



**ADASA**  
**Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento**  
**Básico do Distrito Federal**



**Consultoria Técnica**

**Relatório Final Integrado**

**AVALIAÇÃO DE AQUÍFEROS FAVORÁVEIS PARA  
COMPLEMENTAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO DISTRITO  
FEDERAL E LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS:  
REGIÕES ATENDIDAS E NÃO ATENDIDAS PELO SISTEMA  
INTEGRADO DESCOBERTO - SANTA MARIA / TORTO**

**Executores:**

Geólogo Dr. José Eloi Guimarães Campos  
Geólogo Dr. Flávio Henrique Freitas e Silva  
Geóloga Msc. Cristiane de Oliveira Moura

**Colaboradores:**

Geofísica Amanda Almeida Rocha  
Geólogo André Gomes Walczuk  
Geólogo Lucas Santos Batista Teles

**Brasília, Setembro de 2018.**

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>DEMANDA HÍDRICA NO DISTRITO FEDERAL</b>	<b>2</b>
<b>ANÁLISE DE FAVORABILIDADE DOS AQUÍFEROS PARA COMPLEMENTAÇÃO DO ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA</b>	<b>4</b>
<b>DESCRIÇÃO DOS AQUÍFEROS</b>	<b>5</b>
<b>AVALIAÇÃO INTEGRADA PARA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES</b>	<b>12</b>
<b>LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS</b>	<b>23</b>
<b>ESTUDO GEOFÍSICO</b>	<b>31</b>
<b>ANÁLISE PRELIMINAR DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO</b>	<b>97</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>99</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>100</b>

## INTRODUÇÃO

O presente documento técnico é parte integrante do relatório relativo ao Edital Nº 006/2017 referente à contratação de consultoria para realização de serviços na área de Hidrogeologia no Distrito Federal, tendo como responsável pela seleção a Agência Distrital de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal - ADASA. O Edital Nº 006/2017 foi publicado pela UNESCO e se refere ao PROJETO 914 BRZ 2010.

O estudo tem como objetivo avaliar as áreas em que é viável o uso de águas subterrâneas para complementar o abastecimento público no Distrito Federal, tendo em vista os riscos de escassez como recentemente observado no período de seca prolongado do ano de 2017, em áreas abastecidas pelo sistema integrado de abastecimento (sistema Descoberto / Santa Maria – Torto /Sobradinho Taguatinga) e em áreas situadas fora do alcance do sistema integrado.

A ideia central do estudo é aplicar as práticas de gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos para ampliar a segurança do abastecimento público de água, principalmente em períodos de seca prolongada ou em momentos que antecedem a implantação de novos sistemas de complementação de abastecimento de águas. O uso dos mananciais superficial e subterrâneo deve ser pensado de forma complementar sendo que os aquíferos devem ser tratados como um reservatório estratégico.

A água subterrânea sempre foi utilizada como um manancial complementar de abastecimento de água as cidades do Distrito Federal, podendo-se citar como exemplos o fornecimento de água para a cidade de Ceilândia no início dos anos 1970 e o provimento para os condomínios horizontais que se desenvolveram a partir do fim dos anos 1990. Nestes casos o sistema foi progressivamente substituído por mananciais superficiais e os aquíferos poupados como reserva estratégica. Mais recentemente, a partir de 1997, a Companhia de Saneamento Ambiental de Brasília - CAESB desenvolveu o sistema de abastecimento da cidade de São Sebastião exclusivamente por captações através de poços tubulares. Este sistema foi exclusivamente alimentado por águas subterrâneas até o ano de 2016, quando se incorporou uma pequena parcela a partir de captações superficiais.

Além de complementar o abastecimento de áreas urbanas os aquíferos são utilizados de forma intensiva para o abastecimento de áreas rurais (abastecimento humano e dessedentação animal), áreas industriais (envasamento, indústrias de cervejas e refrigerantes, frigoríficos, entre outras), serviços (postos de combustíveis e oficinas) e abastecimento de instituições (escolas, universidades e clubes esportivos). Atualmente estima-se que pelo menos 15% do abastecimento no Distrito Federal seja realizado por captações de aquíferos fraturados a partir de poços tubulares.

Embora existam locais em que os aquíferos já estejam sob pressão de exploração com retiradas próximas ao volume de recarga anual, na maior parte do território do Distrito Federal os reservatórios subterrâneos ainda encerram disponibilidades passíveis de serem utilizadas para complementação do abastecimento da população. Como exemplo de área em que os aquíferos estão sob pressão de exploração podem ser citadas: região de Sobradinho II, Condomínios da região do Grande Colorado e São Sebastião.

Os mananciais subterrâneos apresentam inúmeras vantagens quando comparados aos superficiais, com destaque para: necessidade de menor área de proteção, redes adutoras mais compactadas, menor distância entre os mananciais e os centros de consumo, possibilidade de implantação dos investimentos de forma mais gradual, menor custo com tratamento e pequenas perdas por evaporação. Entre as principais desvantagens podem ser citadas: irregularidade na distribuição espacial dos reservatórios, elevado gasto com energia e renovabilidade muito lenta (Costa 2000).

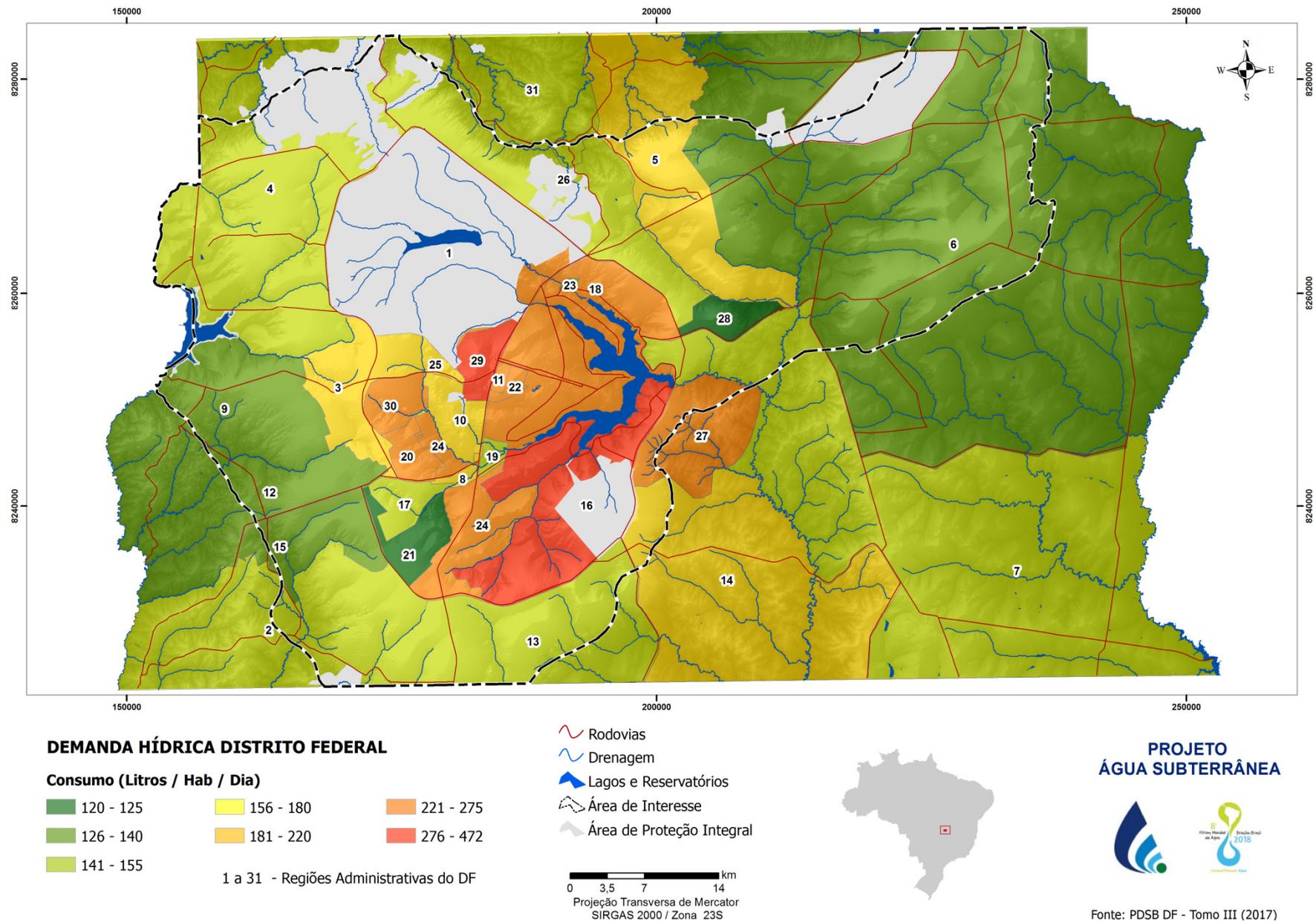
## **DEMANDA HÍDRICA NO DISTRITO FEDERAL**

No Distrito Federal a demanda hídrica per capita varia em intervalos de consumo em função de aspectos socioeconômicos nas diferentes Regiões Administrativas - RAs que compõem seu território.

As faixas de demanda foram agrupadas em sete intervalos e são apresentadas na Figura 1 sendo os grupos exemplificados pelas seguintes RAs:

- de 120 a 125 litros por habitante dia: regiões rurais de baixa densidade de ocupação humana;
- de 126 a 140 litros por habitante dia: regiões rurais com pequenos núcleos urbanos como sedes de colônias agrícolas;
- de 141 a 155 litros por habitante dia: Planaltina e respectivas áreas de expansão;
- de 156 a 180 litros por habitante dia: Ceilândia;
- de 181 a 220 litros por habitante dia: Taguatinga e Águas Claras;
- de 221 a 275 litros por habitante dia: Asas Sul e Norte de Brasília e
- de 276 a 472 litros por habitante dia: Lago Sul de Brasília.

Especificamente há problemas potenciais para o abastecimento de cidades associadas ao sistema integrado de abastecimento e em áreas situadas fora do sistema integrado representado pelos reservatórios do Descoberto e de Santa Maria - Torto. O presente estudo deve focar a locação de poços tubulares profundos nestas áreas de maior fragilidade e maior risco de desabastecimento em períodos de escassez hídrica.



**Figura 1** - Mapa de distribuição de demanda hídrica *per capita* no Distrito Federal.

As principais áreas que apresentam risco de desabastecimento e que estão inseridas nos domínios do sistema integrado são as cidades de Riacho Fundo I, Riacho Fundo II, Recanto das Emas, Gama, Combinado Agro-Urbano de Brasília - CAUB I e II, Núcleo Rural Casa Grande (em processo de urbanização) e Santa Maria.

Por outro lado as principais áreas situadas fora dos domínios do sistema integrado incluem: Brazlândia, Planaltina e respectivas expansões urbanas, Sobradinho I e Sobradinho II, além da cidade do Vale do Amanhecer.

