

Ministério de Minas e Energia
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

**“CARTAS DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÕES”**

GEOFÍSICA

(Itatiba)

Autores: Jairo J. C. Andrade; Sergio R. E. Carvalho; Luiz G. R. Pinto



São Paulo, 30 de Outubro de 2018

Sumário

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 3 |
| MÉTODOS E MATERIAIS | 3 |
| Métodos Elétricos | 3 |
| Sondagem Elétrica Vertical | 4 |
| Caminhamento Elétrico | 5 |
| Equipamentos Utilizados | 6 |
| AQUISIÇÃO DOS DADOS..... | 7 |
| PROCESSAMENTO DOS DADOS..... | 10 |
| Sondagem Elétrica Vertical | 10 |
| Caminhamento Elétrico | 11 |
| INTERPRETAÇÃO..... | 14 |
| Sondagem Elétrica Vertical | 14 |
| Caminhamento Elétrico | 15 |
| REFERÊNCIAS..... | 19 |
| APÊNDICE | 20 |

INTRODUÇÃO

No projeto “Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações” foi realizada campanha de geofísica terrestre, levantamento elétrico, objetivando estimar a espessura do solo, profundidade do topo do cristalino rochoso e mapear feições e estruturas geológicas de interesse.

O levantamento se deu na região que abrange a cidade de Itatiba entre os dias 17 e 19 de setembro de 2018, com equipe composta por um geofísico, um técnico de geociências e um auxiliar de campo.

MÉTODOS E MATERIAIS

Métodos Elétricos

Os métodos elétricos utilizam correntes contínuas ou alternadas de baixa frequência para investigar as propriedades elétricas da subsuperfície. Nesse trabalho foram usados os métodos de resistividade a fim de estudar discontinuidades horizontais e verticais nas propriedades elétricas do solo e associá-las aos objetivos do projeto. Nos métodos de resistividade, correntes elétricas geradas artificialmente são introduzidas no solo e as diferenças de potencial resultantes são medidas na superfície.

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 resistividade de rochas. Secundariamente, a presença de argilo-minerais, minerais sulfetados e granulação grosseira.

A resistividade elétrica é determinada 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).

Sondagem Elétrica Vertical

A técnica da SEV consiste numa sucessão de medidas de um parâmetro geológico efetuadas a partir da superfície do terreno. 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 1).

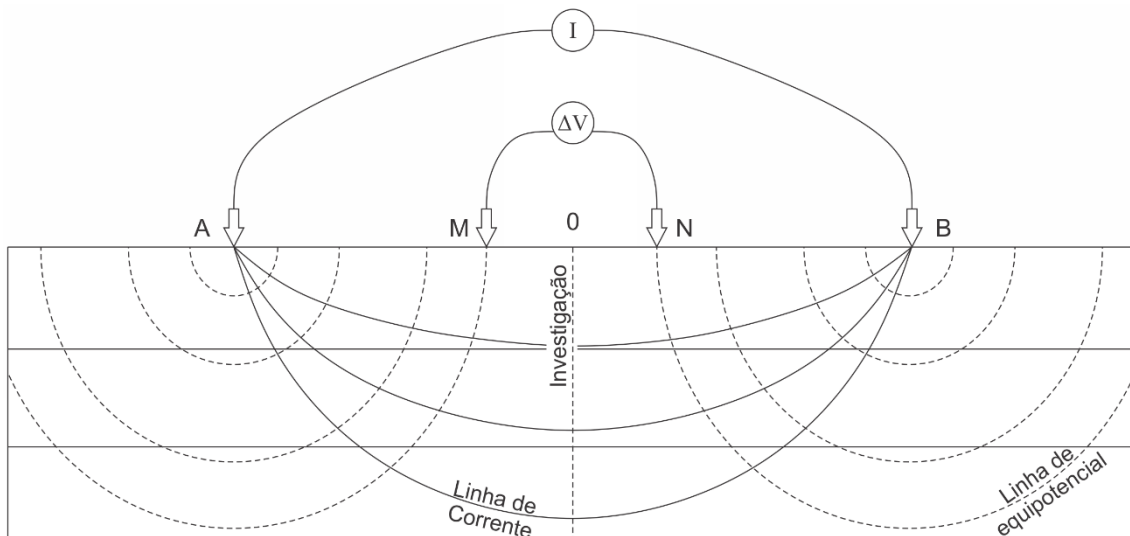


Figura 1 - Técnica da sondagem elétrica vertical (SEV).

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 mantém 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 Schumberger, 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 2). Neste levantamento foram utilizados simultaneamente 10 dipolos de recepção (MN) disposto ao longo do sentido de aquisição de dados (cada dipolo corresponde a um nível de investigação).

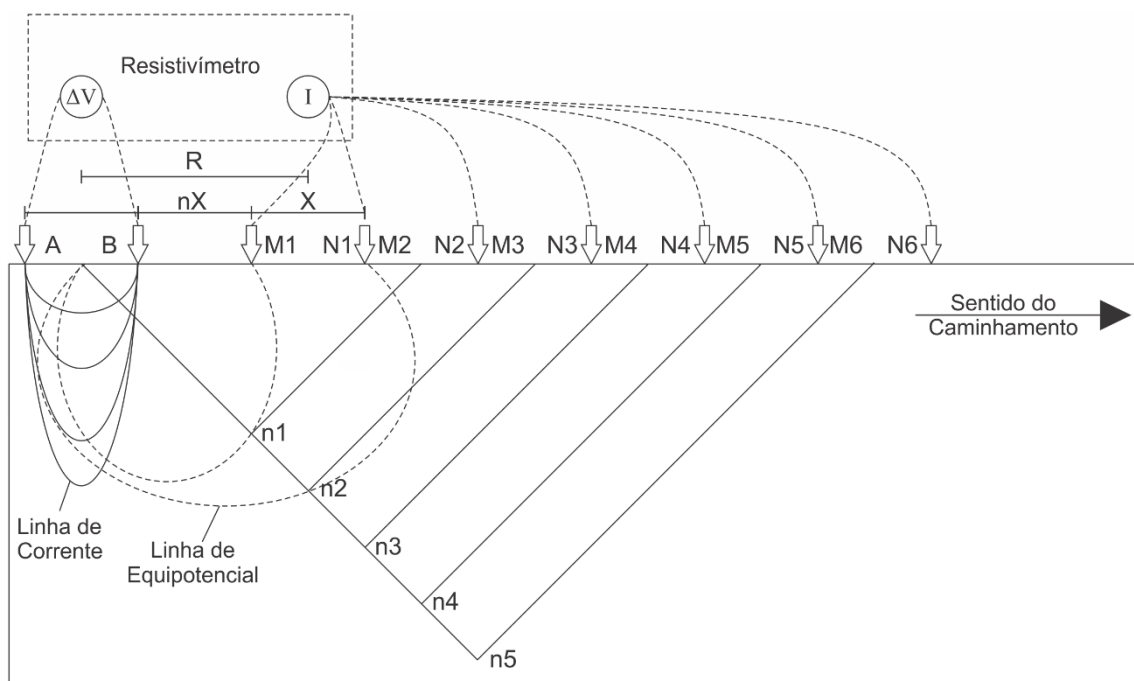


Figura 2 - Esquema do CE, arranjo dipolo-dipolo.

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).

