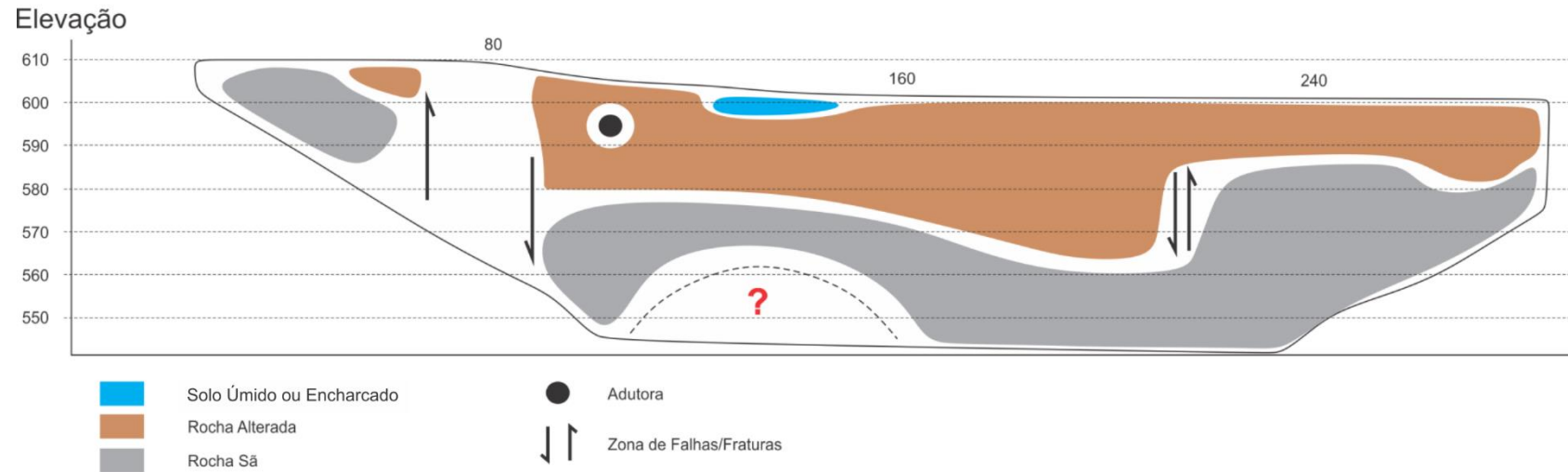
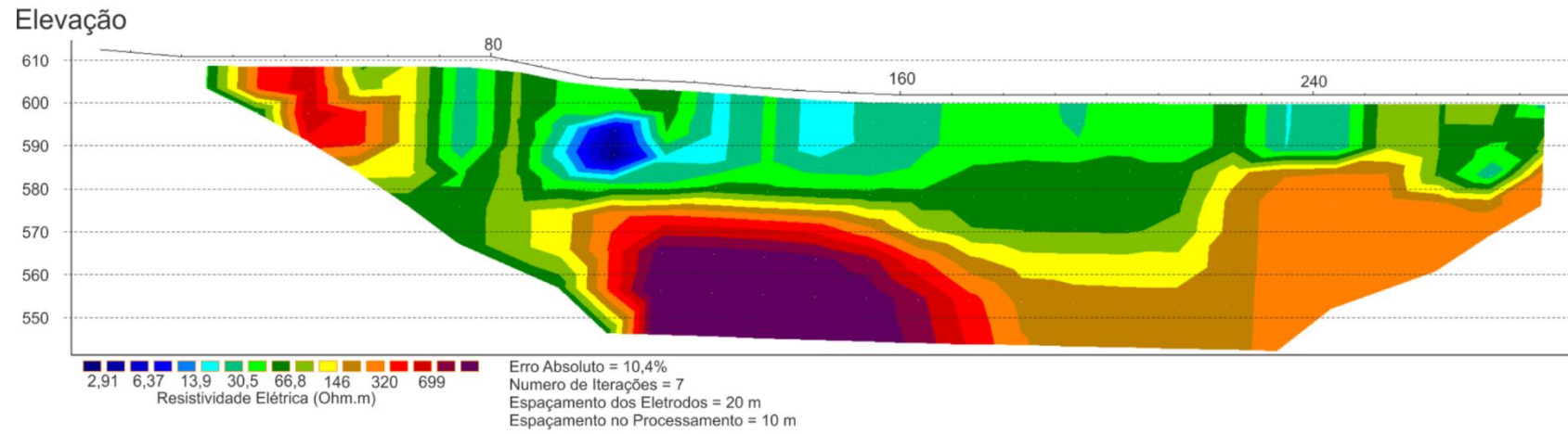
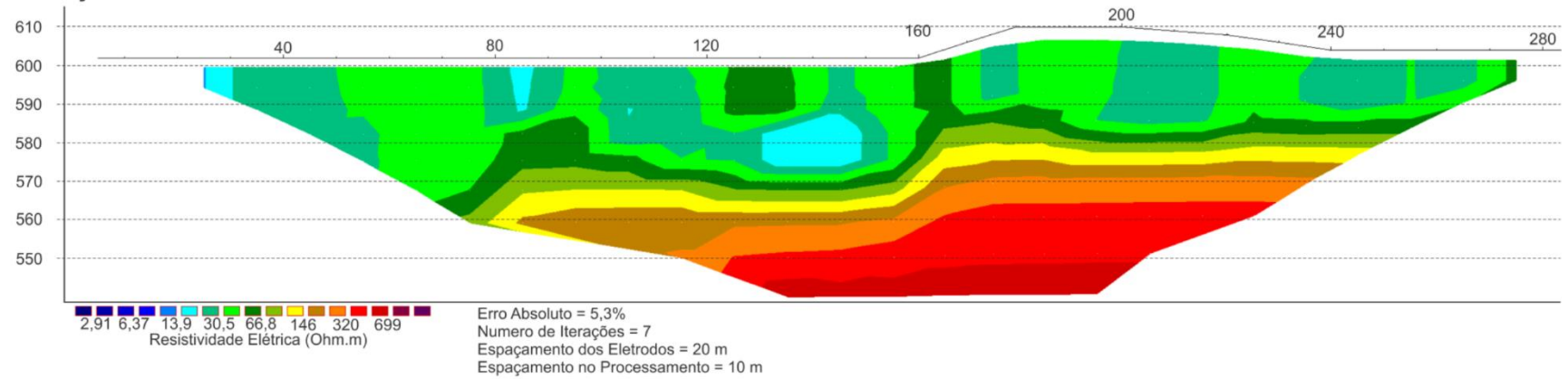


Figura 12 - Interpretação da Linha 2 (Resistividade Elétrica).

LINHA 3

Elevação



Elevação

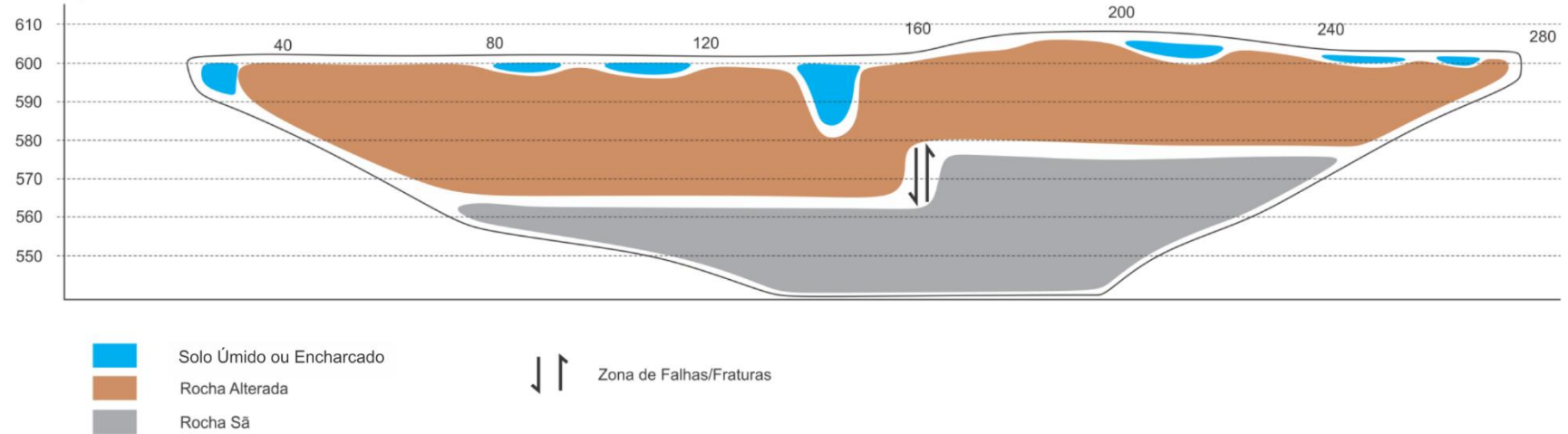


Figura 13 - Interpretação da Linha 3 (Resistividade Elétrica).