## **ANÁLISE DE FAVORABILIDADE DOS AQUÍFEROS PARA COMPLEMENTAÇÃO DO ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA**

### **Estado da Arte sobre a Hidrogeologia do Distrito Federal**

A primeira publicação sobre a hidrogeologia do Distrito Federal é atribuída a Romano & Rosas (1970). Em seguida as contribuições de Barros (1987 e 1994) foram importantes para a determinação das bases do conhecimento sobre as águas subterrâneas da região. Posteriormente uma sucessão de trabalhos foi desenvolvida na região sendo que os mais importantes estão a seguir listados: Mendonça (1993), Amore (1994), Campos & Freitas- Silva (1998 e 1999), Zoby (1999), Campos & Tröger (2000), Souza (2001), Carmelo (2002), Cadamuro (2002), Cadamuro *et al.* (2002), Cadamuro & Campos (2005), Joko (2002), Moraes (2004), Campos (2004), Arraes *et al.* (2005), ADASA (2007), Lousada (1999 e 2005), Lousada & Campos (2005), Gonçalves (2007 e 2012), Correia (2011), Souza (2013), Queiroz (2015), Castanheira (2016) e Nunes (2016).

No Distrito Federal, onde a geologia é caracterizada por rochas metamórficas, recobertas por espessos regolitos, três grandes grupos de aquíferos são discriminados, os quais são classificados como diferentes domínios de águas subterrâneas, incluindo o Domínio Intergranular (freático ou Poroso), o Domínio Fraturado e o Domínio Físsuro-Cárstico. Os domínios são subdivididos em sistemas que por sua vez são divididos em subsistemas. A Tabela 1 mostra a síntese do quadro hidrogeológico do Distrito Federal.

As vazões dos poços tubulares variam desde zero (poços secos) até, em situações anômalas, mais de 100 m<sup>3</sup>/h. A média das vazões considerando todo o conjunto de aquíferos fraturados e físsuro-cársticos é da ordem de 8.000 L/h. A variabilidade do potencial quantitativo dos aquíferos é função da variação dos tipos de rochas, seu grau de fraturamento, abertura das fraturas, densidade e interconexão, tipos de solos e relevo. De forma geral, quanto mais arenosas são as rochas ou maior sua contribuição carbonática maior é o potencial dos aquíferos fraturados e físsuro-cársticos.

**Tabela 1** - Síntese da classificação dos Domínios, Sistemas/Subsistemas aquíferos do Distrito Federal com respectivas vazões médias. Fonte: Atualizado a partir de Campos & Freitas-Silva (1999).

DOMÍNIO	SISTEMA	SUBSISTEMA	Vazão Média (m <sup>3</sup> /h)	Litologia/Solo Predominante
Freático	Sistema P <sub>1</sub>	-	< 0,8	Latossolos Arenosos e Neossolos Quartzarênicos.
	Sistema P <sub>2</sub>		< 0,5	Latossolo Argilosos.
	Sistema P <sub>3</sub>			Plintossolos e Argissolos.
	Sistema P <sub>4</sub>		< 0,3	Cambissolo e Neossolo Litólico.
Fraturado	Paranoá	S/A	12,5	Metassiltitos.
		A	4,5	Ardósias.
		R <sub>3</sub> /Q <sub>3</sub>	12,0	Quartzitos e metarritmitos arenosos.
		R <sub>4</sub>	6,5	Metarritmitos argilosos.
	Canastra	F	7,5	Filitos micáceos.
	Bambuú	Topo	6,0	Siltitos e arcóseos.
	Araxá	-	3,5	Mica xistos.
Físsuro-Cárstico	Paranoá	PPC	9,0	Metassiltitos e lentes de mármore.
	Canastra	F/Q/M	33,0	Calcifilitos, quartzitos e mármore.
	Bambuú	Base	9,0	Siltitos e lentes de calcários micríticos

## DESCRIÇÃO DOS AQUÍFEROS

### Domínio Intergranular

Os aquíferos do Domínio Intergranular são caracterizados pelos meios geológicos, onde a porosidade é do tipo intergranular, ou seja, a água ocupa os poros entre os minerais constituintes do material geológico (rocha ou solo). No Distrito Federal, esse domínio é essencialmente representado pelos solos e pelo manto de alteração das rochas. A caracterização dos aquíferos desse domínio está vinculada a vários parâmetros, dos quais dois são destacados: a espessura e a condutividade hidráulica (permeabilidade), sendo que ambas são diretamente controladas pela geologia e pelos solos em que cada tipo de aquífero está inserido.

No Distrito Federal, os aquíferos freáticos são compostos por meios geológicos não consolidados, com espessuras saturadas variando de poucos centímetros até 80 metros, com ampla predominância (>60%) de espessuras entre 15 e 25 metros, grande extensão e continuidade lateral, heterogêneos e anisotrópicos (que apresentam variações laterais das

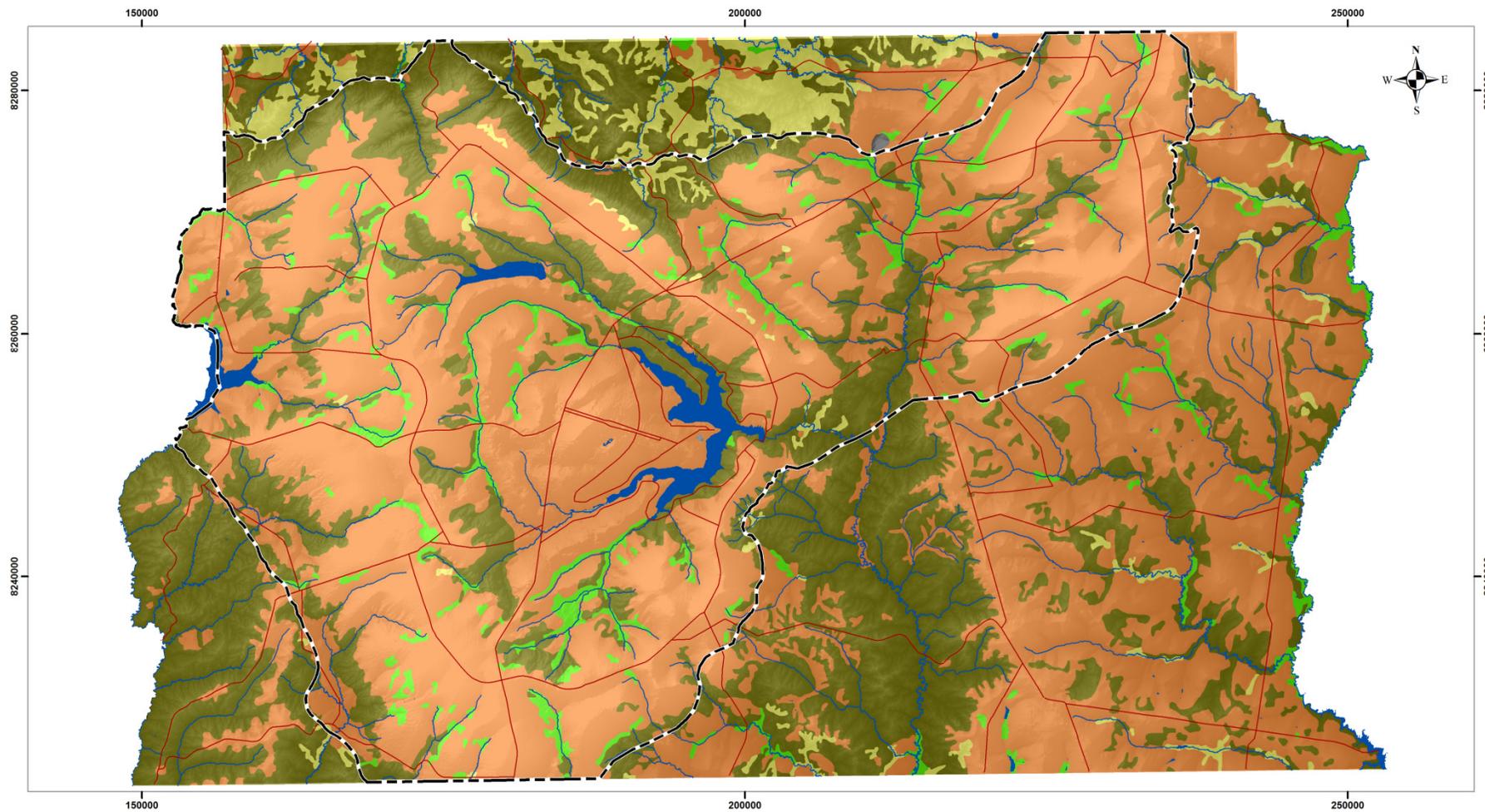
propriedades hidráulicas). Os aquíferos relacionados a esse domínio são classificados como aquíferos livres e/ou suspensos, com ampla continuidade lateral, compondo o sistema de águas subterrâneas rasas. Esses aquíferos geralmente são aproveitados por poços rasos, sendo a profundidade do nível freático controlada pela cota do terreno e por feições físicas gerais dos vários tipos de solo/manto de intemperismo. Como são aquíferos rasos e livres, são moderadamente susceptíveis à contaminação por agentes externos, sendo, em geral, usados em sistemas isolados de abastecimento público (áreas rurais e periurbanas). Os volumes de água captados pelos poços rasos são sempre inferiores a 800 L/h.

Em função de parâmetros dimensionais (principalmente espessura saturada  $b$  e condutividade hidráulica  $K$ ), esse domínio foi dividido em quatro sistemas denominados  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  e  $P_4$ . Os sistemas  $P_1$  e  $P_2$  são caracterizados por espessuras maiores que 20 metros e condutividades hidráulicas, respectivamente, alta (maior que  $10^{-6}$  m/s) e moderada (da ordem de grandeza de  $10^{-6}$  m/s). No Sistema  $P_3$  as espessuras totais são reduzidas para menos de 10 metros e a condutividade hidráulica assume valores menores que  $10^{-6}$  m/s. O sistema  $P_4$  caracteriza-se por pequenas espessuras (comumente menores que 1 metro, podendo alcançar 2,5 metros) e condutividade hidráulica muito baixa. Nesse Sistema é comum a ausência de zona de saturação no domínio do saprolito, principalmente quando desenvolvidos sobre rochas argilosas.

O trabalho original de Campos & Freitas-Silva (1998) utilizou uma antiga base cartográfica de solos e contava apenas com um restrito número de ensaios de infiltração *in situ*, o que resultou na cartografia pouco precisa dos limites de cada um dos sistemas. O presente estudo sugere uma nova cartografia para os aquíferos do Domínio Poroso, a qual deve ser baseada nos grupos hidrológicos dos solos propostos por Gonçalves (2007). Atualmente é utilizada uma ampla base de dados de ensaios de infiltração e a divisão dos sistemas leva em consideração o funcionamento hídrico dos solos conforme a teoria do Curva-Número desenvolvida pelo Serviço de Conservação dos Solos dos Estados Unidos (Lombardi-Neto, 1989; Sartori, 2004).

A nova cartografia dos sistemas intergranulares freáticos está apresentada na Figura 2. A proposta desta nova cartografia substitui aquela apresentada por Campos & Freitas-Silva (1998).