Equipamentos Utilizados

No levantamento foi utilizado o resistivímetro Syscal Pro (Figura 3), que possui 10 canais de leitura integrados. Para a SEV estavam disponíveis quatro rolos de cabos sendo dois de 100m e dois de 350m. Para o CE estavam disponíveis dois conjuntos de cabos com abertura máxima, entre cada canal, de 5 e 20m com 10 canais de medidas cada, permitindo leituras automáticas em todos os eletrodos. Os equipamentos auxiliares foram: uma bateria 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 3 - Syscal Pro.

As coordenadas foram registradas com o GPS portátil Garmin 62sc, admitindo-se um precisão máxima horizontal de 5 m e vertical de 10 m. Essas são também as precisões dos produtos geofísicos gerados.

AQUISIÇÃO DOS DADOS

Na região foram realizados 2 CEs e 4 SEVs. Os CEs foram realizados objetivando estimar a extensão de aluvião nas áreas de interesse e as SEVs visavam estimar a espessuras das camadas litológicas e profundidade do topo do embasamento.

O primeiro CE, Linha 1, foi realizado sobre toda a superfície da drenagem e uma de suas margens, mas foi necessário a interrupção do levantamento por razões climáticas, chuva forte, não sendo possível realizar o levantamento na sua margem oposta (Figura 4). A SEV 1 foi realizada sobre a Linha 1.

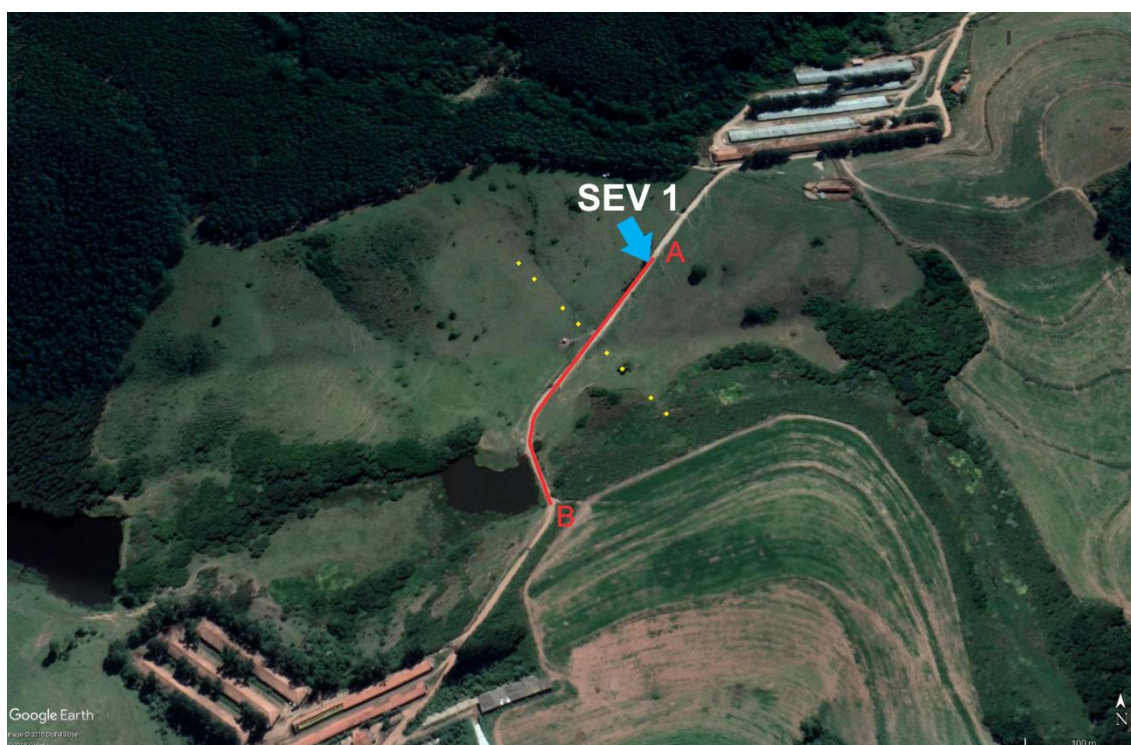


Figura 4 - Linha 1 e SEV 1. A e B identificam, respectivamente, início e fim do CE. Ponto A: (X=46°53'14.15"O; Y= 22°57'6.84"S), Ponto B: (X= 46°53'17.90"O; Y= 22°57'15.40"S) e SEV 1: (X= 46°53'14.40"O; Y= 22°57'7.10"S).

Devido à dificuldade com autorização para realização dos levantamentos em propriedades privadas o segundo CE, Linha 2, foi realizado seccionando uma drenagem não programada previamente (Figura 5). A SEV 4 foi realizada sobre a Linha 2.



Figura 5 - Linha 2 e SEV 4. A e B identificam, respectivamente, início e fim do CE. Ponto A: (X= 46°47'29.80"O; Y= 22°56'57.30"S), Ponto B: (X= 46°47'34.30"O; Y= 22°57'2.16"S) e SEV 4: (X= 46°47'32.40"O; Y= 22°56'59.40"S).

A existência de aluviões nessas áreas é inferida através de interpretações preliminares em imagens de satélite.

As SEVs: 2 (Figura 6) e 3 (Figura 7) objetivaram identificar a espessura do solo e profundidade do topo do embasamento.



Figura 6 - Localização da SEV 2. ($X= 46^{\circ}52'22.50''O$; $Y= 23^{\circ} 0'36.70''S$).



Figura 7 - Localização da SEV 3. ($X= 46^{\circ}53'55.70''O$; $Y= 22^{\circ}58'43.50''S$).

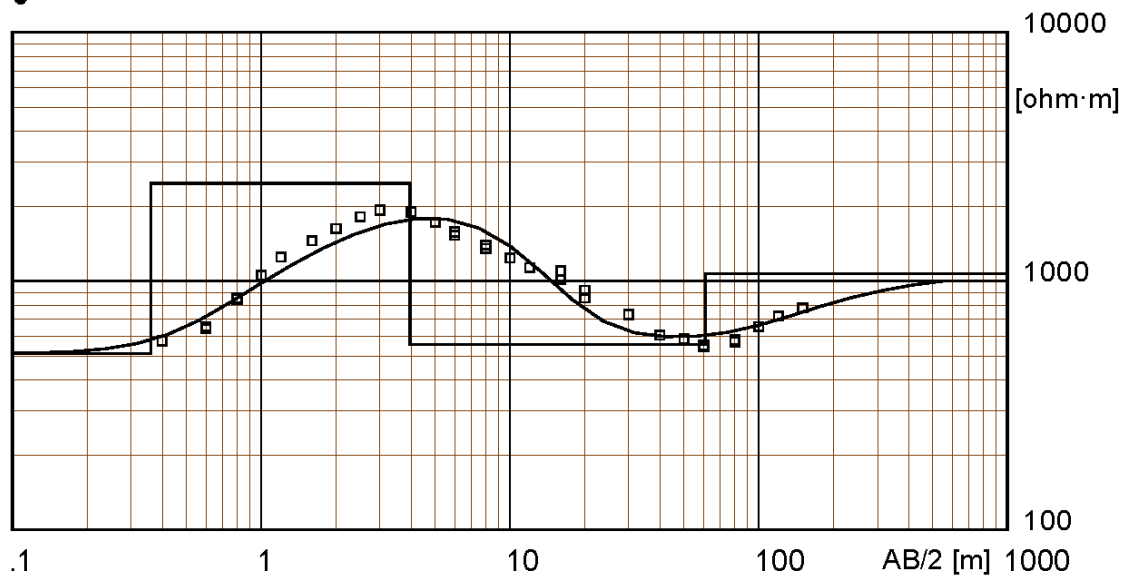
PROCESSAMENTO DOS DADOS

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. O método de inversão utilizado foi automático, realizando mínimas intervenções manuais, apenas quando o ajuste cria modelos muito complexos com várias camadas.