As seções de IP da Linha 2 e 3 confirmam a presença de duas camadas preferenciais e na Linha 2 confirmam a presença de descontinuidade lateral, em concordância com as seções de eletrorresistividade (Figura 8). A seção IP da Linha 1 apresentou dados muito ruidosos e, por tanto, foi descartada (Figura 21). Os CEs não tiveram resolução para identificar a primeira camada, solo superficial, pois, devido ao espaçamento utilizado, seus primeiros níveis de investigação são mais profundos que esta camada.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área foco do estudo insere-se no contexto da Bacia do São Francisco, uma bacia de natureza intracratônica localizada na porção sul do cráton São Francisco. Na região da cidade de Curvelo afloram rochas das Formações Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré, ambas pertencentes ao Grupo Bambuí.

A Formação Serra de Santa Helena é caracterizada por intercalação de ritmitos pelito-arenosos e camadas centimétricas e, às vezes, decimétricas, de siltitos argilosos e ocorrência esparsa de lentes de carbonatos (Lima et al., 2007).

A Formação Lagoa do Jacaré é caracterizada pela associação de depósitos carbonáticos de retrabalhamento, principalmente calcarenitos oolíticos a pisolíticos, calciruditos e doloruditos, intercalados com níveis de espessura variável de siltitos e, raras, bioconstruções carbonáticas (Lima et al., 2007).

Em virtude das características das rochas que afloram na região de Curvelo ocorre a formação de relevo cárstico, inclusive com a formação de cavernas e estruturas de dolinamento (Costa et al., 2012)

CONCLUSÕES

Os métodos elétricos empregados nesse estudo apresentaram excelentes resultados, com a identificação de três principais domínios geoeletricos, em até 60 m de profundidade. Anomalias e descontinuidades, que convergem com as feições de instabilidade observadas em superfície, também foram observadas.

As Linhas 1 e 2 indicam que sob a região onde existem as feições de instabilidade, ocorrem descontinuidades laterais das camadas geoeletricas. Estas descontinuidades estão possivelmente associadas a um conjunto de falhas e/ou fraturas que se estendem semi verticalmente, partindo da superfície do terreno e ultrapassando a profundidade investigação. A SEV 3 realizada sobre esta área de descontinuidade, confirma sua presença e continuação, em profundidade. Estas descontinuidades subverticais podem ser as responsáveis pelo desaparecimento de água nos poços, fenômeno que foi observado dias antes do aparecimento das feições, possíveis sumidouros.

A Linha 2 evidencia uma anomalia semicircular de alta resistividade elétrica localizada parcialmente sob a área onde se encontram as feições de instabilidade. Esta anomalia continua na direção de onde está ocorrendo a movimentação superficial do terreno e deve estar associada a uma ou a um conjunto de cavidades na rocha não alterada. O colapso, desmoronamento, destas cavidades provoca movimento superficial de massa e deve dar continuidade ao processo de instabilidade visto na área.

A Linha 1, que foi executada sobre as fissuras superficiais mais consideráveis, não evidencia esta anomalia de alta resistividade elétrica. A ausência de anomalia levanta duas hipóteses: a primeira de que não ocorrem cavidades naquela direção, ou, a mais provável, de que já ocorrera o colapso que provocou as fissuras superficiais. O desmoronamento preenche as cavidades, impossibilitando sua identificação no levantamento.

As Linhas 2 e 3 apresentam desníveis subverticais nas posições 220 e 160 m, respectivamente, no topo da rocha não alterada, estes desníveis são replicados superficialmente na topografia. Isto sugere um processo pré-existente de colapso, indicando que o desnível natural do relevo visto na região pode estar associado a um processo de afundamento.

Imagens de satélites indicam inúmeras feições semicirculares nas imediações da área afetada (Figura 14) e diante do contexto geológico e das informações obtidas pela geofísica, o estudo indica que um processo de dolinamento está em curso na região investigada.

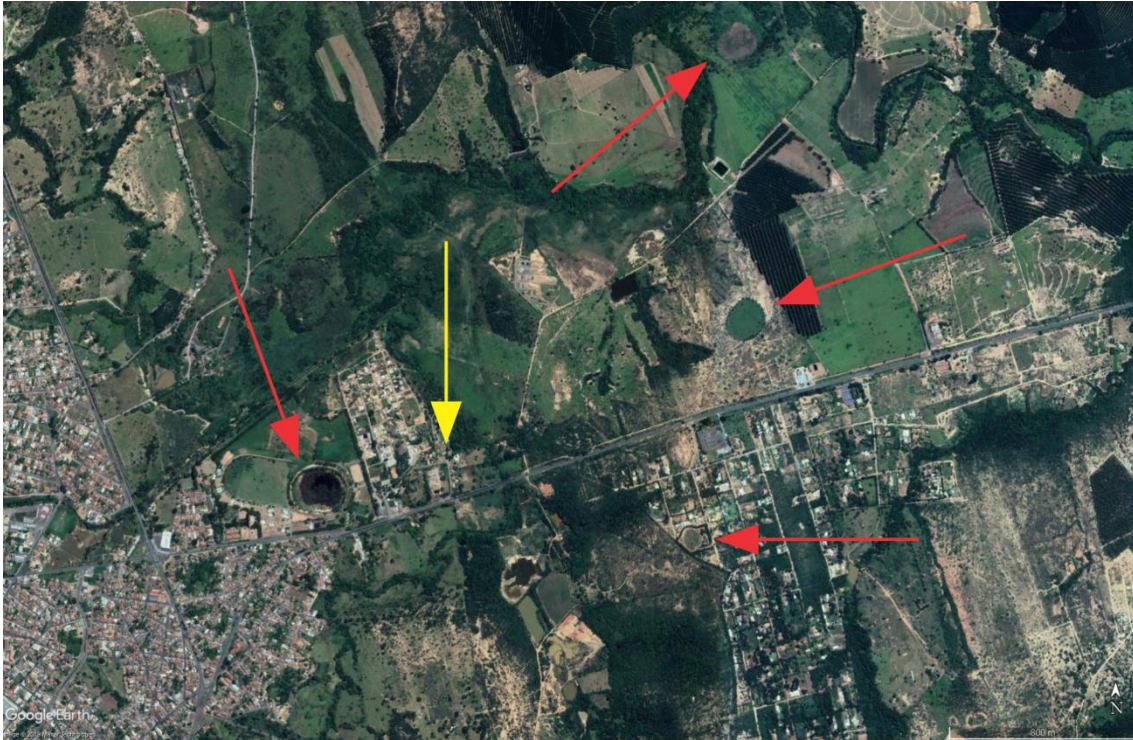


Figura 14 - Setas Vermelhas Indicam feições Circulares e Seta Amarela Aponta Para Área Estudada.

Em face das informações coletadas nesse trabalho e do contexto geológico, as feições observadas em superfície devem estar ligadas a fenômenos naturais, no caso a formação de relevo cárstico. Entretanto, dolinas formadas em áreas urbanas, podem ser deflagradas por vazamentos em sistemas de distribuição de água, coleta de esgotos, por falhas na drenagem de águas de chuva ou, principalmente, pelo rebaixamento do lençol freático, que a depender do nível alcançado, pode esvaziar os dutos e cavidades subterrâneas, diminuindo a pressão confinante, o que pode gerar colapsos localizados (VESTENA et al., 2002). Esses eventos podem levar ao desmoronamento de ruas e, em casos mais graves, as fundações de casas e edifícios podem ser prejudicadas, levando ao seu abandono.

RECOMENDAÇÕES

Como existem indicativos de que o colapso das cavernas não se deu por completo, a manutenção do isolamento da área é necessária até providências serem tomadas, pois não existe possibilidade de previsão de novos colapsos e quais consequências que possíveis desmoronamentos subterrâneos podem provocar superficialmente.

O método empregado se mostrou eficaz na detecção de cavidades subterrânea. A ampliação do estudo e utilização de metodologias complementares, como estudo hidrogeológicos da área, podem ser aplicados para estimar, com maior precisão, a área que deve ser desocupada, resguardando a segurança dos moradores do entorno.

Existem fatores humanos que são deflagradores de processos de dolinamento em perímetros urbanos. Uma adutora atravessa toda a área afetada, a possibilidade de vazamento deve ser verificada. Obras de saneamento básico nas imediações da área de risco são importantes para mitigar a influência do esgoto que é lançado no solo. Existem poços retirando água subterrânea na área, deve ser verificada a possibilidade de superexploração de água do aquífero.

REFERÊNCIAS

BRAGA, A.C.O., **Geofísica Aplicada: Métodos Geométricos em Hidrogeologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016, 159p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL **Geologia e Recursos Minerais da Folha Curvelo SE.23-Z-A-V**, Belo Horizonte, 2012, 50p.