Esse domínio aquífero apresenta particularidades devido ao fato de incluir a transição entre a zona não saturada e a zona saturada do aquífero. Essa porção também inclui a região onde se originam os processos de recarga dos aquíferos (rasos e profundos) a partir da infiltração das águas de chuva. Uma importância adicional desse domínio está vinculada à manutenção da perenidade de drenagens no período de recessão de chuvas, uma vez que sua descarga de base é a mais importante fonte de água para os cursos d'água superficiais perenes da região do Distrito Federal e do Cerrado como um todo.



**HIDROGEOLOGIA DO DISTRITO FEDERAL**

**Domínio Intergranular (Frático ou Poroso)**

- P1: Latossolo Areno e Neossolos Quartzarênicos
- P2: Latossolos Argilosos
- P3: Plintossolos e Argilossolos
- P4: Cambissolo e Neossolo Litólico

- Rodovias
- Drenagem
- Lagos e Reservatórios
- Área de Interesse

0 3,5 7 14 km  
 Projeção Transversa de Mercator  
 SIRGAS 2000 / Zona 23S



**PROJETO  
 ÁGUA SUBTERRÂNEA**



Fonte: Campos & Freitas-Silva (1999)

**Figura 2** - Nova proposta de distribuição dos sistemas intergranulares freáticos (Sistema Aquíferos Porosos) do Distrito Federal.

As zonas de descargas desse domínio estão relacionadas a fontes do tipo depressão ou contato, sendo que sua vazão média é controlada pelo tipo de regime de fluxo. As fontes relacionadas a fluxos regionais e intermediários apresentam vazões superiores a 2,0 litros por segundo, enquanto as de fluxo local mostram vazões reduzidas e com amplas variações sazonais.

Os aquíferos subjacentes, do domínio fraturado, também funcionam como importantes exutórios dos aquíferos do domínio poroso, pois são diretamente alimentados a partir da zona saturada contida nos solos e nas rochas alteradas.

### **Domínio Fraturado**

Os aquíferos do domínio fraturado são caracterizados pelos meios rochosos, onde os espaços ocupados pela água são representados por descontinuidades planares, ou seja, planos de fraturas, microfraturas, diáclases, juntas, zonas de cisalhamento e falhas. Como no Distrito Federal o substrato rochoso é representado por metassedimentos, os espaços intergranulares foram preenchidos durante a litificação e o metamorfismo. Dessa forma, os eventuais reservatórios existentes nas rochas proterozóicas estão inclusos dentro do Domínio Fraturado, onde os espaços armazenadores de água são classificados como porosidade secundária.

Por estarem restritos a zonas que variam de alguns metros a centenas de metros, os aquíferos do Domínio Fraturado são livres ou confinados; de extensão lateral variável; fortemente anisotrópicos e heterogêneos, compondo o sistema de águas subterrâneas profundas. Com raras exceções, esse domínio está limitado a profundidades pouco superiores a 250 metros, sendo que em profundidades maiores há uma tendência de fechamento dos planos de fraturas em virtude do aumento da pressão.

Os parâmetros hidrodinâmicos são muito variáveis em função do tipo de rocha e, inclusive, variando significativamente em um mesmo tipo litológico. O principal fator que controla a condutividade hidráulica dos aquíferos desse domínio é a densidade, abertura e interconexão das descontinuidades do corpo rochoso.

Esses aquíferos são aproveitados a partir de poços tubulares profundos e apresentam vazões que variam de zero até valores superiores a 100 m<sup>3</sup>/h, sendo que a grande maioria dos poços apresenta entre 5 e 12 m<sup>3</sup>/h. A existência de poços secos é controlada pela variação da fração granulométrica, sendo que quanto maior a concentração de quartzitos, menor a incidência de poços secos e quanto maior a presença de material argiloso (metassiltitos e ardósias), maior a ocorrência de poços secos ou de muito baixa vazão.

A classificação desse domínio, em quatro conjuntos distintos, denominados de sistemas aquíferos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí é feita com base no conhecimento geológico, análise estatística dos dados de vazões, feições estruturais e dados hidrodinâmicos.

O Sistema Paranoá foi subdividido nos subsistemas: S/A, A, R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> e R<sub>4</sub>, enquanto o Sistema Canastra é integrado pelo Subsistema F.

As águas subterrâneas desse domínio apresentam exposição à contaminação atenuada, uma vez que os aquíferos do Domínio Intergranular sobrepostos funcionam como um filtro depurador natural, que age como um protetor da qualidade das águas mais profundas.

A recarga dos aquíferos desse domínio se dá através do fluxo vertical e lateral de águas de infiltração a partir da precipitação pluviométrica. A morfologia da paisagem é um importante fator controlador das principais áreas de recarga regionais.

### **Domínio Físsuro-Cárstico**

Os sistemas de porosidade físsuro-cárstica são representados por situações onde rochas carbonáticas (calcários, dolomitos, margas e mármore) ocorrem na forma de lentes com restrita continuidade lateral interdigitadas vertical e lateralmente com rochas pouco permeáveis (siltitos argilosos, folhelhos ou filitos).

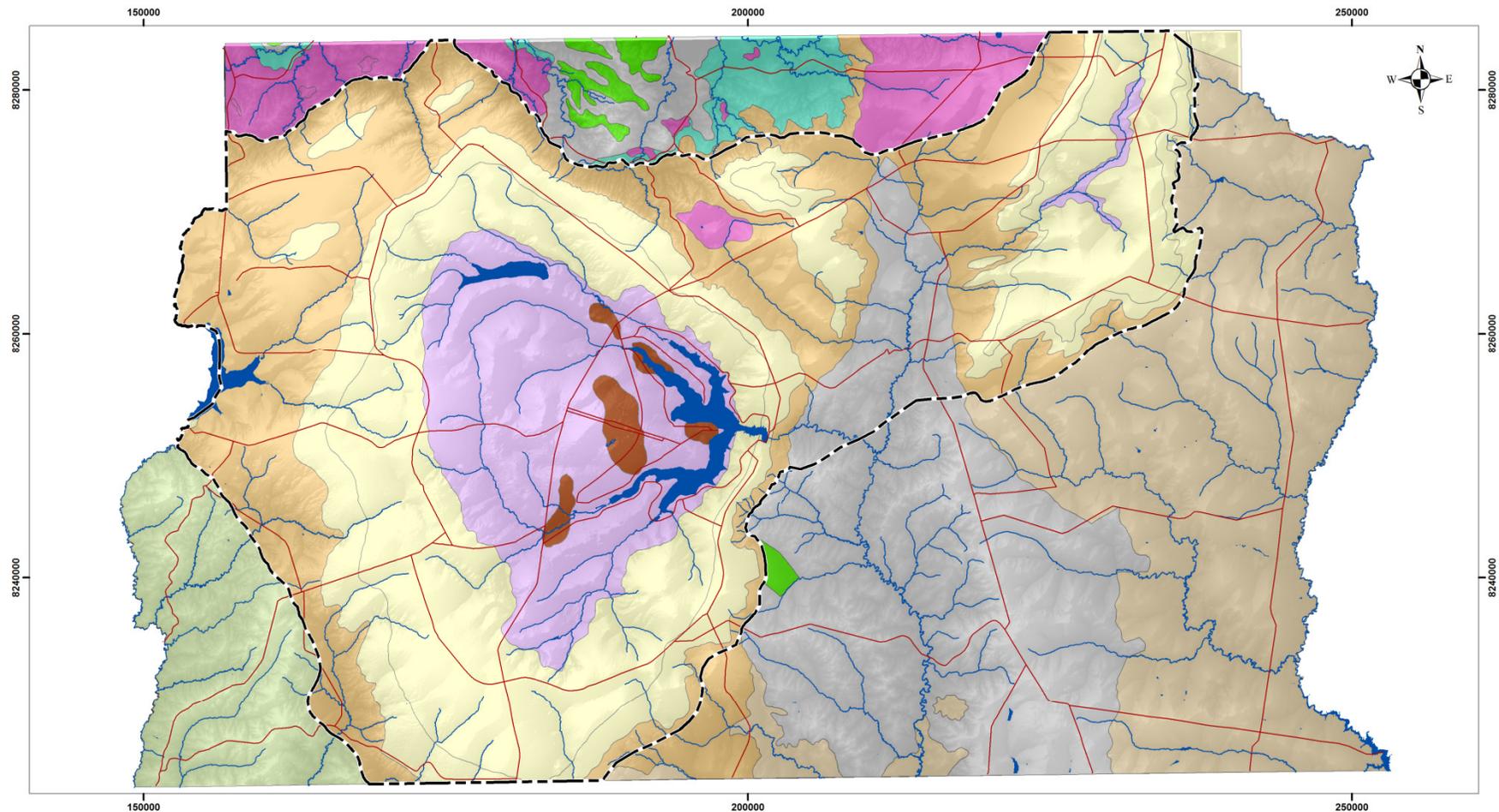
Nesses casos a dissolução cárstica é limitada pela restrita circulação e as cavidades resultantes são pequenas, de forma geral, inferiores a 3 metros de abertura. Mesmo não representando sistemas cársticos clássicos essas ocorrências são responsáveis pelas vazões mais expressivas em poços individuais conhecidos na região do Distrito Federal.

Na região do Distrito Federal ocorrem aquíferos físsuro-cársticos vinculados ao Sistema Paranoá, representado pelo Subsistema PPC, pelo Sistema Bambuí, vinculado ao Subsistema Base e pelo Sistema Canastra, associado ao Subsistema F/Q/M. O subsistema F/Q/M apresenta especial importância na região, pois é responsável pela quase totalidade do abastecimento da Cidade Satélite de São Sebastião com cerca de 100.000 habitantes.

A Figura 3 apresenta a distribuição dos aquíferos fraturados do Distrito Federal cuja escala original é de 1:100.000.

### **Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> do Sistema Aquífero Paranoá**

Em função da natureza dos aquíferos, no Distrito Federal apenas dois subsistemas podem ser considerados para complementação de abastecimento público em função de suas características hidrodinâmicas e principalmente por suas vazões médias. Tais aquíferos são representados pelo Subsistema F/Q/M do Sistema Canastra e pelo Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> do Sistema Paranoá. O Subsistema F/Q/M já é utilizado de forma intensiva para o abastecimento da cidade de São Sebastião, em que mais de 90% do abastecimento é feito por uma bateria de poços tubulares situados no perímetro urbano.



### HIDROGEOLOGIA DO DISTRITO FEDERAL



### PROJETO ÁGUA SUBTERRÂNEA



Fonte: Campos & Freitas-Silva (1999)

**Figura 3** - Mapa dos aquíferos dos domínios fraturados e físsuro-cársticos do Distrito Federal.

Assim a alternativa para complementação de abastecimento com base na exploração de aquíferos fica limitada ao Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub>. Este aquífero apresenta as seguintes características que o tornam atrativo para uso no abastecimento de áreas urbanas:

- Apresenta vazão média 50% maior que a média de todos os aquíferos da região, de cerca de 12.000 L/h;
- Apresenta baixa incidência de poços secos ou de vazões muito reduzidas;
- Ocorre em ampla área com ampla distribuição geográfica, inclusive nas áreas mais densamente povoadas;
- Ocupam as melhores zonas de recarga natural dos aquíferos e ocorrem em áreas favoráveis ao desenvolvimento de projetos de recarga artificial dos aquíferos e
- Apresenta águas de excelente qualidade natural.