A inversão da SEV 1 (Figura 8) resultou num modelo de 4 camadas geolétricas.

0



Location X = 46°53'14.40"O Y = 22°57'7.10"S Z = 762 Azim = 0

| Model | | | |
|-------------|-----------|-------|----------|
| Resistivity | Thickness | Depth | Altitude |
| [ohm·m] | [m] | [m] | [m] |
| 510 | .36 | | 762 |
| 2467 | 3.6 | .36 | 761.6 |
| 555 | 57 | 4 | 758 |
| 1069 | | 61 | 701 |

Figura 8 - Modelo de camadas Geolétricas da SEV 1.

Os modelos geolétricos de camadas das SEVs 2, 3 e 4, e as tabelas de dados encontram-se no apêndice.

Caminhamento Elétrico

Para o processamento dos dados dos CEs 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).

Estudos preliminares foram realizados para verificar qual espaçamento entre os eletrodos se adequaria melhor ao objetivo do levantamento e verificou-se que o espaçamento de 5m obteve os melhores resultados.

Elevação (m)

LINHA 1

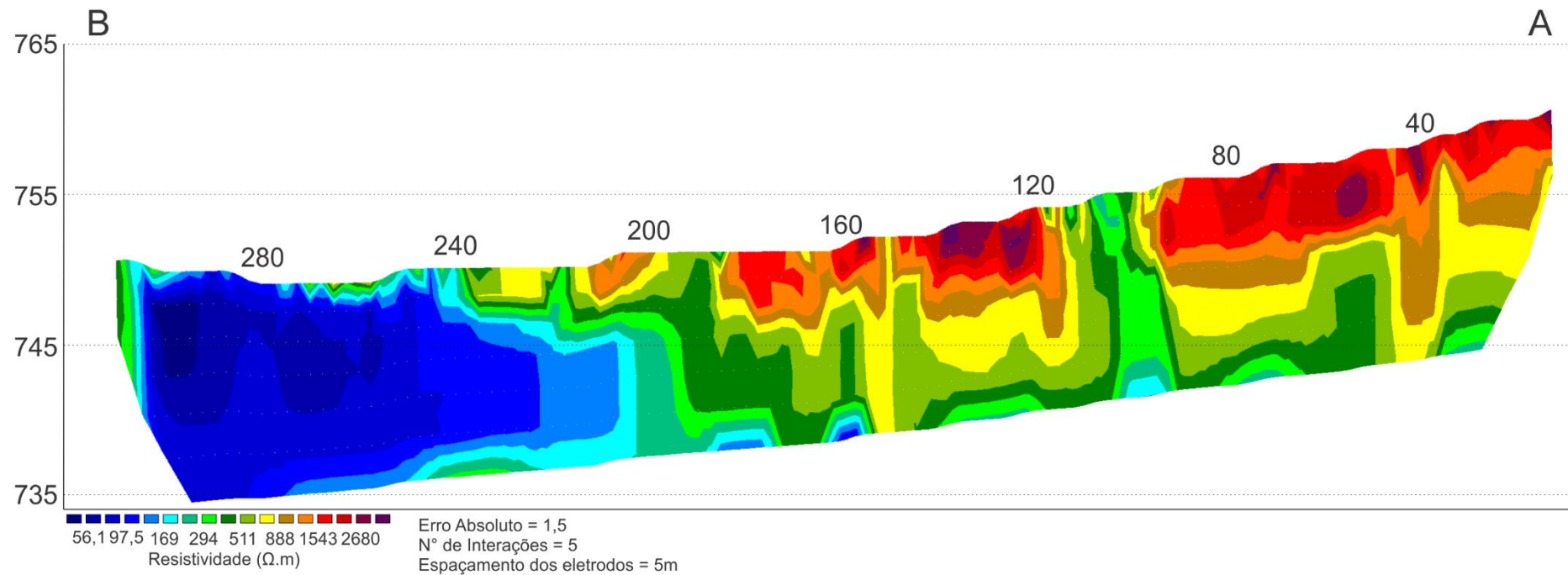


Figura 9 - Seção inversa da Linha 1.

Elevação (m)

LINHA 2

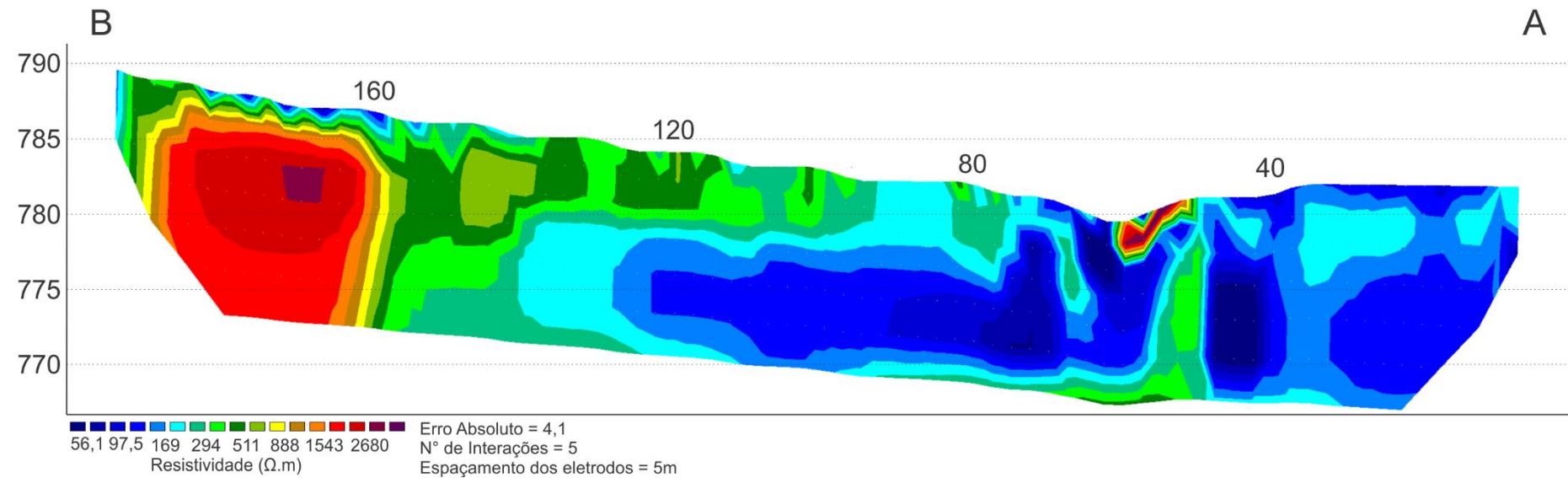


Figura 10 – Seção inversa da Linha 2.

As Pseudo-Seções medida, calculada e Seção Invertida dos CEs encontram-se no apêndice.

