

REV.	DATA	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
0	05/10/2012	Emissão Inicial		


ENGE CORPS

Elaboração de Estudos para Concepção de um Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul e de um Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos de Cheias nas Bacias dos Rios Muriaé e Pomba e Investigações de Campo Correlatas

**RELATÓRIO DE SERVIÇOS DE CAMPO
RSC-SE01**

ELABORADO:		APROVADO:	
A.M.P.A. F.L.T.S.			
VERIFICADO:		COORDENADOR GERAL:	
M.B.S.S.		Marcos Oliveira Godoi CREA: 0605018477	
Nº ANA:		Maria Bernardete Sousa Sender CREA: 0601694180	
		DATA:	FOLHA:
		05/10/2012	
Nº ENGE CORPS:		REVISÃO:	
1069-ANA-RPS-RT-024		0	

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

ANA

Elaboração de Estudos para Concepção de um Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul e de um Sistema de Intervenções Estruturais para mitigação dos Efeitos de Cheias nas Bacias dos Rios Muriaé e Pomba e Investigações de Campo Correlatas

RELATÓRIO DE SERVIÇOS DE CAMPO

RSC-SE01

ENGENCORPS ENGENHARIA S.A.

1069-ANA-RPS-RT-024

Revisão 0

Outubro/2012

Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L e m
CEP: 70610-200, Brasília - DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Equipe:
Coordenação:
Agência Nacional de Águas – ANA

Superintendência de Usos múltiplos e Eventos Críticos – SUM
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR

Elaboração e execução:
ENGEORPS ENGENHARIA S.A.

Todos os direitos reservados
É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul,
Relatório de Serviços de Campo - RSC-SE01
Engecorps - Brasília: ANA, SUM/SPR, 2011
80p.

1. Recursos hídricos 2. Produção de Água I. Agência
Nacional de Águas (Brasil). II. Superintendência de
Usos múltiplos e Eventos Críticos – SUM; Superintendência
de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR. III. Engecorps

ÍNDICE

	PÁG.
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. VISITA TÉCNICA.....	4
2.1 BARRAGENS PROPOSTAS	4
2.1.1 Barragem Carangola	4
2.1.2 Barragem Tombos	9
2.1.3 Barragem Muriaé.....	12
2.1.4 Barragem Xopotó	14
2.2 ÁREAS DE EMPRÉSTIMO / MATERIAIS PÉTREOS	16
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O RECONHECIMENTO DE CAMPO REALIZADO.....	18
3. LEVANTAMENTO GEOFÍSICO.....	19
3.1 PRINCÍPIOS DO MÉTODO EMPREGADO	20
3.1.1 Eletrorresistividade	20
3.1.2 Sondagem Elétrica Vertical (SEV)	21
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS (SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS)	21
3.3 TRABALHOS REALIZADOS	22
3.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	23
3.4.1 SEVs Barragem Muriaé – Rio Muriaé.....	25
3.4.2 SEVs da Barragem do Rio Tombos	35
3.4.3 SEVs Barragem de Carangola.....	46
3.4.4 SEVs Barragem do Rio Xopotó.....	57
3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LEVANTAMENTOS REALIZADOS	68
3.6 CONCLUSÕES	69
3.6.1 Conclusões Alta Resolução	69
3.6.2 Conclusões ENGECORPS.....	70
4. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	72

ANEXO – PLANTAS DE LOCALIZAÇÃO DAS SEVS REALIZADAS

1. INTRODUÇÃO

Este relatório constitui um dos produtos do Contrato nº 39/ANA/2010 (Paraíba do Sul), referente à elaboração de Estudos para Concepção de um Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul e de um Sistema de Intervenções Estruturais para mitigação dos Efeitos de Cheias nas Bacias dos Rios Muriaé e Pomba e Investigações de Campo Correlatas, adjudicado pela Agência Nacional de Águas – ANA – à ENGECORPS – Corpo de Engenheiros Consultores S.A., com Ordem de Serviço emitida pela ANA em 03 de janeiro de 2011.

Atendendo ao que determinam os Termos de Referência (TdR) que orientam o desenvolvimento dos estudos e ao que foi previsto no Plano de Trabalho da ENGECORPS, este relatório dá cumprimento à Atividade 703 da Etapa 700, e tem como objetivo básico apresentar o levantamento geofísico realizado nos locais selecionados para implantação das barragens propostas no âmbito do Subsistema 1 do SIEMEC.

Os serviços geofísicos foram contratados pela ENGECORPS à empresa Alta Resolução, e foram executados sob a orientação, a supervisão e o acompanhamento da equipe da ENGECORPS.

Os trabalhos englobaram as seguintes etapas principais:

- 1) Visita técnica de um geólogo da ENGECORPS aos locais que foram objeto de levantamento;
- 2) Levantamento Geofísico em 40 pontos.

Dessa forma, o presente relatório está estruturado nos seguintes capítulos:

- 1) Capítulo 2: Visita técnica;
- 2) Capítulo 3: Levantamento Geofísico; e
- 3) Capítulo 4: relaciona a bibliografia consultada para orientar a execução dos serviços de campo.

Em anexo, são apresentados os desenhos mostrando a localização dos levantamentos geofísicos realizados.

2. VISITA TÉCNICA

Este capítulo apresenta a visita técnica realizada por Geólogo da ENGECORPS entre os dias 10 a 13 de setembro de 2012 com o objetivo de avaliar os locais escolhidos para implantação dos barramentos, dando suporte ao levantamento geofísico, que foi realizado concomitantemente.

2.1 BARRAGENS PROPOSTAS

Durante os estudos anteriores, foram selecionadas quatro barragens para comporem as obras do Subsistema 1 do SIEMEC (Quadro 2.1):

QUADRO 2.1 – INFORMAÇÕES DAS BARRAGENS SELECIONADAS

Nome Barragem	Rio	Coordenadas (WGS 84)		Cidade do SIEMEC situada imediatamente à jusante	Área Alagada (km ²)	Altura da Barragem (m)	Volume máximo (hm ³)	Cota máxima (m)
		Lat	Long					
Carangola	Carangola	20°41'38"	42°05'40"	Carangola	2,03	20	20,3	620
Tombos	Carangola	20°52'09"	41°59'19"	Tombos	3,07	15	23,1	325
Muriaé	Muriaé	21°10'03"	42°13'50"	Muriaé	5,47	9,5	104,4	220
Xopotó	Xopotó	21°18'02"	42°49'27"	Cataguases	5,96	40	119,2	280

Elaboração ENGECORPS, 2012

Durante o reconhecimento de campo, foram verificadas as margens de todos os locais, avaliando a geomorfologia e aspectos de geologia, conforme descrito nos itens subsequentes.

2.1.1 Barragem Carangola

O eixo proposto situa-se na parte noroeste da cidade de Carangola e seu acesso se dá pela BR-482, sentido a Fervedouro, e depois pelo trevo para Divino, pela mG-265, na altura do km 4 (Figura 2.1).

Dista aproximadamente 11 km da cidade de Carangola e 12 km da cidade de Divino.

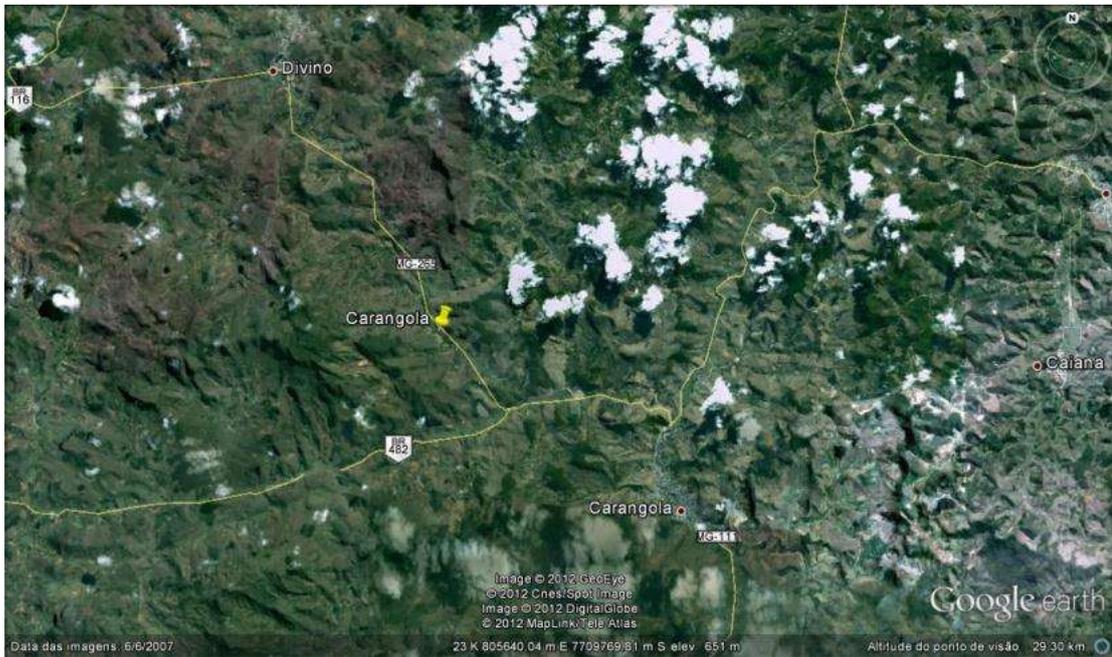


Figura 2.1 - Localização do eixo Carangola entre as cidades de Carangola e Divino, MG (Google Earth 2012)

No leito do rio observaram-se poucos blocos métricos de rocha gnáissica. A margem esquerda é constituída de solo coluvial em talude íngreme de cerca de 4,0 metros. A margem direita é bastante suave, em planície aluvionar.

No local do eixo selecionado observa-se a ombreira esquerda com corte em talude de solo ao lado da pista com altura de aproximadamente 5 m em solo silto-argiloso com susceptibilidade a erosões e pequenas voçorocas, como observado na Foto 2.1.

A Foto 2.2 ilustra a margem direita do eixo estudado. Observa-se uma planície aluvionar de 30 metros de largura aproximadamente com encosta convexa de 30° de inclinação. Estima-se que a espessura dos sedimentos arenosos nessa margem apresente 3 metros em média. Na Foto 2.3, mirando a margem esquerda em direção ao seu eixo é possível observar o corte da encosta e sua morfologia convexa.



Foto 2.1 - Talude ao lado direito da mG-265 sentido Divino, ombreira esquerda, com susceptibilidade a erosão.

Na região observam-se muitos problemas de erosões e deslizamentos de terra, do tipo rotacional. Ao longo das estradas na região é possível observar várias dessas feições, como na BR-420, sentido Fervedouro.



Foto 2.2 - margem direita com indicação do eixo. No centro da foto é possível observar o terraço aluvionar.



Foto 2.3 - Foto tirada na margem direita visando à margem esquerda com indicação do eixo estudado.

Na margem esquerda observou-se um afloramento de gnaíse métrico na base do talude (Foto 2.4). Observando toda a ombreira esquerda até o nível do rio Carangola, como na foto acima, observa-se que esse afloramento não é contínuo, existindo blocos rolados e soltos, podendo caracterizar como uma encosta de solo saprolítico e saprolito com blocos métricos de gnaíse, em meio a um solo silto argiloso e areno argiloso. Estima-se que a profundidade da rocha sã nesse local presente entre 5,0 a 8,0 metros. A profundidade média dos solos na região apresentam espessuras da ordem de 10 metros, conforme os taludes observados próximos ao local estudado.



Foto 2.4 - Perfil de solo sobre o afloramento gnáissico em talude na margem esquerda

Nos sítios e fazendas vizinhas que possuem poços artesianos, segundo informações dos moradores, os mesmos apresentam profundidades entre 20,0 a 30,0 m, porém, não se sabe ao certo se essa profundidade é até o topo rochoso.

A Figura 2.2 ilustra uma seção esquemática do eixo Carangola.



Figura 2.2 - Seção esquemática transversal ao rio Carangola

2.1.2 Barragem Tombos

O eixo proposto localiza-se próximo da cidade de Tombos, ao sul da cidade de Carangola. O acesso principal ao eixo se dá pela mG-111, a partir do trevo principal da entrada de Tombos mais 3,5 km sentido Carangola. Percorrendo uma estrada vicinal a direita deste ponto mais 6,0 km chega-se ao rio Carangola (Figura 2.3). O acesso final ao eixo só é possível através de uma trilha a pé, por ambas as margens, percorrendo-se 700 m a jusante.

A montante do eixo observaram-se vários afloramentos de gnaiss, por onde se fez a travessia para visitar a margem esquerda.

Ressalta-se que a visita técnica foi realizada no final do período de estiagem, quando os níveis dos rios encontravam-se muito abaixo do normal, possibilitando visualizar afloramentos e blocos de rocha ao longo do leito e margens dos rios.

No eixo somente foi constatado um afloramento de gnaiss na margem direita, não se observando fundo rochoso no leito do rio.

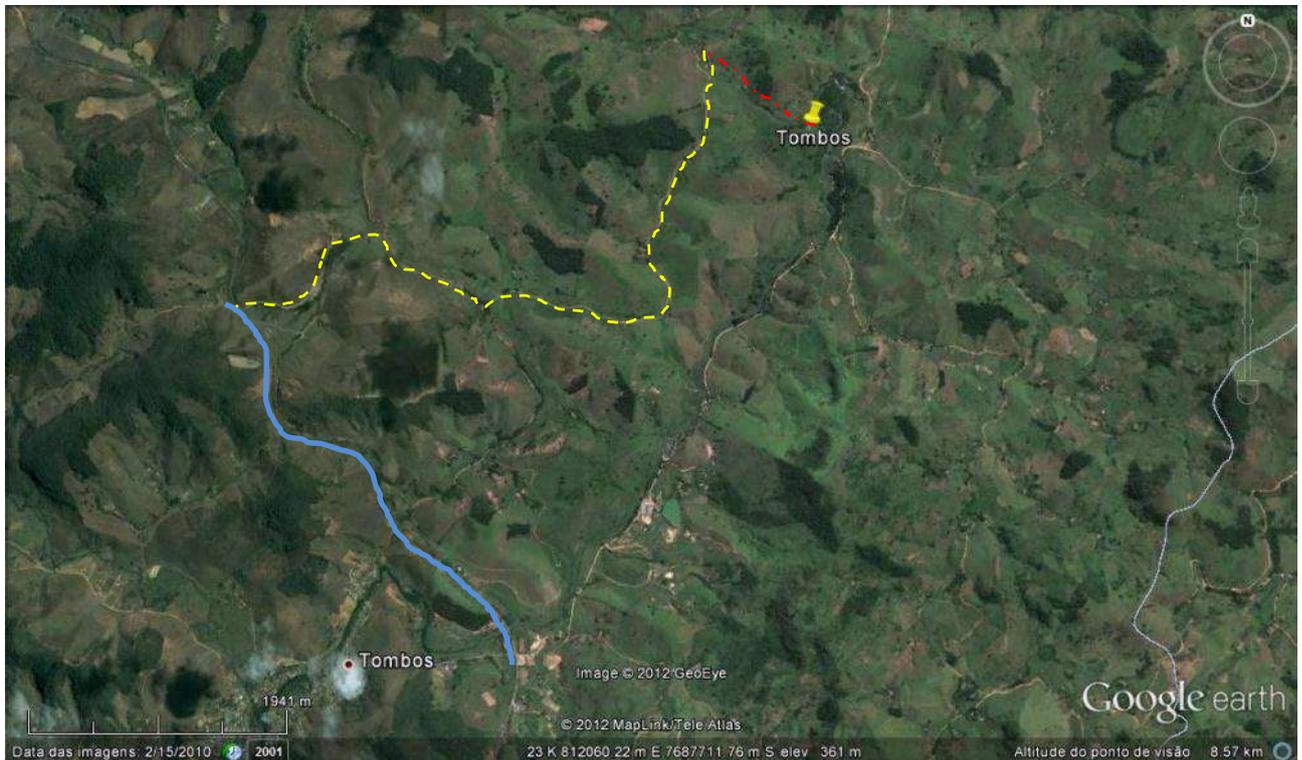


Figura 2.3 - Localização do eixo a nordeste de Tombos. A linha azul indica o acesso pela mG-111, a linha amarela o acesso pela estrada vicinal e a linha vermelha a trilha até o eixo

A Foto 2.5 ilustra o eixo de Tombos, podendo-se notar uma ampla planície aluvionar, com aproximadamente 160,0 m de largura.



Foto 2.5 - Representação do eixo (linha em vermelho) de Tombos. O rio Carangola encontra-se a direita próximo da mata ciliar

Os sedimentos aluvionares da margem esquerda apresentam granulometria arenosa fina com silte. Provavelmente estão situados sobre as rochas gnáissicas do rio Carangola e estima-se que tenham espessura de até 2,0 m. Subindo a encosta nessa margem esquerda é possível observar solo saprolítico e rochas alteradas.

Na margem direita foi possível observar afloramento de gnaíse, como observado na Foto 2.6. A espessura de solo nesse eixo está em torno de 3,0 m em média.

Observando os cortes nas estradas próximas ao eixo é possível verificar essa espessura de perfil característico.



Foto 2.6 - Afloramentos de gnaíse na margem direita do rio Carangola, na região do eixo.



Foto 2.7 - Encosta da margem direita com indicação do sentido de fluxo do rio Carangola (linha em azul).

A Figura 2.4 ilustra a seção esquemática de Tombos.

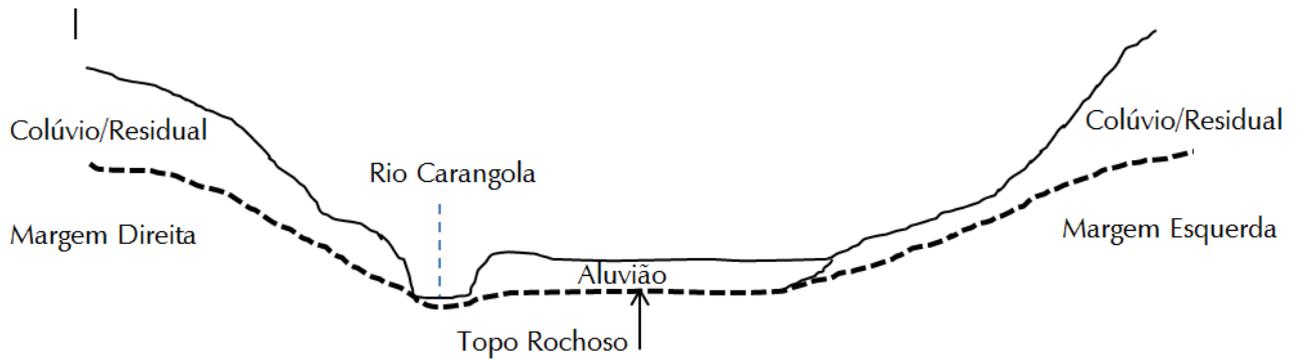


Figura 2.4 - Seção esquemática do eixo Tombos, visando a montante do rio Carangola

2.1.3 Barragem Muriaé

A barragem dista aproximadamente 5 km a leste da cidade de mesmo nome, pela rodovia mG-447. O eixo de Muriaé apresenta largura aproximada de 200,0 m, sendo 60,0 m cobertos por sedimentos aluvionares.

O solo próximo da região de estudo apresenta espessura da ordem de 20 metros em média, como visto nos taludes em corte ao longo da rodovia que liga Muriaé a Miraí. É possível observar também alguns afloramentos de migmatito /gnaisse em alguns desses cortes, recobertos por solo coluvionar/ residual.

Efeitos de erosão sobre esses cortes também são identificados, como pequenas ravinas e voçorocas.

O eixo proposto pode ser visualizado na Foto 2.8.



Foto 2.8 - Indicação do eixo Muriaé sobre o local escolhido. Visualização para jusante do rio Muriaé.

No leito do rio observa-se apenas um bloco métrico de gnaisse. Ambas as margens são constituídas por planície aluvionar, embora a margem esquerda apresente pouca largura desse material e uma encosta mais íngreme. A margem direita apresenta-se bastante suave.

A Foto 2.9 mostra a margem esquerda do rio Muriaé, onde é possível observar a inclinação acentuada da ordem de 40°. A margem direita possui uma inclinação menos acentuada, da ordem de 20°, como observado na Foto 2.10.



Foto 2.9 - Indicação da região do eixo proposto ilustrando a inclinação da margem esquerda



Foto 2.10 - margem direita do rio Muriaé, com indicação aproximada do eixo estudado. A planície aluvionar, nessa margem, apresenta espessura de aproximadamente 3,0 a 4,0 m.

Afloramentos de gnaisses foram detectados a montante do eixo, há aproximadamente 100 metros do eixo em estudo, como visto na Foto 2.11. Percebem-se ao longo do rio blocos métricos de rocha. É possível estabelecer a profundidade do topo rochoso nas margens como apresentando profundidade da ordem de 4 metros. Uma seção esquemática é visualizada na Figura 2.5.



Foto 2.11 - Afloramento de gnaisses na margem esquerda do rio Muriaé, situado aproximadamente 100 metros a montante do eixo estudado

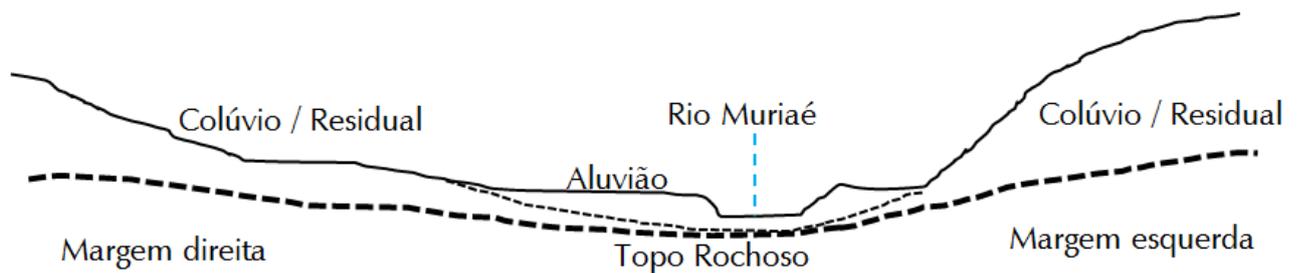


Figura 2.5 - Seção esquemática do eixo Muriaé

2.1.4 Barragem Xopotó

Situado a 18 km do município de Cataguases o acesso ao eixo proposto do rio Xopotó ocorre pela BR-120 e pela mG-285, entre Dona Eusébia e Astolfo Dutra. O melhor acesso a área é realizado por estrada vicinal, 1,2 km após o primeiro trevo da cidade de Astolfo Dutra (Figura 2.6). Por não haver acesso ao outro lado da margem o acesso é feito somente por dentro da cidade de Dona Eusébia.

A Foto 2.12 ilustra as encostas do eixo de Xopotó olhando para jusante do rio.



Foto 2.12 - Visualização do eixo de Xopotó sentido para jusante. margem esquerda e direita

No leito do rio não foi observado afloramento rochoso e ambas as margens não possuem planícies aluvionares, mas um solo coluvionar, com espessura da ordem de 2,0 metros acima do nível do rio, e estão sobre os solos saprolíticos.

A jusante do eixo é possível encontrar afloramentos de gnaise no leito e nas margens do rio, como pode ser visualizado na Foto 2.13. A espessura de solo nessa região varia de 8 a 10 metros, segundo informações dos moradores e de locais sobre alguns poços dos sítios vizinhos.

Na ombreira da margem esquerda existem alguns afloramentos de gnaise de dimensões métricas situados 100 m a montante do eixo. Na margem direita não foi visualizado afloramento, somente solo saprolítico nos cortes da estrada vicinal (Foto 2.14).



Foto 2.13 - Afloramento de gnaise a jusante do rio Xopotó, 200 m a jusante do eixo, na margem esquerda. Observa-se rocha, saprolito e solo saprolítico/ colúvio-residual.



Foto 2.14 - margem direita mostrando o talude em solo saprolítico e/ou colúvio-residual e deslizamentos na margem do rio, onde também se encontrou trincas de tração.

A Figura 2.6 ilustra um perfil esquemático do eixo Xopotó com indicação do topo rochoso estimado em torno de 5,0 m de profundidade a partir das vias de acesso, em direção às ombreiras.

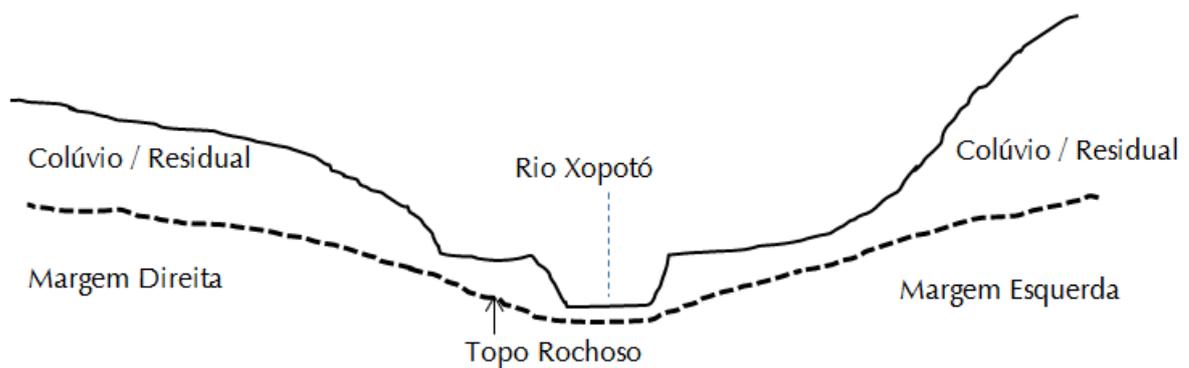


Figura 2.6 - Seção esquemática do eixo Xopotós, visando para montante.

2.2 ÁREAS DE EMPRÉSTIMO / MATERIAIS PÉTREOS

Durante a inspeção de campo, foram visitadas pedreiras nas proximidades de cada eixo estudado. As ocorrências desses materiais pétreos são abaixo citadas:

- ✓ Pedreira Zanon: dista cerca de 20 km da barragem Carangola e cerca de 15 km de Tombos. O acesso se dá pela mG-111, a 2,5 km a sul do trevo de Faria Lemos (Foto 2.15). Possui brita e areia;

Pedreira Zanon Ltda. Fazenda da Glória, BR MG 111. Escritório: Rua 21 de abril, 273 apto 104 (32) 3741-1107. pedreirazononltda@hotmail.com



Foto 2.15 - Foto aérea da pedreira Zanon e detalhe da frente de lava.

- ✓ Pedreira São Geraldo: situada a 15 km do eixo de Muriaé. O acesso é realizado a leste da cidade de Muriaé pela rodovia BR-356 e depois por estrada vicinal no ponto de coordenada UTM 23 k 778578 E / 7661079 N (Foto 2.16). Possui brita e areia;

Pedreira São Geraldo. Rua Benedito Valadares, 143 – Barra. Muriaé. (32) 3722-2983 / 3722-5536. p.saogeraldo@yahoo.com.br



Foto 2.16 - Foto aérea da pedreira São Geraldo e detalhe da frente de lava e britagem.

- ✓ Pedreira Bom Destino: situa-se a 20 km do eixo estudado de Xopotós e a 4,0 km da cidade de Cataguases. O ponto de acesso localiza-se nas coordenadas UTM 23k 734843 E / 7634247 N, no mesmo acesso para o carregamento de bauxita, e continua por estrada vicinal até a coordenada 23k 734676 E / 7636022 N (Foto 2.17). Possui brita, areia e planta de concreto.

Pedreira Bom Destino. Fazenda Bom Destino, rod. mG-120, Bairro Camargo, Cataguases. (32) 3422-2813. pedreirabomdestino@bol.com.br



Foto 2.17 - Foto aérea da pedra bom destino.

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O RECONHECIMENTO DE CAMPO REALIZADO

Os quatro eixos estudados possuem pouca espessura de solo, em média, da ordem de 5,0 m em ambas as margens dos locais estudados.