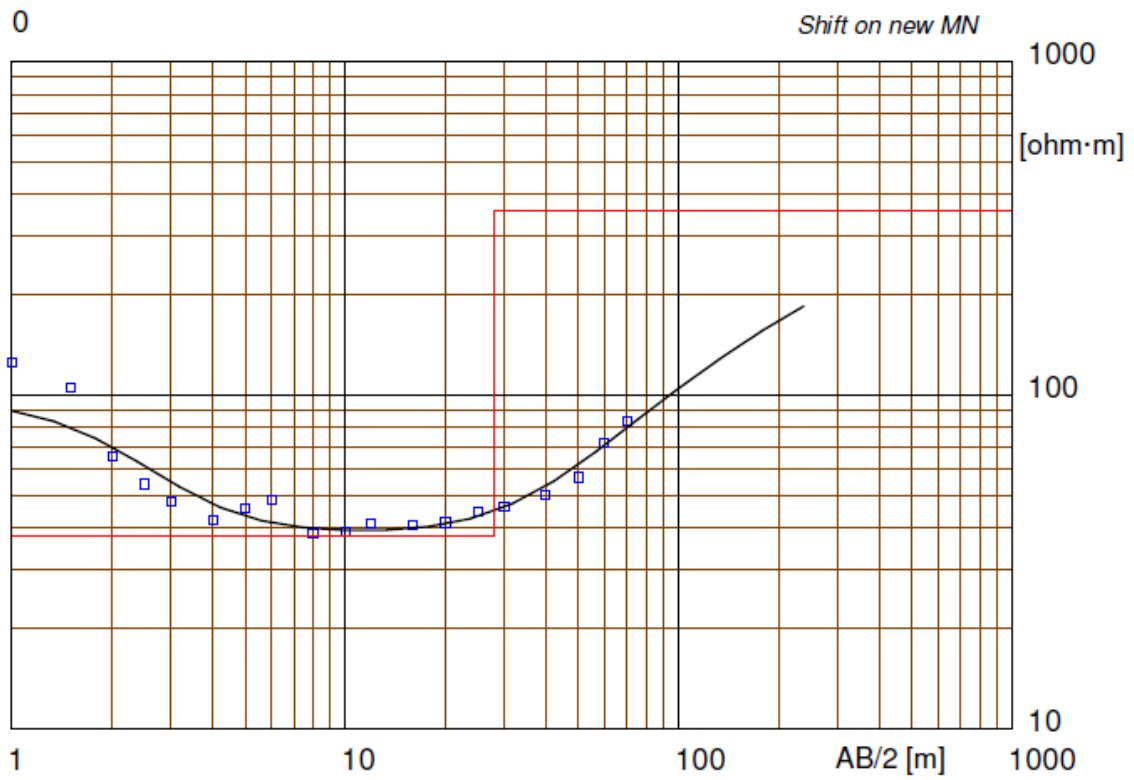
LIMA, O. N. B.; UHLEIN, A.; BRITTO, W. Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v.37(4), p. 204-215, 2007.

MARTINS NETO, M. A.; SOARES, A. C. P.; LIMA, S. A. A. Tectonosedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco Craton and Araçuaí Fold Belt, eastern Brazil. **Sedimentary Geology**, Amsterdam, v. 141-42, p. 343-370, 2001.

TELFORD, W.M., GELDART, L.P. & SHERIFF, R.A., **Applied geophysics** 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 1990.

VESTENA, Leandro Redin; KOBAYAMA, Masato; SANTOS, Leonardo J. C. Considerações Sobre Gestão Ambiental em Áreas Carste. **RA' EGA** (UFPR), v. 4, n. 6, p. 81-94, 2002.

ANEXOS



Location X = 44°24'27.12"O Y = 18°44'38.82"S Z = 602 Azim = 0

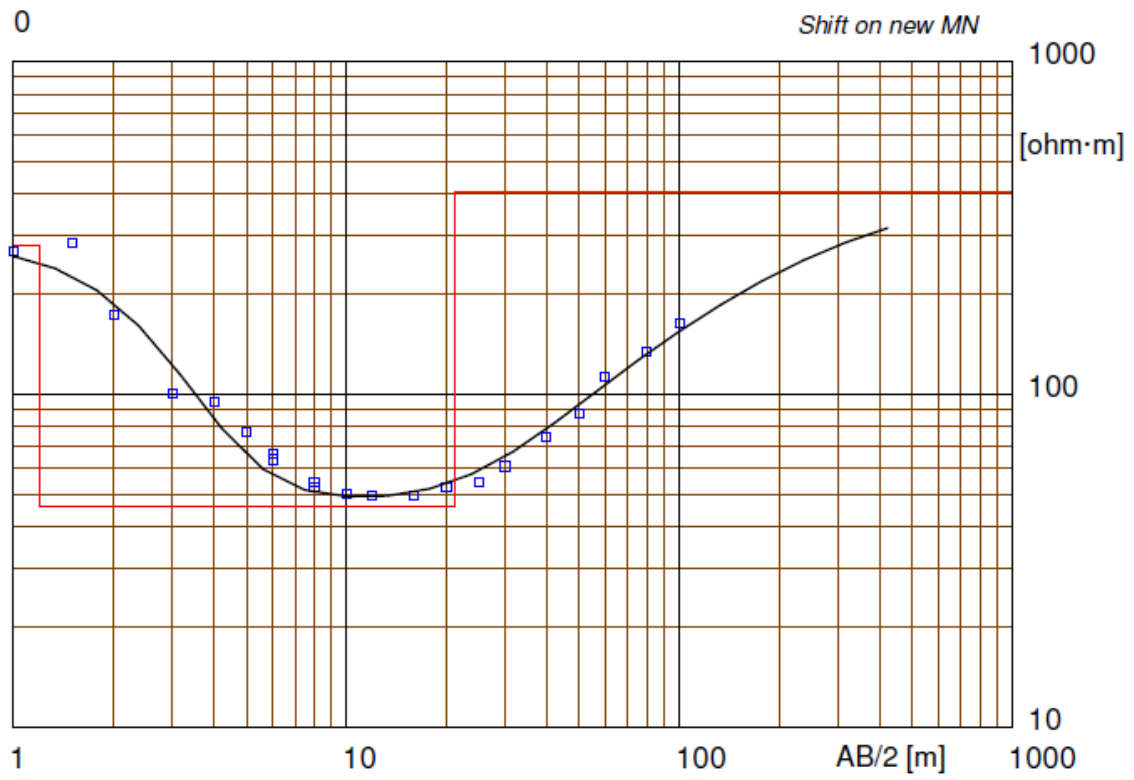
Model Resistivity	Thickness	Depth	Altitude
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
97	1		602
38	27	1	601
358		28	574

Figura 15 - Modelo Geométrico da SEV 1.

Tabela 3 - Tabela de Dados da SEV 1.

Field data and calculated values

MN/2 [m]	AB/2 [m]	DeltaV [mV]	I [mA]	K [-]	Resistivity [ohm·m]
.2	1	99027.9	5985	7.54	125
.2	1.5	36945.4	6107	17.36	105
.2	2	11803.9	5618	31.1	65.3
.2	2.5	5078.1	4570	48.77	54.2
.2	3	5020.5	7410	70.37	47.7
.2	4	2339.3	6920	125	42.3
.2	5	1083.6	4643	196	45.7
.2	6	824.3	4824	282	48.2
1	6	4184.4	4849	54.98	48.5
.2	8	424.4	5479	502	38.8
1	8	2101.8	5507	98.96	38.6
1	10	1024.7	4185	156	39.1
1	12	987.9	5549	225	41
1	16	658.2	6624	401	40.8
4	16	2488	6642	94.25	40.8
1	20	249.5	3857	627	41.5
4	20	927.2	3904	151	41.5
4	25	747.7	4637	239	44.5
4	30	629	5439	347	46.4
4	40	224.5	3211	622	50.3
4	50	225.8	4487	975	56.7
4	60	155.9	3536	1407	71.7
4	70	103.5	2737	1918	83.8



Location X = 44°24'25.97"O Y = 18°44'37.84"S Z = 602 Azim = 0

Model			
Resistivity	Thickness	Depth	Altitude
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
281	1.2	602	
46	20	1.2	600.8
405		21	581

Figura 16 - Modelo Geométrico da SEV 2.