INTERPRETAÇÃO

Sondagem Elétrica Vertical

As SEVs apresentam camadas geoeletricas que podem ser interpretadas (Telford et al., 1990) conforme as tabelas abaixo:

Tabela 1 - Interpretação da SEV 1.

| RES (Ω .m) | Espessura (m) | Litologia Associada |
|--------------------|---------------|----------------------------------|
| 510 | 0,36 | Solo arenoso (Horizonte A) |
| 2467 | 3,6 | Solo arenoso |
| 555 | 57 | Solo arenoso saturado |
| 1069 | | Cristalino rochoso (embasamento) |

Tabela 2 - Interpretação da SEV 2.

| RES (Ω .m) | Espessura (m) | Litologia Associada |
|--------------------|---------------|----------------------------------|
| 358 | 0,32 | Solo arenoso (Horizonte A) |
| 2161 | 6,5 | Solo arenoso |
| 216 | 78 | Solo arenoso saturado |
| 4619 | | Cristalino rochoso (embasamento) |

Tabela 3 - Interpretação da SEV 3.

| RES (Ω .m) | Espessura (m) | Litologia Associada |
|--------------------|---------------|-----------------------------------|
| 63 | 0,28 | Solo areno-argiloso (Horizonte A) |
| 1873 | 5,5 | Solo arenoso |
| 443 | 69 | Solo arenoso saturado |
| 3856 | | Cristalino rochoso (embasamento) |

Tabela 4 - Interpretação da SEV 4.

| RES (Ω .m) | Espessura (m) | Litologia Associada |
|--------------------|---------------|-----------------------------------|
| 190 | 0,29 | Solo areno-argiloso (Horizonte A) |
| 255 | 3,2 | Aluvião |
| 137 | 20 | Solo arenoso saturado |
| 740 | | Cristalino rochoso (embasamento) |

Caminhamento Elétrico

Os CEs tinham por objetivo mapear a extensão do aluvião nas áreas de interesse. Os aluviões são constituídos por materiais erodidos, retrabalhados, transportados pelo curso d'água e depositados em seus leitos e margens. São também depositados nos fundos e nas margens de lagoas e lagos, sempre associados a ambientes fluviais (Vaz, 1996)

Os contrastes de resistividade nas margens das drenagens não evidenciaram com clareza a extensão dos aluviões e no leito não houve contraste de resistividade devido a condição de saturação. Nas interpretações tomou-se por opção a sugestão destas extensões, inferidas por pequenas variações de resistividade. É necessária confirmação posterior, por meio de trado, para refinar a interpretação.

Devido a dificuldades operacionais o CE investigou, na Linha 1, apenas uma das margens da drenagem e sugere que o aluvião possui aproximadamente 45m de extensão (Figura 12). Existem duas descontinuidades laterais que podem estar associadas a estruturas geológicas, principalmente a que secciona o perfil entre as posições 95 e 115m. Na Figura 4 podemos observar uma tendência linear, paralela à linha amarela tracejada, que corta o perfil nesta posição.

A interpretação da Linha 2 (Figura 13) sugere extensão de aluvião de aproximadamente 45m a direita da drenagem que encontra-se entre as posições 60 e 70m. A esquerda da drenagem não foi possível verificar variação significativa de resistividade. A SEV 4, localizada na posição de 100, evidencia a camada que pode estar associada ao aluvião e confirma que a variação de resistividade entre ela e o solo é muito sutil.

O perfil apresenta uma descontinuidade lateral na posição 160 que pode estar associada a uma falha geológica. O desnível entre o topo rochoso a partir da posição 160 e do topo rochoso na SEV 4 reforçam a possibilidade de falha.

Os valores de resistividade elevados sobre a drenagem é decorrente de ação antrópica, rochas foram usadas na base de sustentação da ponte sobre córrego (Figura 11).



Figura 11 - Caminhamento elétrico sobre ponte. Contorno amarelo sobre posições dos eletrodos.

Elevação (m)

LINHA 1

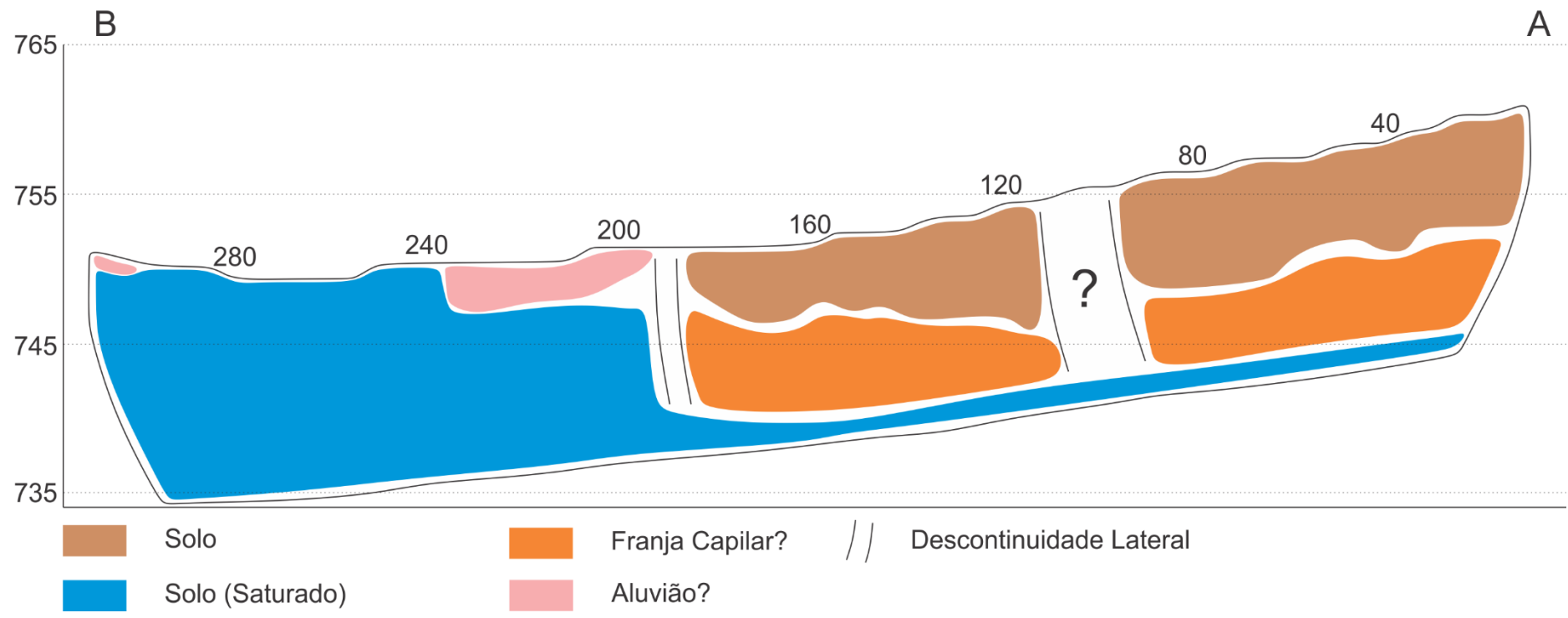


Figura 12 - Linha 1 interpretada.