Pelo pouco volume de água nesta época do ano, final do período de seca, foi possível visualizar a presença de lajes de gnaise nas proximidades do eixo, junto ao leito e/ou margens dos rios avaliados.

A presença de solos profundos avaliados nos cortes e taludes da região como um todo, permitirá avaliar áreas de empréstimo em locais próximos aos eixos.

Pela presença de pedreiras próximas às cidades e aos eixos estudados o transporte médio é da ordem de 18 km.

No eixo Carangola não foram observados locais alternativos para posicionamento do eixo com topografia adequada. Logo a jusante há aglomerado urbano à margem esquerda.

Tanto a montante como a jusante do eixo Tombos, ao longo de cerca de 1.000 m ocorre uma sucessão de corredeiras em leito rochoso com topografia adequada e um vale mais encaixado. Contudo, segundo os estudos hidráulicos realizados, o local selecionado para implantação do eixo resulta em um barramento de menor altura e com mesmo volume de amortecimento, além de favorecer o posicionamento do vertedouro.

O eixo Muriaé está posicionado em local com topografia bastante favorável. Planícies aluviais extensas tanto a montante como a jusante não permitem visualizar eixos alternativos.

O eixo Xopotó permite verificar um traçado alternativo com morfologia semelhante a cerca de 500 m para montante.

3. LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

Em atendimento à solicitação da empresa ENGECORPS Engenharia S.A, a Alta Resolução Geologia e Geofísica executou a campanha geofísica designada como “Levantamento Geofísico pelo método da Eletrorresistividade (Sondagens Elétricas Verticais – SEVs) como Subsídio à Avaliação da Subsuperfície na Área de Projeto de Quatro Barragens em estudo para implantação nas bacias dos rios Muriaé e Pomba, localizadas no Estado de Minas Gerais”.

Como já é de conhecimento do meio técnico, os métodos geofísicos são técnicas indiretas de investigação da subsuperfície através da aquisição e interpretação dos parâmetros físicos obtidos por meio de instrumentos especiais, caracterizando-se como métodos não invasivos e não destrutivos. A sua aplicação permite avaliar as condições geológicas locais através dos contrastes das propriedades físicas dos materiais de subsuperfície como, por exemplo: condutividade ou resistividade elétrica, velocidade de propagação da onda P ou onda S, permissividade dielétrica, magnetismo, densidade, etc., que podem ter como origem as diferenciações litológicas e outras heterogeneidades do terreno, tanto naturais como induzidas.

A aplicação de métodos geofísicos representa, portanto, uma excelente opção em estudos de geotecnia para otimizar o tempo e complementar os trabalhos geológico-geotécnicos, além de fornecer uma grande densidade de informações ao longo de perfis a baixo custo relativo. Empregando-se uma ou mais técnicas geofísicas, torna-se possível delimitar áreas potencialmente prioritárias para o(s) objetivo(s) dos projetos e também para embasar as decisões necessárias para as subseqüentes pesquisas, uma vez que a integração de vários métodos permite amostrar diferentes propriedades físicas dos materiais, tornando o imageamento da subsuperfície mais preciso e seguro.

O método do Eletrorresistivo foi aplicado com a utilização da técnica Sondagens Elétricas Verticais (SEVs).

A campanha geofísica consistiu da execução de 40 SEVs (SEV1 a SEV40), sendo distribuídas 10 SEVs para cada local investigado. Estas sondagens foram programadas para aferir os perfis geoeletricos e, principalmente, estimar a posição do nível d'água mais superficial (NA) e, secundariamente, o topo do maciço rochoso.

As posições inferidas para o NA e topo rochoso foram destacadas nos modelos unitários e também nas representações das tabelas sínteses.

O presente capítulo apresenta uma breve introdução ao método geofísico utilizado, uma descrição e considerações dos levantamentos executados, interpretação dos resultados, as seções geoeletricas e as conclusões obtidas.

3.1 PRINCÍPIOS DO MÉTODO EMPREGADO

3.1.1 Eletrorresistividade

O método da eletrorresistividade baseia-se na propriedade que os materiais possuem de conduzir eletricidade. O método tem origem na década de 20, a partir dos trabalhos realizados pelos irmãos Schlumberger.

O levantamento eletrorresistivo fornece uma feição da distribuição da resistividade elétrica em subsuperfície. Para converter esta informação de resistividade em informação geológica, algum conhecimento da geologia da área e de valores de resistividade elétrica típicos de alguns materiais é importante.

A resistividade aparente é o parâmetro físico fornecido pelo método da eletrorresistividade. Seu princípio é baseado na passagem pelo solo de uma corrente elétrica contínua de intensidade **I**, transmitida por um par de eletrodos denominados **A** e **B**, ligados a um emissor **E** (baterias ou grupo-gerador). mede-se a diferença de potencial **V** entre outros dois eletrodos denominados **m** e **N**, conforme ilustra a Figura 3.1. A resistividade aparente (**ra**) é dada pela seguinte equação:

$$\rho_a = K \frac{V}{I}$$

onde **K** é um coeficiente que depende das dimensões e arranjo do quadripolo **AMNB**.

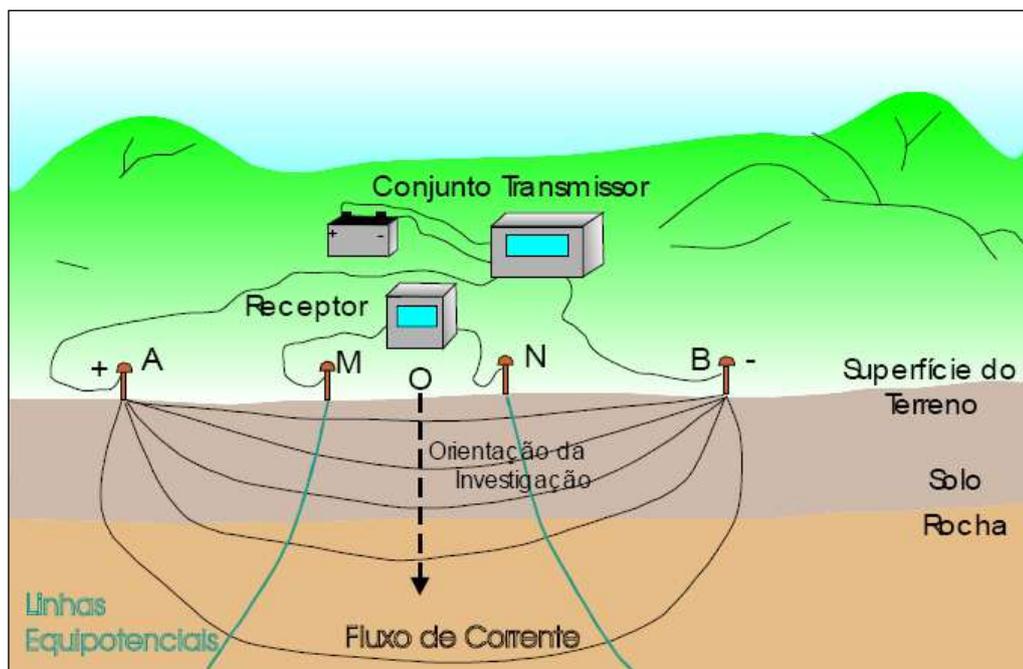


Figura 3.1 - Princípio do método da eletrorresistividade. Os eletrodos externos injetam corrente (eletrodos de corrente) enquanto os eletrodos centrais (eletrodos de potencial) efetuam a leitura da diferença de potencial estabelecida entre eles

3.1.2 Sondagem Elétrica Vertical (SEV)

Esta técnica geolétrica consiste na execução de uma série de medidas de resistividade aparente efetuadas com o mesmo tipo de arranjo eletródico, porém com separação crescente entre eletrodos de emissão e de recepção. A Figura 3.2 esquematiza a execução de uma SEV.

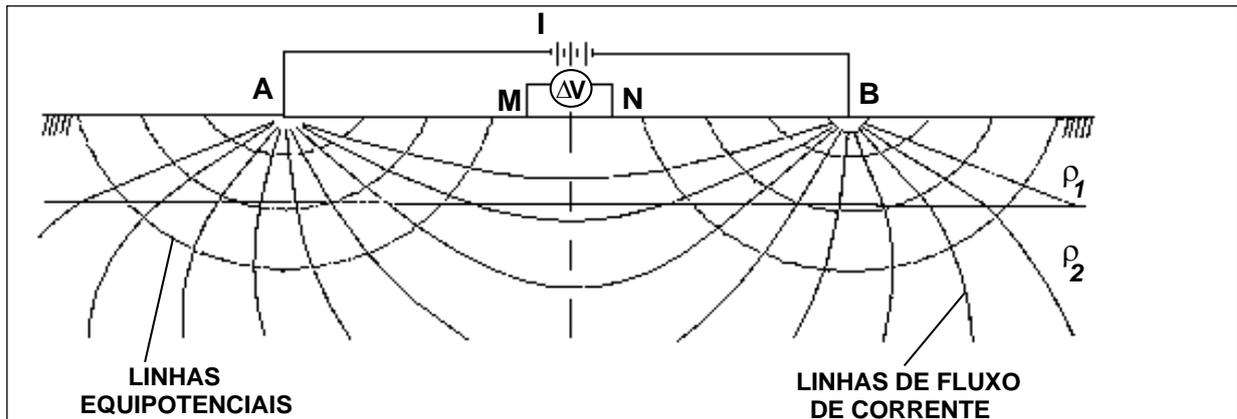


Figura 3.2 - Esquema de disposição dos eletrodos no terreno para execução de Sondagem Elétrica Vertical

À medida que se incrementa a distância entre os eletrodos de corrente A e B, o volume total da subsuperfície incluída na medida também aumenta, o que permite se atingir profundidades maiores. Desta forma, os resultados obtidos com as medidas estarão estritamente ligados às variações da resistividade com a profundidade.

Os dados de resistividade aparente obtidos em cada SEV são representados por meio de uma curva, plotada em escala bilogarítmica, de acordo com as distâncias entre os eletrodos. Os dados de SEV são processados com a utilização de programas específicos de inversão.

A finalidade de uma SEV é o estudo da distribuição vertical das resistividades abaixo do ponto de interesse. Em condições ideais, as SEVs devem ser executadas sobre um terreno composto por camadas lateralmente homogêneas (em relação à resistividade elétrica) e limitadas por planos paralelos à superfície do terreno (meio estratificado). Os resultados são toleravelmente válidos para inclinações destas camadas de até 30°.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS (SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS)

As sondagens elétricas foram executadas com arranjo Schlumberger, sendo que a máxima abertura de AB/2 foi de 125 m e a mínima de 60 m.

A corrente foi injetada no terreno pelos eletrodos A e B através de fio de cobre (1,5 mm²) isolado. O mesmo tipo de cabo foi usado para ligar os eletrodos m e N a um milivoltímetro. As leituras de corrente e potencial foram armazenadas no próprio equipamento, bem como os cálculos necessários para obtenção da resistividade aparente.

Os eletrodos de corrente (A e B) foram de aço-inox, com 1,0 m de comprimento. Os eletrodos de potencial (M e N) foram semelhantes aos de corrente, uma vez que o potencial espontâneo do local se mostrou bastante estável.

As curvas obtidas no campo foram processadas utilizando-se software específico, através do qual se cria um modelo geoeletrico que, após interpretação, define as profundidades dos estratos geoeletricos identificados, possibilitando a inferência das posições do nível d'água (NA) e do topo rochoso.

3.3 TRABALHOS REALIZADOS

As SEVs foram executadas em lugares estratégicos, normalmente em pontos de cruzamento entre seções, salvo algumas exceções, como a SEV 9, deslocada devido a interferências locais. No total foram executadas 40 Sondagens Elétricas Verticais, listadas com suas respectivas coordenadas nos Quadros 3.1 a 3.4.

QUADRO 3.1 – COORDENADAS EM UTM DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO MURIAÉ – BARRAGEM DE MURIAÉ

Barragem	Sequência	Nome	E	N	Altitude (m)	Nome do rio	Margem rio	NA médio inferido (m)
MURIAÉ	1	SEV-01	764865	7658725	214,0	Muriaé	Esquerda	210
	2	SEV-02	764839	7658816	233,4	Muriaé	Esquerda	
	3	SEV-03	764928	7658878	216,6	Muriaé	Esquerda	
	4	SEV-04	764935	7658763	208,8	Muriaé	Direita	
	5	SEV-05	764962	7658753	207,1	Muriaé	Direita	
	6	SEV-06	764979	7658743	207,0	Muriaé	Direita	
	7	SEV-07	764995	7658787	205,7	Muriaé	Direita	
	8	SEV-08	764920	7658705	210,0	Muriaé	Direita	
	9	SEV-09	764992	7658719	209,7	Muriaé	Direita	
	10	SEV-10	765017	7658684	215,4	Muriaé	Direita	

QUADRO 3.2 – COORDENADAS EM UTM DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO CARANGOLA – BARRAGEM DE TOMBOS

Barragem	Sequência	Nome	E	N	Altitude (m)	Nome do rio	Margem rio	NA médio inferido (m)
TOMBOS	11	SEV-11	188785	7689878	331,7	Carangola	Esquerda	313
	12	SEV-12	188812	7689858	323,7	Carangola	Esquerda	
	13	SEV-13	188830	7689825	316,7	Carangola	Esquerda	
	14	SEV-14	188850	7689793	313,3	Carangola	Esquerda	
	15	SEV-15	188882	7689735	312,9	Carangola	Esquerda	
	16	SEV-16	188805	7689771	312,8	Carangola	Esquerda	
	17	SEV-17	188886	7689806	312,5	Carangola	Esquerda	
	18	SEV-18	188886	7689653	326,2	Carangola	Direita	
	19	SEV-19	188848	7689659	323,6	Carangola	Direita	
	20	SEV-20	188886	7689636	329,8	Carangola	Direita	

**QUADRO 3.3 – COORDENADAS EM UTM DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO
CARANGOLA – BARRAGEM DE CARANGOLA**

Barragem	Sequência	Nome	E	N	Altitude (m)	Nome do rio	Margem rio	NA médio inferido (m)
CARANGOLA	21	SEV-21	801960	7709706	620,7	Carangola	Direita	617
	22	SEV-22	801970	7709722	618,7	Carangola	Direita	
	23	SEV-23	801981	7709738	617,2	Carangola	Direita	
	24	SEV-24	802000	7709698	617	Carangola	Direita	
	25	SEV-25	801964	7709730	618,5	Carangola	Direita	
	26	SEV-26	802030	7709779	621,3	Carangola	Esquerda	
	27	SEV-27	802039	7709735	616,9	Carangola	Esquerda	
	28	SEV-28	802068	7709686	618,1	Carangola	Esquerda	
	29	SEV-29	802095	7709845	634,2	Carangola	Esquerda	
	30	SEV-30	802087	7709863	638,5	Carangola	Esquerda	

**QUADRO 3.4 – COORDENADAS EM UTM DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO
XOPOTÓ – BARRAGEM DE XOPOTÓ**

Barragem	Sequência	Nome	E	N	Altitude (m)	Nome do rio	Margem rio	NA médio inferido (m)
XOPOTÓ	31	SEV-31	725763	7643371	236,8	Xopotó	Direita	233
	32	SEV-32	725696	7643383	253,2	Xopotó	Direita	
	33	SEV-33	725742	7643370	239,9	Xopotó	Direita	
	34	SEV-34	725749	7643419	241,6	Xopotó	Direita	
	35	SEV-35	725759	7643326	236,3	Xopotó	Direita	
	36	SEV-36	725861	7643304	245,7	Xopotó	Esquerda	
	37	SEV-37	725881	7643375	238,8	Xopotó	Esquerda	
	38	SEV-38	725855	7643373	235,9	Xopotó	Esquerda	
	39	SEV-39	725833	7643311	237,8	Xopotó	Esquerda	
	40	SEV-40	725824	7643242	238,9	Xopotó	Esquerda	

Todas as coordenadas das SEVs foram obtidas através de equipamento GPS manual utilizando o Datum SAD-69.

As informações de altitude foram obtidas por meio de “modelos digitais de elevação DEM - SRTM3 – (SRTM Nasa Space Shuttle Radar Tomography)”. Portanto a altitude estimada é uma aproximação da altitude real do ponto investigado. O programa empregado é livre e pode ser obtido através do site www.gpsvisualizer.com/elevation.

3.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os processos interpretativos geraram como produto as sondagens elétricas unitárias. As SEVs forneceram um modelo de estratos geoeletricos onde foi possível inferir a posição da franja capilar e/ou zona saturada e topo rochoso interpretado. Abaixo de cada uma das análises são plotadas uma figura ilustrativa contendo as curvas observadas (medidas de campo), a curva ajustada gerada a partir do modelo geoeletrico, uma tabela do modelo geoeletrico, onde consta o valor da resistividade elétrica do estrato, a sua espessura e a profundidade da

interface. Além disso, do lado esquerdo das figuras existe uma tabela com os respectivos valores de resistividade aparente para cada abertura de eletrodos (AB/2). No canto inferior da figura estão as coordenadas, bem como a altitude estimada do ponto. Abaixo a Figura 3.3 ilustrativa de cada uma das SEVs apresentadas nesse trabalho.

A planta de localização de cada local investigado é apresentada nos Desenhos do Anexo I.

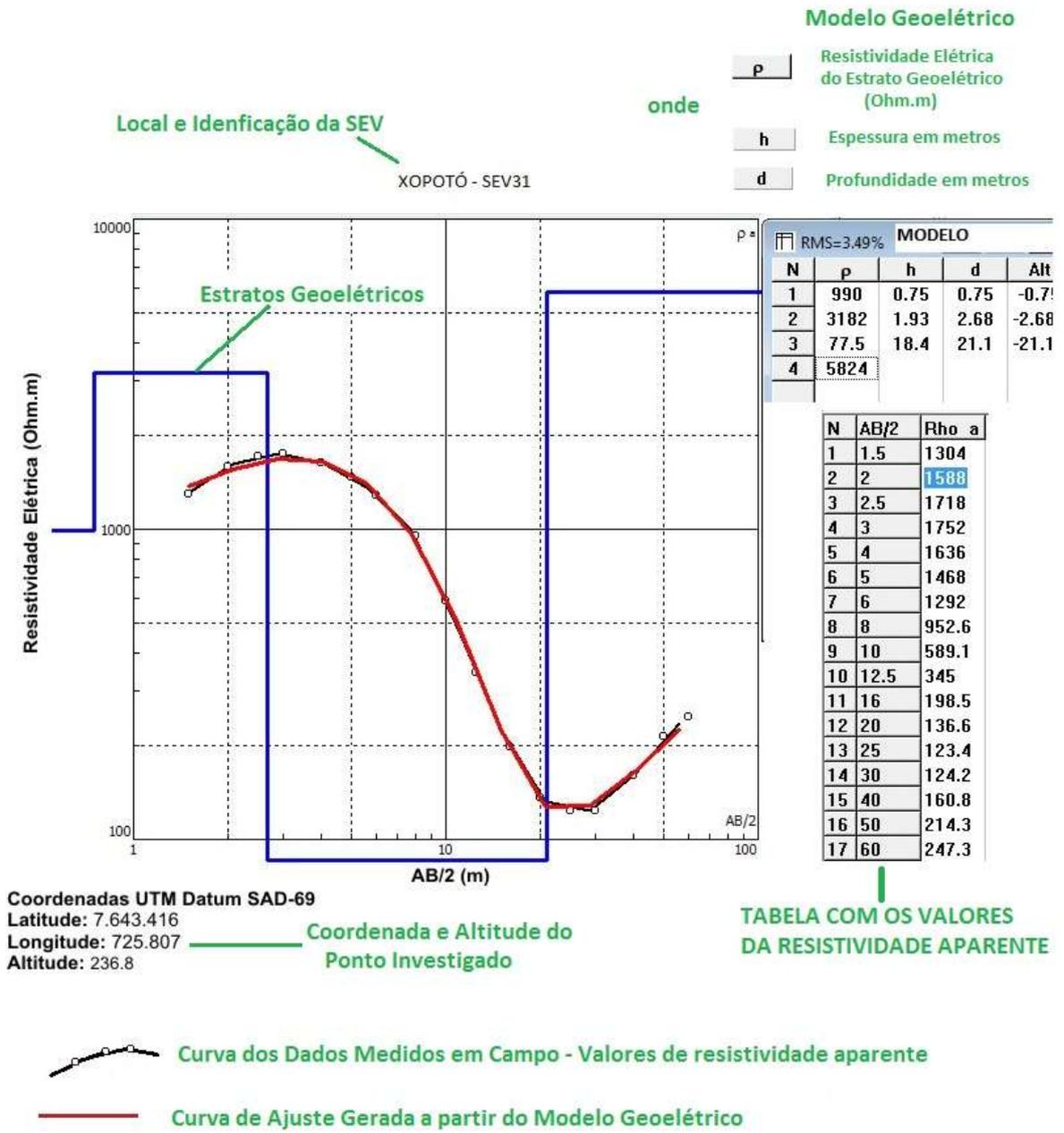


Figura 3.3 - Figura ilustrativa das SEVs.

Na Figura 3.3 constam as curvas observadas, ajustadas, modelo geológico, tabela com os valores de campo, coordenada e altitude estimada.

3.4.1 SEVs Barragem Muriaé – Rio Muriaé

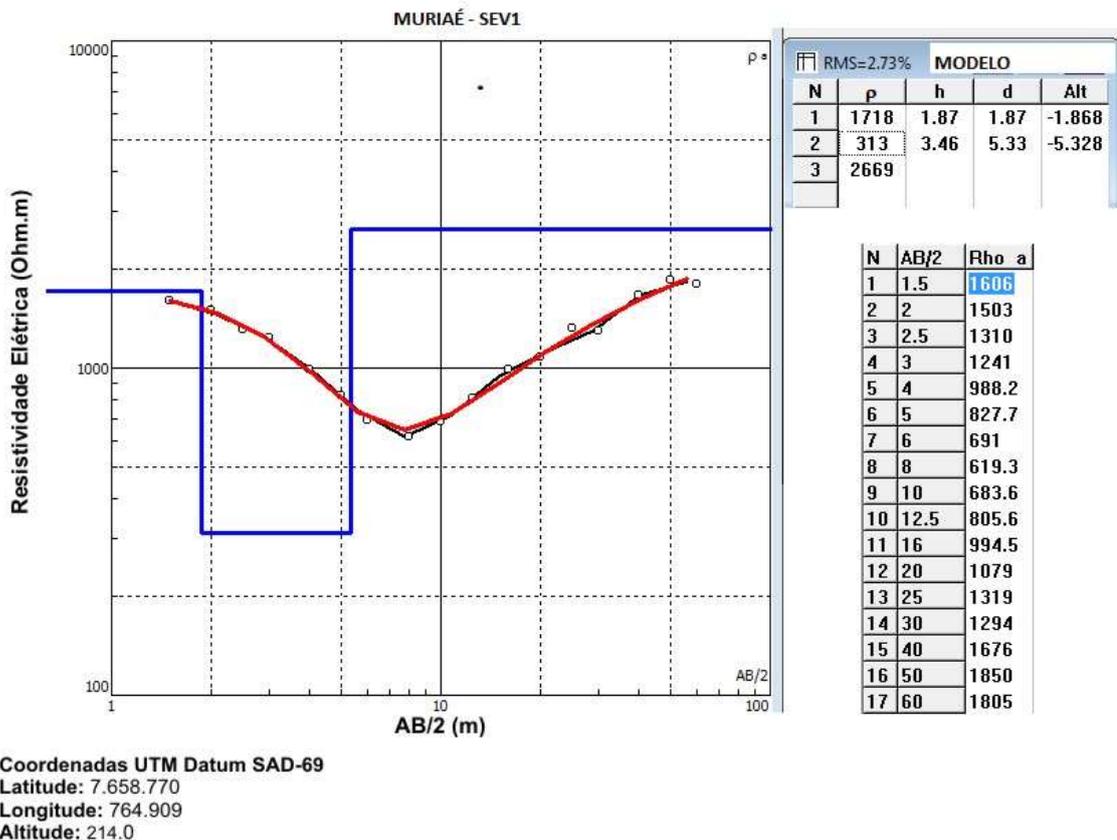
No Quadro 3.5, apresenta-se uma síntese das principais informações, que são: profundidade do nível d'água (franja capilar) e do topo rochoso.

QUADRO 3.5 – SEVS EXECUTADAS, COORDENADAS UTM E AS PROFUNDIDADES INFERIDAS PARA O NÍVEL D'ÁGUA (NA) E TOPO ROCHOSO

Barragem Muriaé – Rio Muriaé				
SEV	Leste	Norte	Prof. inferida para o NA (m)	Prof. inferida para o Topo Rochoso (m)
1	764865	7658725	1,9	5,3
2	764839	7658816	1,5	2,2
3	764928	7658878	1,2	3,3
4	764935	7658763	2,0	12
5	764962	7658753	1,6	4,6
6	764979	7658743	1,8	7,5
7	764995	7658787	0,8	7.9
8	764920	7658705	1,9	48,2 (?)
9	764992	7658719	3,5	12,1
10	765017	7658684	1,2	-

✓ SEV 01

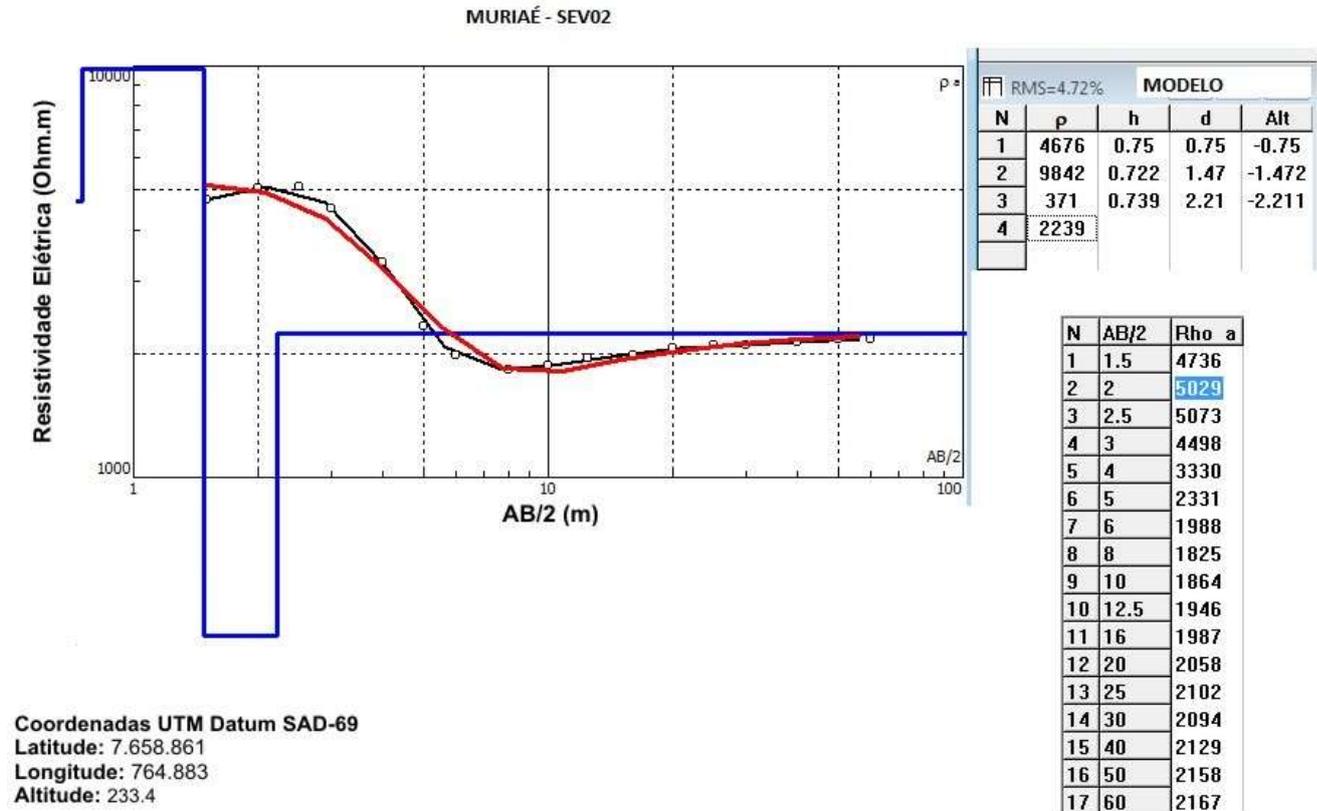
A curva foi ajustada com três estratos geoeletricos, pouco espessos. O nível d'água, ou a franja capilar foi registrado a 1,9 m de profundidade da superfície, sendo o material rochoso a 5,33 m de profundidade. A altitude estimada do topo rochoso é de 208,7 m.