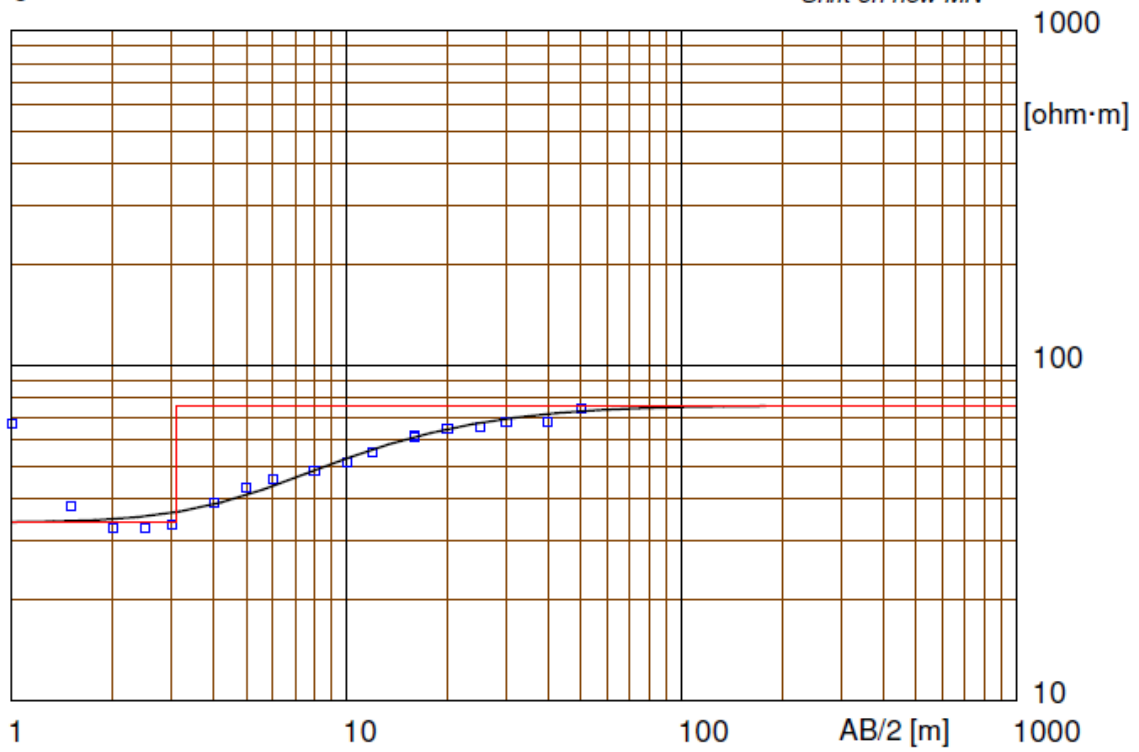
Tabela 4 - Tabela de Dados da SEV 1.

Field data and calculated values

MN/2 [m]	AB/2 [m]	DeltaV [mV]	I [mA]	K [-]	Resistivity [ohm·m]
.2	1	150228.6	4206	7.54	269
.2	1.5	66464.8	4057	17.36	284
.2	2	23693.7	4252	31.1	173
.2	3	6180.2	4326	70.37	101
.2	4	3719.7	4921	125	94.5
.2	5	1748.9	4428	196	77.4
.2	6	856.3	3792	282	63.7
1	6	3558.4	3812	54.98	66
.2	8	424.3	3893	502	54.7
1	8	1626.6	3922	98.96	52.8
1	10	936	3732	156	50.3
1	12	801	4693	225	49.4
1	16	394.2	4096	401	49.6
4	16	1350.3	4098	94.25	49.5
1	20	226.6	3466	627	52.7
4	20	731.2	3337	151	52.8
4	25	506.8	3544	239	54.5
4	30	595.2	5423	347	60.8
4	40	301.2	4003	622	74.7
4	50	201.7	3575	975	87.7
4	60	227.3	4513	1407	113
10	60	625.2	4526	550	113
4	80	141.6	4216	2507	134
10	80	385.3	4217	990	134
10	100	306.4	4334	1555	163

0

Shift on new MN



Location X = 44°24'30.38"O Y = 18°44'39.30"S Z = 610 Azim = 0

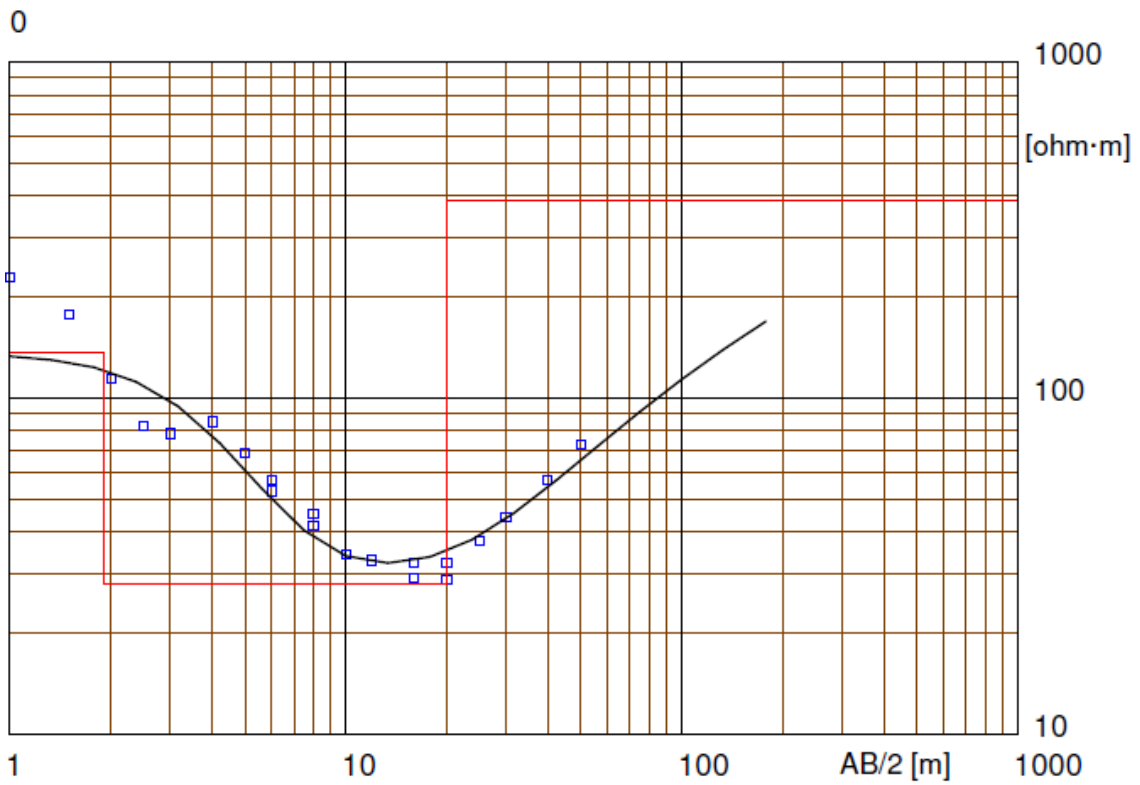
Model			
Resistivity	Thickness	Depth	Altitude
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
34	3.1		610
76		3.1	606.9

Figura 17 - Modelo Geométrico da SEV 3.

Tabela 5 - Tabela de Dados da SEV 3.

Field data and calculated values

MN/2 [m]	AB/2 [m]	DeltaV [mV]	I [mA]	K [-]	Resistivity [ohm·m]
.2	1	24438.8	2745	7.54	67.1
.2	1.5	7512.3	3419	17.36	38.1
.2	2	3707.8	3529	31.1	32.7
.2	2.5	2724.7	4048	48.77	32.8
.2	3	920.2	1942	70.37	33.3
.2	4	1527.7	4910	125	38.9
.2	5	1424.7	6486	196	43.1
.2	6	1166.7	7205	282	45.7
1	6	6559.7	7226	54.98	45.8
.2	8	632.4	6565	502	48.4
1	8	3472.9	6535	98.96	48.3
1	10	397.2	1102	156	51.6
1	12	1078.9	4060	225	54.9
1	16	1231.1	7369	401	61.5
4	16	5192.3	7342	94.25	61.2
1	20	778	6923	627	64.7
4	20	3256.1	6941	151	65
4	25	1277.7	4262	239	65.7
4	30	310.5	1457	347	67.9
4	40	423.8	3557	622	68
4	50	484.5	5851	975	74.1



Location X = 44°24'25.02"O Y = 18°44'43.57"S Z = 604 Azim = 0

Model

Resistivity	Thickness	Depth	Altitude
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
136	1.9		604
28	18	1.9	602.1
386		20	584

Figura 18 - Modelo Geométrico da SEV 4.

Tabela 6 - Tabela de Dados da SEV 4.