O Subsistema Aquífero R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> inclui as formações Serra do Paranã (antiga Q<sub>2</sub>), Serra da Meia Noite (antiga R<sub>3</sub>) e Ribeirão Contagem (antiga Q<sub>3</sub>) do Grupo Paranoá. A inclusão de três unidades litológicas em um único subsistema aquífero é justificável, uma vez que os tipos petrográficos predominantemente arenosas apresentam características hidrogeológicas muito similares, incluindo os parâmetros hidrodinâmicos, a distribuição estatística de médias de vazões e as condições construtivas dos poços.

Em função da grande presença de quartzitos, há uma grande distribuição das descontinuidades por todo o maciço rochoso, já que o comportamento rúptil deste tipo favorece a manutenção da abertura do fraturamento. Dessa forma os poços que muitas vezes interceptam rochas de diferentes formações, apresentam um grande número de entradas de água, com fraturas dispersas por toda a seção perfurada, além de grande interconectividade das fraturas.

Esta fácies hidrogeológica compõe aquíferos descontínuos, com extensão lateral variável, livres ou confinados e características hidrodinâmicas muito anisotrópicas. A Tabela 2 mostra a distribuição dos valores de transmissividade (T), condutividade hidráulica (K), coeficiente de armazenamento (S) e condutividade hidráulica vertical (Kv), calculados para uma população de 27 poços tubulares com dados de ensaio de bombeamento de 24 horas.

**Tabela 2** - Características dimensionais dos do Subsistema Aquífero R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub>. Dados de 27 testes de bombeamento de 24 horas em tubulares profundos, com bombeamento contínuo. Dados obtidos com a utilização do software AquiferTest para aquíferos fraturados (método de Moench).

	R3			Q3		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
T (m <sup>2</sup> /s)	7,8 x 10 <sup>-4</sup>	1,2 x 10 <sup>-4</sup>	4,9 x 10 <sup>-4</sup>	1,4 x 10 <sup>-3</sup>	1,4 x 10 <sup>-4</sup>	4,0 x 10 <sup>-4</sup>
K (m/s)	4,8 x 10 <sup>-6</sup>	5,3 x 10 <sup>-7</sup>	2,8 x 10 <sup>-6</sup>	1,6 x 10 <sup>-3</sup>	1,2 x 10 <sup>-6</sup>	4,6 x 10 <sup>-6</sup>
S	1,7 x 10 <sup>-1</sup>	2,0 x 10 <sup>-2</sup>	1,0 x 10 <sup>-1</sup>	1,6 x 10 <sup>-1</sup>	4,5 x 10 <sup>-3</sup>	1,5 x 10 <sup>-1</sup>
Q (m <sup>3</sup> /h)	48	zero	12,5	42	zero	12,4

Este subsistema aquífero apresenta importância hidrogeológica relativa local muito alta, com média de vazões de 12.200 L/h, associada a uma incidência muito baixa de poços secos e alta ocorrência de poços com vazões maiores que 20.000L/h. A área de distribuição deste subsistema é um fator que amplia sua importância local, ocupando cerca de 25% do território do Distrito Federal.

O grande potencial hídrico deste subsistema aquífero é materializado pela grande vazão de nascentes que representam seus exutórios. Neste contexto estão presentes a maioria das pequenas captações da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB, as quais contribuem com parcela significativa do abastecimento público do Distrito Federal.

Desta forma o Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> é considerado o único manancial subterrâneo que ainda tem reservas exploráveis ou disponibilidade de recurso hídrico capaz de contribuir de forma efetiva para a complementação do abastecimento público de água em situação de escassez extrema.

## **AVALIAÇÃO INTEGRADA PARA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES**

Lousada (1999) e Lousada & Campos (2005) desenvolveram estudos específicos relativos à locação de poços tubulares profundos na região do Distrito Federal. Naqueles estudos os autores propõem localizar poços a partir da integração de dados geológicos / hidrogeológicos, análise de lineamentos estruturais e resultados de levantamentos geofísicos.

A geologia deve ser observada sob dois focos prioritários, incluindo a descrição das rochas em detalhe, com medição sistemática de fraturas, planos de foliação e acamamento. Uma estatística das estruturas medidas e se possível a confecção de estereogramas e rosetas é muito importante para a locação ajustada dos poços.

Os lineamentos devem ser obtidos de imagens orbitais e ser classificados em tamanhos e também avaliar sua estatística de ocorrência. Neste aspecto, os trabalhos realizados por Xavier (2010) e Campos *et al.* (2016) indicam que as fraturas de direção NW e NE associadas aos pares conjugados de cisalhamento são as mais apropriadas para locação de poços sendo as direções responsáveis pelas maiores vazões individuais em poços tubulares.

As técnicas geofísicas são aplicadas em poços previamente localizados com uso dos procedimentos anteriormente descritos, sendo sua função principal ajustar o ponto para ampliar as chances de sucesso da locação.

Para a locação dos poços no âmbito do presente estudo, além das diretrizes apresentadas por Lousada (1999) outros parâmetros deverão ser considerados, pois além dos controles técnicos, deverão ser considerados fatores econômicos, logísticos e análise de restrições por questões fundiárias e de dominialidade do território.

Dentre os planos de informação que serão integrados para a locação dos poços devem ser priorizados: Mapa Geológico / Hidrogeológico com destaque para o Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub>; Mapa de Lineamentos Estruturais Aparentes; Mapa de Vias de Acesso Principais, Mapa de Adutoras de Água Potável, Uso do Solo, Mapa de Redes Elétricas, Mapa de Solos e Mapa Geomorfológico.

Cada plano de informação tem um objetivo no processo de locação e priorização de áreas de locação de poços, como será discutido a seguir.

#### *Mapa Geológico / Hidrogeológico com destaque para o Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub>*

O mapa Geológico foi compilado a partir da última versão da cartografia do Distrito Federal em escala 1:100.000 que evoluiu a partir do trabalho de Faria (1995) passando por Freitas-Silva & Campos (1998). Na versão de Campos (2010) os principais elementos são mantidos, entretanto, muitos contatos geológicos foram retificados e na porção norte da região foram inseridas unidades da base do Grupo Bambuí (formações Sete Lagoas e Serra de Sant Helena) integradas neste trabalho como Bambuí Base (Figura 4).

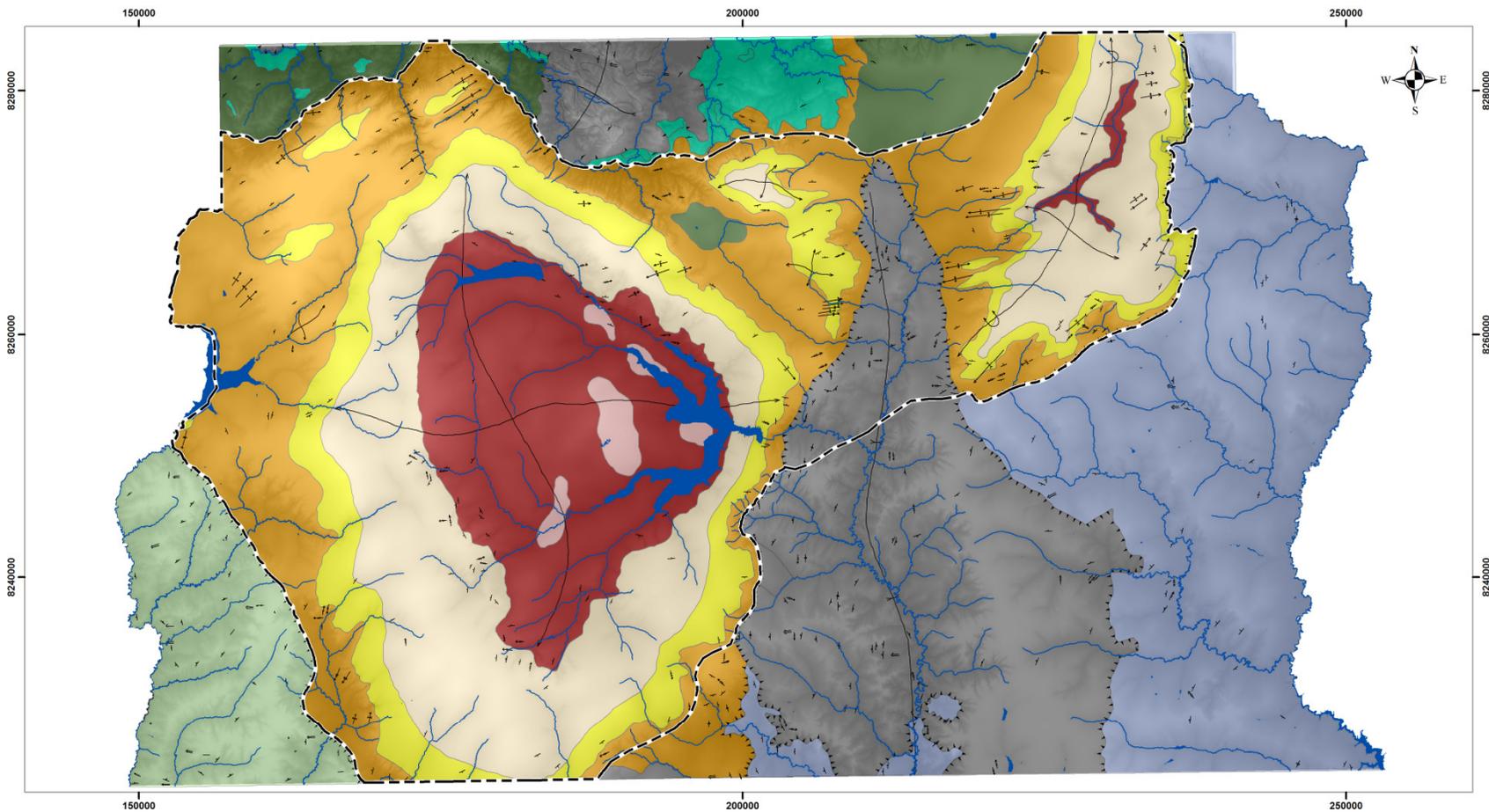
O destaque para o Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> é justificado, pois este é o principal foco da investigação e desta forma a área de interesse da pesquisa foi gerada a partir de um polígono que inclui todas as ocorrências deste aquífero. Especificamente na região do Distrito Federal a Formação Serra do Paranã ocorre apenas em uma estreita faixa no extremo leste da Chapada do Pípiripau, sendo sua faixa de rochas compostas por quartzitos médios a grossos atribuídos ao Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> do Sistema Paranoá.

#### *Mapa de Lineamentos Estruturais Aparentes*

O mapa de lineamentos estruturais aparentes é confeccionado a partir da observação de feições lineares em mapas planialtimétricos ou sobre imagens orbitais. Os trechos de cursos de drenagens retilíneas são os principais critérios para discriminação de lineamentos, entretanto, feições como cristas alinhadas, dolinas alongadas e alinhadas, mudanças bruscas no padrão da vegetação nativa e depressões alinhadas sobre relevos aplainados também são utilizados como critérios para extração de lineamentos estruturais.