✓ SEV 2

Um modelo de quatro estratos geoeletricos ajustou a curva de resistividade da SEV 02.

Os dois primeiros estratos superficiais são muito resistivos e bastante finos, representando o solo superficial seco. Na profundidade de 1,5 m a resistividade elétrica cai acentuadamente, para um estrato com 371 ohm.m, muito similar ao registrado na SEV1. Na profundidade de 2,21 m adentrou novamente num estrato geoeletrico de elevada resistividade, sendo interpretado como material rochoso, ou seja, nesse ponto o material rochoso é praticamente semiaflorante.

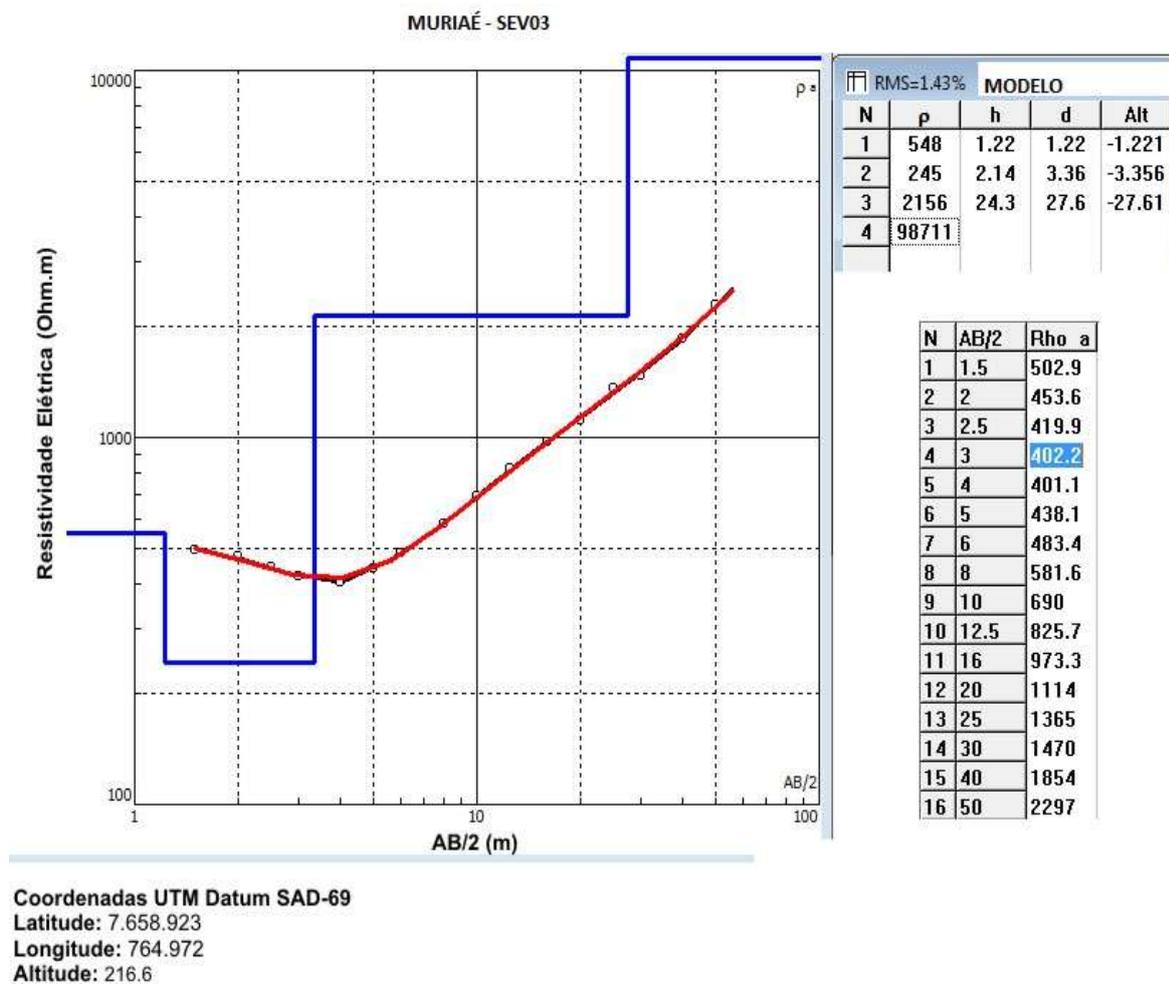


✓ SEV 03

A curva de resistividade apresenta bem comportada e foi ajustada por um modelo de quatro camadas. A altitude aproximada do local é de 216,6 m.

Na profundidade de 1,22 m a resistividade cai de 548 ohm.m para 245 ohm.m, sendo interpretada como a franja capilar. Da mesma maneira que ocorreu nas SEVs 1 e 2, poucos metros abaixo, mais precisamente na profundidade 3,4 m (altitude 213,2 m) ocorreu uma nova transição para um estrato de elevada resistividade, da ordem de 2.156 ohm.m, sendo interpretado como a transição para o material rochoso,

Para ajustar a curva perfeitamente, ainda foi necessário inserir uma quarta camada de altíssima resistividade na profundidade de 27,8m, ou seja, entorno da altitude 188,8 m.

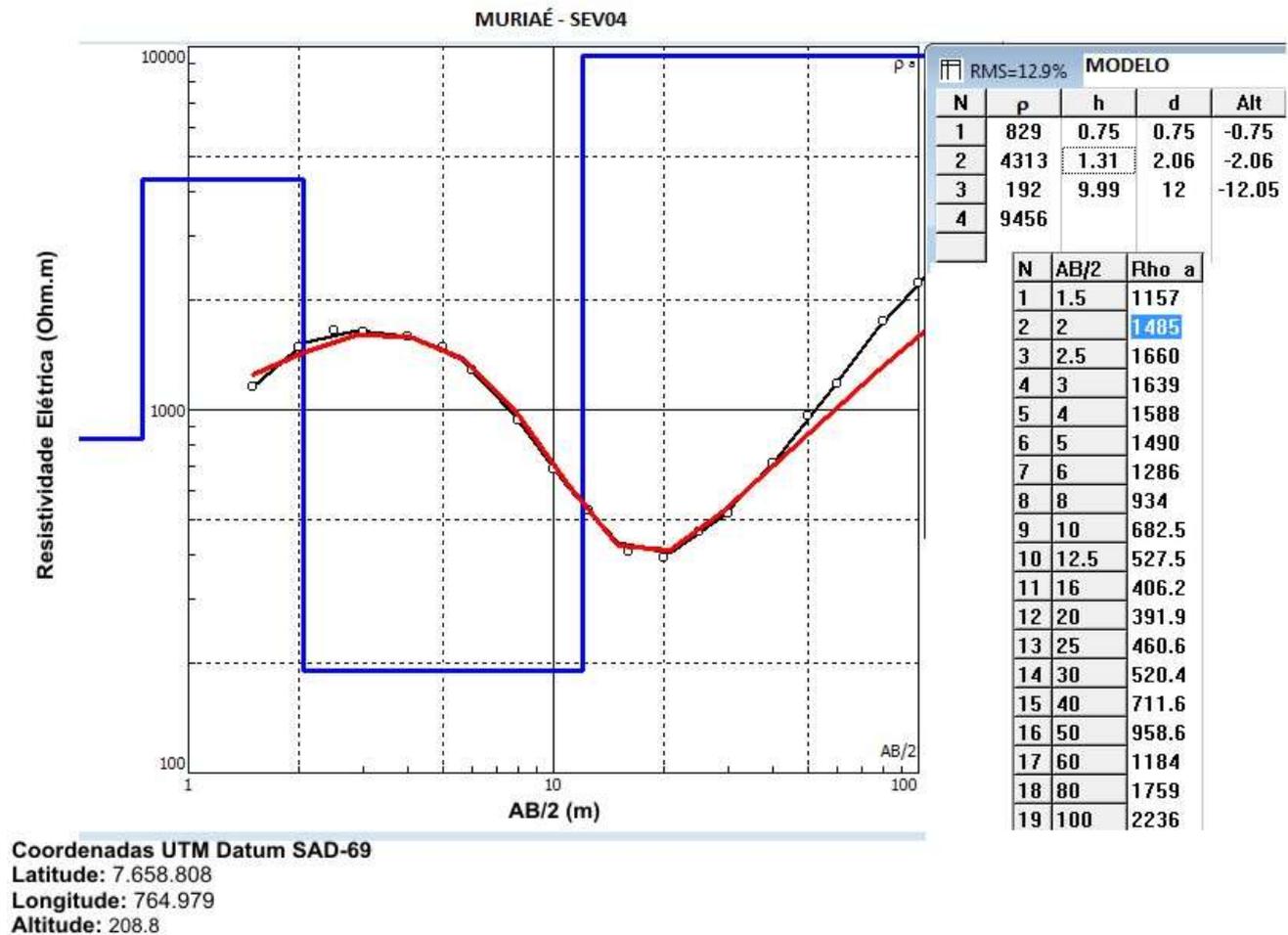


✓ SEV 04

O modelo gerado para ajustar a curva de resistividade da SEV04 possui quatro estratos geoeletricos. A altitude estimada pelo programa do ponto de realizaco a SEV04 foi de 208,8 m, ou seja, abaixo da profundidade do leito do rio, reforçando que a profundidade obtida pelo programa é aproximada.

Houve uma grande diferenęa nos valores de resistividade entre o segundo e o terceiro estratos geoeletricos, passando de 4.313 ohm.m para 192 ohm.m. A profundidade estimada desse contato foi de 2,1 m e possivelmente esteja associada à franja capilar, estando o nível d'água um pouco mais abaixo.

A outra transiço, também bastante significativa, passando de 192 para 9.456 ohm.m ocorreu em 12 m de profundidade, numa elevaço estimada de 196,8 m, sendo associada à transiço solo-rocha.



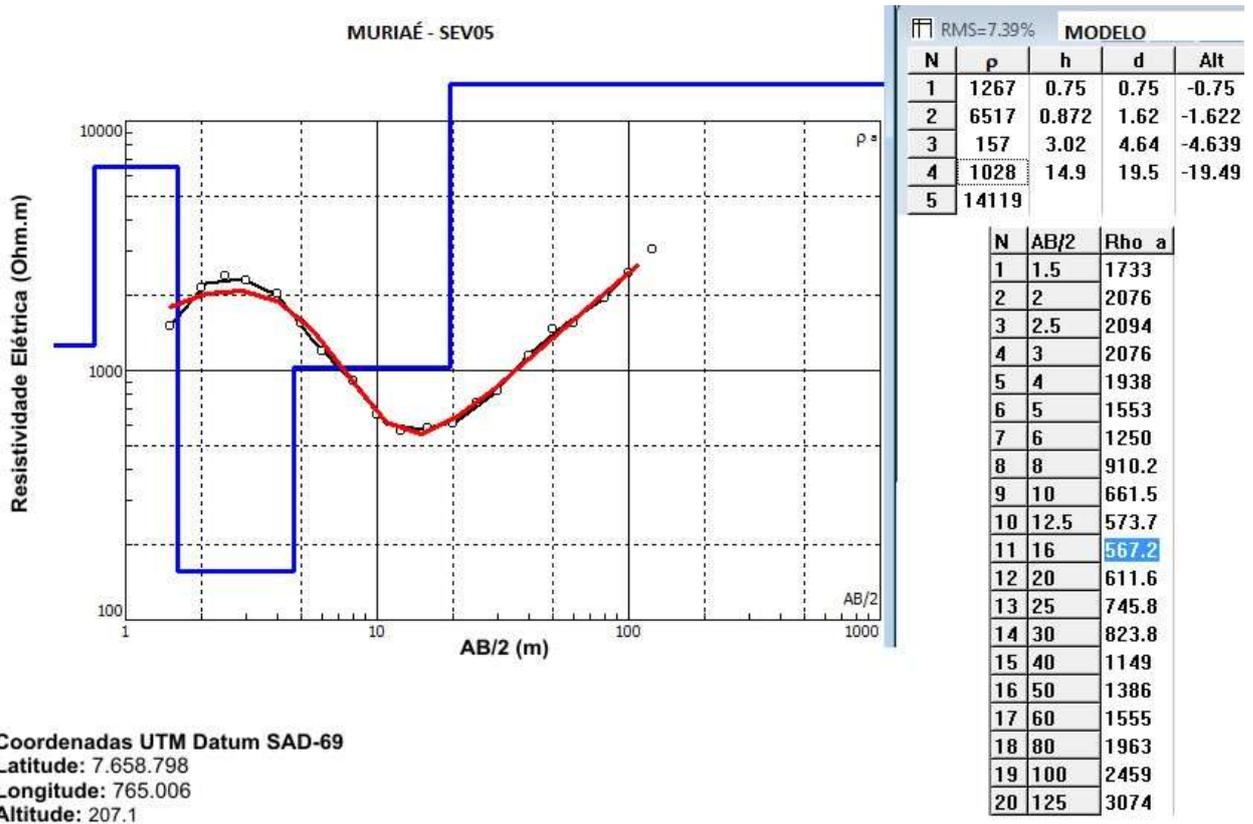
✓ SEV 05

A curva foi ajustada com cinco estratos geoeletricos, sendo os dois primeiros bastante delgados, apenas para ajustar os dados com pequenas aberturas de eletrodos (AB/2).

Na profundidade de 1,62 m a resistividade elétrica decai de 6.517 para 157 Ohm.m, sendo a profundidade de 1,62m associada a franja capilar.

Na profundidade de 4,62 m houve um considerável aumento da resistividade, passando de 157 para 1.028 ohm.m. Esse estrato perdurou até a profundidade de 19,5 m, ou seja, possui uma espessura de 14,9 m, sendo correlacionado a presença do material rochoso, porém o mesmo possivelmente seja pouco coerente e/ou com elevado grau de faturamento.

Em 19,5 m de profundidade registrou o quinto estrato com resistividade elétrica de 14.119 ohm.m, muito provavelmente adentrou no material rochoso mais coerente, menos fraturado.

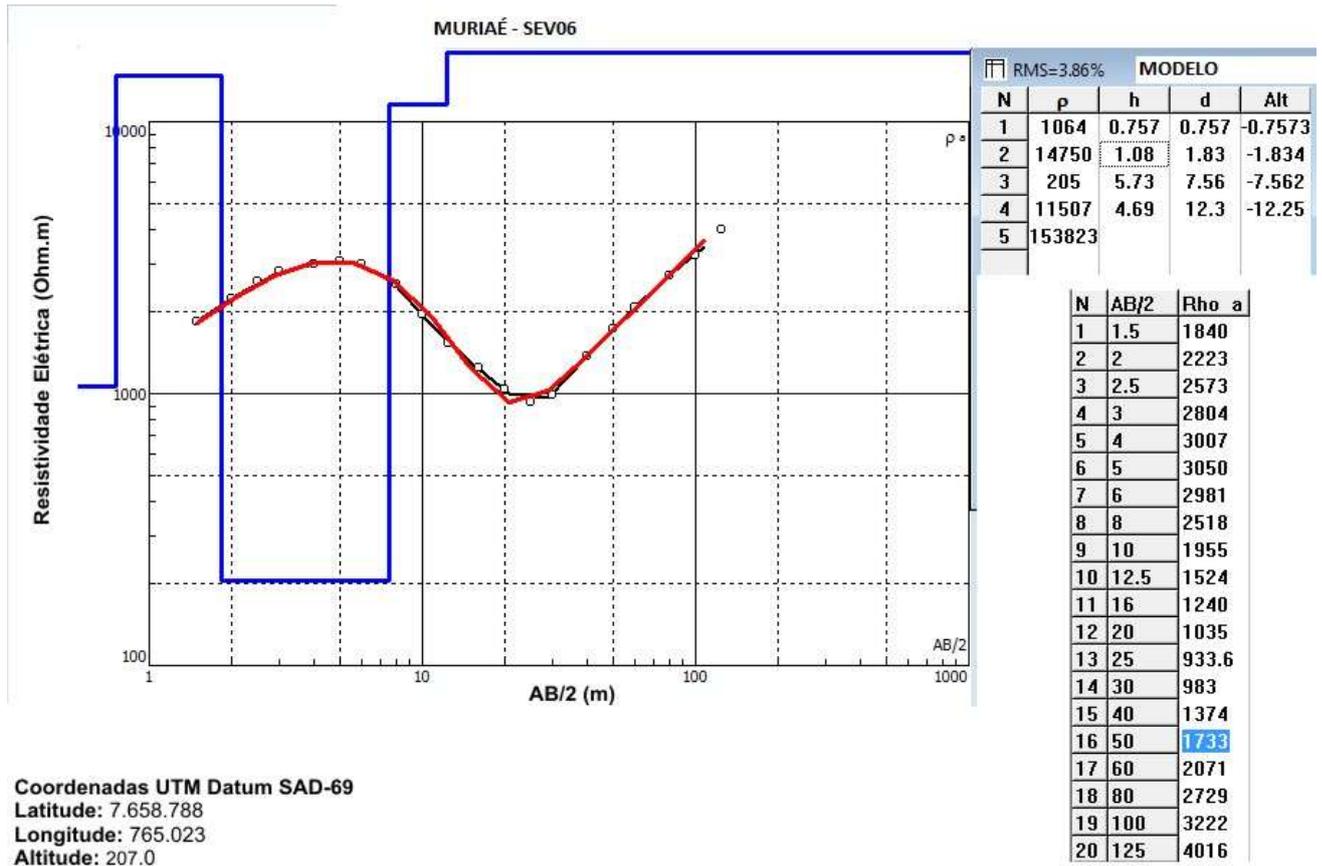


✓ SEV 06

De certo modo, a SEV 06 apresentou características similares à apresentada pela SEV 05.

Assim como na SEV 05 existem duas delgadas camadas de alta resistividade próximo da superfície e logo abaixo, cerca de 1,83 m da superfície, adentra numa camada de baixa resistividade (205 ohm.m) correlacionada a camada saturada.

Na profundidade de 7,6 m nova transição passando de 205 ohm.m para 11.507 ohm.m, evidenciando que se atingiu o topo rochoso. Para ajustar melhor a elevação observada na curva ainda foi inserida uma quinta camada com elevadíssima resistividade, evidenciando que a partir de 12,3 m o material rochoso se encontra bastante preservado.

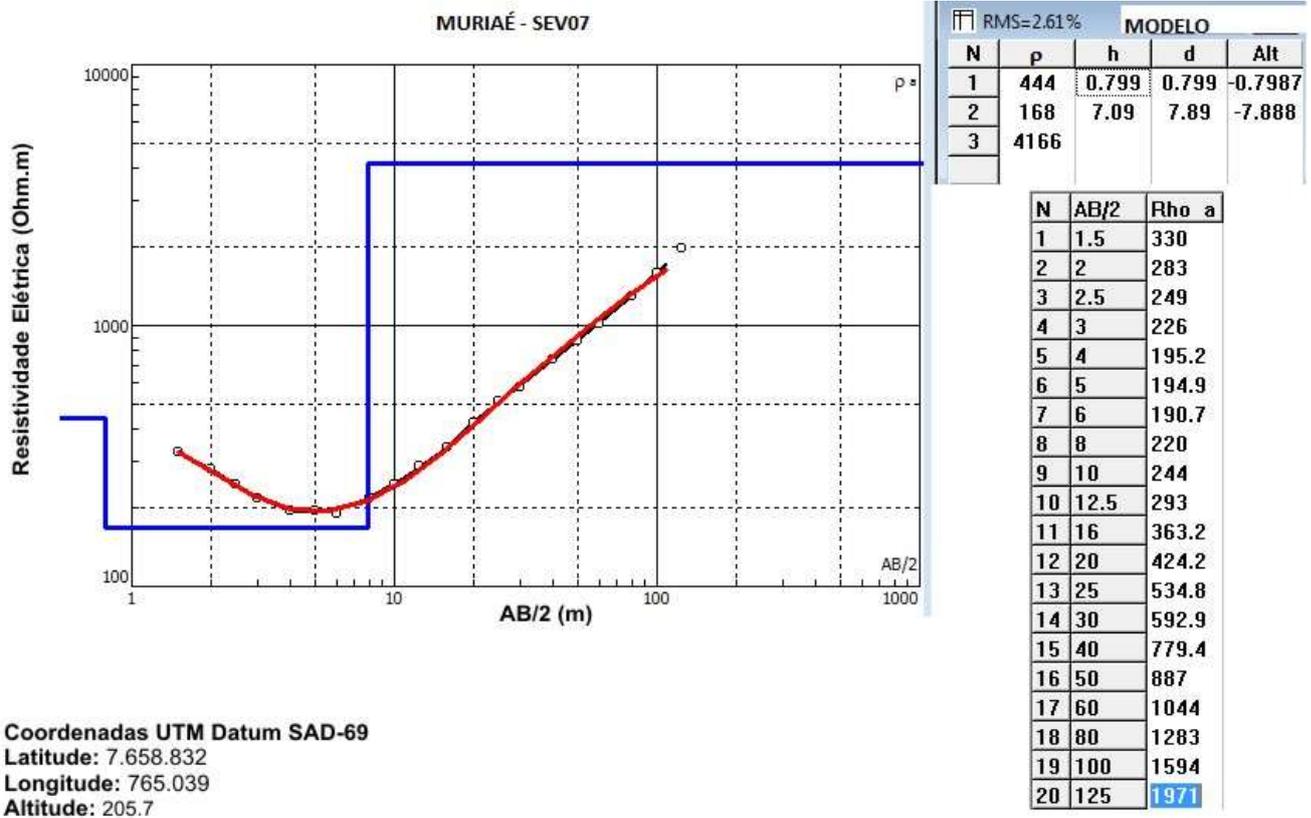


✓ SEV 07

De certo modo, a SEV 07 apresentou características similares à apresentada pela SEV 03, porém ao invés de 4 camadas os dados foram ajustados a 3 camadas

Em 0,8 m a camada superficial com 444 ohm.m decai para 168 ohm.m, muito provavelmente esse decaimento seja decorrente da franja capilar.

Em 7,9 m de profundidade ocorre um acentuado elevação, passando de 168 ohm.m para 4.166 ohm.m a qual foi correlacionada a transição do solo para o material rochoso.

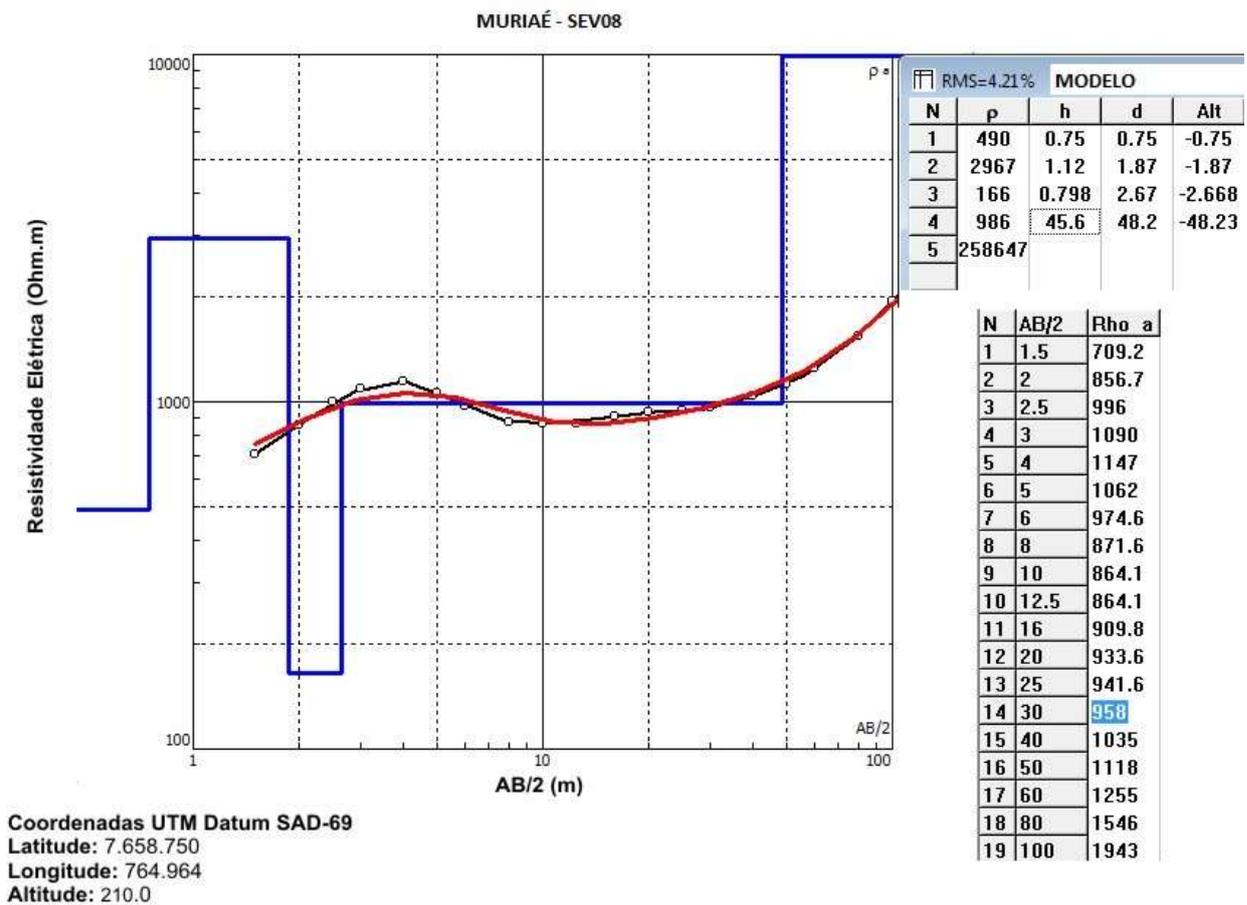


✓ SEV 08

A curva de resistividade apresenta bem comportada e foi ajustada por um modelo de 5 camadas. A altitude aproximada do local era de 210 m.

A camada de baixa resistividade correlacionada ao nível d'água possui valor de 166 ohm.m, ou seja, bastante similar a SEV-08 e seu topo foi estimado iniciar em 1,9 m. Logo abaixo, em 2,7 m uma pequena elevação no valor de resistividade pode estar atrelado à presença do topo rochoso, porém o valor de 986 ohm.m sugere que o material se encontre bastante alterado e possivelmente ainda saturado.

Somente na profundidade de 45,6 m houve uma acentuada elevação da resistividade elétrica, passando para 25.847 ohm.m compatível ao material rochoso são.