Elevação (m)

LINHA 2

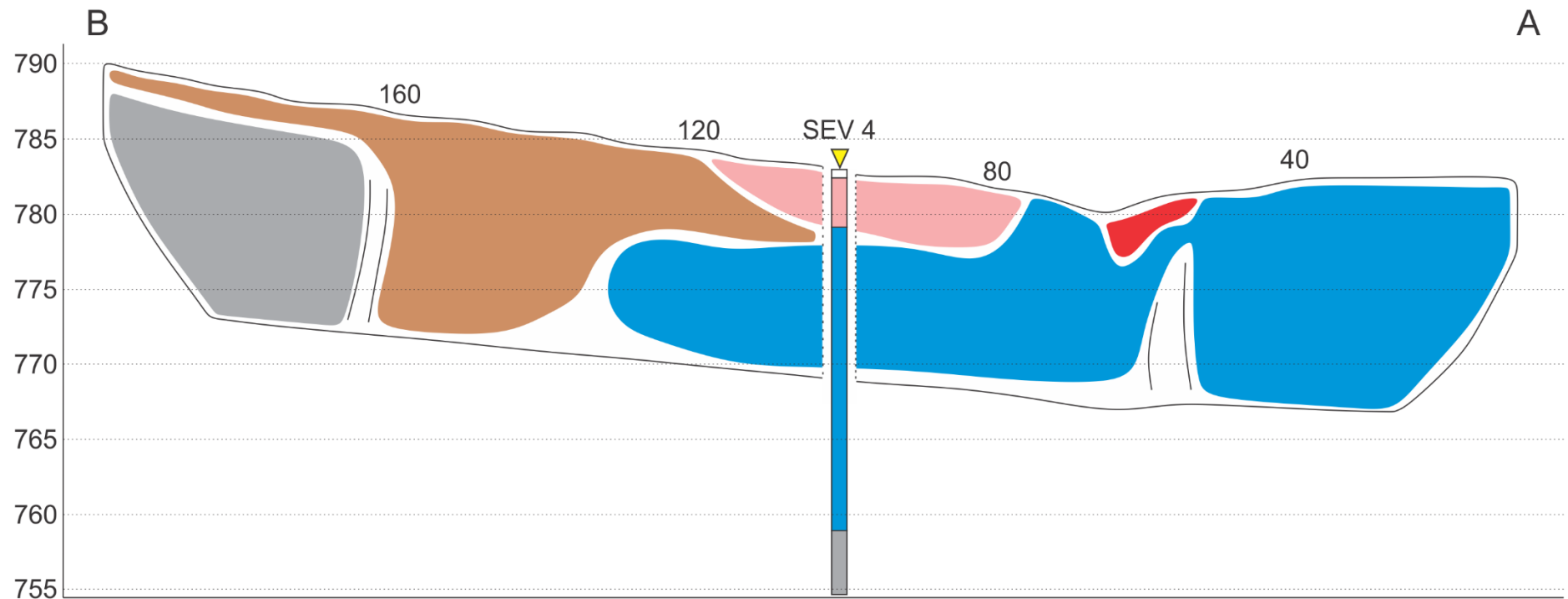


Figura 13 - Linha 2 e SEV 4 interpretadas.

REFERÊNCIAS

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

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

VAZ, L. F. **Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rochas em regiões tropicais**. In: Rev. Solos e Rochas, v. 19, n. 2, ABMS/ABGE, São Paulo, SP, 1996. p. 117 - 136.

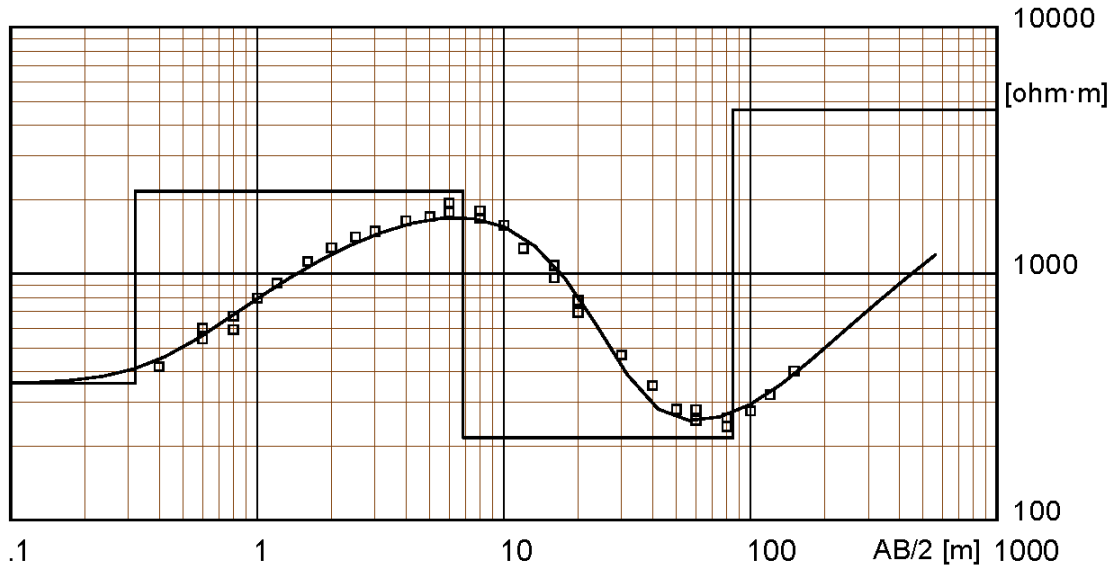
APÊNDICE

Field data and calculated values

| MN/2 [m] | AB/2 [m] | DeltaV [mV] | I [mA] | K [-] | Resistivity [ohm·m] |
|--------------------|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|
| .1 | .4 | 729.6 | 3 | 2.36 | 574 |
| .1 | .6 | 32031 | 269 | 5.5 | 655 |
| .2 | .6 | 30747.4 | 120 | 2.51 | 643 |
| .1 | .8 | 32098.5 | 376 | 9.9 | 845 |
| .2 | .8 | 31280.8 | 173 | 4.71 | 852 |
| .2 | 1 | 31593.5 | 226 | 7.54 | 1054 |
| .2 | 1.2 | 32261.2 | 285 | 11 | 1245 |
| .2 | 1.6 | 32586.7 | 445 | 19.79 | 1449 |
| .2 | 2 | 32578.1 | 624 | 31.1 | 1624 |
| .2 | 2.5 | 32822 | 884 | 48.77 | 1811 |
| .2 | 3 | 32788.1 | 1199 | 70.37 | 1924 |
| .2 | 4 | 32977.8 | 2176 | 125 | 1894 |
| .2 | 5 | 23233.1 | 2641 | 196 | 1724 |
| .2 | 6 | 15125 | 2711 | 282 | 1573 |
| 1 | 6 | 33351.2 | 1201 | 54.98 | 1527 |
| .2 | 8 | 8447.7 | 3045 | 502 | 1393 |
| 1 | 8 | 33132 | 2428 | 98.96 | 1350 |
| 1 | 10 | 23366.6 | 2951 | 156 | 1235 |
| 1 | 12 | 13458 | 2674 | 225 | 1132 |
| 1 | 16 | 8784.2 | 3479 | 401 | 1012 |
| 4 | 16 | 33707.7 | 2897 | 94.25 | 1097 |
| 1 | 20 | 4447.8 | 3263 | 627 | 855 |
| 4 | 20 | 19792.8 | 3258 | 151 | 917 |
| 4 | 30 | 7531.7 | 3570 | 347 | 732 |
| 4 | 40 | 3317.9 | 3411 | 622 | 605 |
| 4 | 50 | 2315.3 | 3868 | 975 | 584 |
| 4 | 60 | 1570.4 | 4010 | 1407 | 551 |
| 10 | 60 | 3939.8 | 3976 | 550 | 545 |
| 4 | 80 | 1067.5 | 4625 | 2507 | 579 |
| 10 | 80 | 2644.2 | 4612 | 990 | 568 |
| 10 | 100 | 1849.7 | 4388 | 1555 | 655 |
| 10 | 120 | 744.2 | 2313 | 2246 | 723 |
| 10 | 150 | 883.3 | 3991 | 3519 | 779 |

Figura 14 - Dados da SEV 1.