Este plano de informação é de fundamental importância para a locação de poços, uma vez que, os aquíferos em questão são do tipo fraturado e os lineamentos marcam e expressam as zonas de fraturas, falhamentos, cisalhamento em superfície (Figura 5).

O grande desafio da locação de poços em aquíferos fraturados é a localização de planos de fraturas em subsuperfície, pois a não interceptação de anisotropias nas rochas pode resultar em poços secos ou de vazões muito reduzidas. Desta forma, a presença de lineamentos passa a ser um dos principais critérios e guias para se localizar poços em aquíferos fraturados.



**GEOLOGIA DO DISTRITO FEDERAL**

- Grupo Bambuí - Topo
- Grupo Bambuí - Base
- Grupo Araxá - Xistos

**Grupo Paranoá**

- Fm. Córrego do Barreiro - Metacalcários / Dolomitos
- Fm. Córrego do Sansão - Metarrilito Argiloso
- Fm. Ribeirão da Contagem - Quartzitos

- Fm. Serra da Meia Noite - Metarrilito Arenoso
- Fm. Piçarão - Metassiltitos
- Fm. Ribeirão do Torto - Ardósias
- Fm. Serra do Paranoá - Quartzitos

**Grupo Canastra**

- Fm. Morro do Ouro - Filitos
- Fm. Serra do Landim - Calcifilitos

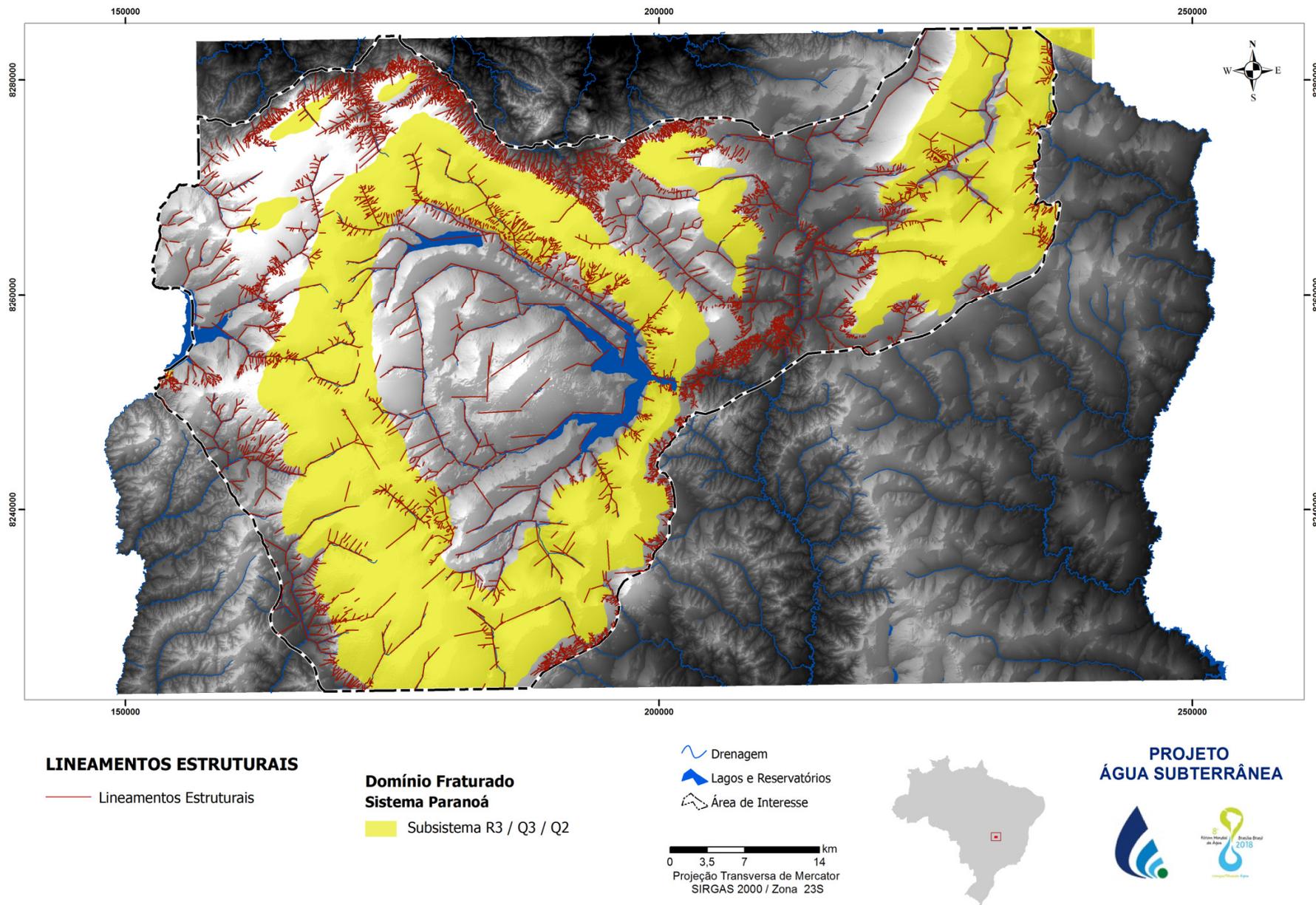
- Falhas de Cavalamento
- Drenagem
- Eixo de Dobras
- Lagos e Reservatórios
- Área de Estudo



**PROJETO  
ÁGUA SUBTERRÂNEA**



**Figura 4 - Mapa Geológico do Distrito Federal.**



**Figura 5** - Mapa de Lineamentos Estruturais Aparentes do Distrito Federal.

O mapa em avaliação é denominado de lineamentos aparentes, pois apenas mostra os lineamentos que estão diretamente expostos na superfície. Em locais em que ocorrem solos espessos como os latossolos, os lineamentos ocorrem sob o manto de intemperismo e, portanto, são mascarados. Assim, pode-se trabalhar com o prolongamento dos lineamentos em regiões de chapadas e com técnicas geofísicas para otimizar a localização das zonas de fraturas em profundidade.

#### *Mapa de Vias de Acesso Principais*

O plano de informação vinculado às principais estradas é considerado como estratégico para a locação dos poços, pois o Distrito Federal apresenta elevada densidade populacional e terras com elevado valor para sua aquisição. Por outro lado, a construção de poços para abastecimento público em áreas particulares pode gerar atrasos em função de negociações ou em função de demandas jurídicas nos casos em que os proprietários não concordem com o uso de suas terras para obras de utilidade pública.

Assim, a opção mais adequada para minimizar tais problemas é prever a locação dos poços em áreas de domínio das principais estradas que recortam as áreas de interesse para construção dos poços (Figura 6).

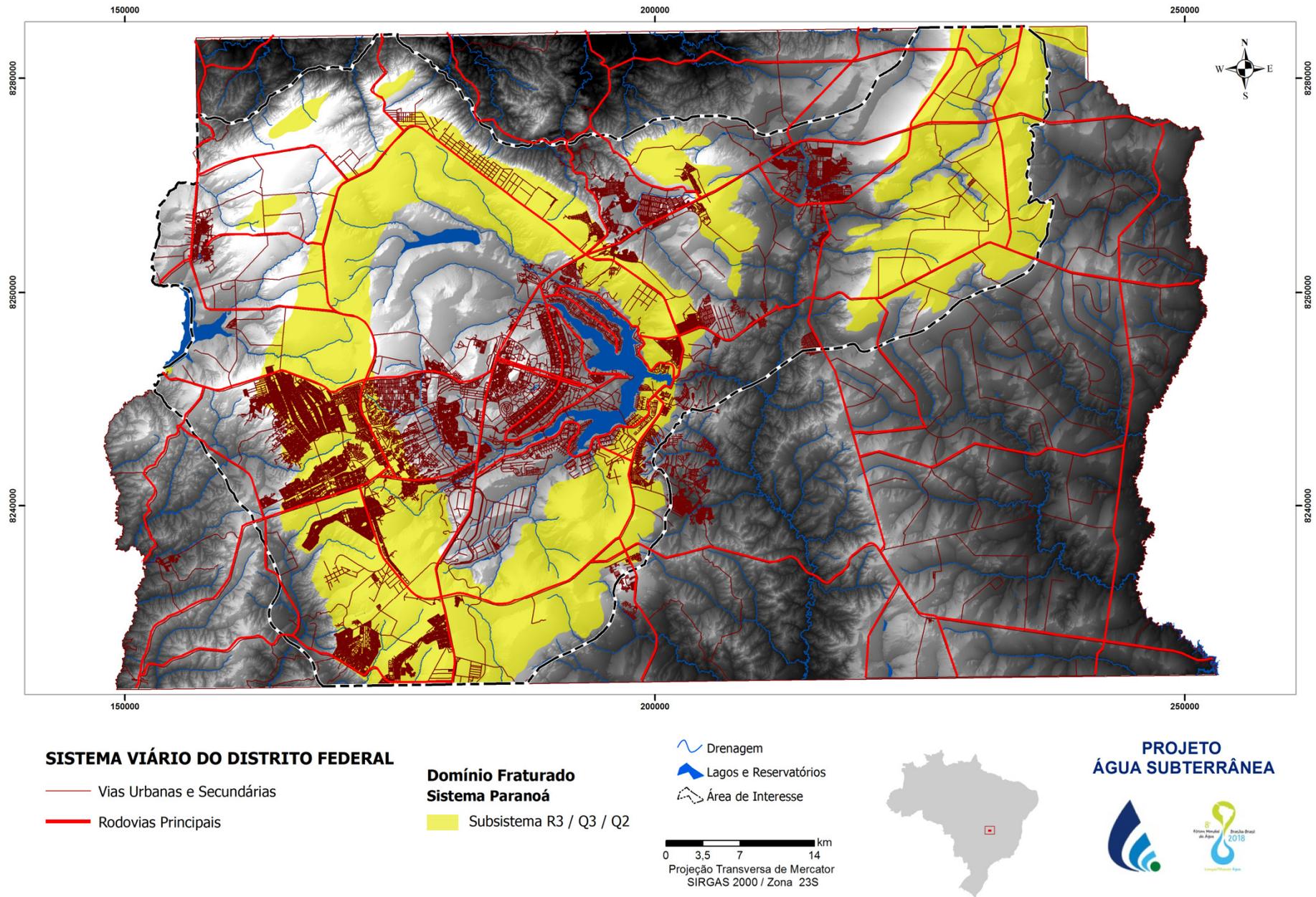
Como a área para instalação dos poços bem como seu perímetro de proteção mais imediato é relativamente pequena (cerca de 100 m<sup>2</sup>, ou seja, um polígono de 10 x 10 metros) é possível instalar poços na porção mais externa da área de domínio das principais rodovias federais e distritais que seccionam a área de interesse.