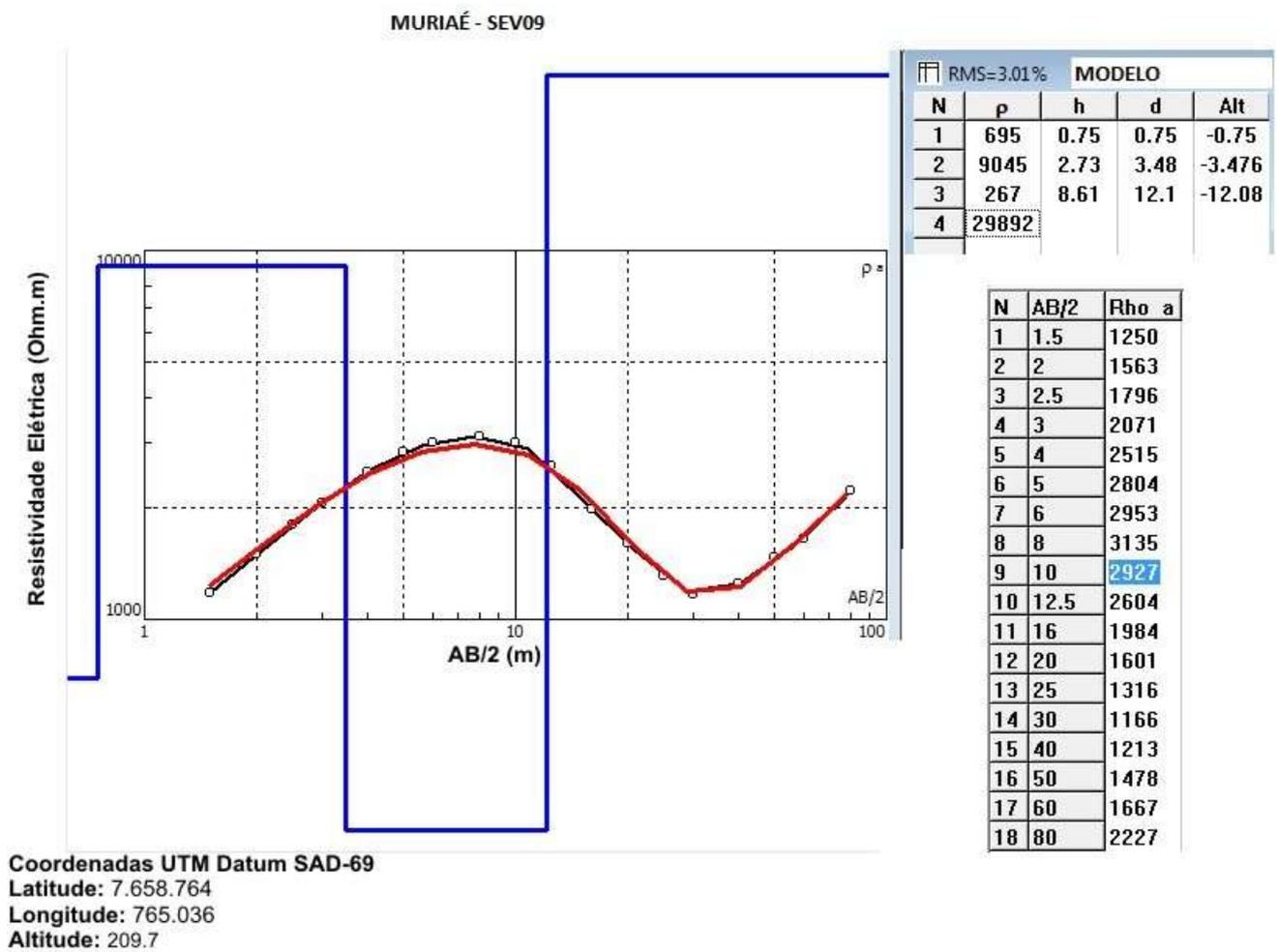
✓ SEV 09

De certo modo, a SEV 09 apresentou características similares às apresentadas pelas SEV 05 e SEV06. A altitude estimada do ponto foi de 209,7m.

A curva foi ajustada com quatro estratos geoeletricos, sendo o primeiro bastante delgado, apenas para ajustar os dados com pequenas aberturas de eletrodos (AB/2).

O segundo estrato de alta resistividade com 9.045 ohm.m foi até a profundidade de 3,48 m quando uma queda acentuada passou para 267 ohm.m, valor típico da camada saturada do local.

Nesse ponto a transição solo-rocha ocorreu numa profundidade maior do que nas demais SEVs, ela ocorreu a cerca de 12,1 m de profundidade.

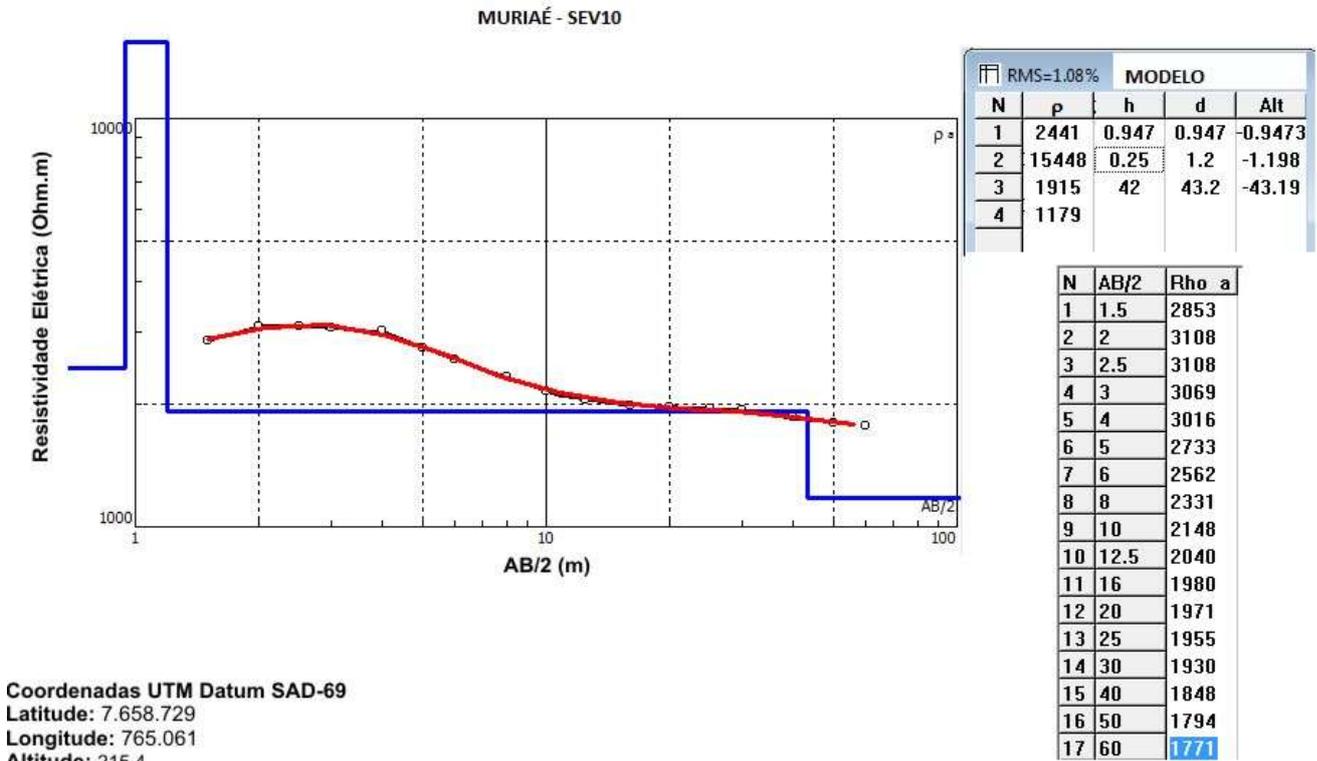


✓ SEV 10

Um modelo de 4 camadas ajustou a curva de resistividade da SEV 10.

O comportamento da curva foi bastante peculiar, onde em nenhuma das 4 camadas não foi detectada uma transição de baixa para alta resistividade característica da transição solo saturado para material rochoso.

Foi detectada uma redução bastante brusca dos estratos geoeletricos em 1,2 m, muito provavelmente correlacionado a entrada na franja capilar. Porém diferentemente de outras SEVs o valor desse estrato foi da ordem de 2.000 ohm.m, enquanto nas outras SEVs estava entorno de 250 ohm.m. E o mais interessante que este estrato perdurou por uma espessa camada, sem que fosse detectado uma transição para um material de maior resistividade, típico da transição solo saturado para material rochoso. Somente na profundidade de 43,2 m uma nova camada foi adicionada para ajustar os dados, porém com valor ainda menor, mais precisamente 1.179 ohm.m.



3.4.2 SEVs da Barragem do Rio Tombos

O Quadro 3.6 apresenta uma síntese das principais informações, que são: profundidade do nível d'água (franja capilar) e do topo rochoso.

QUADRO 3.6 - SEVS EXECUTADAS, COORDENADAS UTM E AS PROFUNDIDADES INFERIDAS PARA O NÍVEL D'ÁGUA (NA) E TOPO ROCHOSO.

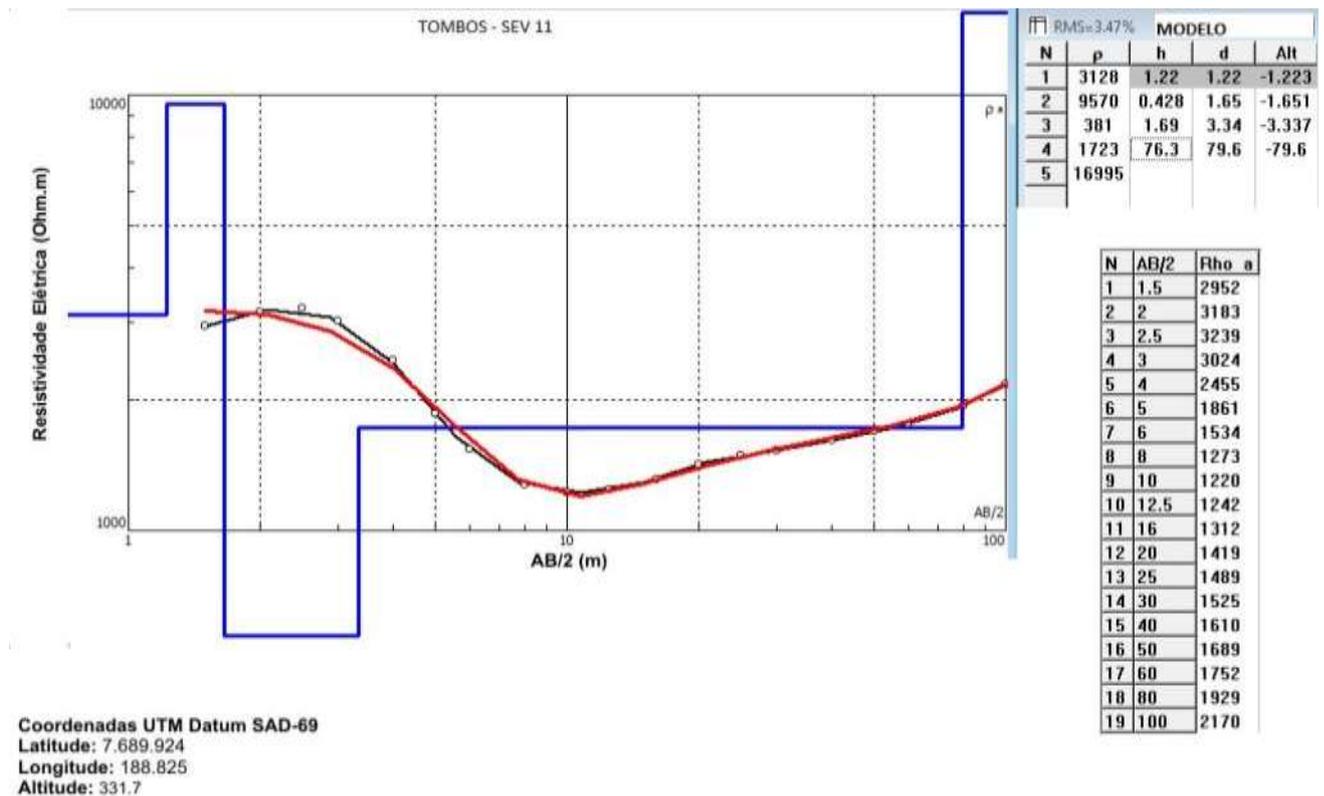
<i>Barragem Tombos – Rio Carangola</i>				
<i>SEV</i>	<i>Leste</i>	<i>Norte</i>	<i>Prof. inferida para o NA (m)</i>	<i>Prof. inferida para o Topo Rochoso (m)</i>
SEV-11	188785	7689878	1,6	3,3
SEV-12	188812	7689858	2,8	?
SEV-13	188830	7689825	2,4	9,8
SEV-14	188850	7689793	7,6	18,3
SEV-15	188882	7689735	1,2 (7,4)	17,9
SEV-16	188805	7689771	7,1	18,2
SEV-17	188886	7689806	9,2	21,3
SEV-18	188886	7689653	5,3	28,1
SEV-19	188848	7689659	5,8 ?	33 ?
SEV-20	188886	7689636	6,2	30,8

✓ SEV 11

A curva da SEV11 foi ajustada por um modelo geoeletrico composto por cinco camadas, sendo as três primeiras bastante delgadas. A SEV11 foi realizada numa altitude estimada de 331,7 m.

Existem duas delgadas camadas de alta resistividade próximo da superfície e logo abaixo, cerca de 1,65 m da superfície, adentra numa camada de baixa resistividade (381 ohm.m) correlacionada a camada saturada.

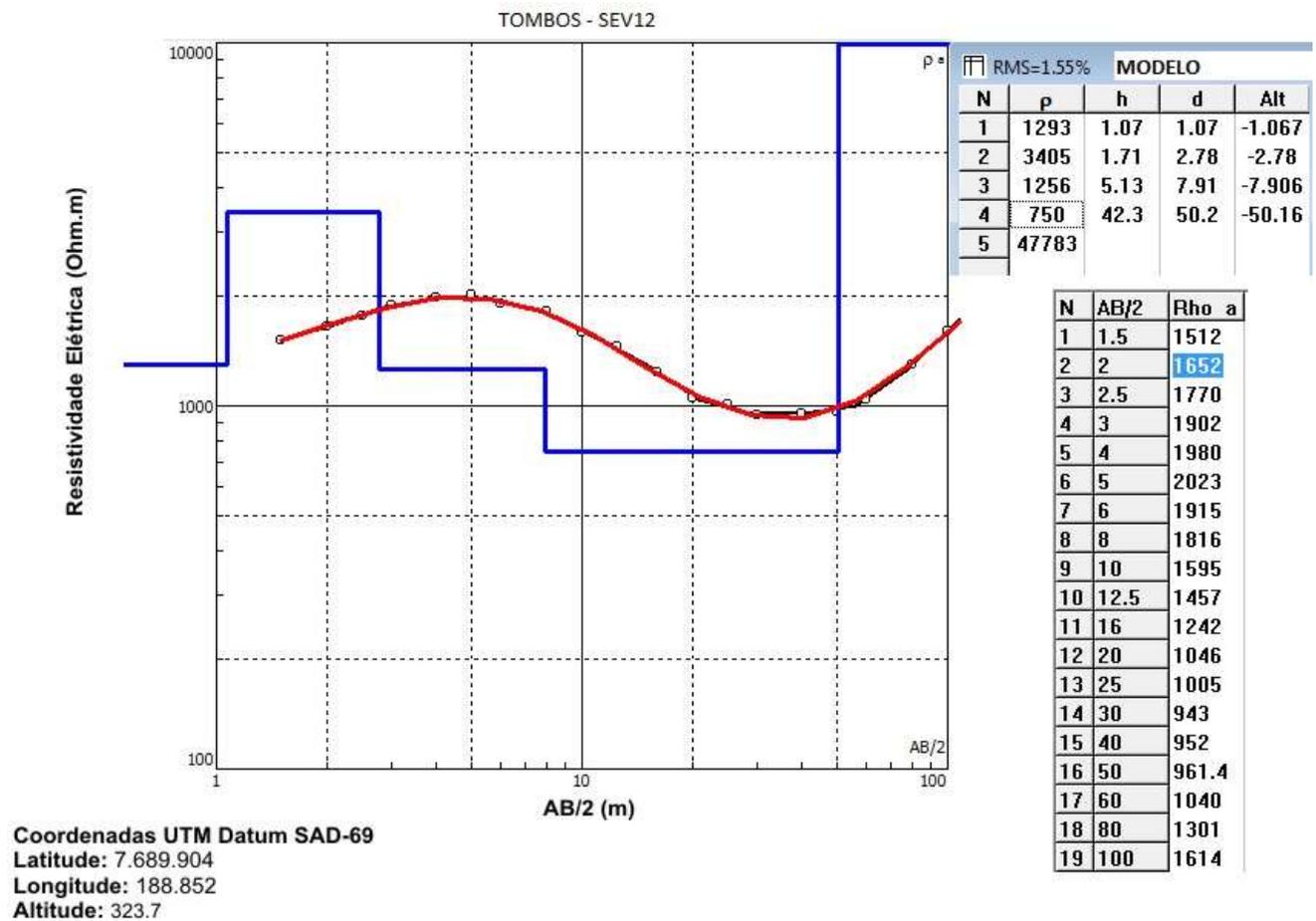
Na profundidade de 3,3 m nova transição passando de 381 ohm.m para 1.723 ohm.m, evidenciando que se atingiu o topo rochoso, porém pelo valor esse material rochoso pode encontrar-se com elevado grau de alteração. Para ajustar melhor os últimos pontos medidos da curva observada foi inserida uma quinta camada com elevadíssima resistividade, porém a transição se dá bastante profunda, em 80 m de profundidade.



✓ SEV 12

A altitude do ponto de realização da SEV12 foi estimada em 323,7m. A curva da SEV12 foi ajustada por um modelo composto de 05 estratos geolétricos.

As duas primeiras camadas delgadas com relativa alta resistividade associado ao solo superficial seco. Uma redução de 3.405 ohm.m para 1.256 ohm.m na resistividade ocorreu em 2,8 m, interpretado como tendo detectado a franja capilar. Um pouco mais abaixo em 7,9 m de profundidade uma nova redução foi necessária para ajustar os dados. A quarta camada com 750 ohm.m foi interpretada como sendo do solo saturado, e abaixo desse ponto ele é bastante espesso. Somente na profundidade de 50,2 m foi observado uma elevação substancial da resistividade, sendo interpretado como topo rochoso, ou seja, numa altitude entorno de 273,5m.



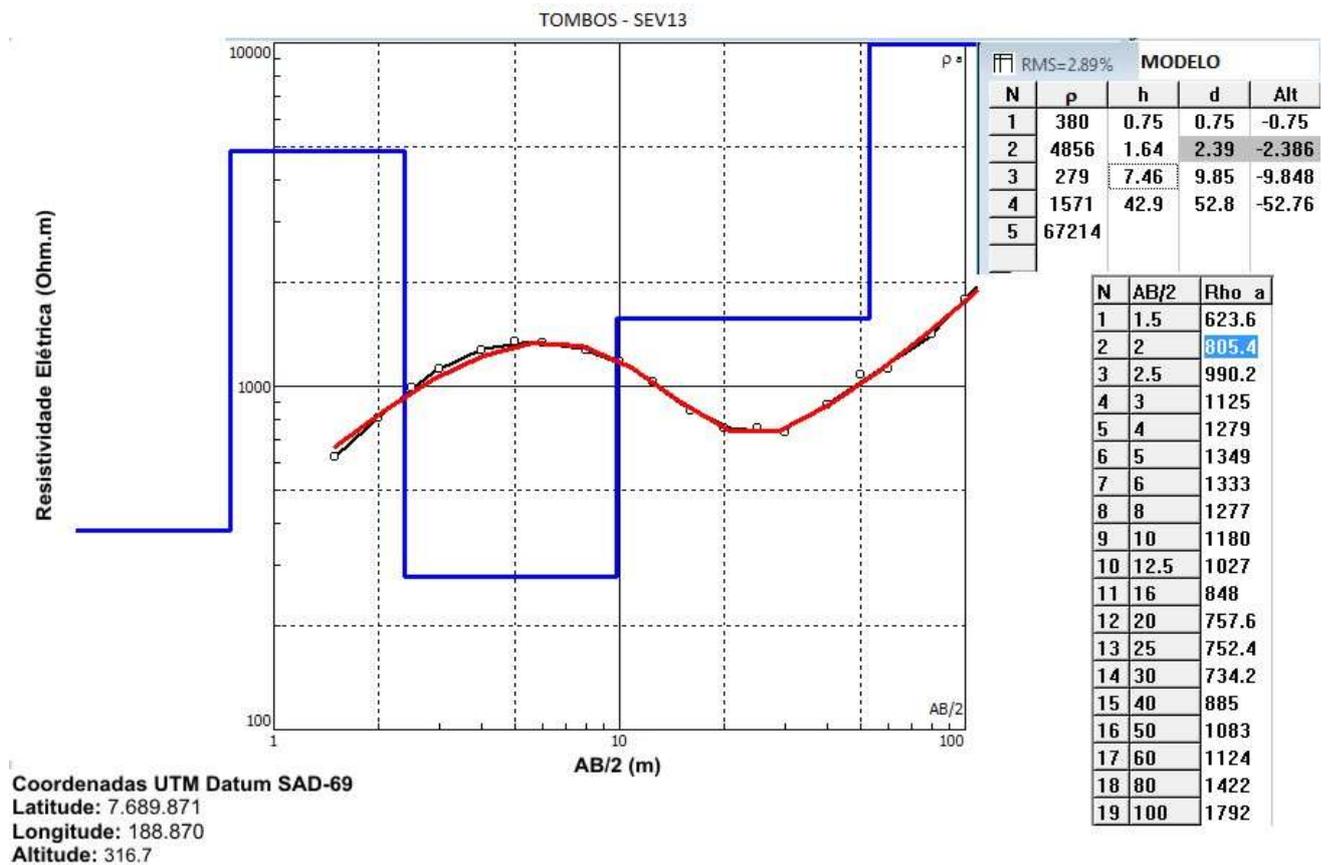
✓ SEV13

A SEV 13 foi ajustada por um modelo de cinco estratos geoeletricos. Ela foi realizada numa altitude aproximada de 316,7m.

Os dois primeiros estratos são bastante delgados correlacionados ao solo superficial seco, com resistividade elétrica de 380 e 4.856 ohm.m, respectivamente. Na profundidade de 2,4 m uma queda para 279 ohm.m indica a transição para o solo saturado.

Um quarto estrato com 1.571 ohm.m foi modelado na profundidade de 9,85 m, altitude aproximada de 306,8 m, sendo interpretado como a transição do solo para o material rochoso.

Para ajustar a acentuada elevação da curva para as medidas com maiores aberturas de eletrodos ainda foi inserido um estrato de altíssima resistividade elétrica na profundidade de 52,8 m.

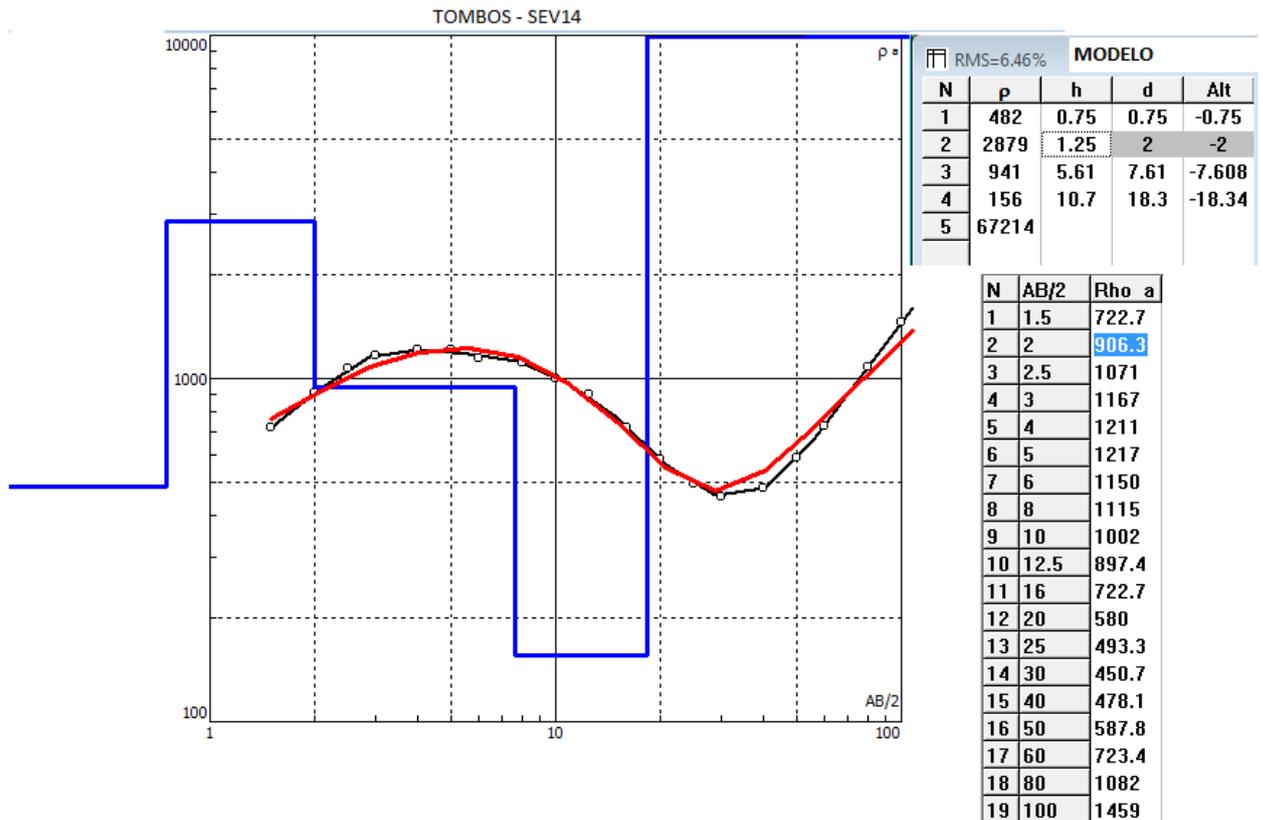


✓ SEV14

A SEV14 foi ajustada por uma modelo geoeletrico de 05 estratos. A altitude do ponto de realizaco foi estimada em 313,3 m.

A transio de 2.879 ohm.m para 941 ohm.m na profundidade de 2 m foi interpretada como a franja capilar, e um pouco mais abaixo, na profundidade de 7,6 m adentrou num estrato de 156 ohm.m o qual deve estar correlacionado a camada efetivamente saturada.

Uma brusca elevaco da resistividade eltrica na profundidade de 18,3 m deve-se a uma brusca transio solo saturado para rocha s.