Field data and calculated values

MN/2 [m]	AB/2 [m]	DeltaV [mV]	I [mA]	K [-]	Resistivity [ohm·m]
.2	1	99027.9	5985	7.54	125
.2	1.5	36945.4	6107	17.36	105
.2	2	11803.9	5618	31.1	65.3
.2	2.5	5078.1	4570	48.77	54.2
.2	3	5020.5	7410	70.37	47.7
.2	4	2339.3	6920	125	42.3
.2	5	1083.6	4643	196	45.7
.2	6	824.3	4824	282	48.2
1	6	4184.4	4849	54.98	48.5
.2	8	424.4	5479	502	38.8
1	8	2101.8	5507	98.96	38.6
1	10	1024.7	4185	156	39.1
1	12	987.9	5549	225	41
1	16	658.2	6624	401	40.8
4	16	2488	6642	94.25	40.8
1	20	249.5	3857	627	41.5
4	20	927.2	3904	151	41.5
4	25	747.7	4637	239	44.5
4	30	629	5439	347	46.4
4	40	224.5	3211	622	50.3
4	50	225.8	4487	975	56.7
4	60	155.9	3536	1407	71.7
4	70	103.5	2737	1918	83.8

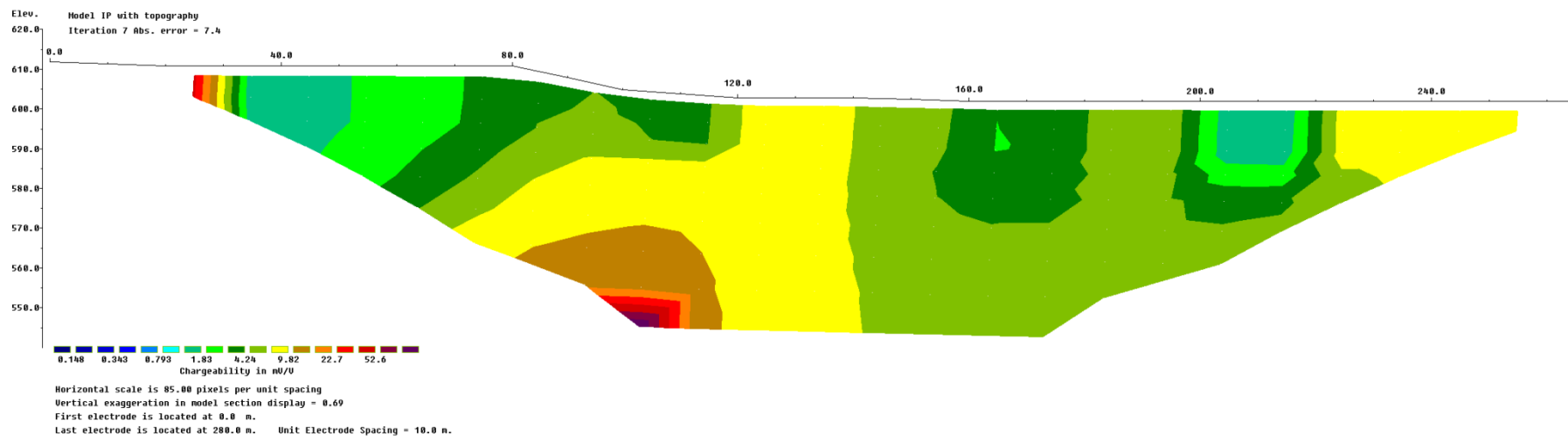
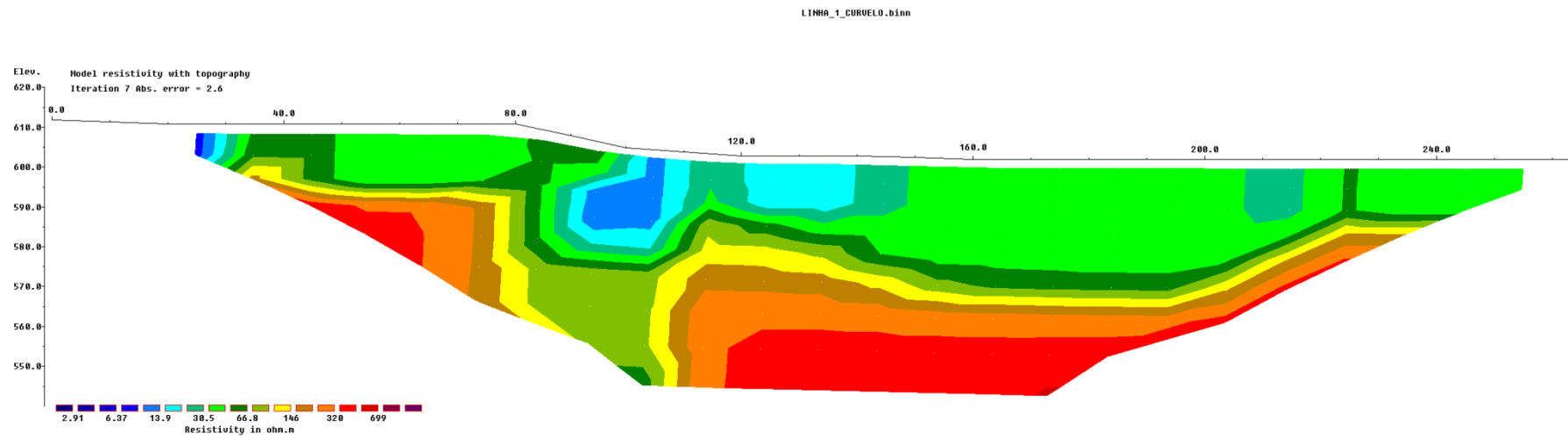


Figura 19 Seção Inversa de Resistividade e Polarização Induzido da Linha 1.

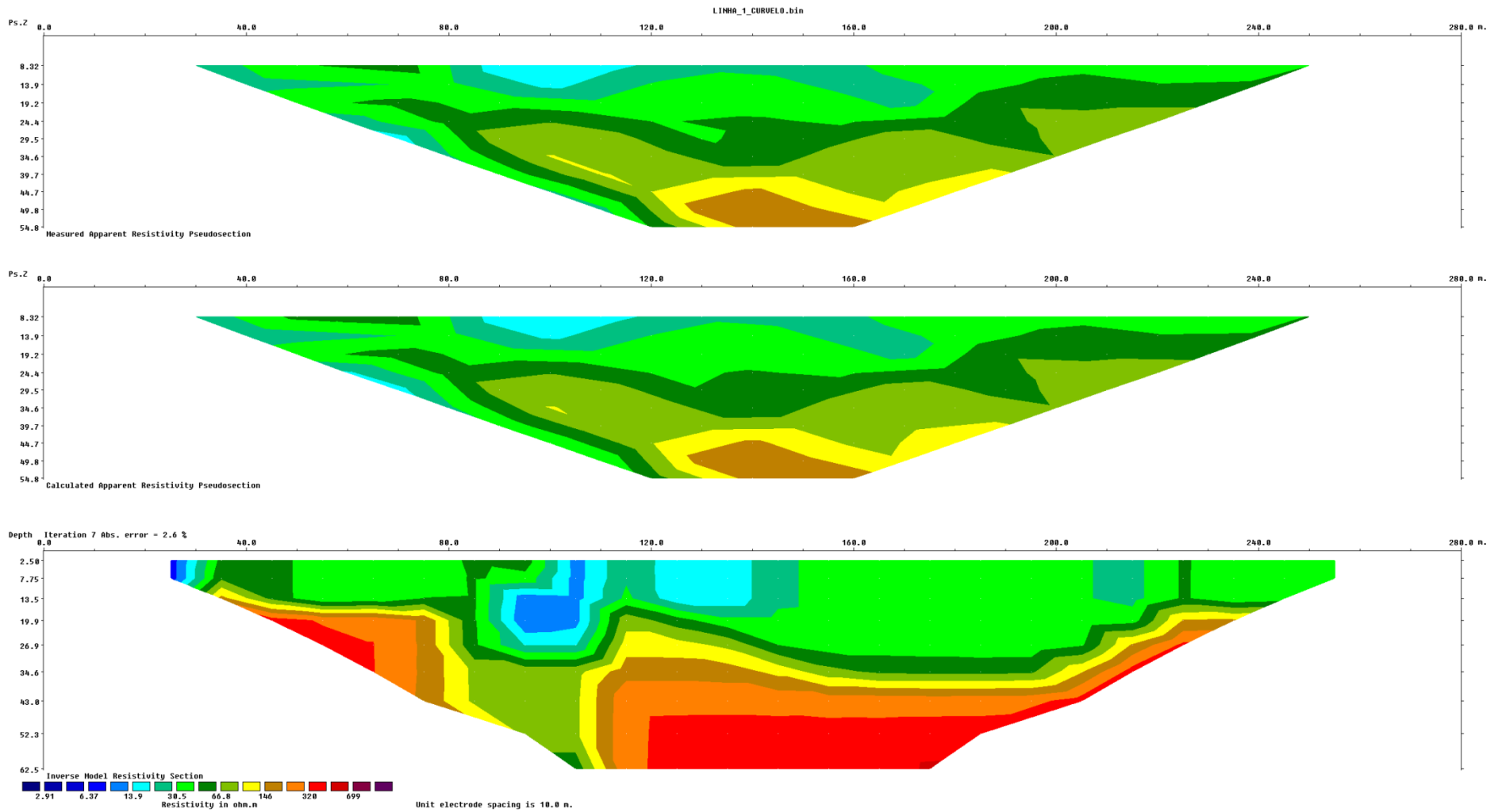


Figura 20 – Pseudo-seção Medida, Calculada e Inversa de Resistividade Elétrica da Linha 1.