#### *Mapa de Adutoras de Água Potável + ETAs / UTS + Reservatórios*

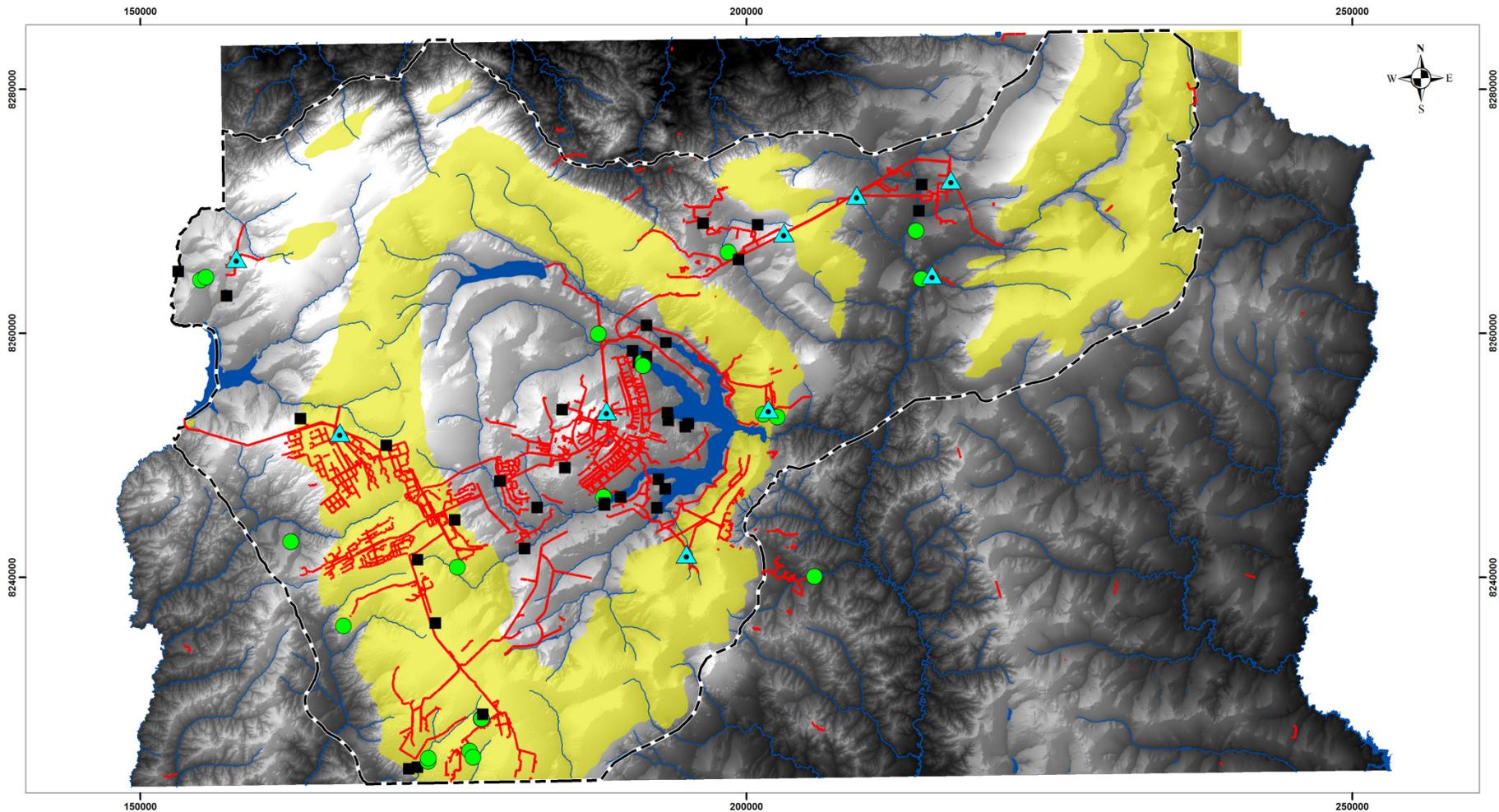
Um mapa que inclua as adutoras, estações de tratamento de água, estações de tratamento simplificadas e reservatórios deverá funcionar como um fator econômico, de forma a minimizar os custos com a instalação de redes de água para interligação do poço com a rede de distribuição de água. Neste caso, a locação deverá ser preferencialmente o mais próximo possível desta rede de infraestrutura instalada.

Na priorização da construção dos poços a variável distância de redes adutoras deverá ser avaliada juntamente com a distância das redes elétricas a partir da análise dos dados em um sistema de informação geográfica com uso de ferramentas de *buffer*.

O mapa de adutoras (Figura 7) apresenta apenas as redes de maiores diâmetros de interligação dos mananciais e ETAs aos centros de consumo, mas redes de distribuição internas às cidades podem ser eventualmente utilizadas para receber água produzida pelos poços.



**Figura 6** - Mapa de vias de acesso principais e secundárias do Distrito Federal.



**EQUIPAMENTOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E TRATAMENTO DE ESGOTO**

-  Estação de Tratamento de Água - ETA
-  Estação de Tratamento de Esgoto - ETE
-  Elevatória Estação de Esgoto - EEE
-  Linhas Adutoras

**Domínio Fraturado  
Sistema Paranoá**  
 Subsistema R3 / Q3 / Q2

-  Drenagem
-  Lagos e Reservatórios
-  Área de Interesse

0 3,5 7 14 km  
 Projeção Transversa de Mercator  
 SIRGAS 2000 / Zona 23S



**PROJETO  
ÁGUA SUBTERRÂNEA**



**Figura 7 - Mapa de principais adutoras de água potável do Distrito Federal.**

### *Mapa de Redes de Distribuição de Energia Elétrica*

O mapa de redes de distribuição de energia elétrica deve ser utilizado para priorização das locações, sob a mesma ótica do mapa das redes adutoras de água potável. Como é necessário construir um ramal de energia exclusivo até cada poço tubular, sua localização nas proximidades de redes existentes representa uma vantagem adicional para minimizar custos de instalação da rede elétrica.

No caso específico dos poços que operam com bombas submersíveis de 380 volts, o ideal é que os poços sejam construídos o mais próximo possível das redes trifásicas de baixa tensão. As mesmas linhas que distribuem energia para uso doméstico nas cidades do Distrito Federal. Neste caso, devem-se evitar as redes de alta tensão que representam os grandes ramais de energia associadas às linhas de transmissão regionais e nacionais responsáveis pela ligação do Distrito Federal com as usinas hidrelétricas.

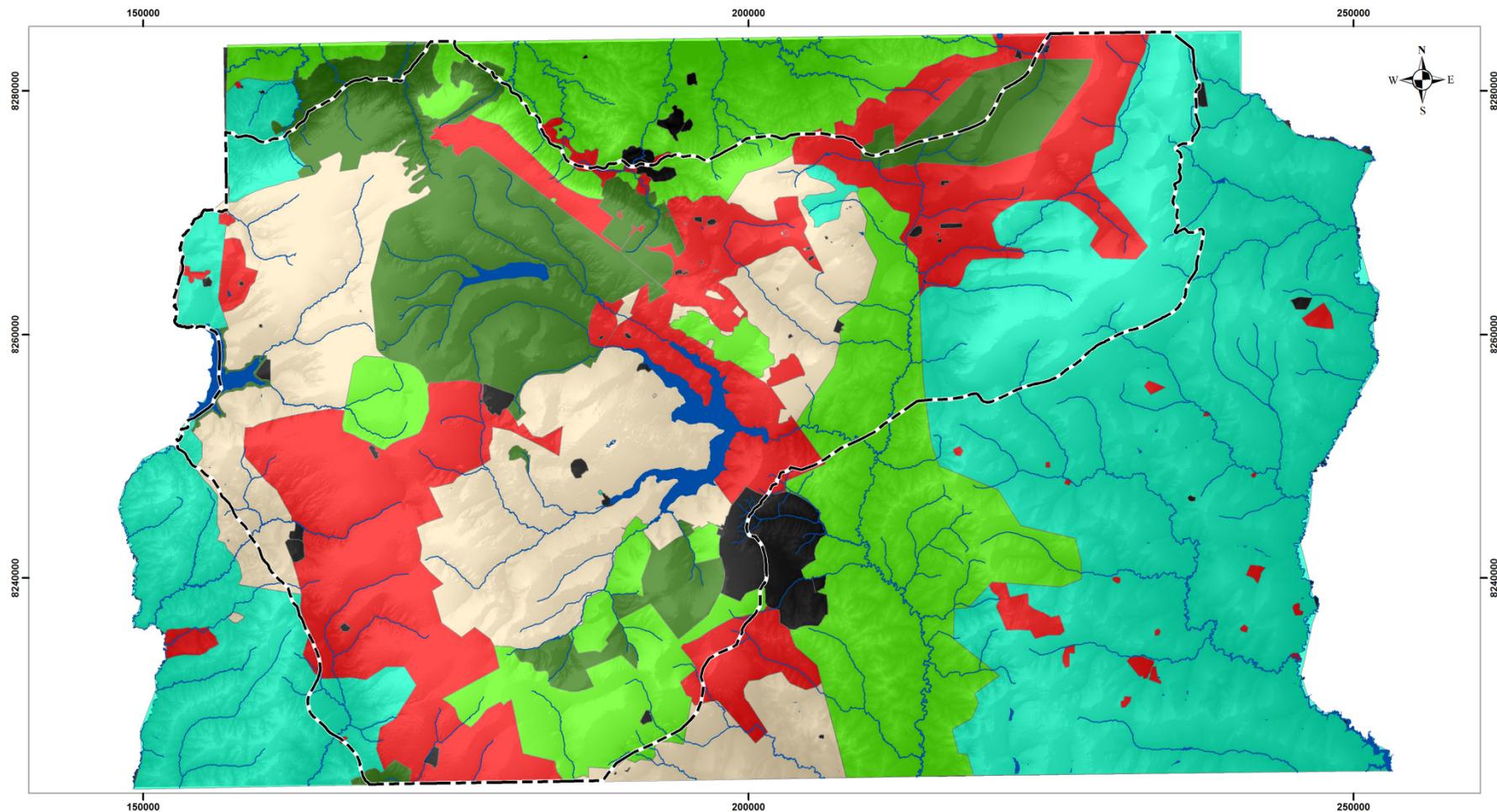
É importante lembrar que um transformador deve ser instalado para cada poço ou bateria de poços situados em menores distâncias.

### *Uso do Solo*

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal deverá ser utilizado de forma qualitativa para se evitar a locação de poços em áreas com grande risco de contaminação ou mesmo nas imediações de áreas já comprovadamente contaminadas.

Neste caso devem-se evitar a locação de poços em áreas urbanas sem saneamento básico, áreas industriais, cemitérios, postos de combustíveis, áreas industriais, aterro de lixo, estações de tratamento de efluentes, terminais de combustíveis e demais usos que acarretem em risco de contaminação dos aquíferos.

Alternativamente, e até mais adequado seria utilizar o mapa de enquadramento dos corpos hídricos subterrâneos do Distrito Federal, que já traz a delimitação de áreas em que as águas subterrâneas profundas já se encontram poluídas sendo classificadas como das classes 4 e 5 (Figura 8). Neste caso não é adequado locar poços nas adjacências das áreas enquadradas como de classes 4 e 5. A Tabela 3 mostra indicadores de qualidade das águas conforme preconiza a Resolução CONAMA 396/2008.



**ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO DISTRITO FEDERAL**

**Classes da Qualidade de Água**

- |  |  |
|--|--|
|  Classe 1 |  Classe 4 |
|  Classe 2 |  Classe 5 |
|  Classe 3 |  Especial |

-  Drenagem
-  Lagos e Reservatórios
-  Área de Interesse

0 3,5 7 14 km  
 Projeção Transversa de Mercator  
 SIRGAS 2000 / Zona 23S



**PROJETO  
 ÁGUA SUBTERRÂNEA**



Fonte: Castanheira (2016)

**Figura 8** - Mapa do Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal (Fonte: Castanheira 2016).

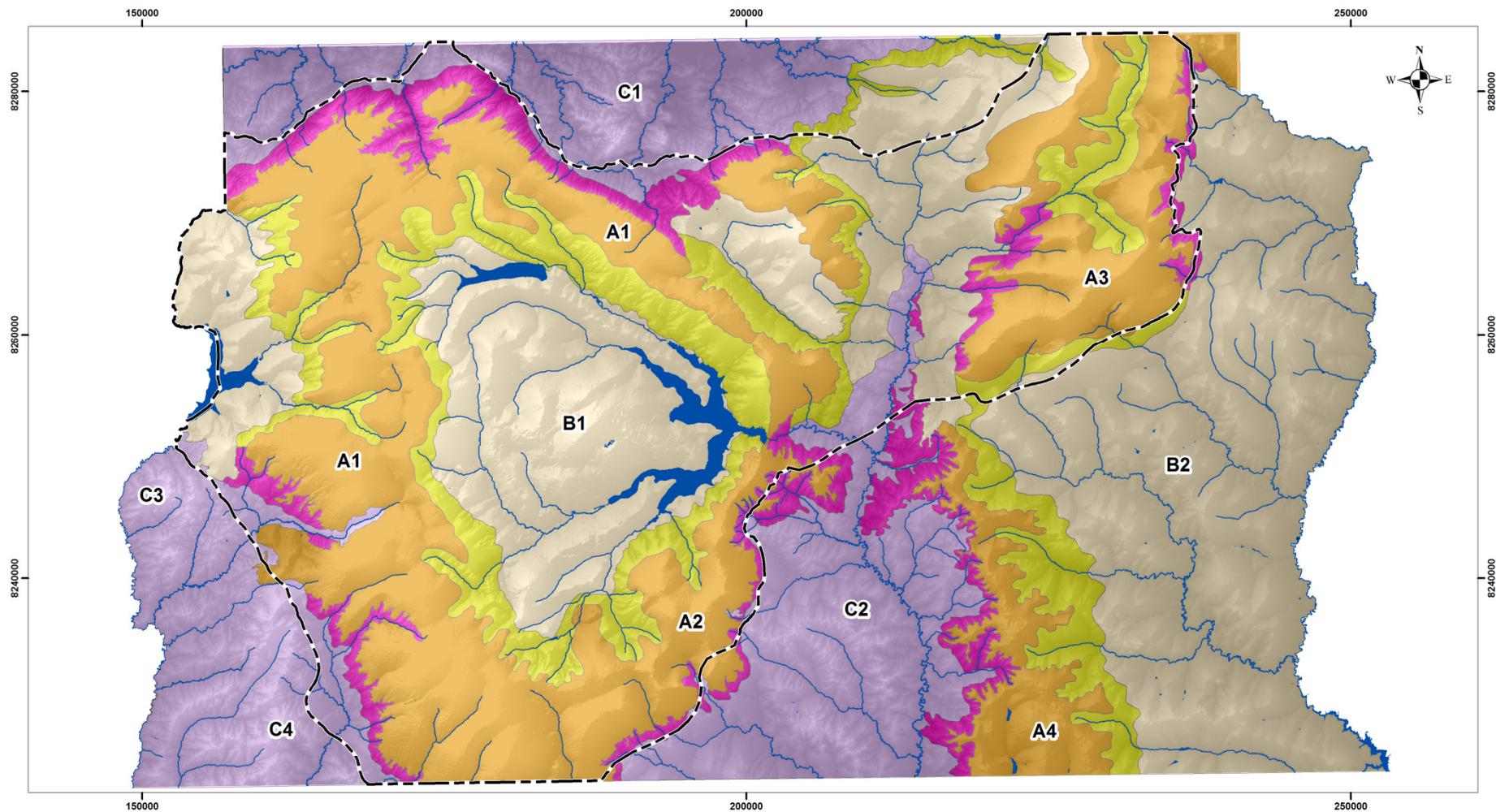
**Tabela 3** - Critérios para enquadramento dos corpos hídricos subterrâneos no Distrito Federal.

<b>Classe de Enquadramento</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Uso Potável Sem Tratamento</b>
<b>Classe Especial e Classe 1</b>	Águas naturais, com valores de indicadores hidroquímicos no limite dos <i>backgrounds</i> determinados pela composição das rochas.	Sim
<b>Classe 2</b>	Águas com restrita mudança com relação aos valores de background hidroquímico. Restrita ocupação da terra.	Sim
<b>Classe 3</b>	Águas com elevação de indicadores como nitrato e cloreto, entretanto ainda dentro de limites aceitáveis para uso humano.	Sim
<b>Classe 4</b>	Águas em aquíferos já comprovadamente contaminados.	Não
<b>Classe 5</b>	Águas em aquíferos já comprovadamente poluídos e com indicação de risco ambiental elevado.	Não

#### *Mapa de Solos e Mapa Geomorfológico*

Os mapas de solos e geomorfológico (Figura 9) deverão ser aplicados para a determinação dos poços que deverão ser alvo de estudos geofísicos, além de serem úteis para definição do método e profundidade de investigação.

De forma mais geral estudos geofísicos deverão ser aplicados em áreas planas com solos e regolitos profundos. Nesta situação não ocorrem lineamentos estruturais aparentes e a melhor forma de se determinar as zonas de maior circulação hídrica é a partir do emprego de estudos geofísicos.



**UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DO DISTRITO FEDERAL**

- |                                     |                     |               |                         |                       |
|-------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------|-----------------------|
| Plano Elevado                       | Plano Intermediário | Rampa Íngreme | Vale Dissecado          | Drenagem              |
| A1 - Chapada da Contagem            | B1 - Paranoá        | Rebordo       | C1 - Rio Maranhão       | Lagos e Reservatórios |
| A2 - Chapada de Brasília            | B2 - Rio Preto      |               | C2 - Rio São Bartolomeu | Área de Interesse     |
| A3 - Chapada do Pípiripau           |                     |               | C3 - Rio Descoberto     |                       |
| A4 - Divisor São Bartolomeu - Preto |                     |               | C4 - Rio Alagado        |                       |



**PROJETO  
ÁGUA SUBTERRÂNEA**



**Figura 9** - Mapa Geomorfológico do Distrito Federal (Modificado de Novaes Pinto 1994ab).

## LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

A Figura 10 mostra a distribuição dos poços locados a partir da metodologia previamente apresentada. As elipses delimitam áreas com locação regionalizada, para todo o Distrito Federal a partir de cada Região Administrativa ou Setor Habitacional, incluindo áreas inseridas no sistema integrado de abastecimento (Descoberto / Santa Maria- Torto) e áreas fora do sistema integrado.

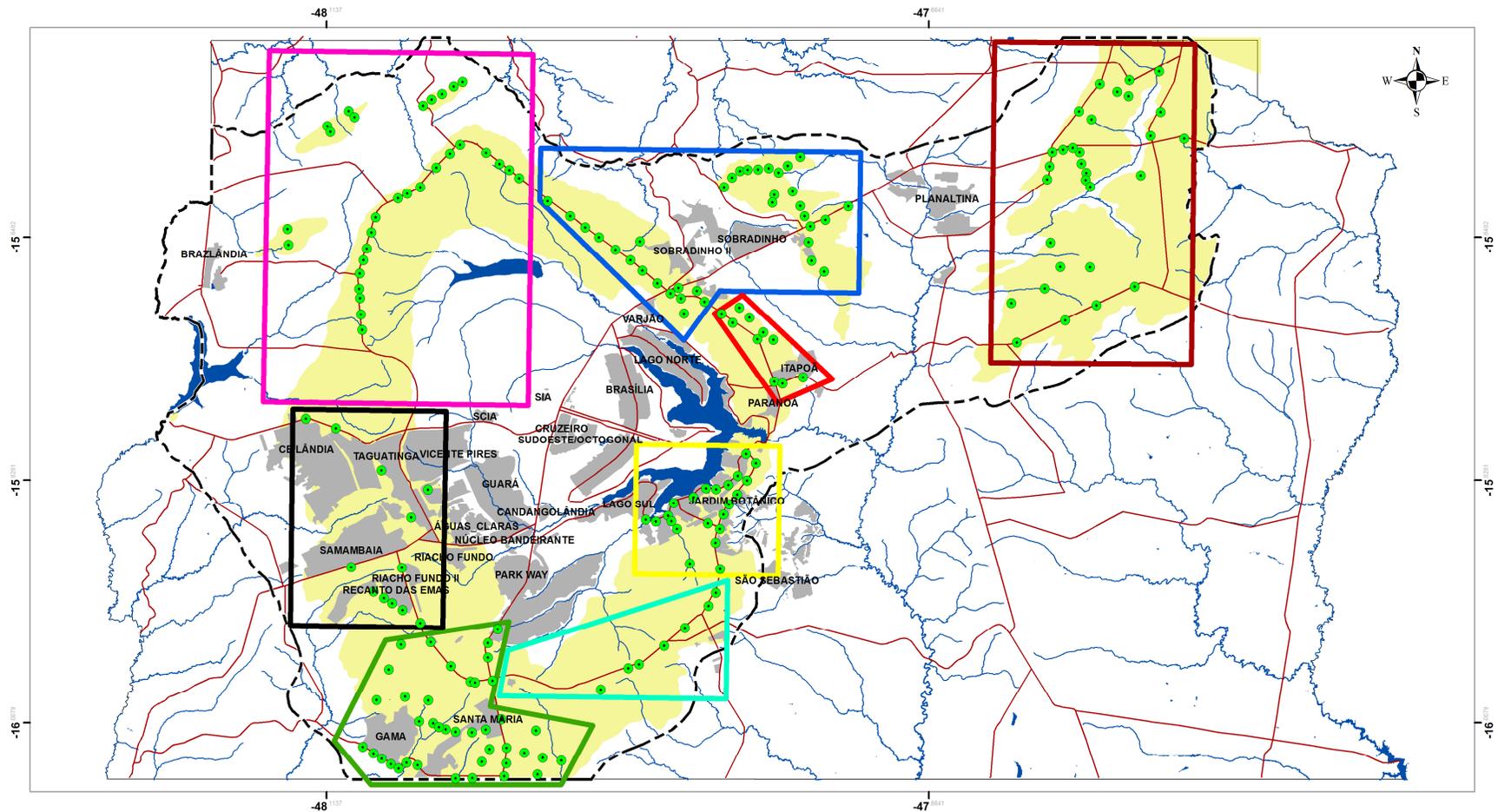
Foram locados 187 poços tubulares os quais foram classificados em quatro categorias de prioridades para eventual construção e operação. Em casos de extrema escassez a ordem de instalação dos poços deve seguir de 1 a 4.