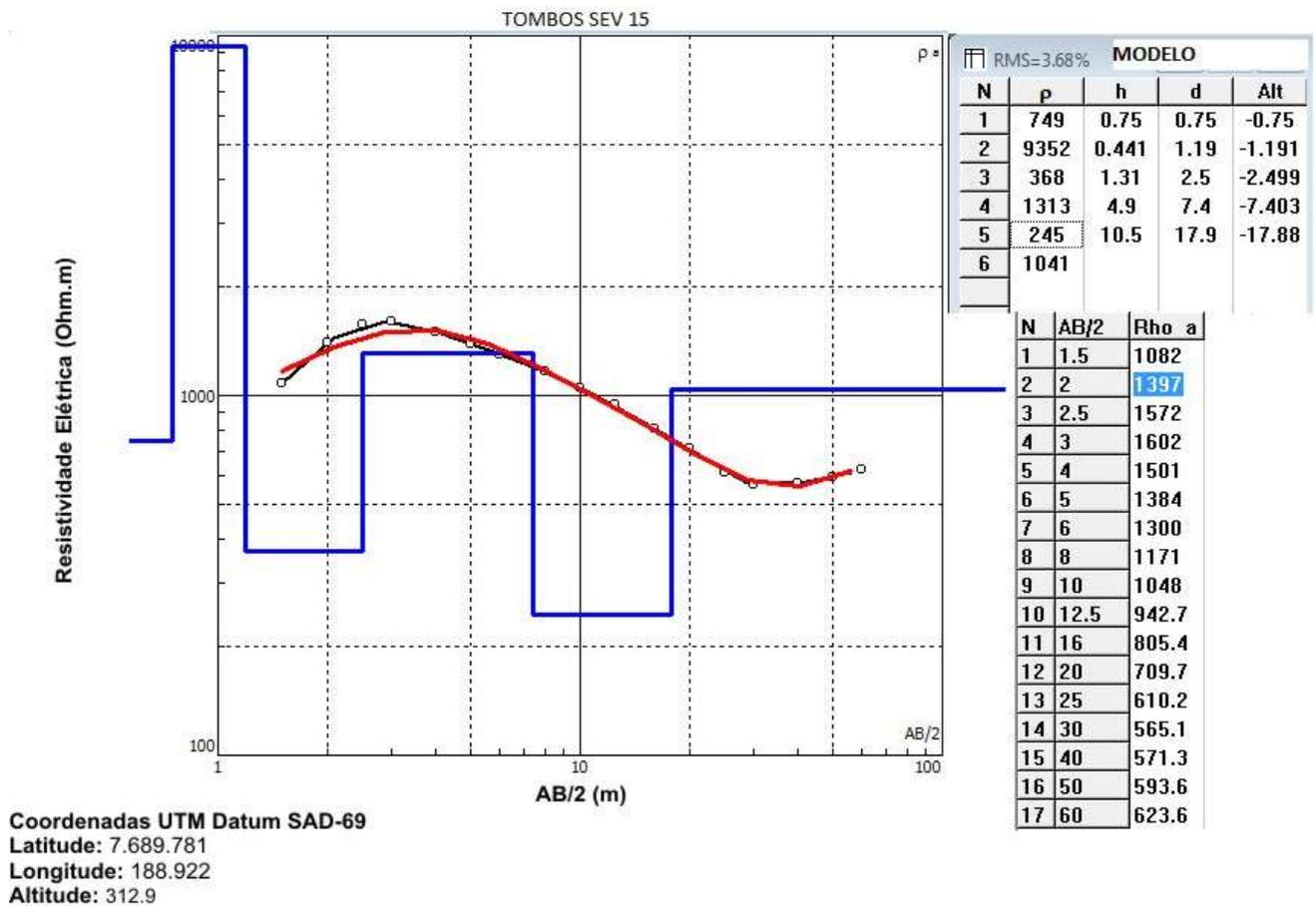


✓ SEV15

A SEV15 foi ajustada por um modelo composto por seis estratos geoeletricos. A altitude de realizaco foi estimada em 312,9m.

Apresentam dois finos estratos próximos a superfície, um de baixa e outra de alta resistividade. Na profundidade de 1,2 m ocorre uma reduo acentuada da resistividade, passando para 368 ohm.m, indica o início da camada saturada. Porém, logo abaixo, na profundidade de 2,5 m um quarto estrato geoeletrico com valor de 1313 ohm.m pode ser interpretado como a presena de um bloco de rocha, pois em 7,4 m de profundidade novamente a resistividade voltou a cair para 245 ohm.m, sendo interpretada efetivamente como a camada saturada.

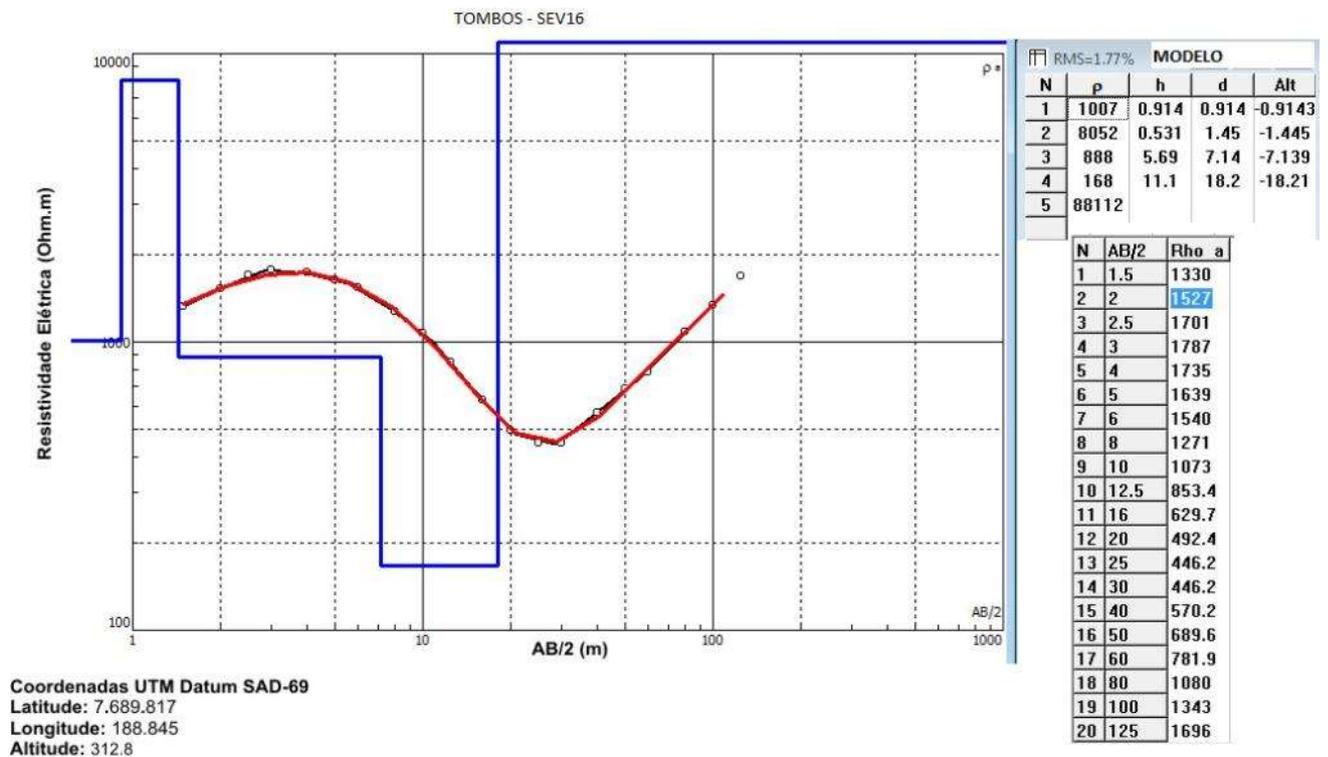
Por fim, um sexto estrato geoeletrico com 1041 ohm.m na profundidade de 17,9 m ajustou os dados para as maiores aberturas de AB/2, portanto sendo representativo do topo rochoso efetivo do local investigado.



✓ SEV16

A curva da SEV16 apresenta a mesma característica da SEV15.

Próximo à superfície apresenta dois finos estratos de relativa alta resistividade e em 1,45 m a resistividade cai para 888 ohm.m, essa redução possivelmente esteja associado a um solo bastante argiloso e um pouco mais baixo. mais precisamente na profundidade de 7,1 m adentrou num estrato com 168 ohm.m, o qual deve estar correlacionado a camada saturada. A transição para um material de altíssima resistividade se dá em 18,2 m, sendo interpretado como a transição para a rocha sã. Portanto, estima-se que, nesse ponto, o topo rochoso esteja numa elevação aproximada de 294,6 m.

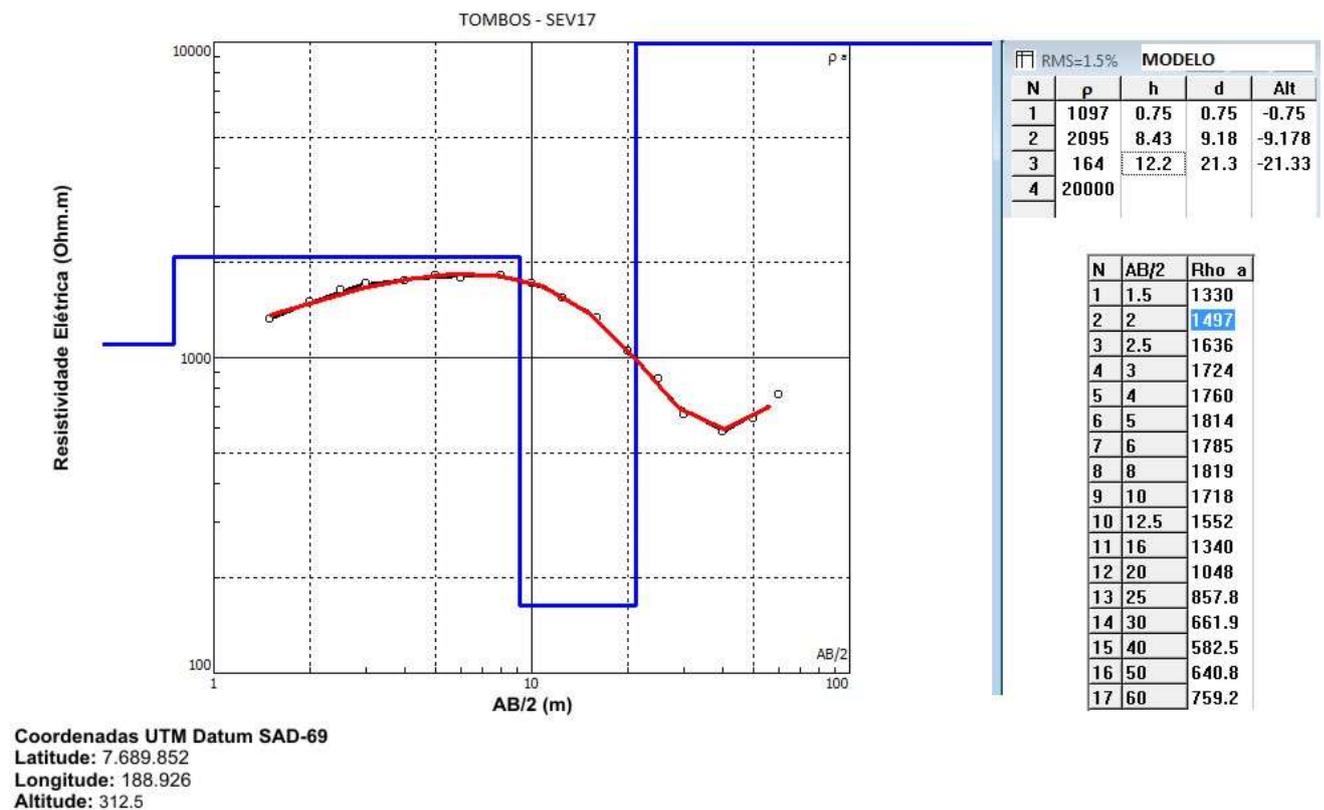


✓ SEV17

A SEV17 foi realizada numa altitude estimada de 312,5 m. A curva foi ajustada por um modelo geoeletrico composto por quatro estratos.

Os dois primeiros correlacionados ao solo superficial seco até a profundidade de 9,2 m, quanto passa de 2095 ohm.m para 165 ohm.m. Observa-se que essa resistividade de 165 ohm.m e também a profundidade de 9,2 m são bastante próximas as obtidas no modelo da SEV16.

Por fim, um quarto estrato com resistividade elétrica acima de 20.000 ohm.m ajustou os dados para as maiores aberturas de AB/2 na profundidade de 21,3 m, sendo interpretado como a transição efetiva do solo saturado para o material rochoso são. Portanto, estima-se que o topo rochoso esteja numa elevação aproximada de 291,2 m.

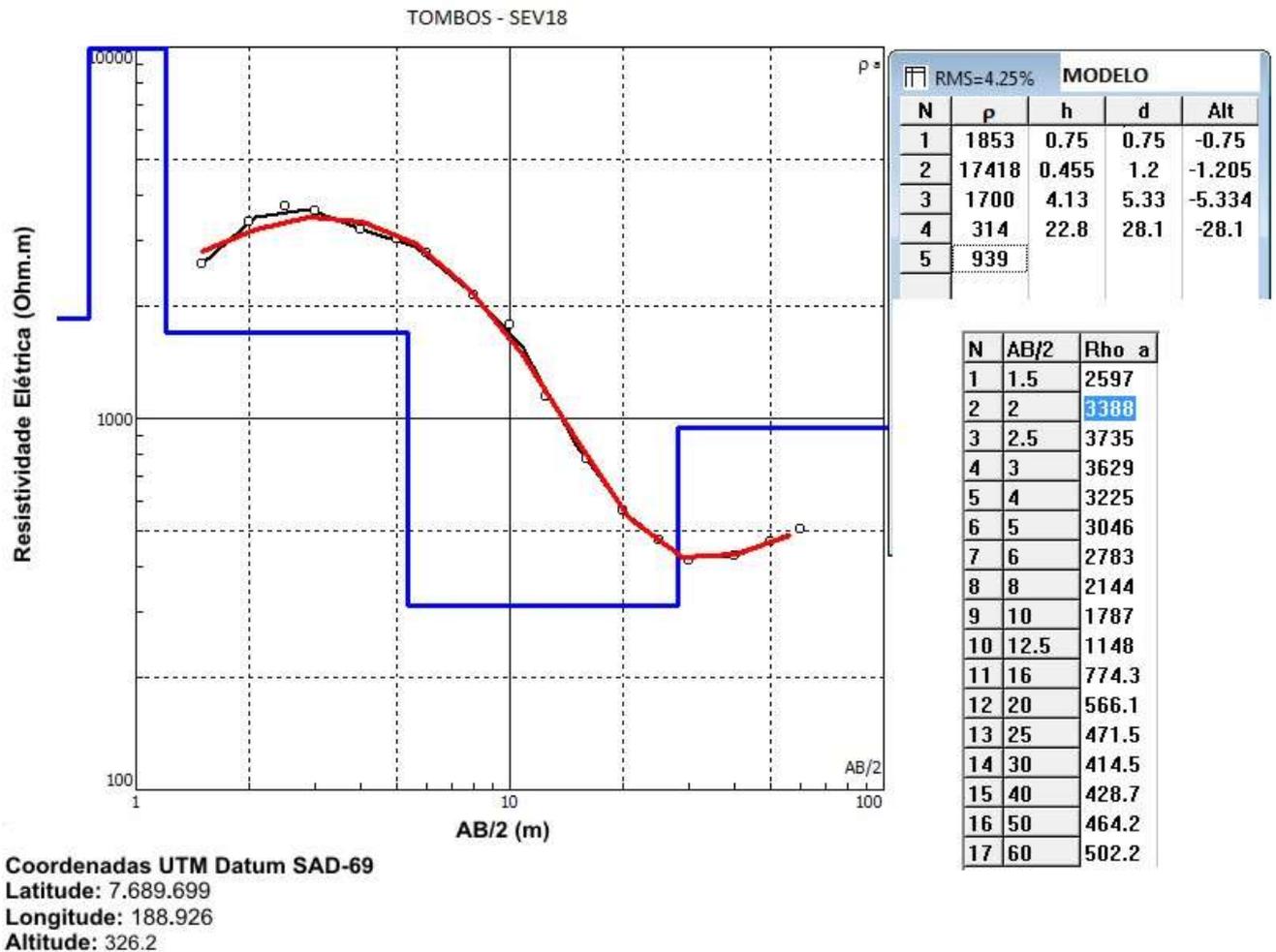


✓ SEV18

A SEV18 foi realizada numa altitude estimada de 326,2 m e teve sua curva ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Os três primeiros estratos de relativa alta resistividade, 1.853, 1.7418 e 1.700 ohm.m, respectivamente, estão correlacionados ao solo superficial seco. Já o quatro estrato com valor de 314 ohm.m na profundidade de 5,3 m foi interpretado como sendo o início da franja capilar.

Somente na profundidade de 28,1 m, aproximadamente na elevação de 298,1 m, foi detectado um estrato de alta resistividade compatível à transição do solo saturado para o material rochoso, assim mesmo, o valor de 939 ohm.m, pode estar indicando um material rochoso bastante alterado/fraturado.



✓ SEV19

A SEV 19 foi realizada na altitude estimada de 323,6 m. A curva foi ajustada por um modelo composto por quatro estratos geolétricos.

A variação entre os quatro estratos não foi tão acentuada quanto nas outras SEVs, reflexo do comportamento bastante suave da curva.

A transição ocorrida na profundidade de 5,8 m, onde passou de 1.816 ohm.m para 1.047 ohm.m foi interpretada como um provável início da camada saturada, e a transição de 1.047 ohm.m para 3.107 ohm.m ocorrida em 33 m de profundidade, numa altitude de 290,6 m, interpretada como a transição solo para material rochoso.

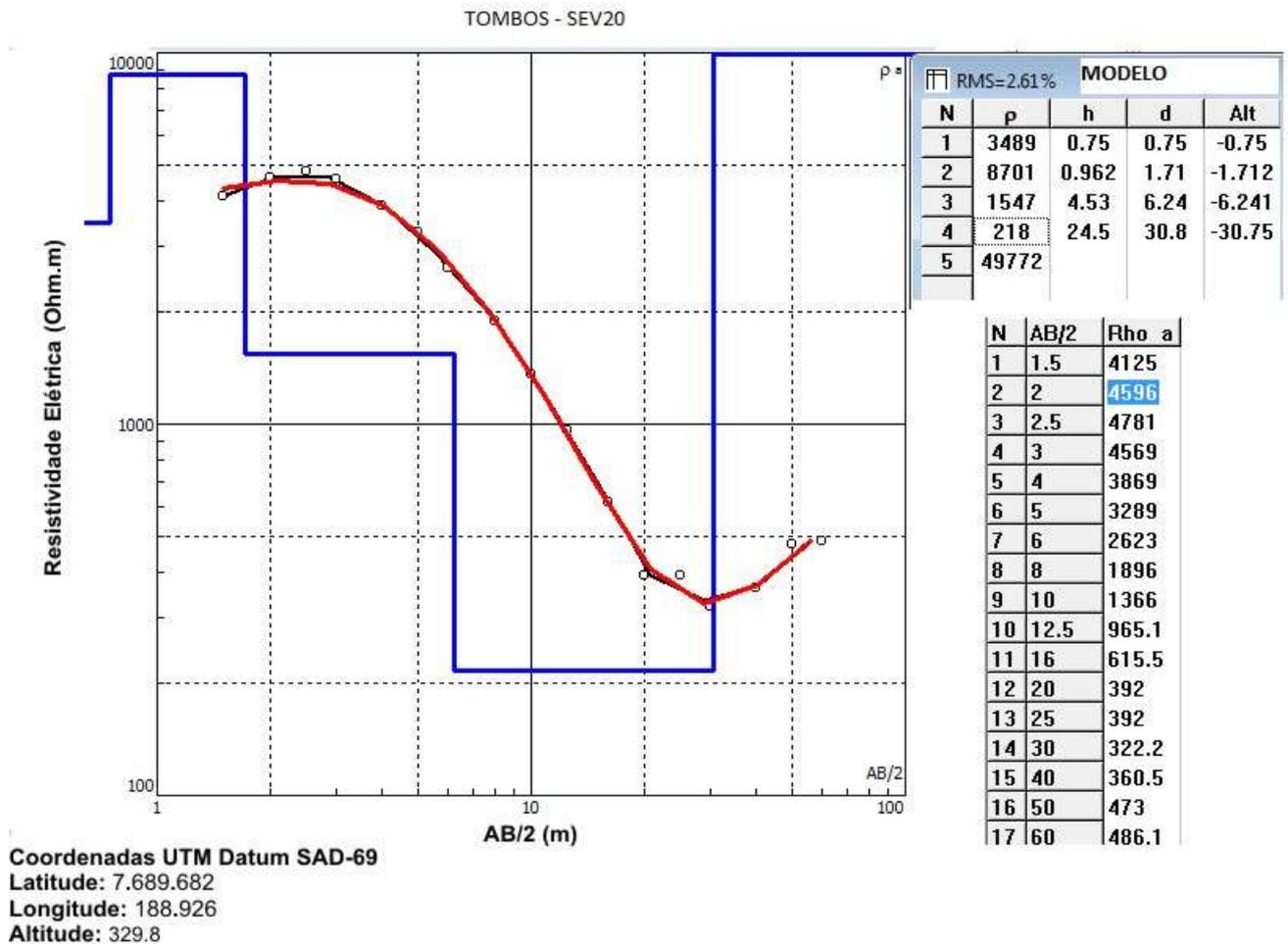


✓ SEV20

A SEV 20 foi realizada numa altitude estimada de 329,8 m e teve sua curva ajustada por um modelo composto por 05 estratos geoeletricos.

Os três primeiros estratos de relativa alta resistividade, 3.489, 8.701 e 1.547 ohm.m, respectivamente, estão correlacionados ao solo superficial seco. Já o quatro estrato com valor de 218 ohm.m na profundidade de 6,2 m foi interpretado como sendo o início da franja capilar existente um pouco acima da nível d'água efetivo.

Um quinto estrato de altíssima resistividade ajustou os dados para as maiores aberturas de AB/2 na profundidade de 30,8 m. Essa profundidade foi correlacionada à transição para o topo rochoso, que se encontra numa altitude estimada abaixo desse ponto em 299 m.



3.4.3 SEVs Barragem de Carangola

No Quadro 3.7, mostra-se uma síntese das principais informações, que são: profundidade do nível d'água (franja capilar) e do topo rochoso.

QUADRO 3.7 – SEVS EXECUTADAS, COORDENADAS UTM E AS PROFUNDIDADES INFERIDAS PARA O NÍVEL D'ÁGUA (NA) E TOPO ROCHOSO.

<i>Barragem de Carangola</i>				
<i>SEV</i>	<i>Leste</i>	<i>Norte</i>	<i>Prof. inferida para o NA (m)</i>	<i>Prof. inferida para o Topo Rochoso (m)</i>
SEV-21	801960	7709706	2,5	40,0
SEV-22	801970	7709722	1,5	26,6
SEV-23	801981	7709738	1,8	23,3
SEV-24	802000	7709698	(1,5) 18,1	30
SEV-25	801964	7709730	2,7	12
SEV-26	802030	7709779	(1,1) 13,3	29,2
SEV-27	802039	7709735	3	14
SEV-28	802068	7709686	(1,3) 8,8	18,5
SEV-29	802095	7709845	(1,7) 8,6	17,1
SEV-30	802087	7709863	(1,0) 11,6	14,4?

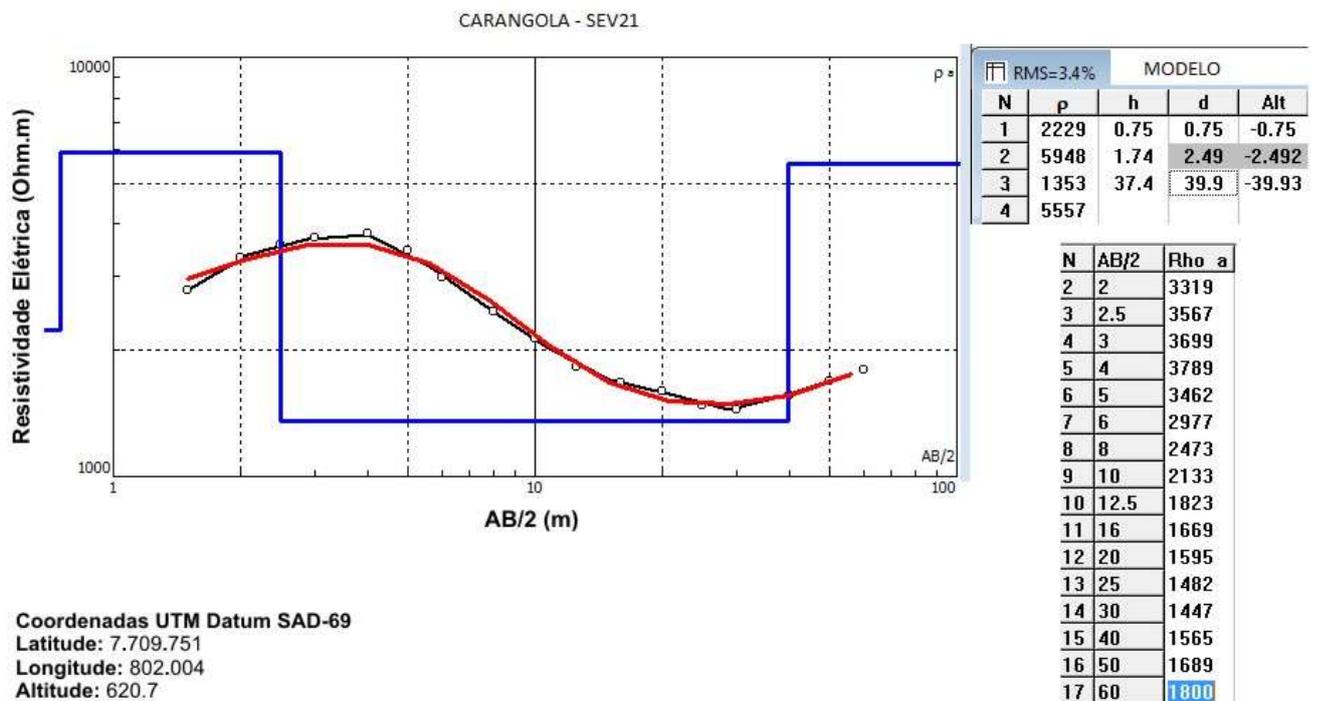
✓ SEV 21

A SEV21 foi realizada numa altitude estimada de 620,7 m.

A curva da SEV21 foi ajustada por um modelo geoeletrico composto por quatro camadas.

Existem duas delgadas camadas de alta resistividade próximo da superfície. Logo abaixo, cerca de 2,5 m da superfície, adentra numa camada de relativa baixa resistividade (1.353 ohm.m) correlacionada a camada saturada.

Somente na profundidade de 39,9 m precisou de um novo estrato para ajustar os dados das maiores aberturas de AB/2, passando de 1.353 ohm.m para 5.557 ohm.m, sendo interpretado como a transição solo – rocha. Essa transição ocorreu numa altitude estimada de 580,8 m.

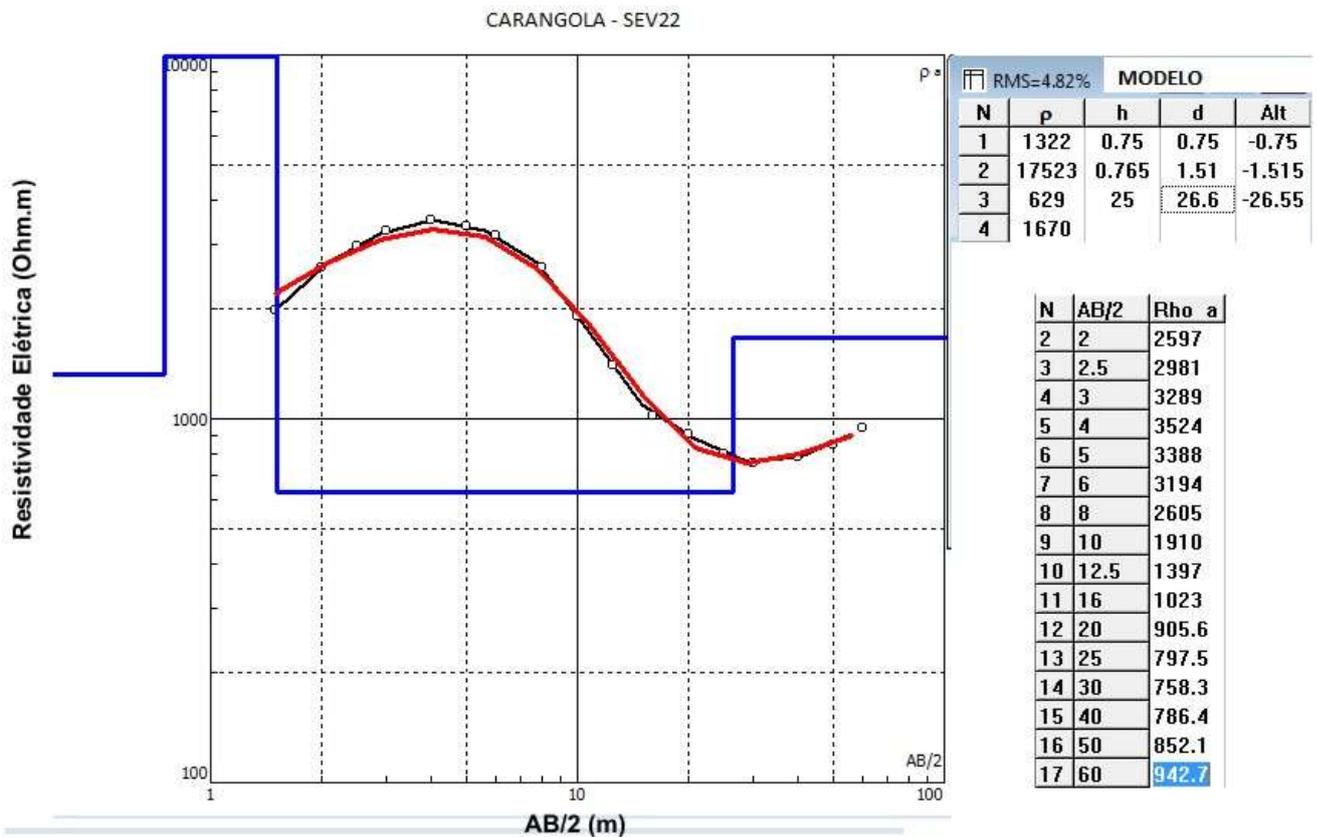


✓ SEV22

A SEV22 foi realizada um pouco abaixo da SEV21 e um pouco acima da SEV23, de forma a manter um alinhamento aproximado no sentido EW-NE entre as três. A altitude estimada do ponto foi de 618,7 m.