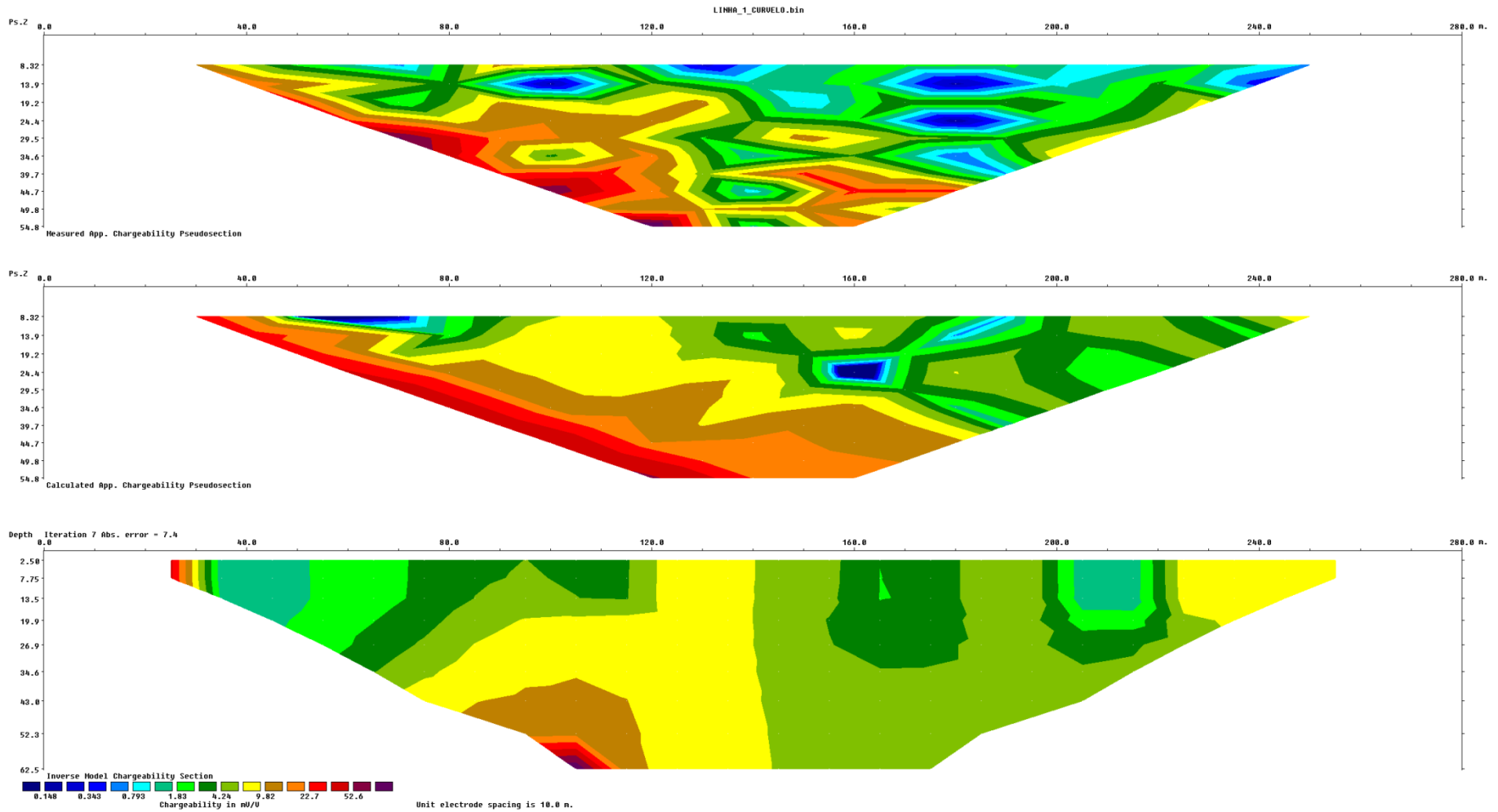


Figura 21 - Pseudo-seção Medida, Calculada e Inversa de Polarização Induzida da Linha 1.

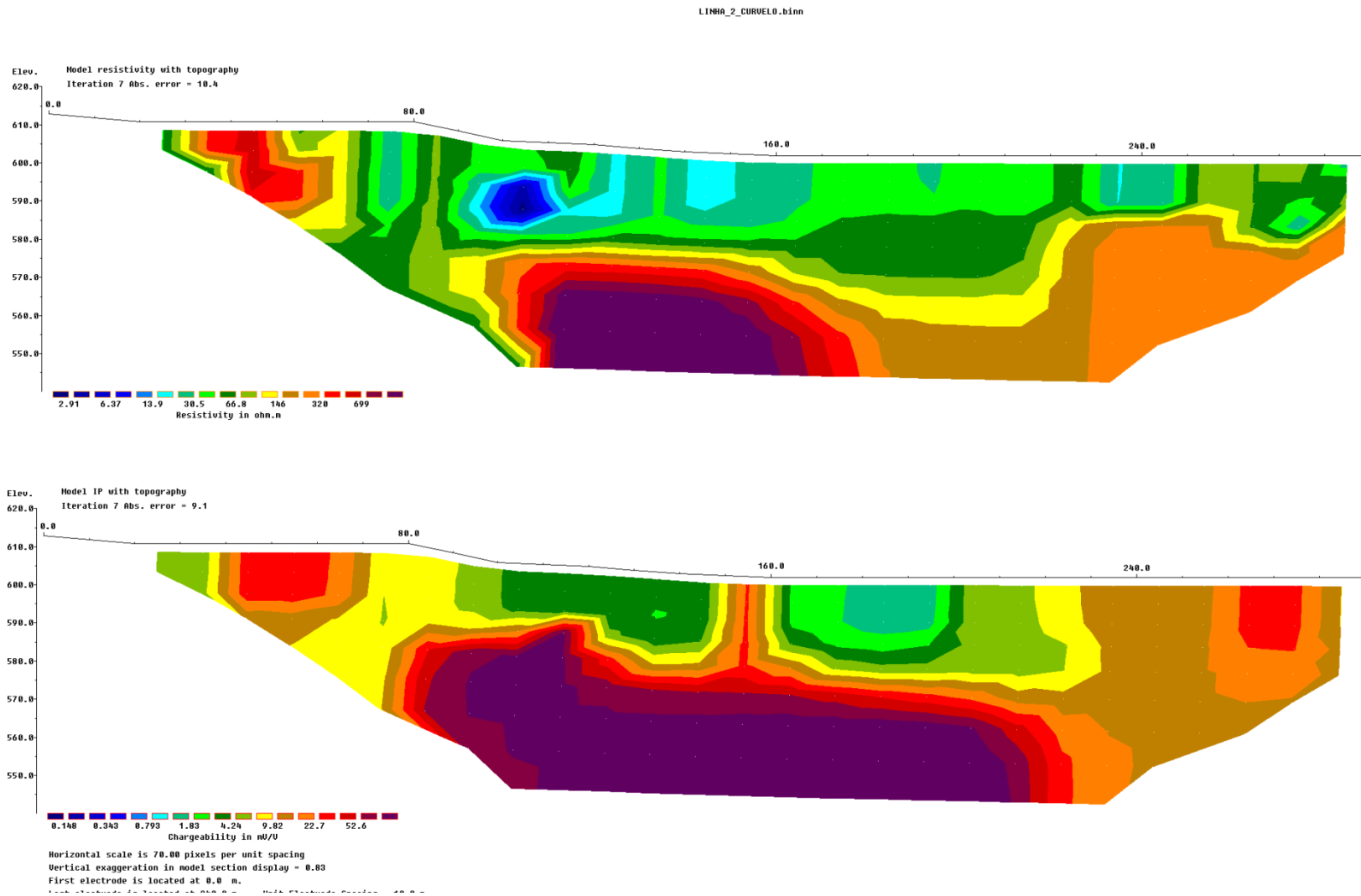


Figura 22 Seção Inversa de Resistividade e Polarização Induzido da Linha 2.