0



Location X = 46°52'22.50"O Y = 23° 0'36.70"S Z = 769 Azim = 0

Model

| Resistivity | Thickness | Depth | Altitude |
|-------------|-----------|-------|----------|
| [ohm·m] | [m] | [m] | [m] |
| 358 | .32 | .32 | 769 |
| 2161 | 6.5 | .32 | 768.7 |
| 216 | 78 | 6.8 | 762.2 |
| 4619 | | 85 | 684 |

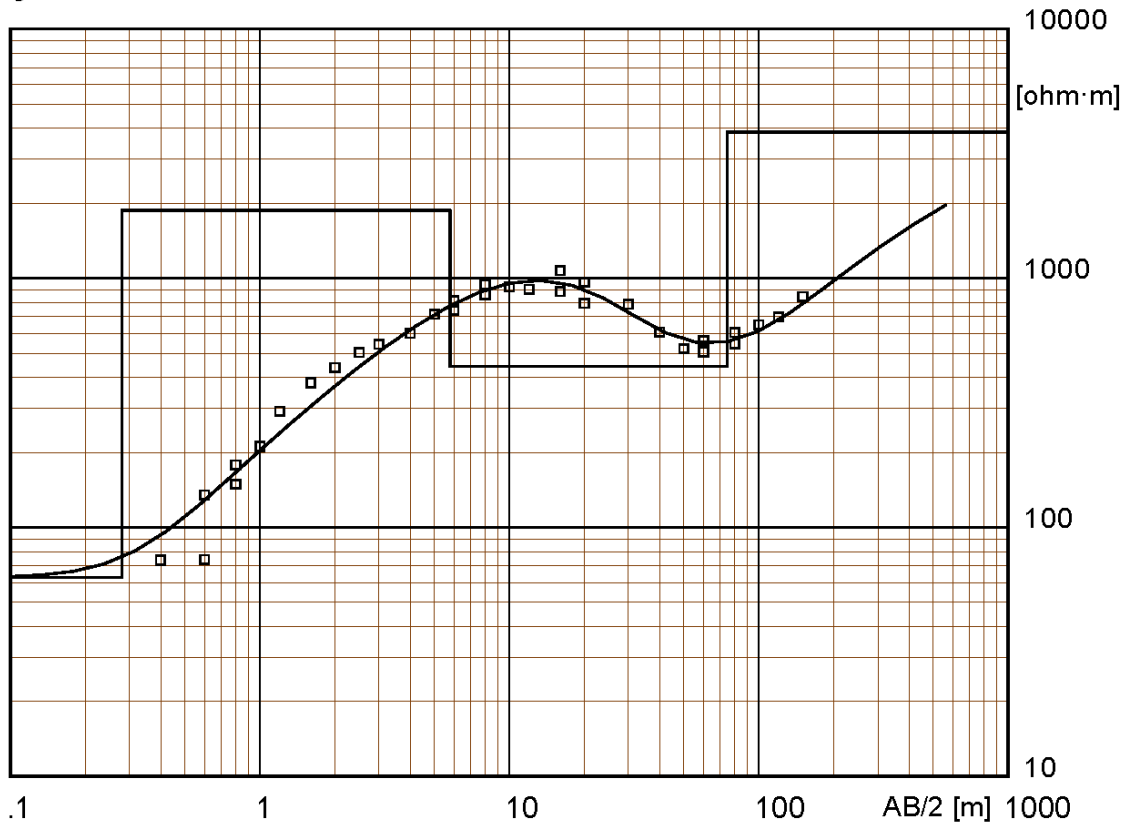
Figura 15 - Modelo de camadas Geolétricas da SEV 2.

Field data and calculated values

| MN/2 [m] | AB/2 [m] | DeltaV [mV] | I [mA] | K [-] | Resistivity [ohm·m] |
|--------------------|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|
| .1 | .4 | 31606.9 | 178 | 2.36 | 419 |
| .1 | .6 | 32471.5 | 329 | 5.5 | 543 |
| .2 | .6 | 31340.9 | 131 | 2.51 | 601 |
| .1 | .8 | 32516.7 | 544 | 9.9 | 592 |
| .2 | .8 | 32232.7 | 226 | 4.71 | 672 |
| .2 | 1 | 32561.2 | 309 | 7.54 | 795 |
| .2 | 1.2 | 32545.5 | 392 | 11 | 913 |
| .2 | 1.6 | 32992.1 | 583 | 19.79 | 1120 |
| .2 | 2 | 32997.7 | 806 | 31.1 | 1273 |
| .2 | 2.5 | 33333.1 | 1154 | 48.77 | 1409 |
| .2 | 3 | 29315.6 | 1391 | 70.37 | 1483 |
| .2 | 4 | 9861.2 | 753 | 125 | 1637 |
| .2 | 5 | 13582.2 | 1565 | 196 | 1701 |
| .2 | 6 | 8578.4 | 1371 | 282 | 1764 |
| 1 | 6 | 33090.2 | 941 | 54.98 | 1933 |
| .2 | 8 | 3780.6 | 1136 | 502 | 1671 |
| 1 | 8 | 20843.4 | 1147 | 98.96 | 1798 |
| 1 | 10 | 11794.8 | 1173 | 156 | 1569 |
| 1 | 12 | 8478.5 | 1508 | 225 | 1265 |
| 1 | 16 | 6610.8 | 2759 | 401 | 961 |
| 4 | 16 | 31093.3 | 2717 | 94.25 | 1079 |
| 1 | 20 | 4148.1 | 3733 | 627 | 697 |
| 4 | 20 | 19230.5 | 3738 | 151 | 777 |
| 4 | 30 | 4079.2 | 3029 | 347 | 467 |
| 4 | 40 | 1276.3 | 2262 | 622 | 351 |
| 4 | 50 | 1176.4 | 4077 | 975 | 281 |
| 4 | 60 | 608.5 | 3368 | 1407 | 254 |
| 10 | 60 | 1726.1 | 3392 | 550 | 280 |
| 4 | 80 | 347.7 | 3652 | 2507 | 239 |
| 10 | 80 | 966.1 | 3679 | 990 | 260 |
| 10 | 100 | 787.4 | 4422 | 1555 | 277 |
| 10 | 120 | 521.5 | 3639 | 2246 | 322 |
| 10 | 150 | 595.2 | 5213 | 3519 | 402 |

Figura 16 - Dados da SEV 2.

0



Location X = 46°53'55.70"O Y = 22°58'43.50"S Z = 762 Azim = 0

Model

| Resistivity | Thickness | Depth | Altitude |
|-------------|-----------|-------|----------|
| [ohm·m] | [m] | [m] | [m] |
| 63 | .28 | | 762 |
| 1873 | 5.5 | .28 | 761.7 |
| 443 | 69 | 5.8 | 756.2 |
| 3856 | | 75 | 687 |

Figura 17 - Modelo de camadas Geométricas da SEV 3.