A curva foi ajustada por um modelo geoeletrico composto por quatro estratos, sendo os dois primeiros bastante delgados. A transição para o terceiro estrato ocorreu na profundidade de 1,5 m e passou de 17.523 ohm.m para 629 ohm.m, correlacionada o início da camada saturada.

Somente em 26,6 m foi ajustado um novo estrato de alta resistividade correlacionado a transição do solo para o material rochoso. Estima-se que o topo rochoso abaixo desse ponto esteja numa profundidade da ordem de 592,1 m.



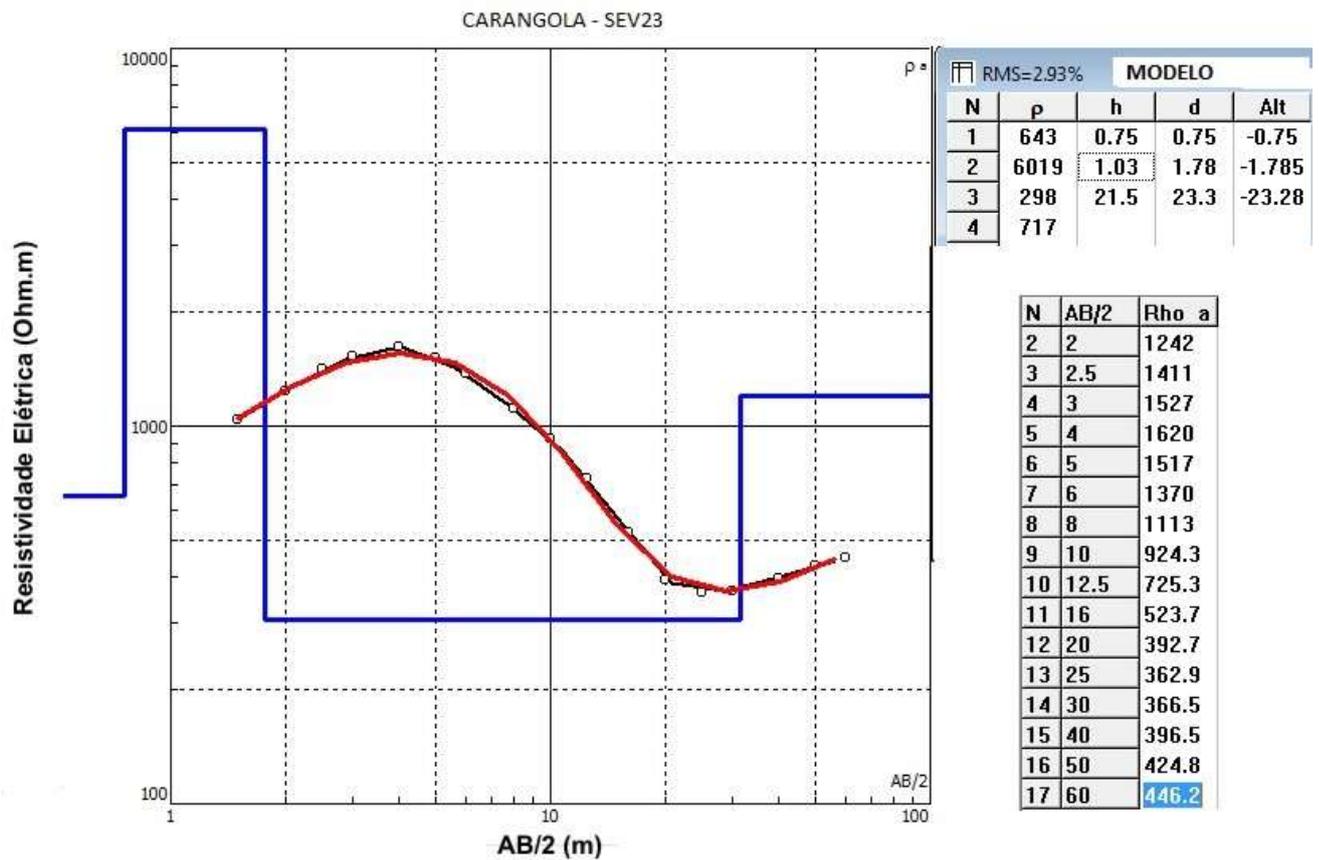
Coordenadas UTM Datum SAD-69
Latitude: 7.709.767
Longitude: 802.014
Altitude: 618.7

✓ SEV23

A SEV23 situa-se numa altitude aproximada de 617,2 m.

A curva foi ajustada por um modelo geoeletrico composto por quatro camadas, sendo que o comportamento dos estratos são bastante similares aos registrados pela SEV22.

Próximo da superfície foram modelados dois finos estratos e na profundidade de 1,8m adentrou num estrato de 298 ohm.m, o qual foi associado à franja capilar. Esse estrato de baixa resistividade possui uma espessura de 21,5 m de forma que somente na profundidade de 23,3 m houve uma transição para um estrato de maior resistividade correlacionado a transição solo – material rochoso. A altitude aproximada do topo rochoso é de 593,9 m.



Coordenadas UTM Datum SAD-69
Latitude: 7.709.783
Longitude: 802.025
Altitude: 617.2

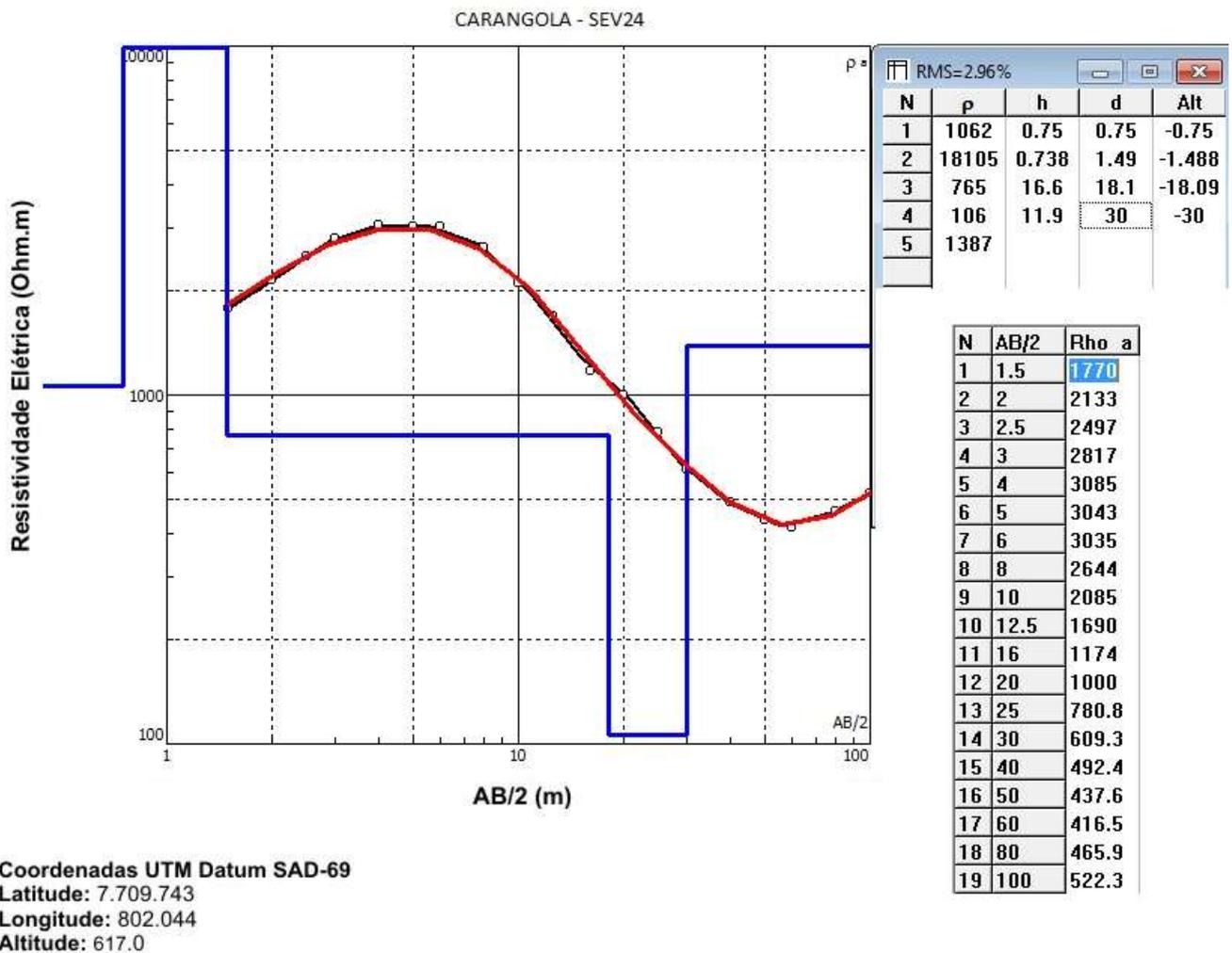
✓ SEV 24

A SEV24 foi realizada a jusante da SEV22, numa altitude aproximada de 617m.

A curva foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Próximo da superfície os dados foram ajustados por dois finos estratos e na profundidade de 1,5 m adentrou num estrato de 765 ohm.m o qual foi associado à franja capilar. Para ajustar uma pequena inflexão na curva a partir da profundidade de 18,1 m houve uma nova redução na resistividade passando para 106 ohm.m.

Uma camada de alta resistividade associada à transição solo – material rochoso foi modelada na profundidade de 30 m, ou uma altitude aproximada de 587 m.

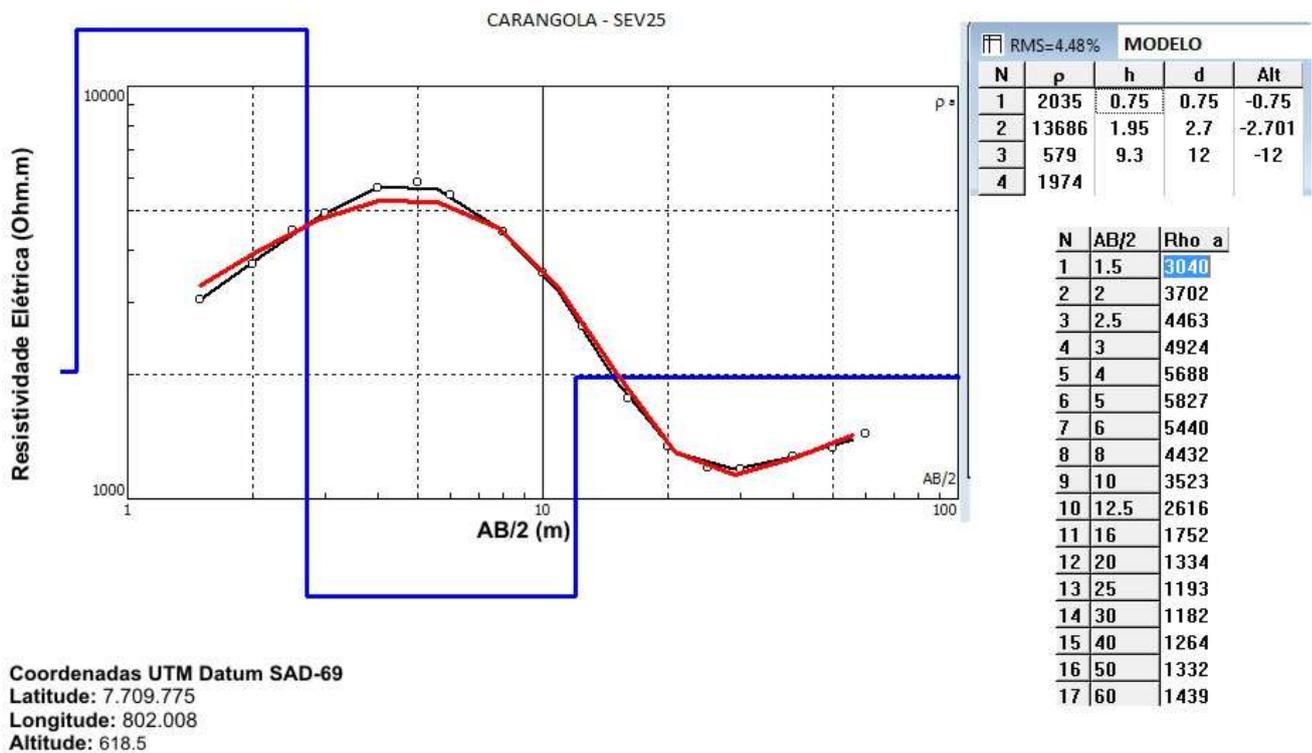


✓ SEV25

Localizada ainda na margem esquerda do rio Carangola, praticamente ao lado da SEV22, a altitude aproximada foi estimada em 618,5 m.

A curva foi ajustada para um modelo composto por quatro estratos geoeletricos.

Os dois primeiros estratos apresentam alta resistividade e relativamente pouco espessos. Um terceiro estrato apresenta resistividade de 579 ohm.m na profundidade de 2,7 m sendo associado à franja capilar, e um quarto estrato com valor de 1.974 ohm.m na profundidade de 12 m correlacionado a transição solo – rocha. Essa transição foi estimada na altitude de 606,6 m.

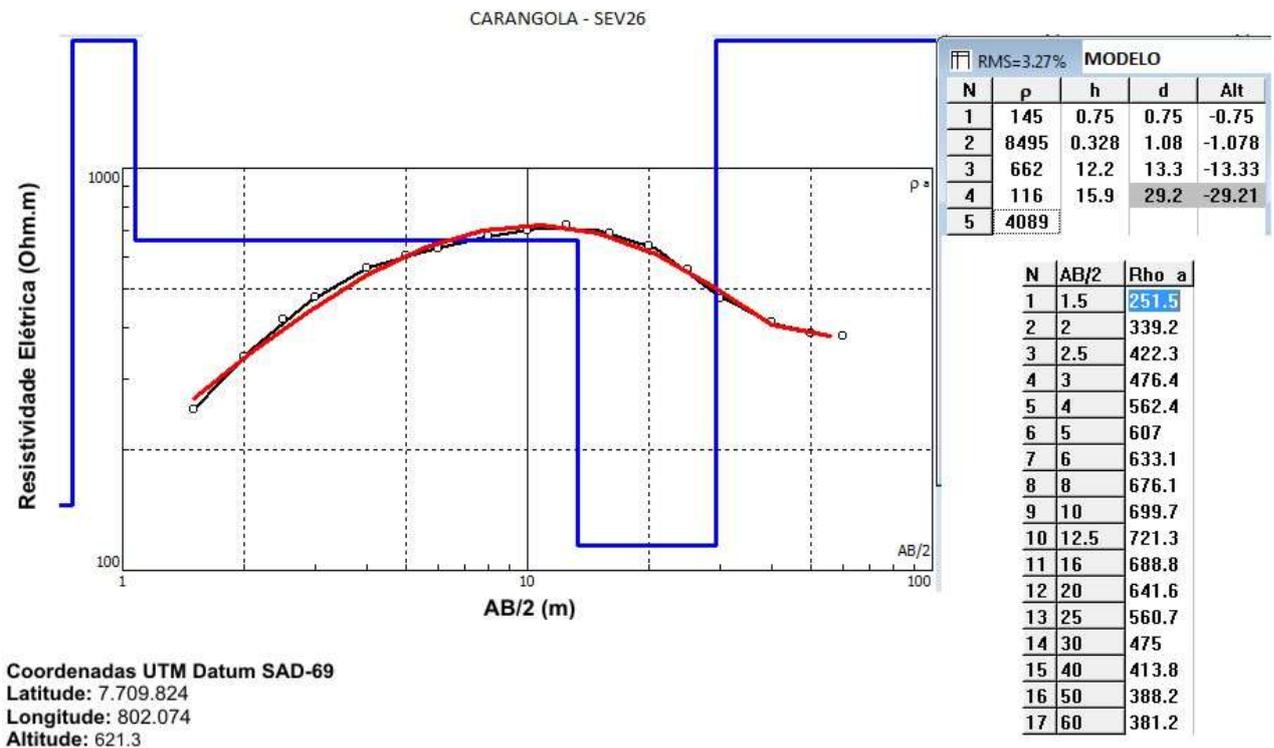


✓ SEV26

Localizada na margem esquerda do rio Carangola, situa-se numa altitude estimada de 621,3 m.

A curva foi ajustada para um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Os dois primeiros são delgados estratos para ajustar os dados para as menores aberturas de AB/2 e estão correlacionados ao solo superficial seco. Um espesso estrato de baixa resistividade (662 ohm.m) inicia na profundidade de 1,1 m e se estende até 13,3 m, muito provavelmente esteja correlacionado a camada de solo saturado. Uma quarta camada de menor resistividade (116 ohm.m) vai desde os 13,3 m até 29,9 m. Esse quarto estrato também deve estar correlacionado ao solo saturado, porém com maior concentração de argilo-minerais. Por fim, um estrato de alta resistividade a partir de 29,9 m, provavelmente esteja correlacionado a transição solo saturado – material rochoso. A estimativa da altitude do topo rochoso é de 592,1 m.

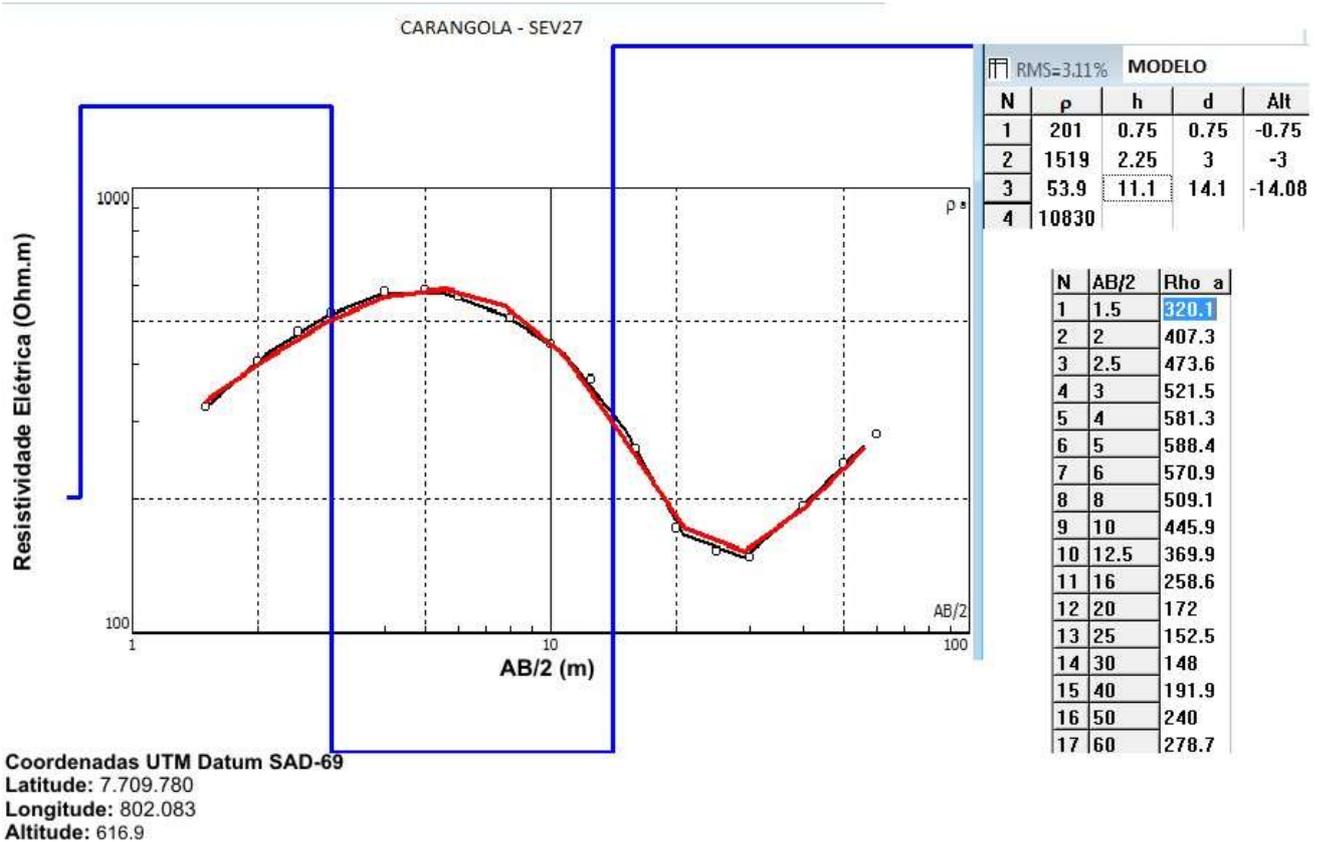


✓ SEV27

A SEV27 localiza-se na margem esquerda do rio Carangola, numa elevação aproximada de 616,9 m.

A curva da SEV27 foi ajustada por um modelo composto por quatro estratos geoeletricos.

Os dois primeiros foram realizados ajustando-se as medidas com as menores aberturas de eletrodos. O terceiro estrato com valor de 54 ohm.m na profundidade de 3 m deve estar correlacionado ao início da franja capilar. O quarto estrato geoeletrico é de alta resistividade e ocorre na profundidade de 14,1 m, sendo correlacionada a transição solo – rocha. Estima-se que o topo rochoso, nesse ponto, encontra-se na altitude aproximada de 602,8 m.

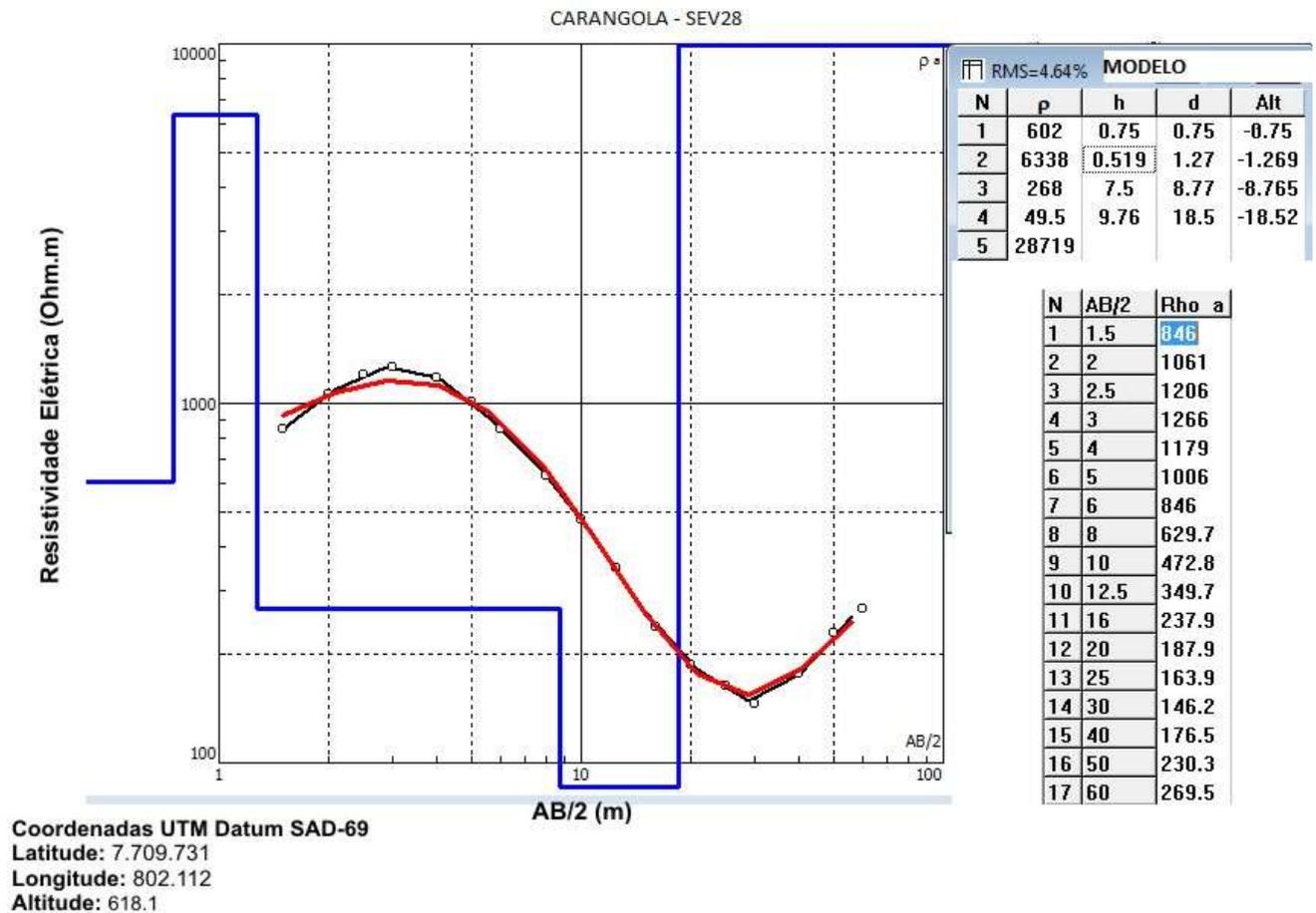


✓ SEV28

A SEV28 localiza-se na margem esquerda do rio Carangola, numa elevação aproximada de 618,1 m.

A curva da SEV28 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Foram necessários dois delgados estratos geoeletricos para ajustar os dados das menores aberturas de eletrodos. Ambos estão correlacionados ao solo superficial seco. Uma redução bastante acentuada no valor da resistividade do terceiro estrato passando de 6.338 ohm.m para 268 ohm.m foi interpretado como o início da camada saturada. O quarto estrato foi ainda menor, de 50 ohm.m iniciando na profundidade de 8,8 m e aprofundando até 18,5 m, quando foi registrado um estrato de alta resistividade correlacionado a transição solo – rocha. A altitude aproximada dessa transição ocorre em 559,6 m.