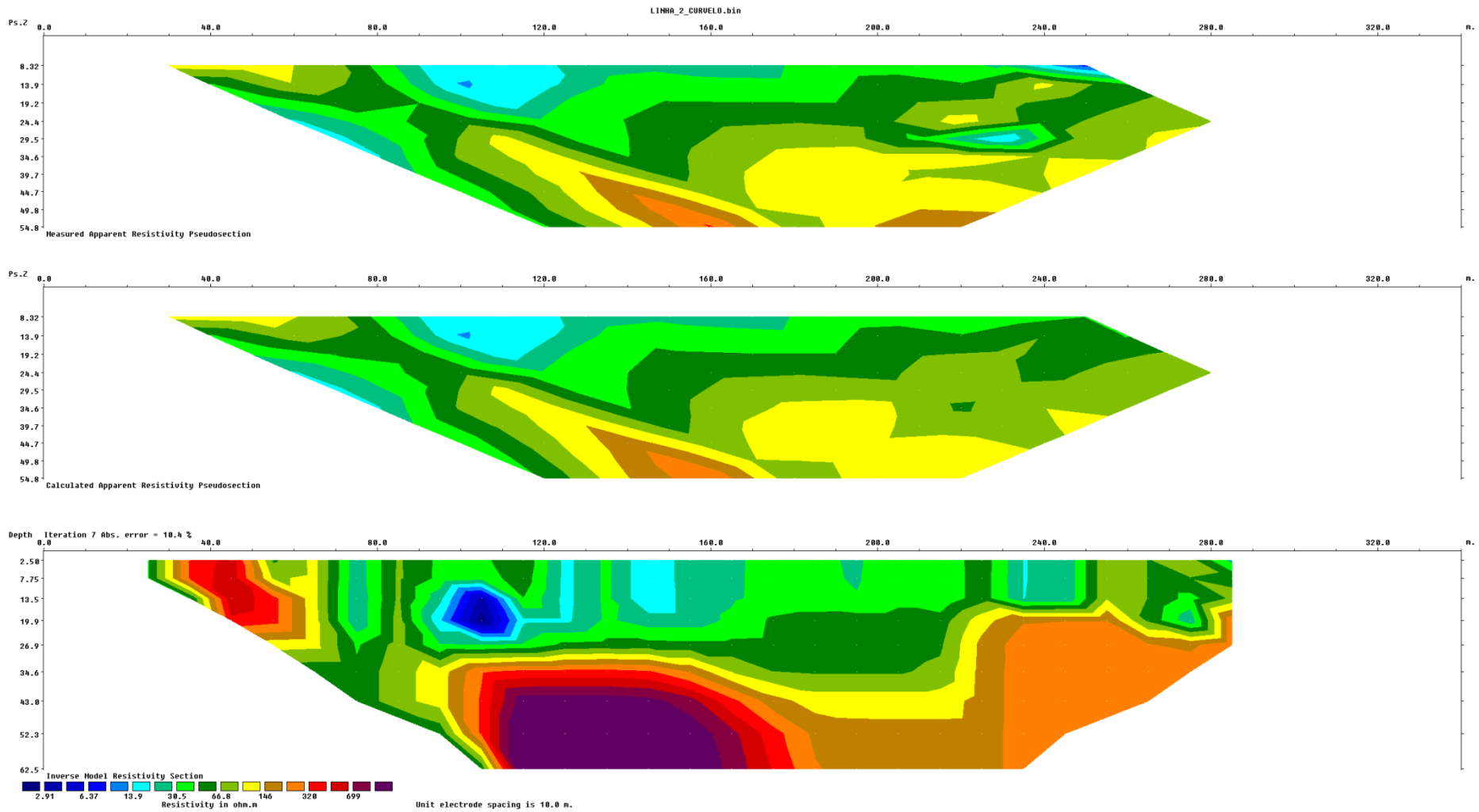


Figura 23 – Pseudo-seção Medida, Calculada e Inversa de Resistividade Elétrica da Linha 2.

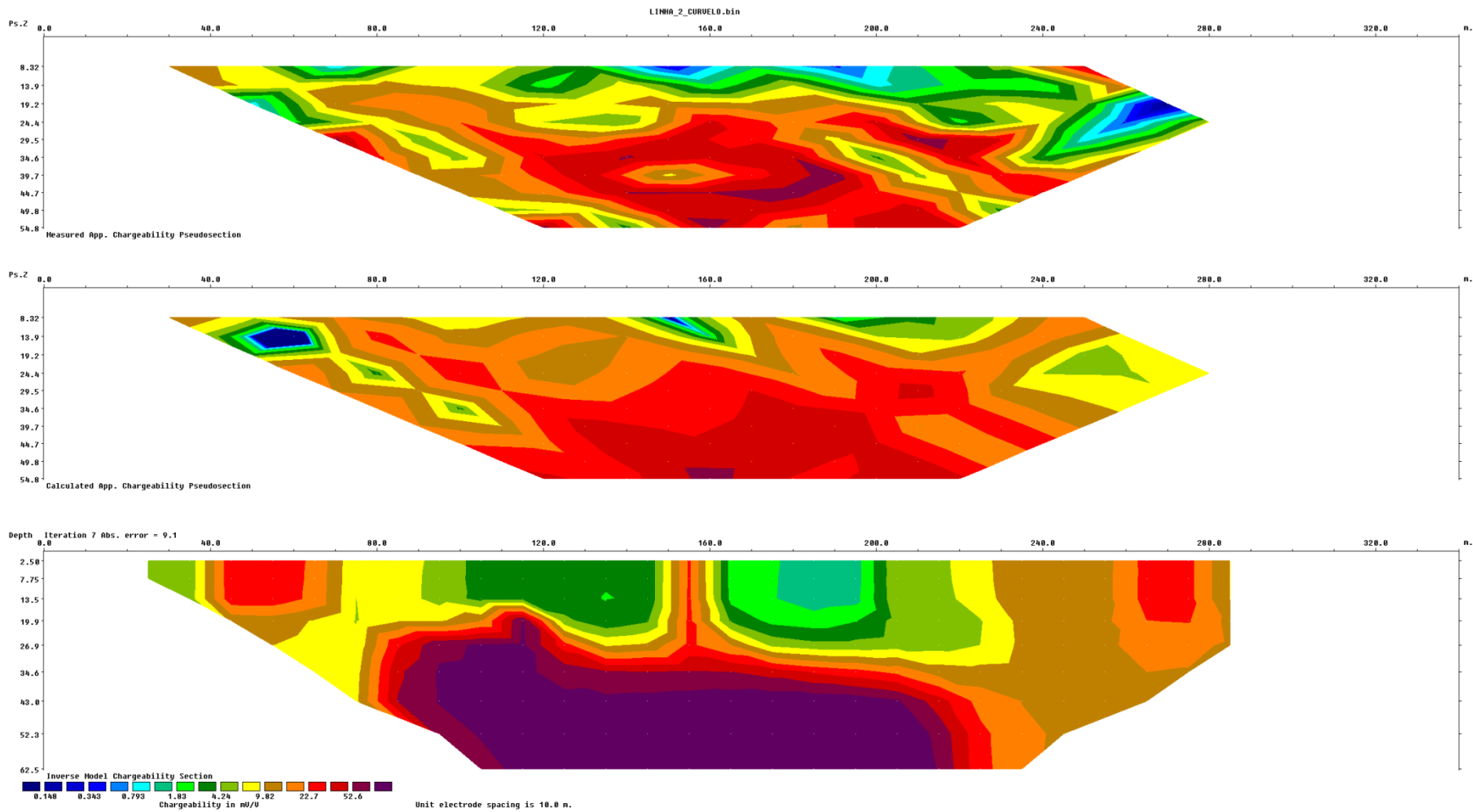


Figura 24 - Pseudo-seção Medida, Calculada e Inversa de Polarização Induzida da Linha 2.

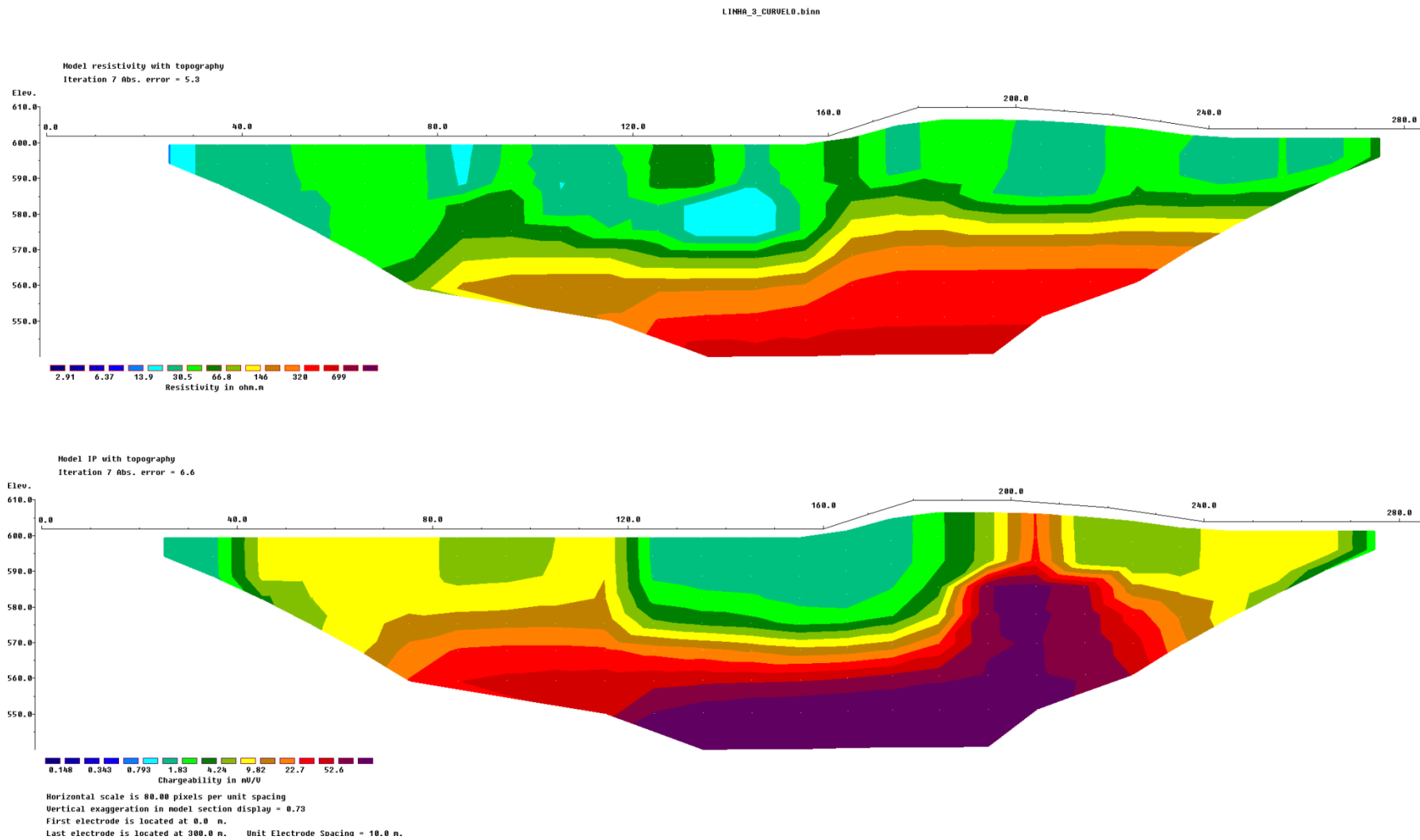


Figura 25 Seção Inversa de Resistividade e Polarização Induzido da Linha 3.