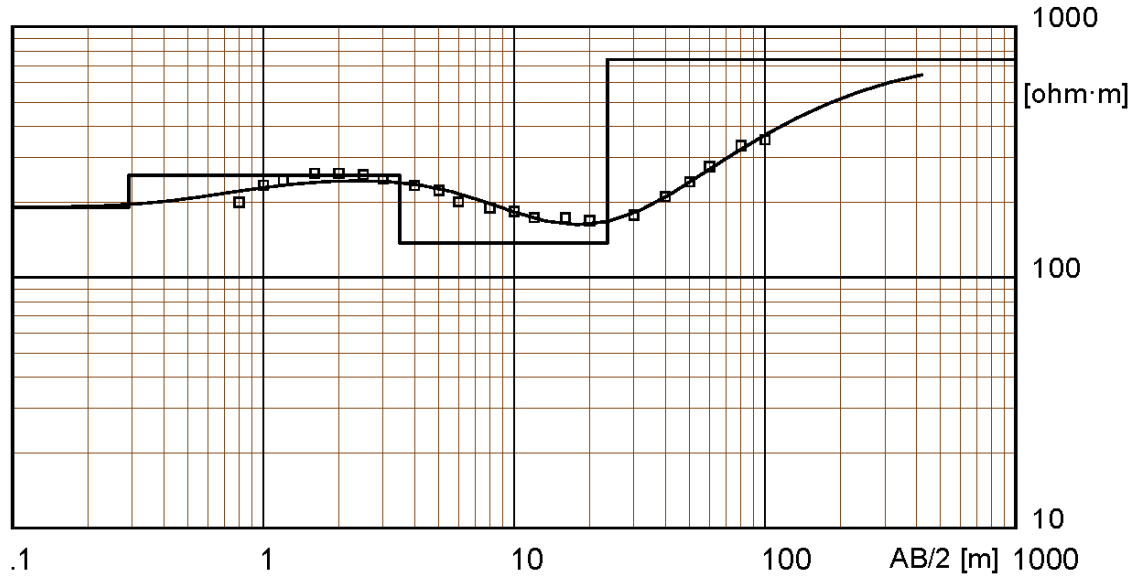
Field data and calculated values

| MN/2 [m] | AB/2 [m] | DeltaV [mV] | I [mA] | K [-] | Resistivity [ohm·m] |
|--------------------|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|
| .1 | .4 | 150228.6 | 4796 | 2.36 | 73.9 |
| .1 | .6 | 116845.5 | 4777 | 5.5 | 135 |
| .2 | .6 | 150228.6 | 5077 | 2.51 | 74.3 |
| .1 | .8 | 85153.5 | 4742 | 9.9 | 178 |
| .2 | .8 | 150228.6 | 4733 | 4.71 | 149 |
| .2 | 1 | 150228.6 | 5377 | 7.54 | 211 |
| .2 | 1.2 | 111972.8 | 4214 | 11 | 292 |
| .2 | 1.6 | 73009.7 | 3801 | 19.79 | 380 |
| .2 | 2 | 48764.5 | 3474 | 31.1 | 437 |
| .2 | 2.5 | 31518.7 | 3058 | 48.77 | 503 |
| .2 | 3 | 27548.6 | 3571 | 70.37 | 543 |
| .2 | 4 | 19296.1 | 4023 | 125 | 600 |
| .2 | 5 | 14332.2 | 3928 | 196 | 715 |
| .2 | 6 | 11437.5 | 3974 | 282 | 812 |
| 1 | 6 | 54058.9 | 4004 | 54.98 | 742 |
| .2 | 8 | 6509 | 3461 | 502 | 944 |
| 1 | 8 | 30227.3 | 3483 | 98.96 | 859 |
| 1 | 10 | 24550.5 | 4152 | 156 | 922 |
| 1 | 12 | 18309.1 | 4574 | 225 | 901 |
| 1 | 16 | 9647.6 | 4383 | 401 | 883 |
| 4 | 16 | 49873.7 | 4391 | 94.25 | 1071 |
| 1 | 20 | 5986.5 | 4745 | 627 | 791 |
| 4 | 20 | 30352.7 | 4758 | 151 | 963 |
| 4 | 30 | 10084.2 | 4453 | 347 | 786 |
| 4 | 40 | 3602.7 | 3687 | 622 | 608 |
| 4 | 50 | 1525.9 | 2857 | 975 | 521 |
| 4 | 60 | 1041.2 | 2902 | 1407 | 505 |
| 10 | 60 | 3020.9 | 2966 | 550 | 560 |
| 4 | 80 | 1045.2 | 4806 | 2507 | 545 |
| 10 | 80 | 2948.4 | 4827 | 990 | 605 |
| 10 | 100 | 2152.4 | 5158 | 1555 | 649 |
| 10 | 120 | 1812 | 5825 | 2246 | 699 |
| 10 | 150 | 938.6 | 3924 | 3519 | 842 |

Figura 18 - Dados da SEV 3.

0

Shift on new MN



Location X = 46°47'32.40"O Y = 22°56'59.40"S Z = 783 Azim = 0

Model

| Resistivity | Thickness | Depth | Altitude |
|-------------|-----------|-------|----------|
| [ohm·m] | [m] | [m] | [m] |
| 190 | .29 | .29 | 783 |
| 255 | 3.2 | .29 | 782.7 |
| 137 | 20 | 3.5 | 779.5 |
| 740 | | 24 | 759 |

Figura 19 - Modelo de camadas Geolétricas da SEV 4.

Field data and calculated values

| MN/2 | AB/2 | DeltaV | I | K | Resistivity |
|-------------|-------------|---------------|----------|----------|--------------------|
| [m] | [m] | [mV] | [mA] | [-] | [ohm·m] |
| .2 | .8 | 150228.6 | 3564 | 4.71 | 199 |
| .2 | 1 | 121898.6 | 3944 | 7.54 | 233 |
| .2 | 1.2 | 93885 | 4239 | 11 | 244 |
| .2 | 1.6 | 57556 | 4386 | 19.79 | 260 |
| .2 | 2 | 34138.4 | 4081 | 31.1 | 260 |
| .2 | 2.5 | 22480.9 | 4291 | 48.77 | 256 |
| .2 | 3 | 13581.8 | 3890 | 70.37 | 246 |
| .2 | 4 | 7249.7 | 3902 | 125 | 232 |
| .2 | 5 | 4478.2 | 3953 | 196 | 222 |
| .2 | 6 | 2784.5 | 3930 | 282 | 200 |
| 1 | 6 | 16338.8 | 3939 | 54.98 | 200 |
| .2 | 8 | 1622 | 4303 | 502 | 189 |
| 1 | 8 | 9394.2 | 4309 | 98.96 | 189 |
| 1 | 10 | 5945 | 4442 | 156 | 183 |
| 1 | 12 | 4139.7 | 4732 | 225 | 173 |
| 1 | 16 | 2088.9 | 4278 | 401 | 172 |
| 4 | 16 | 9525.7 | 4294 | 94.25 | 173 |
| 1 | 20 | 1182.4 | 3856 | 627 | 169 |
| 4 | 20 | 5206.9 | 3864 | 151 | 168 |
| 4 | 30 | 2483.4 | 4030 | 347 | 177 |
| 4 | 40 | 1463.6 | 3582 | 622 | 210 |
| 4 | 50 | 1403.5 | 4713 | 975 | 240 |
| 4 | 60 | 846.1 | 3546 | 1407 | 277 |
| 10 | 60 | 1994.2 | 3532 | 550 | 276 |
| 4 | 80 | 888.7 | 5502 | 2507 | 335 |
| 10 | 80 | 2079.4 | 5478 | 990 | 335 |
| 10 | 100 | 1280.1 | 5028 | 1555 | 353 |

Figura 20 - Dados da SEV 4.