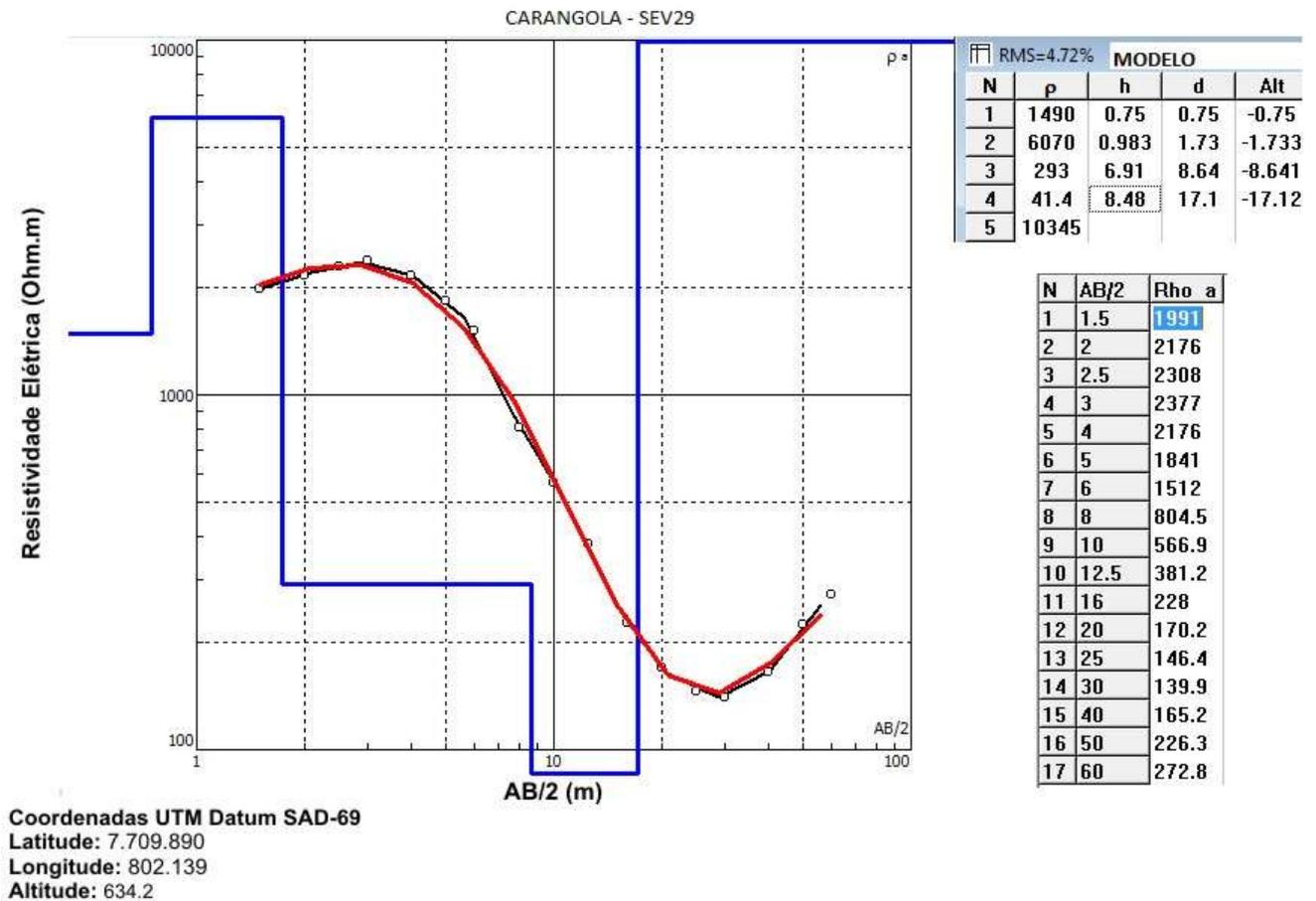


✓ SEV29

A SEV29 localiza na margem esquerda do rio Carangola, numa região bastante afastada do leito do rio e uma altitude aproximada de 634,5 m.

A curva da SEV29 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos. mesmo distantes, a curva e o modelo da SEV29 são bastante semelhantes aos da SEV28.

Os dois primeiros estratos delgados foram usados para ajustar os dados de menor abertura de AB/2. A transição do segundo para o terceira estrato, passando de 6.070 ohm.m para 293 ohm.m, na profundidade de 1,7 m, foi interpretado como o início da franja capilar. Um quarto estrato geoeletrico com valor de 41,4 Ohm.m a partir da profundidade de 8,6 m e se estendendo até a profundidade de 17,1 m releva uma camada saturada. Na profundidade de 17,1 m a elevação da resistividade do quinto estrato é interpretada como a transição solo – material rochoso que se dá na altitude de 617,1 m.

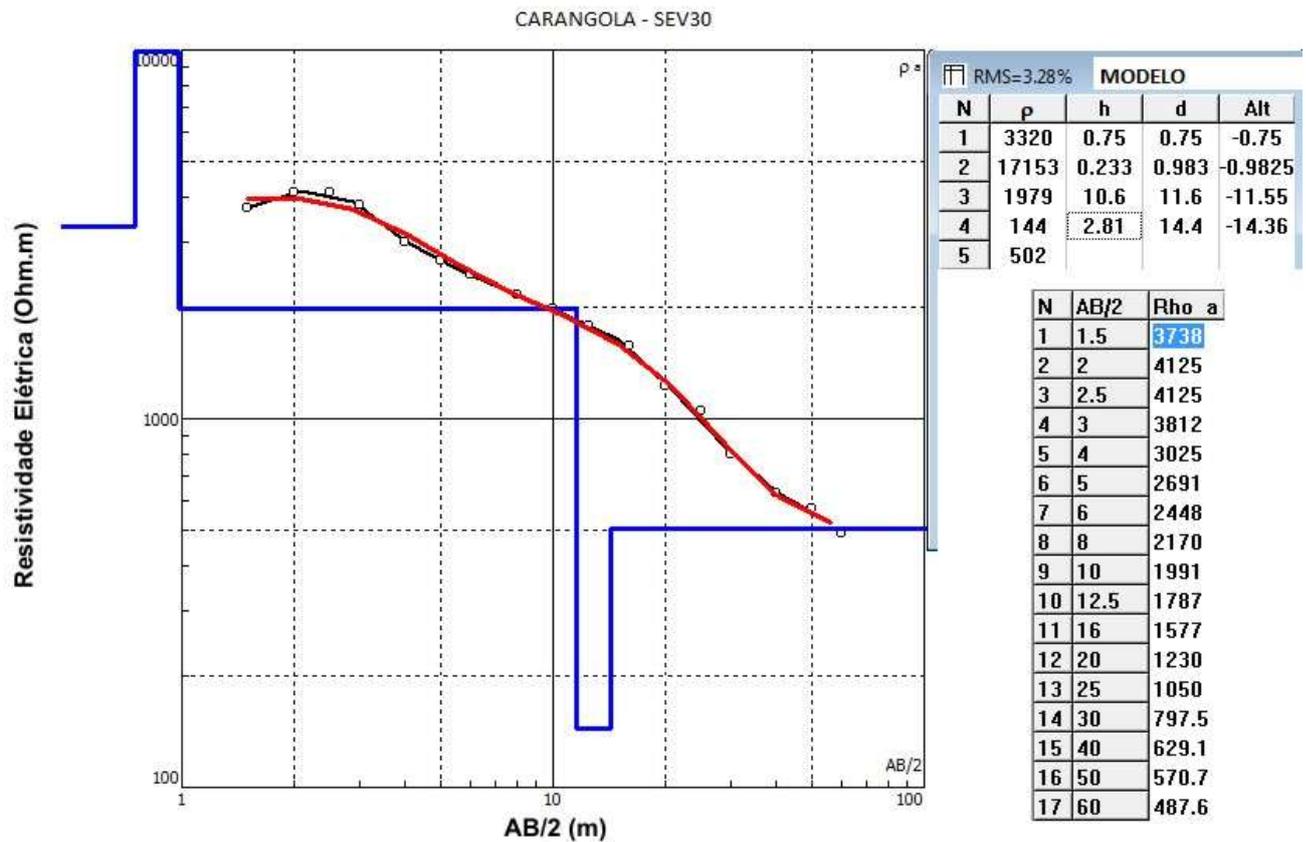


✓ SEV30

A SEV30 localiza na margem esquerda do rio Carangola, numa elevação aproximada de 638,5 m, sendo a mais afastada do leito do rio.

A curva da SEV30 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Nesse ponto o formato da curva foi bastante peculiar. Os três primeiros estratos de relativa alta resistividade estão correlacionados ao solo superficial seco. Somente no quarto estrato com valor de 144 ohm.m, na profundidade de 11,6 m, foi considerado pertencente à camada saturada, porém alguns metros abaixo, mais precisamente a 2,8 m, uma pequena elevação no valor da resistividade elétrica sugere que o ter atingido o topo rochoso.



Coordenadas UTM Datum SAD-69
Latitude: 7.709.908
Longitude: 802.131
Altitude: 638.5

3.4.4 SEVs Barragem do Rio Xopotó

O Quadro 3.8 apresenta uma síntese das principais informações, que são: profundidade do nível d'água (franja capilar) e do topo rochoso.

QUADRO 3.8 - SEVS EXECUTADAS, COORDENADAS UTM E AS PROFUNDIDADES INFERIDAS PARA O NÍVEL D'ÁGUA (NA) E TOPO ROCHOSO

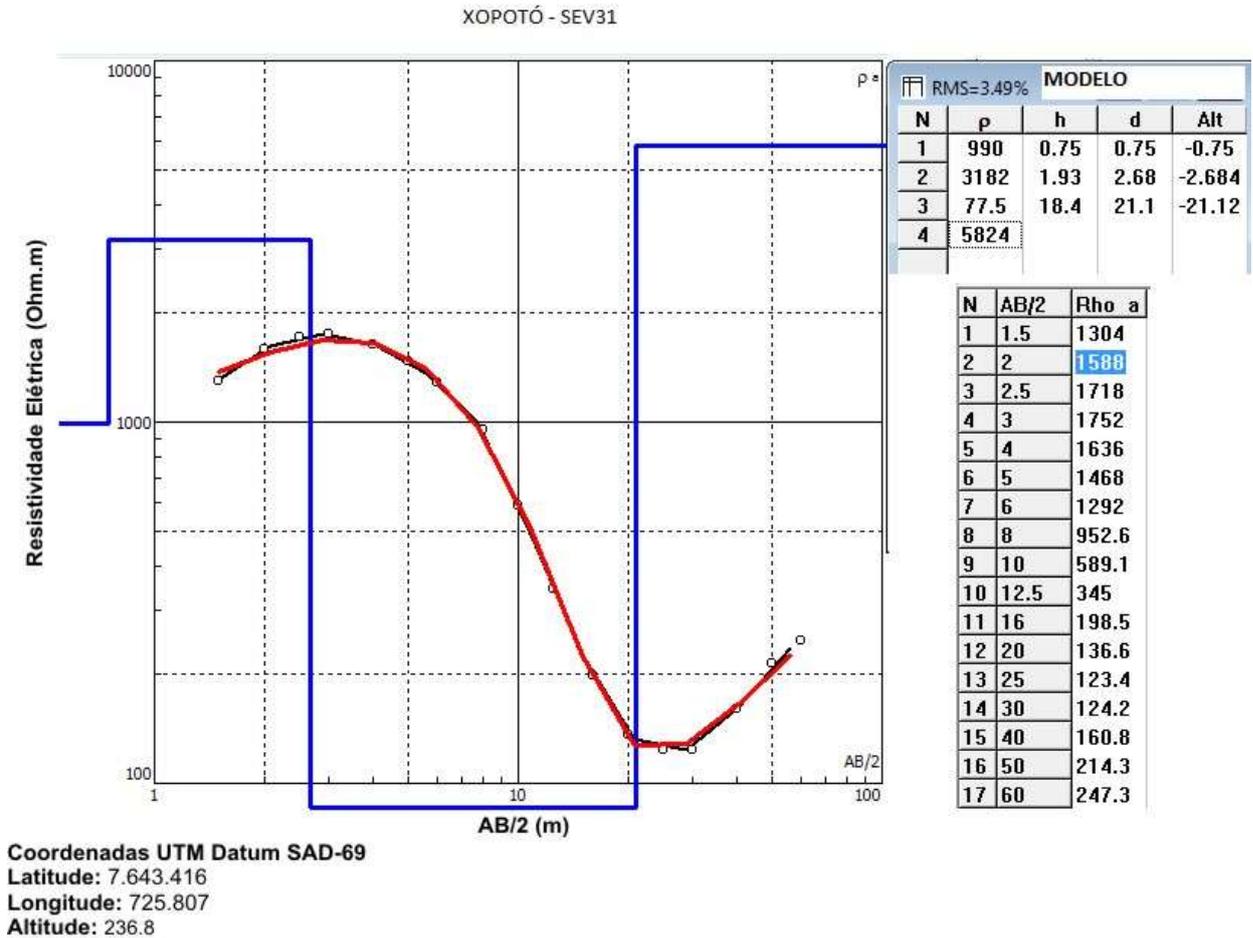
<i>Barragem Xopotó – Rio Xopotó</i>				
<i>SEV</i>	<i>Leste</i>	<i>Norte</i>	<i>Prof. inferida para o NA (m)</i>	<i>Prof. inferida para o Topo Rochoso (m)</i>
SEV-31	725763	7643371	2,7	21,1
SEV-32	725696	7643383	7,5	39,1
SEV-33	725742	7643370	(1,0) 13,1	23
SEV-34	725749	7643419	2,9	15,6
SEV-35	725759	7643326	1,7	9,0
SEV-36	725861	7643304	11,9	24,7
SEV-37	725881	7643375	10	19,1
SEV-38	725855	7643373	9,4	20,7
SEV-39	725833	7643311	6,7	10,3
SEV-40	725824	7643242	8,5	15,7

✓ SEV31

A SEV31 localiza-se na margem direita do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 236,8 m.

A curva da SEV31 foi ajustada por um modelo composto por quatro estratos geoeletricos.

A transição do segundo para o terceiro estrato, de 3.182 ohm.m para 77.5 ohm.m na profundidade de 2,7 m foi interpretada como a presença da franja capilar e a transição do terceiro para o quarto, com valor de 5.824 ohm.m, na profundidade de 21,1 m, como sendo o topo rochoso, ou seja, numa altitude de 215,7 m.



✓ SEV32

A SEV32 localiza-se na margem direita do rio Xopotó, sendo que situa na maior altitude, aproximadamente na elevação de 253,2 m.

A curva da SEV32 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Os três primeiros estratos relativamente finos ajustaram os dados para pequenas aberturas de eletrodos. A transição do terceiro para o quarto, de 2.055 ohm.m para 307 ohm.m foi interpretada como sendo o início da franja capilar na profundidade de 7,5 m. A transição para um material mais resistivo somente ocorreu para as maiores aberturas de AB/2. Esse fato indicou um espesso pacote de solo saturado, com 31,6 m, ficando a transição para o material rochoso na profundidade de 39,1 m, quando passou para um estrato geoeletrico de 12.405 ohm.m. A altitude do topo rochoso estimado foi de aproximadamente 214,1 m.



✓ SEV33

A SEV33 localiza-se na margem direita do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 239,9 m. A curva da SEV33 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

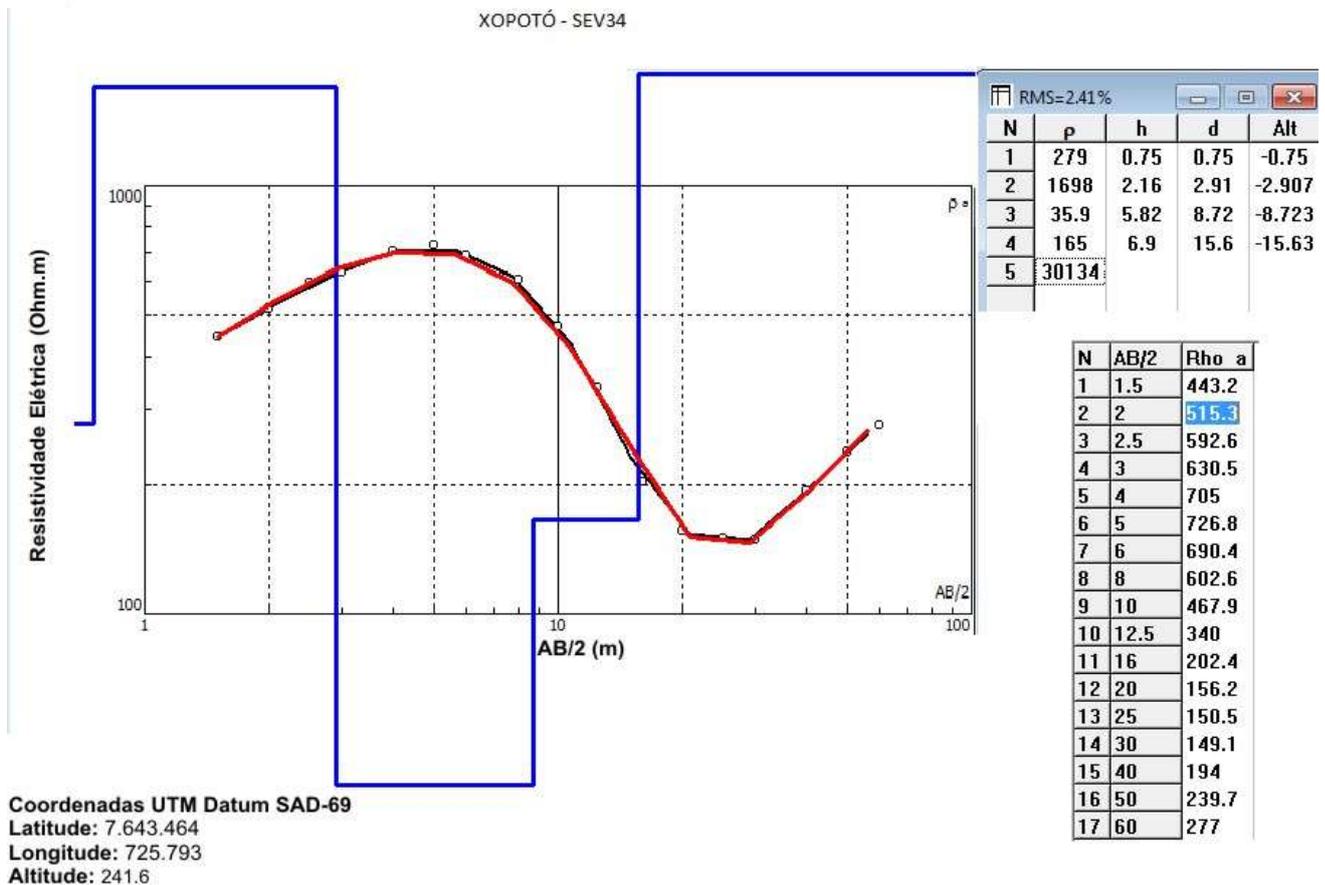
Os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro, de 11.218 ohm.m para 845 ohm.m, na profundidade de 1 m, indica que adentrou numa camada com maior teor de argilo-minerais. Já a transição da terceira para a quarta camada de 845 para 77 ohm.m na profundidade de 13,1 m indica o início da camada saturada. Para ajustar os dados com as maiores aberturas de eletrodos, foi introduzido um quinto estrato com valor de 1005 ohm.m na profundidade de 23 m, sendo interpretado como a transição solo – rocha. A altitude dessa transição ocorreu em 216,9 m.



✓ SEV34

A SEV34 localiza-se na margem direita do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 241,6 m. A curva da SEV34 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro estrato, passando de 1.698 para 36 ohm.m na profundidade de 2,9 m foi interpretado como o início da camada saturada. Ainda se observou uma ligeira elevação na resistividade a partir da profundidade de 8,7 m e na profundidade de 15,6 m a transição do quarto para o quinto estrato, passando de 165 para 30.134 ohm.m interpretado como a transição da camada de solo para o topo rochoso. A altitude aproximada dessa transição ocorreu em 226 m.

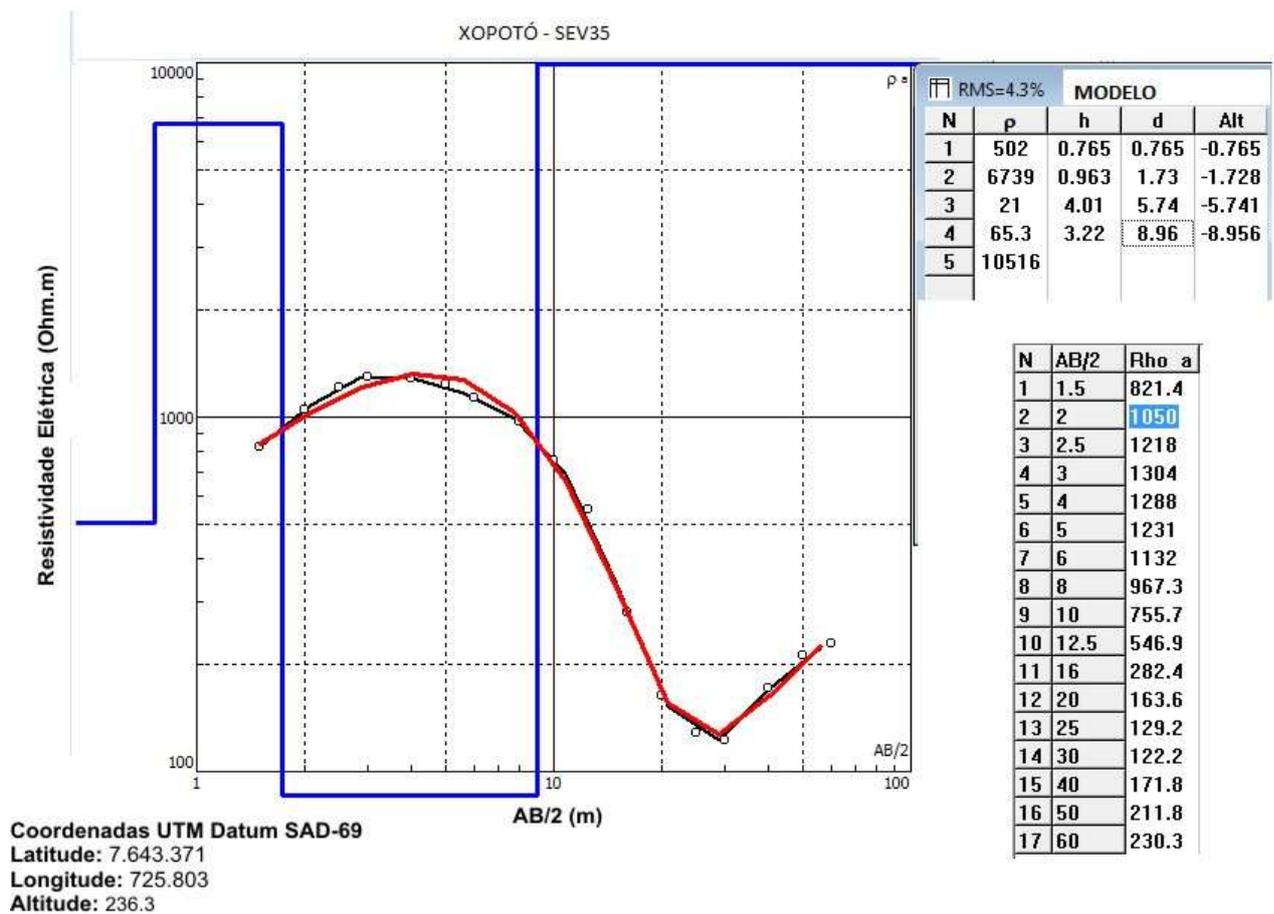


✓ SEV35

A SEV35 localiza-se na margem direita do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 236,3 m. A curva da SEV35 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

Novamente, os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro estrato, passando de 6.739 para 21 ohm.m na profundidade de 1,7 m foi interpretado como o início da camada saturada.

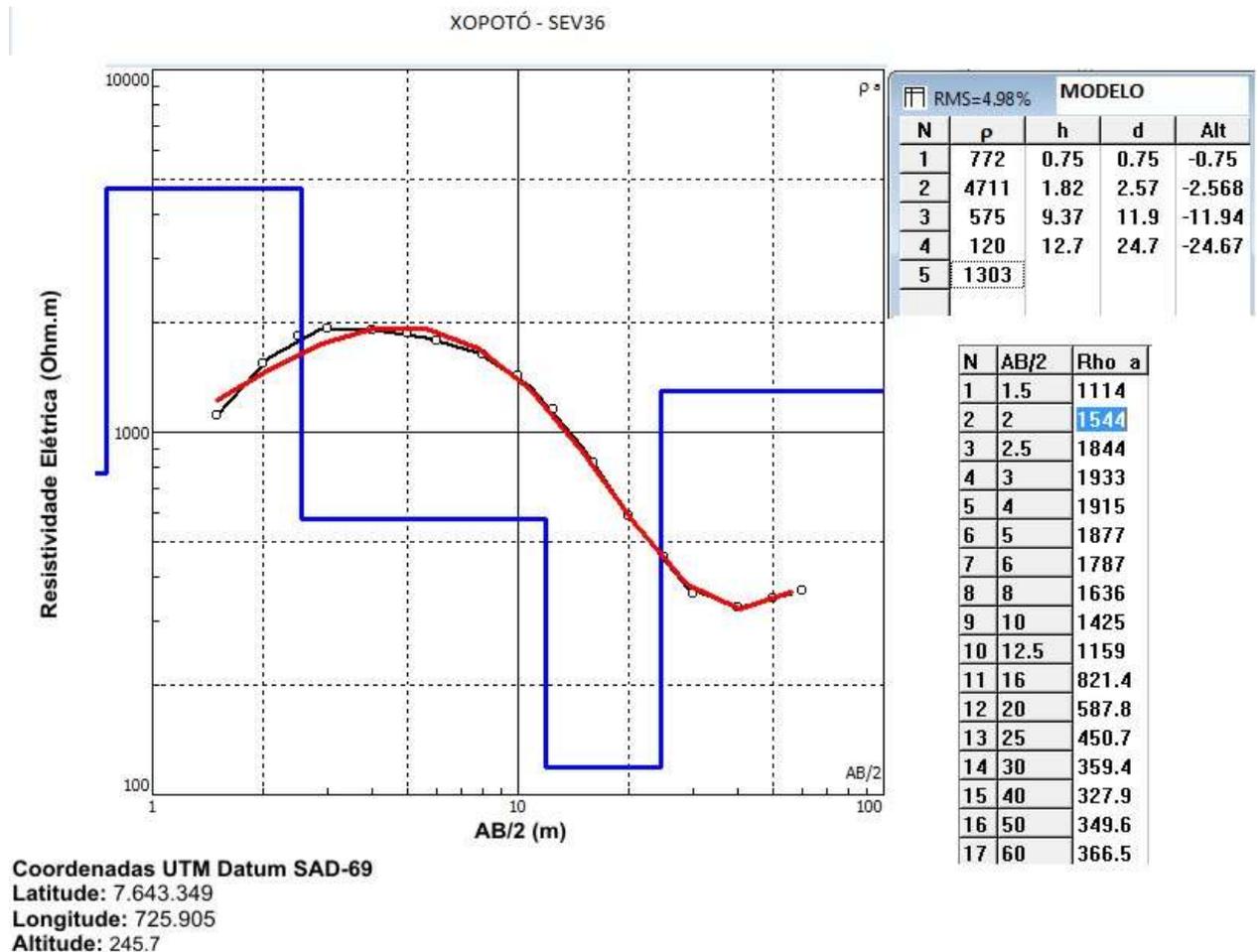
Por fim, a transição do quarto para o quinto estrato, passando de 65 para 10.516 ohm.m na profundidade de 9 m, ou seja, numa altitude de 227,3 m, foi interpretada como sendo a transição solo – rocha.