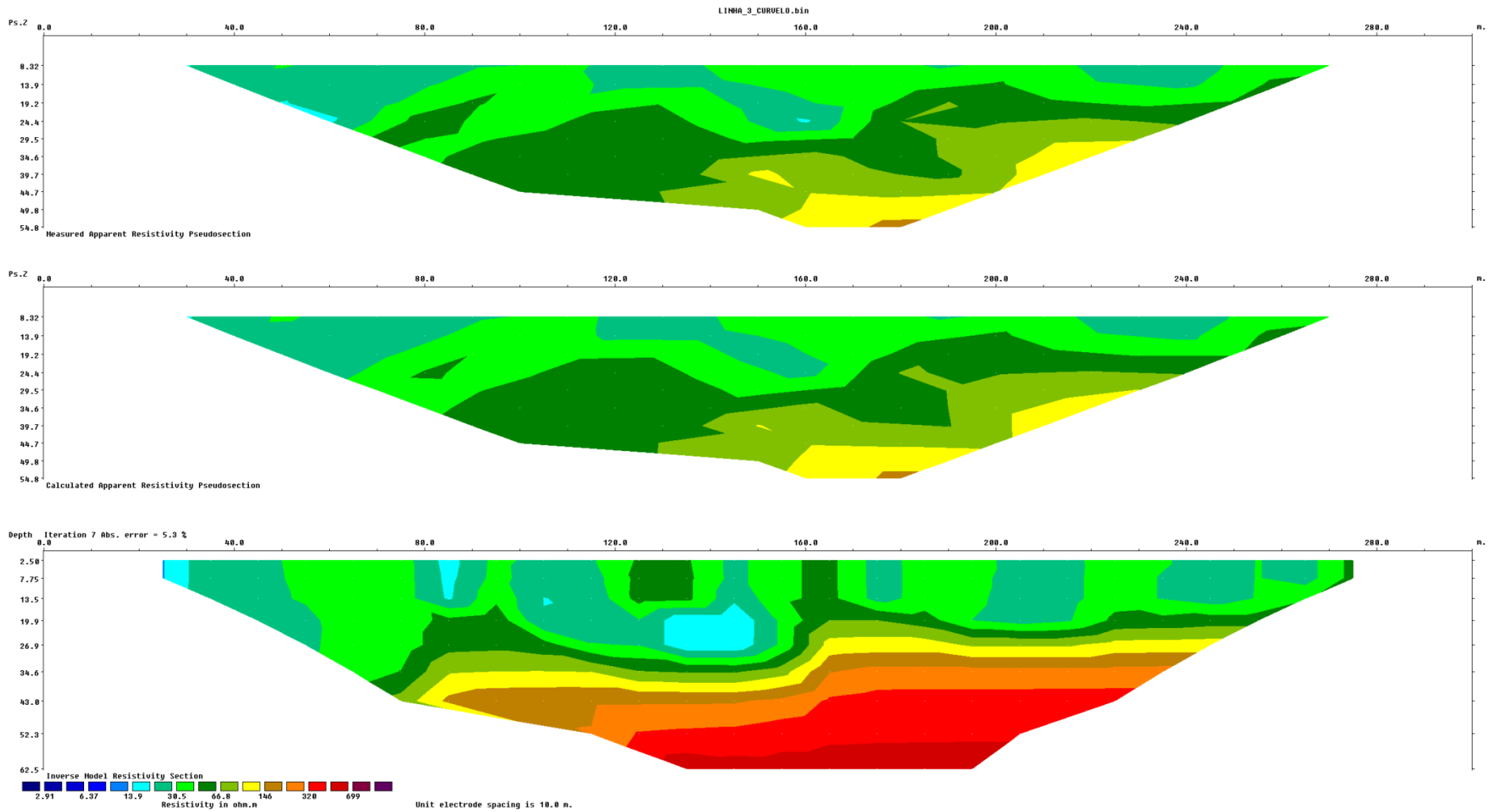


Figura 26 – Pseudo-seção Medida, Calculada e Inversa de Resistividade Elétrica da Linha 3.

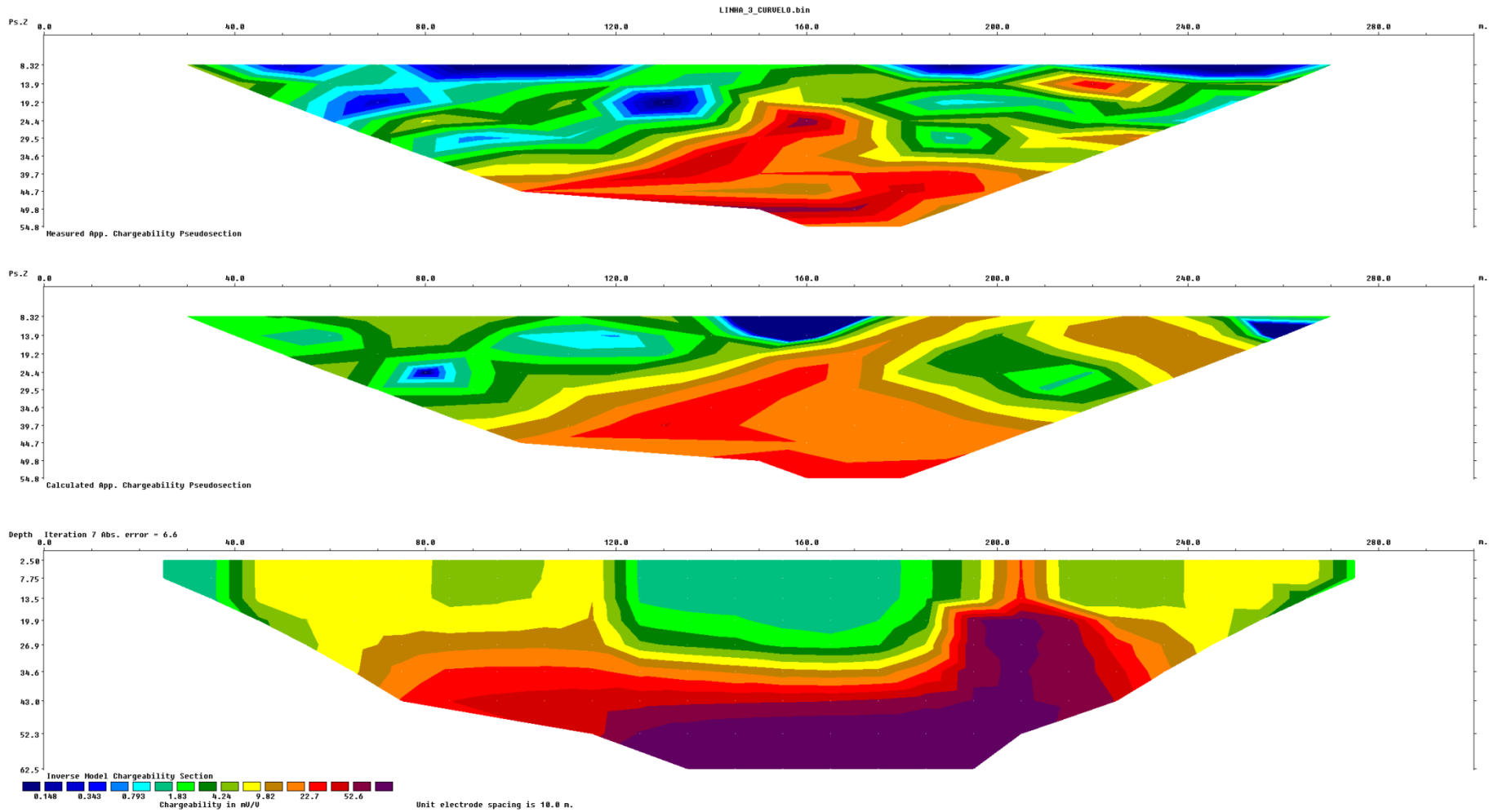


Figura 27 - Pseudo-seção Medida, Calculada e Inversa de Polarização Induzida da Linha 3.