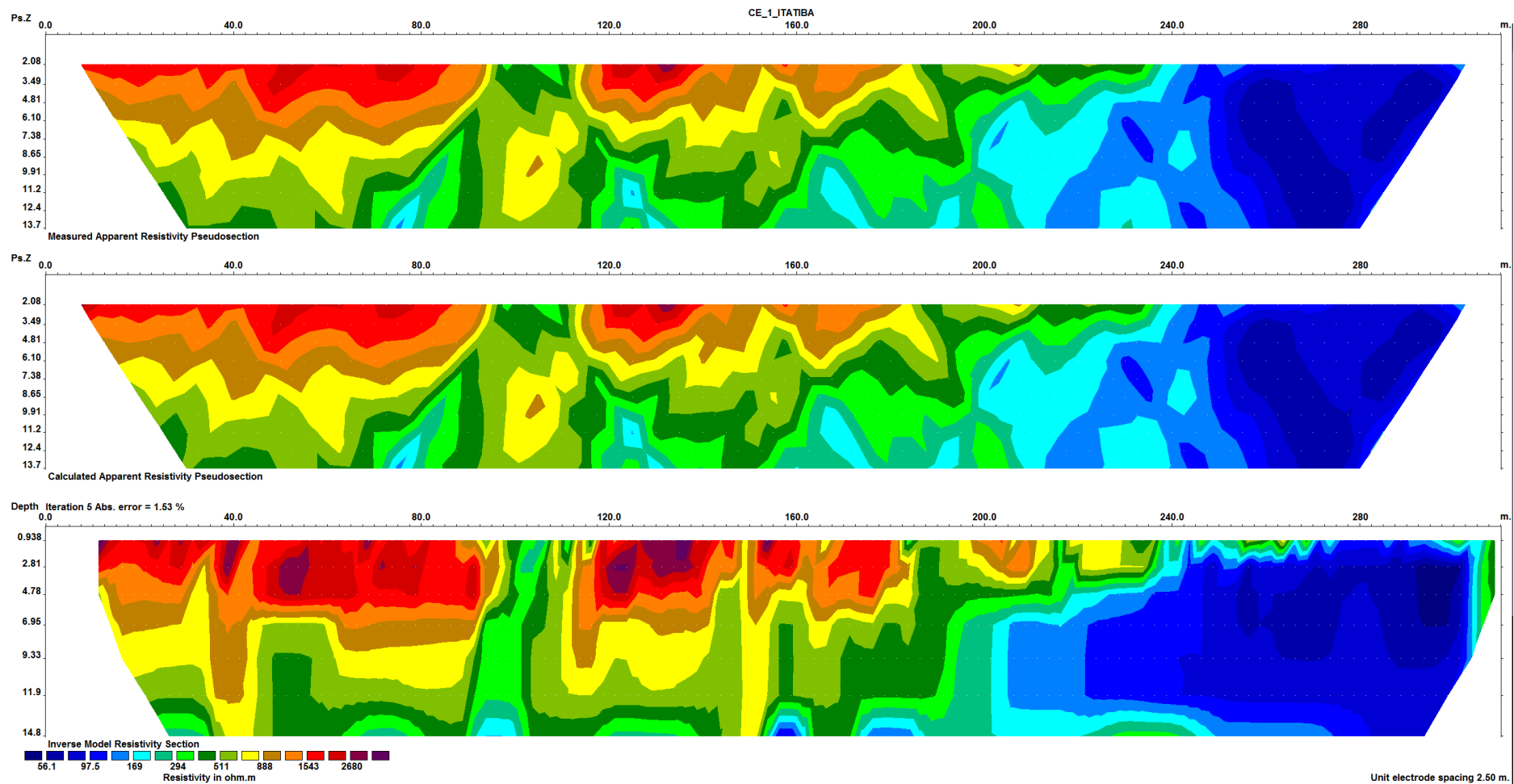


Figura 21 – Pseudo-Seção medida, calculada e Seção Invertida da Linha 1.

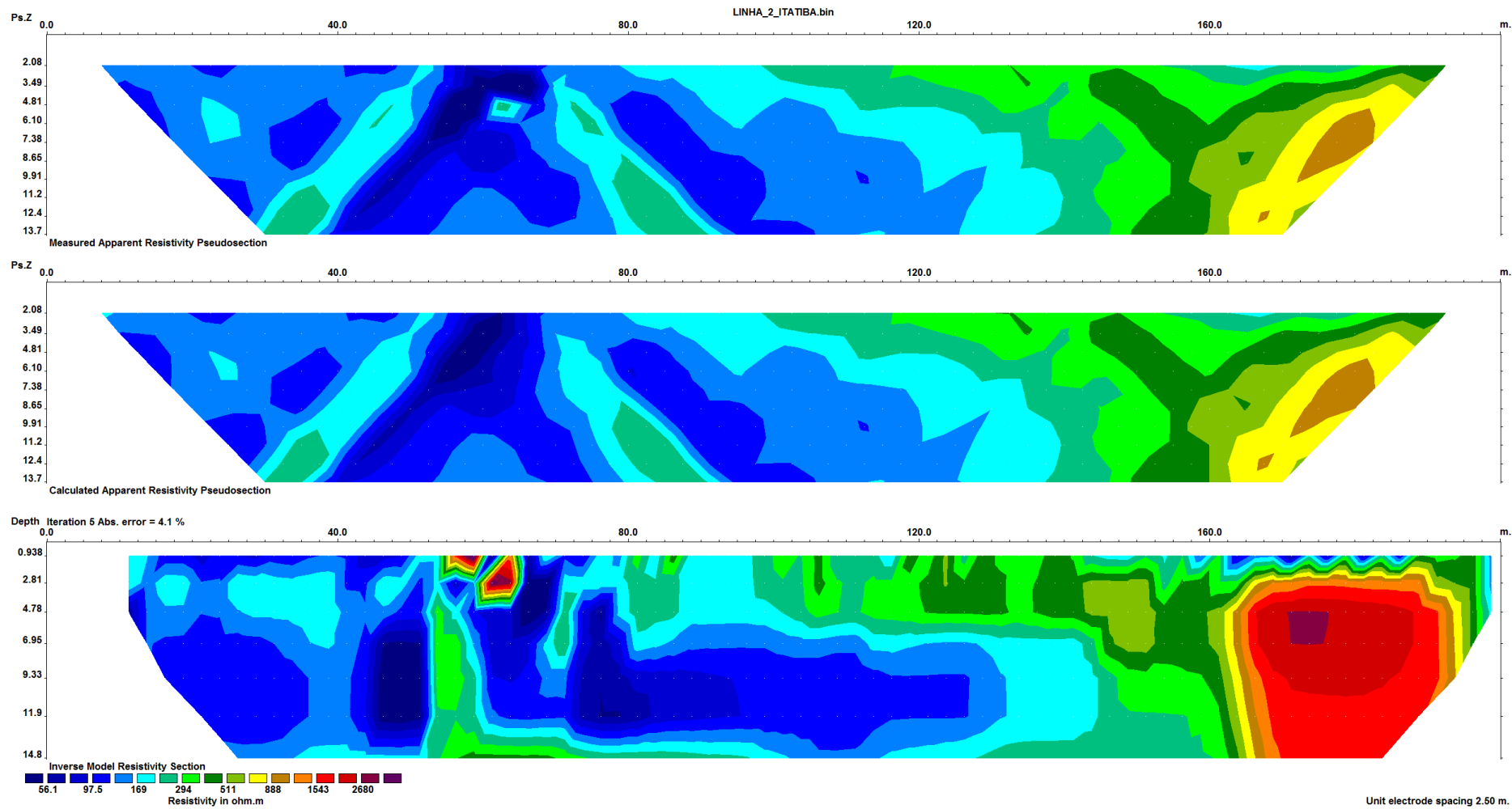


Figura 22 – Pseudo-Seção medida, calculada e Seção Invertida da Linha 2.