✓ SEV36

A SEV36 localiza-se na margem esquerda do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 245,7 m. A curva da SEV36 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

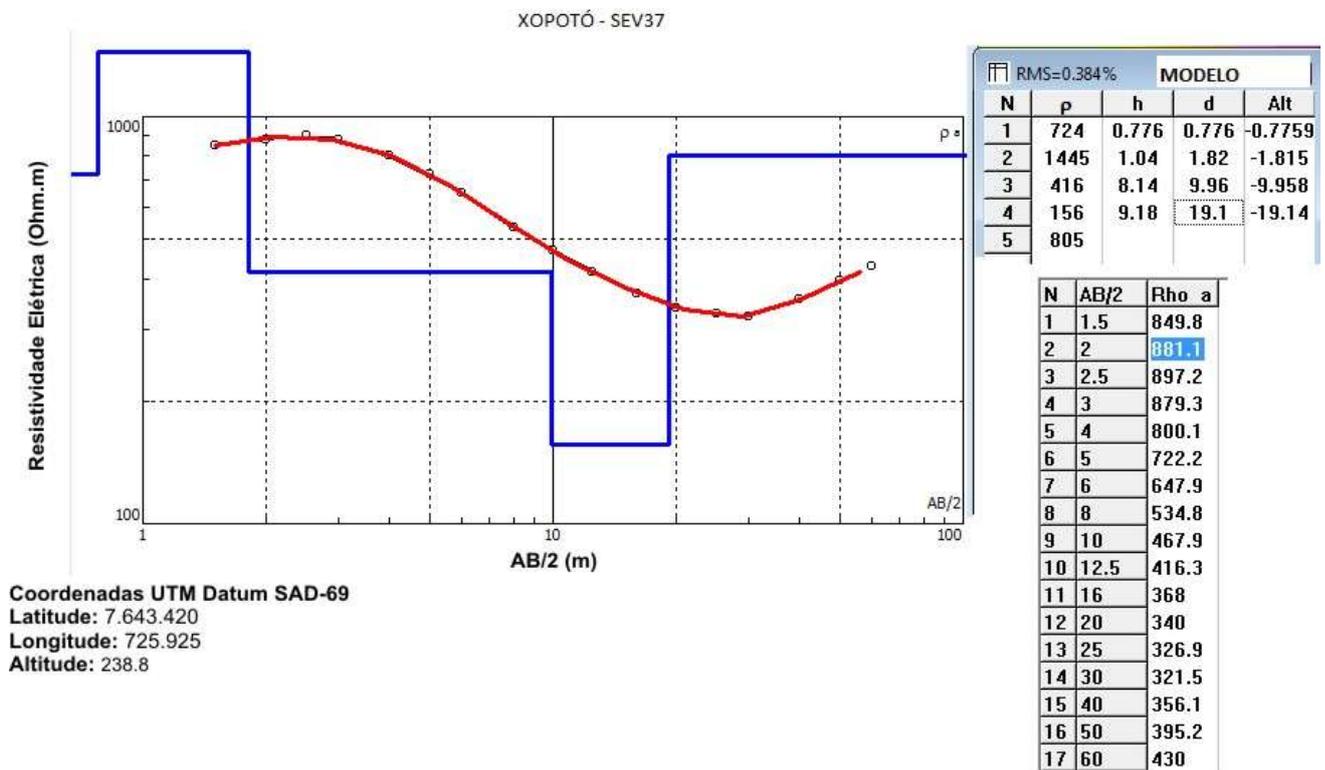
Os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro, de 4.711 ohm.m para 575 ohm.m, na profundidade de 2,6 m, indica que adentrou numa camada com maior teor de argilo-minerais. A transição da terceira para a quarta camada, passando de 575 para 120 ohm.m na profundidade de 11,8 m foi interpretado como o início da camada saturada. Para ajustar os dados com as maiores aberturas de eletrodos, foi introduzida um quinto estrato com valor de 1303 ohm.m na profundidade de 24,7 m, sendo interpretado como a transição solo – rocha. A altitude dessa transição ocorreu em 221 m.



✓ SEV37

A SEV37 localiza-se na margem esquerda do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 238,8 m. A curva da SEV37 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos e embora apresente valores de resistividade diferentes o comportamento dos estratos é similar aos registrados na SEV36.

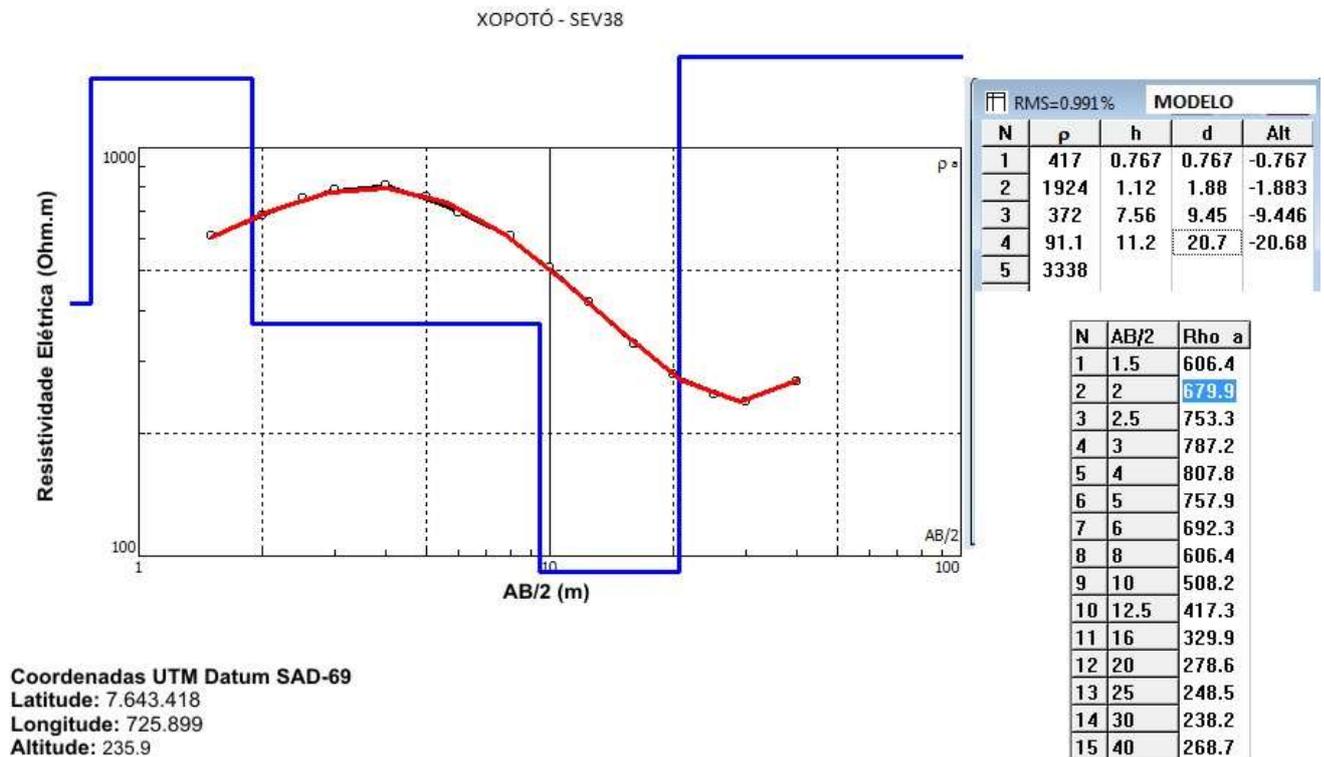
Os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro, de 1.445 ohm.m para 416 ohm.m, na profundidade de 1,8 m, indica que adentrou numa camada com maior teor de argilo-minerais, já a transição da terceira para a quarta camada, passando de 416 para 156 ohm.m na profundidade de 10 m foi interpretado como o início da camada saturada. Para ajustar os dados com as maiores aberturas de eletrodos foi introduzida um quinto estrato com valor de 805 Ohm.m na profundidade de 19,1 m, sendo interpretado como a transição solo – rocha. A altitude dessa transição ocorreu em 219,7 m.



✓ SEV38

A SEV38 localiza-se na margem esquerda do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 235,9 m. A curva da SEV38 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos. O comportamento dos estratos geoeletricos da SEV38 também foi similar aos modelados para as SEVs 36 e 37 da margem esquerda.

Os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro, de 1.924 ohm.m para 372 ohm.m, na profundidade de 1,9 m, indica que adentrou numa camada com maior teor de argilo-minerais. Já a transição da terceira para a quarta camada, passando de 372 para 91.1 ohm.m, na profundidade de 9,4 m, foi interpretado como o início da camada saturada. Para ajustar os dados com as maiores aberturas de eletrodos foi introduzida um quinto estrato com valor de 3.338 ohm.m, na profundidade de 20,7 m, sendo interpretado como a transição solo – rocha. A altitude dessa transição ocorreu em 215,2 m.



✓ SEV39

A SEV39 localiza-se na margem esquerda do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 237,8 m. A curva da SEV39 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos.

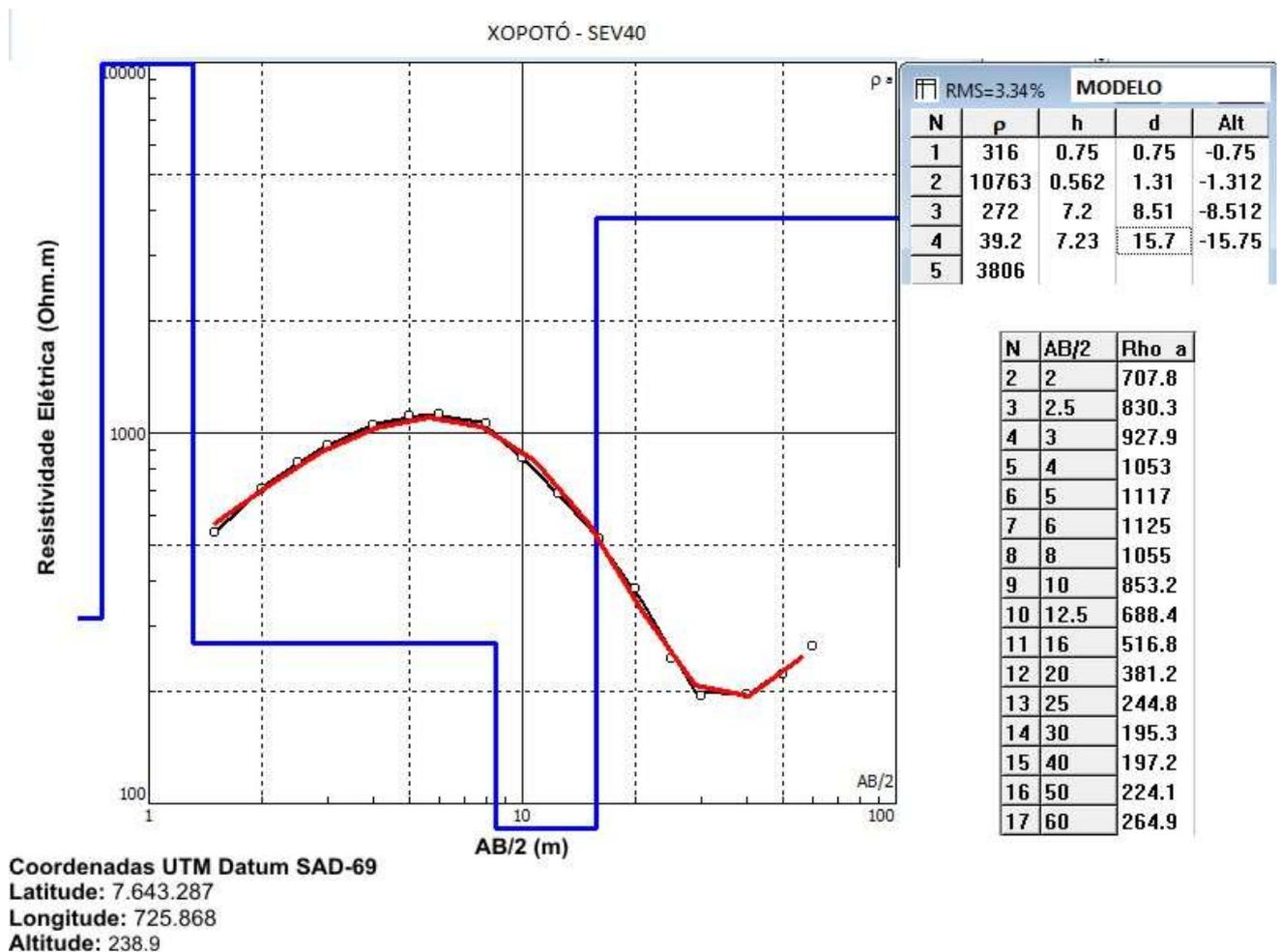
Os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro, de 8.711 ohm.m para 1.300 ohm.m, na profundidade de 0,9 m, indica que adentrou numa camada com maior teor de argilo-minerais, já a transição da terceira para a quarta camada, passando de 1.300 para 34 ohm.m, na profundidade de 6,7 m, foi interpretado como o início da camada saturada. Para ajustar os dados com as maiores aberturas de eletrodos foi introduzida um quinto estrato logo abaixo com valor de 450 ohm.m na profundidade de 10,3 m, sendo interpretado como a transição solo – rocha. A altitude dessa transição ocorreu em 227,5 m.



✓ SEV40

A SEV40 localiza-se na margem esquerda do rio Xopotó, numa elevação aproximada de 238,9 m. A curva da SEV40 foi ajustada por um modelo composto por cinco estratos geoeletricos. O comportamento dos estratos geoeletricos da SEV40 foi similar aos modelados para as SEVs 36, 37 e 38 da margem esquerda.

Os dois primeiros estratos foram bastante delgados e ajustaram os dados para as menores aberturas de AB/2. A transição do segundo para o terceiro, de 10.763 Ohm.m para 272 ohm.m, na profundidade de 1,3 m, foi interpretado como uma camada com maior teor de argilo-minerais. Já a transição da terceira para a quarta camada, passando de 272 para 39 ohm.m, na profundidade de 8,5 m, foi interpretado como o início da camada saturada. Para ajustar os dados com as maiores aberturas de eletrodos foi introduzido um quinto estrato com valor de 3.806 ohm.m na profundidade de 15,7 m, sendo interpretado como a transição solo – rocha. A altitude dessa transição ocorreu em 223,2 m.



3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LEVANTAMENTOS REALIZADOS

Como citado no item 3.1, o parâmetro medido nas duas técnicas geofísicas utilizadas (SEVs e Imageamento Geométrico) foi a resistividade elétrica do meio, sendo a unidade de medida da propriedade resistividade elétrica expressa por ohm.m. É recorrente em levantamentos geofísicos por técnicas geométricas serem encontrados valores da ordem de unidades de ohm.m até dezenas de milhares de ohm.m, de acordo com as variações litológicas existentes em subsuperfície e as reais condições físicas em que os materiais estejam inseridos, podendo-se ressaltar a presença ou não de água nos poros/fissuras dos materiais, concentrações de argilominerais, etc.

Os dados de campo mapearam grandes contrastes nos valores das resistividades elétricas, o que permitiu a determinação de um modelo de estratos por vezes bastante heterogêneo. Como no presente estudo a realizadas das SEVs teve como objetivo mapear as espessuras e contatos entre os diferentes estratos elétricos, principalmente no sentido de inferir as profundidades ao nível d'água e topo rochoso, o que se buscou nos modelos interpretados foram duas características bastante marcantes, a saber:

- ✓ Passagem de um estrato mais superficial e de altos valores para um de baixos valores, indícios da provável posição do nível d'água superficial (NA inferido) ou da franja capilar;
- ✓ Nas profundidades maiores, passagem de um estrato de baixos valores para altos valores, indícios da provável transição do solo para o topo rochoso (Topo Inferido).

Em muitas ocasiões a redução da resistividade elétrica ocorre alguns centímetros ou até metros, dependendo da litologia do local, antes do nível freático propriamente dito. Este fato ocorre devido ao fenômeno conhecido como capilaridade e em algumas das SEVs a transição de alta para baixa resistividade ocorre no que chamamos de franja capilar, sendo o nível da camada saturada localizado um pouco abaixo.

A Franja Capilar é uma zona situada imediatamente acima do nível freático, onde a existência de água é devida a ascensão por capilaridade, a partir da zona saturada. A capilaridade por sua vez seria o fenômeno em que a subida do nível de água através de fendas minúsculas ocorre em direção oposta à força da gravidade. Esta zona pode então estar saturada, se não houver ar aprisionado, e ainda assim exibir pressão negativa.

A Franja capilar separa a zona não saturada da zona saturada e sua espessura pode variar de alguns centímetros, nos terrenos de cascalho, a vários metros nos materiais mais argilosos. Quanto mais fina for a granulação do meio, maior será a espessura atingida pela franja capilar acima do lençol freático devido aos efeitos da sucção capilar.

Alguns autores consideram a franja capilar como pertencente à zona não saturada, provavelmente pelo fato de estar acima do nível freático e apresentar o fenômeno da capilaridade, e outros a consideram como uma parte da zona saturada, provavelmente por poder estar saturada e apresentar a pressão negativa.

A Figura 3.4 é uma ilustração da franja capilar, bem como o nível do freático (camada saturada).

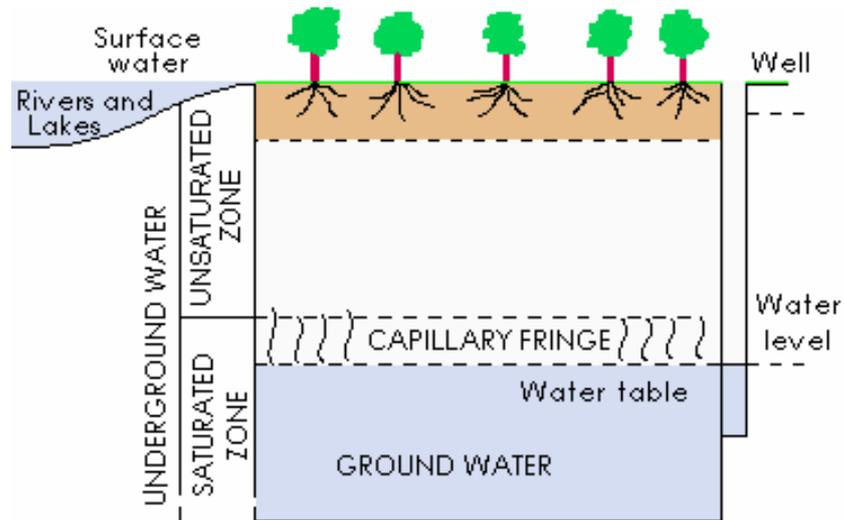


Figura 3.4 - Ilustração esquemática da presença da franja capilar

3.6 CONCLUSÕES

3.6.1 Conclusões Alta Resolução

A campanha geofísica consistiu da execução de 40 SEVs (SEV1 a SEV40), sendo distribuídas 10 SEVs para cada local investigado. Estas sondagens foram programadas para aferir os perfis geolétricos e, principalmente, estimar a posição do nível d'água mais superficial (NA) e, secundariamente, o topo do maciço rochoso.

Para todas as SEVs foi gerado um modelo geolétrico que ajustou bem a curva de campo.

Os modelos foram interpretados de modo a fornecer uma estimativa inicial da profundidade tanto do nível d'água quanto do material rochoso abaixo dos pontos investigados.

A Geofísica é uma ferramenta indireta de prospecção. Sugere-se que os resultados obtidos, a partir dos levantamentos aqui apresentados, sejam complementados com outras informações geológico-geotécnicas de modo a se definir os modelos mais apropriados para os locais investigados.

São Paulo, 01 de Outubro de 2012

Adriano Marchioreto, DSc

Geofísico

3.6.2 Conclusões ENGECORPS

De uma maneira geral, as informações da vistoria preliminar, realizada pelo geólogo da ENGECORPS, nos locais dos quatro eixos sugeridos, foram de grande relevância e ajuda ao interpretar os dados geofísicos posteriormente executados.

A avaliação em campo permitiu estimar a profundidade do topo rochoso, avaliando a geomorfologia do entorno dos locais, como também os cortes nas estradas e acessos até as áreas.

Na vistoria em campo, o objetivo principal foi vistoriar o eixo e o seu entorno imediato, não se preocupando com proposição de alternativas ao longo do rio. A preocupação foi visualizar lajes e blocos rochosos ao longo do rio, nas proximidades do eixo.

Os resultados dos levantamentos geofísicos, nos quatro eixos de estudo, apresentaram valores similares de topo rochoso como observado na vistoria preliminar em campo em alguns casos, mantendo a espessura mínima de 5 metros em média, mas também detectaram profundidades de solo variando em torno de 20 metros.

Não se podem estabelecer as sondagens elétricas como dados exatos e precisos, pois são informações inferidas e interpretadas de acordo com as leituras produzidas em campo. Pode haver algumas discrepâncias em relação a profundidades de camadas, interpretação de tipos de solos e rochas e também variações entre um ensaio e outro localizados próximos.

Segue abaixo uma consideração dos resultados geofísicos para cada eixo estudado.

✓ Barragem de Carangola

As sondagens elétricas verticais foram executadas em numero de 6 na ombreira direita, bem distribuídas ao longo do eixo, sendo que a SEV -23 e a SEV-24 foram localizadas na baixada aluvional. A ombreira esquerda, por ser mais curta e mais abrupta, exigiu que as 4 SEVs se distribuíssem com maior espaçamento entre elas. Apesar do leito do rio apresentar alguns blocos rochosos à superfície, a indicação fornecida pelas SEVs é de posicionar o topo rochoso geralmente abaixo do leito do rio, sugerindo espesso pacote de solo e saprolito, com valores de baixa resistividade. Este fato sugere que mesmo o leito do rio não corre em leito rochoso. A vistoria da área feita pelo geólogo sugere espessos pacotes de solo nas ombreiras.

Estes indícios orientam para uma futura implantação de barragem de terra.

✓ Barragem de Tombos

A ombreira esquerda apresenta uma larga planície aluvial, na qual foram localizadas cinco SEVs. Outras duas SEVs foram posicionadas na ombreira, acima da planície aluvial, nas quais o topo rochoso foi identificado a grande profundidade. Na planície aluvial o topo rochoso foi verificado entre 10,0 e 20,0 m. Estes dados não se coadunam com as informações obtidas do reconhecimento geológico superficial que sugerem a ocorrência do topo rochoso a menor profundidade. Uma possível explicação para essa discrepância é que o topo rochoso indicado

pela SEV é baseado em material de alta resistividade, ou seja, maciço rochoso compacto, pouco fraturado que não permite passagem de água pelas suas fraturas.

Na ombreira direita, mais abrupta, foram executadas três SEVS com indicação de topo rochoso muito profundo, bem abaixo do leito do rio, o que contraria as observações feitas, de ocorrência de afloramento rochoso na beira do rio (ver Foto 2.6, no Capítulo 2 deste relatório).

A inspeção de campo indica que no local da barragem o topo rochoso deve se encontrar próximo à superfície, em razão dos vários afloramentos rochosos existentes no fundo do vale e na ombreira direita. A interpretação das SEVs neste local estabelece a ocorrência de rocha a profundidades muito elevadas, de mais de 20 m. Esta aparente divergência pode ser explicada pelo fato de que o contraste de resistividades indicativo do topo rochoso refere-se ao maciço rochoso são e muito pouco fraturado, ao passo que o topo rochoso genérico é constituído por um maciço rochoso mais alterado e bastante fraturado e que pode se posicionar bem acima daquele considerado pela SEV.

Quando a diferença de cota entre esses horizontes é significativa, a correlação entre as observações de campo e as SEVs fica comprometida. Nestes casos, outros métodos geofísicos podem apresentar melhor resolução, seja a sísmica de refração, seja o caminhamento elétrico.

✓ Barragem de Muriaé

A ombreira esquerda é constituída por uma estreita baixada aluvional, seguida por uma abrupta elevação. Nesta margem, devido à inclinação elevada da ombreira e à existência de mata ciliar, apenas três SEVs foram localizadas. A SEV-01 mostra uma espessura pequena de aluvião sobreposto ao topo rochoso, posicionado cerca de 1,5 m abaixo do nível do rio. A SEV-03, na mesma situação, apresenta comportamento semelhante. A SEV-02, situada acima da planície aluvional, também apresenta o topo rochoso muito próximo à superfície, a 2,2 m de profundidade. Os afloramentos de gnaiss que correm a 100 m a montante do eixo também denunciam a proximidade do topo rochoso.

A ombreira direita abrange uma faixa de planície aluvial e um desenvolvimento mais moderado na sua topografia. Nesta ombreira não se observa afloramentos rochosos e a espessura de solo e saprolito é estimada pelas sete SEVs aí executadas em 4,0 a 8,0 m de espessura.

Este local parece ser favorável a considerar a possibilidade de construir barragem de concreto em CCR.

✓ Barragem de Xopotó

As mesmas considerações feitas para a barragem de Tombos se aplicam integralmente a este local. Também neste caso as SEVS apresentam um topo rochoso bem mais profundo que as observações oriundas da inspeção geológica de superfície. Não há necessariamente uma contradição de informações, mas sim, critérios diferentes para definição de topo rochoso.

Neste caso, como informação preliminar, deve prevalecer o quanto indicado pelo reconhecimento de campo, que mostra afloramento de rocha gnáissica na margem esquerda do rio, 200 m aproximadamente, a jusante (ver Foto 2.12, no Capítulo 2 deste relatório), espessuras de solo de 8,0 a 10,0 m nas ombreiras, conforme verificação de cortes em taludes, nas observações do leito aflorante do rio, a aproximadamente 500 m a jusante, e informações de moradores, ao passo que as SEVs apresentam profundidades do topo rochoso de 9,0 a 25,0 m.

De uma maneira geral, as ombreiras não apresentam planícies aluviais e têm desenvolvimento morfológico muito semelhante. Aqui também cabe a consideração de que o topo rochoso indicado pelas SEVs corresponde ao maciço rochoso são e praticamente isento de fraturas abertas, horizonte esse que pode estar bem abaixo do chamado topo rochoso.

4. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- DOBRIN, M.B. (1981) *Introduction to Geophysical Prospecting*. International Student Edition, 630p.
- GANDOLFO, O. C. B. *Um Estudo do Imageamento Geométrico na Investigação Rasa*. São Paulo, SP. 2007. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- HAGEDOORN, J.G, (1959) The plus-minus method of interpreting seismic refraction sections. *Geophysical Prospecting*. v7, p. 158-182.
- LOKE, M.H.; BARKER, R.D. (1996) *Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudo section by a quasi-Newton method*. *Geophysical Prospecting*, V.44, pp. 131-152.
- PALMER, D. (1981) An introduction to the generalized reciprocal method seismic refraction interpretation. *Geophysics*. v46, n11, p. 1508-1518.
- PARASNIS, D.S. (1986) *Principles of Applied Geophysics*. Chapman and Hall, New York, 4th Ed., 402 p.
- REDAELLI, L.L. & CERELLO, L. (1998) Escavações. *in* Geologia de engenharia. Oliveira, A.,S. & Brito, S.N.A. (Eds.), ABGE, São Paulo, pp 311-330.
- REDPATH, B,B. (1973) Seismic refraction exploration for engineering site investigations. Explosive Excavation Research Laboratory. Livermore, Califórnia.
- ROBINSON, E.S.; ÇORUH, C. (1988) *Basic Exploration Geophysics*. John Wiley & Sons, 562 p.
- SHARMA, P.V. (1986) *Geophysical methods in Geology*. Elsevier Science Pub. Co. New York, 2nd edition, 442 p.
- SHERIFF, R.E. (1989) *Geophysical methods*. Prentice Hall. New Jersey, 605 p.

TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E. (1990) *Applied Geophysics*. Cambridge Univ. Press. 2nd edition, 770 p.

ANEXO – PLANTAS DE LOCALIZAÇÃO DAS SEVS REALIZADAS



DESENHO 1 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO MURIAÉ



DESENHO 2 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO TOMBOS



DESENHO 3 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO CARANGOLA



DESENHO 4 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS SEVS REALIZADAS NAS OMBREIRAS DO RIO XOPOTÓ



Ministério do
Meio Ambiente