A priorização segue os seguintes critérios:

- Prioridade 1: Inclui todos os fatores favoráveis ao aproveitamento da água subterrânea subsistema aquífero R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> (H), controle de lineamento estrutural (L), presença de adutora de água próxima ao ponto de locação (A) e existência de estrada federal ou distrital com faixa de domínio (E);
- Prioridade 2: Todos os anteriores exceto a existência de adutora próxima ao ponto de locação. Neste caso, além da construção do poço ainda seria necessário construir uma adutora para interligação em um sistema de distribuição de água;
- Prioridade 3: Inclui os critérios da prioridade 1 com exceção da não presença de lineamento estrutural no controle da locação do poço;
- Prioridade 4: Poços locados apenas a partir da integração de dois critérios, incluindo hidrogeologia favorável e existência de faixa de domínio de estrada.

Como observado na Figura 10 oito áreas foram determinadas: elipse Vermelha - Brazlândia; Azul Clara - Taguatinga e Ceilândia, Azul - Gama; Rosa - DF-001 Sul; Lilás - Lago Sul - Jardim Botânico; Roxo - Sobradinho; Laranja - Planaltina e Verde Limão - Paranoá.

As Tabelas 4 a 10 com coordenadas UTM de cada locação, exceto para a subárea de Brazlândia que será abordada em relatório específico relativo à complementação do abastecimento da região noroeste do Distrito Federal, não abastecida por meio do Sistema Descoberto / Santa Maria- Torto (Campos *et al.* 2018), trazem os critérios e a priorização de sua instalação. Os critérios são avaliados em cada caso com referência a **H** - hidrogeologia, **L** - presença de lineamento, **A** - presença de adutora próxima e **E** - estrada com faixa de domínio.



**LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES**

- Locação de poços para complementar abastecimento público

**Domínio Fraturado Sistema Paranoá**

- Subsistema R3 / Q3 / Q2

**Subárea**

- Brazlândia
- DF-001 Sul
- Gama
- Lago Sul - Jardim Botânico
- Planaltina
- Paranoá
- Sobradinho
- Taguatinga-Ceilândia-Samambaia

- Vias de Acesso
- ~ Drenagem
- ▲ Lagos e Reservatórios
- ⬡ Área de Estudo
- Áreas Urbanas



**PROJETO ÁGUA SUBTERRÂNEA**



**Figura 10** - Imagem com a distribuição global dos poços locados, incluindo áreas inseridas e não inseridas no sistema de abastecimento integrado Descoberto - Santa Maria/Torto - Sobradinho/Planaltina.

**Tabela 4** - Locação dos poços na Subárea DF-001 Sul.

Poço	Subárea	Zona UTM	UTM X	UTM Y	Critério	Prioridade
79	DF-001 Sul	23S	188644,52	8230722,68	HLE	2
80	DF-001 Sul	23S	190826,71	8232478,83	HLE	2
81	DF-001 Sul	23S	191679,46	8232819,78	HLE	2
82	DF-001 Sul	23S	193648,97	8234364,01	HLE	2
83	DF-001 Sul	23S	197161,48	8237695,60	HLE	2
84	DF-001 Sul	23S	197731,00	8238786,77	HLE	2
85	DF-001 Sul	23S	195305,75	8235855,30	HLE	1

**Tabela 5** - Locação dos poços na Subárea Paranoá.

Poço	Subárea	Zona UTM	UTM X	UTM Y	Critério	Prioridade
109	Paranoá	23S	202177,12	8256162,85	HLE	1
110	Paranoá	23S	204480,53	8256565,73	HLE	2
111	Paranoá	23S	202845,27	8256037,57	HLE	2
164	Paranoá	23S	200787,06	8259640,71	HLE	2
165	Paranoá	23S	198783,67	8260961,53	HLE	2
166	Paranoá	23S	197890,50	8261687,37	HLE	2
168	Paranoá	23S	202057,11	8259611,35	HLE	2
169	Paranoá	23S	201250,48	8260196,70	HLE	2
170	Paranoá	23S	200123,46	8261409,80	HLE	2
171	Paranoá	23S	199298,36	8262216,86	HLE	2

**Tabela 6 -** Locação dos poços na Subárea Gama.

Poço	Subárea	Zona UTM	UTM X	UTM Y	Critério	Prioridade
39	Gama	22S	812938,18	8229834,46	H LAE	1
40	Gama	22S	815230,86	8230086,59	H LAE	1
41	Gama	22S	820480,77	8231240,24	H LAE	1
42	Gama	22S	818928,02	8232538,61	H LAE	1
43	Gama	22S	820833,03	8231155,24	H LAE	1
44	Gama	23S	179952,68	8231324,22	H LAE	1
45	Gama	23S	180725,16	8228161,63	H LE	2
46	Gama	23S	183491,75	8227278,53	H LE	2
47	Gama	23S	184076,19	8225047,49	H LE	2
48	Gama	23S	183671,33	8223672,48	H LE	2
49	Gama	23S	185573,27	8224840,24	H LE	2
50	Gama	23S	180312,29	8235551,29	H LAE	1
51	Gama	23S	179561,91	8234399,06	H LE	2
52	Gama	23S	179574,75	8233210,32	H LE	2
53	Gama	22S	814954,52	8234354,79	H LE	2
54	Gama	22S	817336,81	8234533,02	H LAE	1
55	Gama	22S	817083,36	8229750,23	H LE	2
56	Gama	22S	812628,43	8225461,80	H LE	2
57	Gama	22S	813283,97	8225025,65	H LE	2
58	Gama	22S	814008,97	8224542,02	H LE	2
59	Gama	22S	814620,75	8224179,19	H LE	2
60	Gama	22S	811787,03	8226007,11	H LE	2
61	Gama	22S	815253,00	8224647,32	H LE	2
62	Gama	22S	816154,67	8224447,41	H E	4
63	Gama	22S	819170,30	8223313,43	H LE	2
64	Gama	22S	819220,47	8227123,82	H E	4
65	Gama	22S	818439,23	8227350,70	H LE	2
66	Gama	22S	820532,05	8227057,68	H LE	2
67	Gama	23S	179487,64	8227290,47	H LE	2
68	Gama	22S	816327,57	8228033,72	H LE	2
69	Gama	22S	817436,12	8227878,84	H LE	2
70	Gama	22S	817888,42	8227540,62	H LE	2
71	Gama	22S	820510,84	8223317,28	H E	4
72	Gama	23S	179210,21	8224660,97	H E	4
73	Gama	23S	179793,81	8225711,06	H E	4
74	Gama	23S	181003,28	8223484,96	H E	4
75	Gama	23S	181158,39	8224562,44	H E	4
76	Gama	23S	181165,06	8225822,87	H E	4
77	Gama	23S	182587,77	8225443,96	H E	4
78	Gama	22S	813949,76	8232330,29	H E	4

**Tabela 7** - Locação dos poços na Subárea Taguatinga-Ceilândia -Samambaia.

Poço	Subárea	Zona UTM	UTM X	UTM Y	Critério	Prioridade
27	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	817306,52	8247040,52	H LAE	1
28	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	807602,38	8252993,34	H LAE	1
29	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	815121,82	8240653,32	H LAE	1
30	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	813602,66	8248678,94	H LAE	1
31	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	809986,68	8252177,29	H LAE	1
32	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	815912,81	8244774,42	H LAE	1
33	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	816517,81	8236100,07	H LAE	1
34	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	811053,03	8240756,04	H LE	2
35	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	812821,82	8238738,84	H LE	2
36	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	813635,17	8238199,95	H LE	2
37	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	815130,11	8237187,01	H LE	2
38	Taguatinga-Ceilândia -Samambaia	22S	814303,20	8237756,94	H LE	2

**Tabela 8** - Locação dos poços na Subárea Lago Sul - Jardim Botânico.

Poço	Subárea	Zona UTM	UTM X	UTM Y	Critério	Prioridade
86	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	197019,80	8244454,68	HAE	3
87	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	198685,92	8246062,81	HLAE	1
88	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	194548,98	8243969,52	HLAE	1
89	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	195628,45	8241162,01	HLAE	1
90	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	198039,36	8240744,16	HLE	2
91	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	197651,44	8242868,35	HLE	2
92	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	197971,69	8244034,98	HE	4
93	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	198268,39	8245214,42	HAE	3
94	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	199330,47	8246881,99	HLE	2
95	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	200098,94	8248018,79	HLE	2
96	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	200791,19	8249451,33	HLE	2
97	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	200012,41	8250192,97	HLE	2
98	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	200098,94	8248018,79	HLE	2
99	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	199378,09	8248389,45	HLE	2
100	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	197634,77	8247278,34	HLE	2
101	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	198627,43	8247656,01	HE	4
102	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	196826,54	8247339,54	HLE	2
103	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	195839,90	8246605,53	HLE	2
104	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	194264,80	8246085,51	HE	4
105	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	193820,38	8245051,11	HLE	2
106	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	192031,95	8244700,51	HLE	2
107	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	194093,76	8244600,71	HLE	2
108	Lago Sul - Jardim Botânico	23S	192851,93	8244558,97	HLE	2

**Tabela 9** - Locação dos poços na Subárea Planaltina.

Poço	Subárea	Zona UTM	UTM X	UTM Y	Critério	Prioridade
112	Planaltina	23S	226394,99	8275310,13	H LAE	1
113	Planaltina	23S	224208,72	8275264,40	H LAE	1
114	Planaltina	23S	225855,94	8275644,15	H LAE	1
115	Planaltina	23S	225071,96	8275479,66	HE	4
116	Planaltina	23S	223830,56	8273043,44	H LE	2
117	Planaltina	23S	224012,73	8274101,34	HE	4
118	Planaltina	23S	226551,33	8274376,50	H LE	2
119	Planaltina	23S	226970,92	8273600,99	H LE	2
120	Planaltina	23S	226911,32	8273036,79	H LE	2
121	Planaltina	23S	227281,55	8272466,37	H LE	2
122	Planaltina	23S	231314,81	8273449,96	H LE	2
123	Planaltina	23S	234770,33	8276513,80	H LE	2
124	Planaltina	23S	232060,30	8276700,31	H LE	2
125	Planaltina	23S	232863,63	8278692,69	H LE	2
126	Planaltina	23S	230277,81	8279951,53	H LE	2
127	Planaltina	23S	229345,44	8280287,73	H LE	2
128	Planaltina	23S	230319,28	8281267,69	H LE	2
129	Planaltina	23S	232700,53	8282008,53	H LE	2
130	Planaltina	23S	227955,23	8280904,20	H LE	2
131	Planaltina	23S	226308,63	8278656,17	H LE	2
132	Planaltina	23S	227335,43	8278009,08	H LE	2
133	Planaltina	23S	227345,24	8265881,55	H LE	2
134	Planaltina	23S	224969,10	8265869,42	H LE	2
135	Planaltina	23S	223736,09	8264096,24	H LE	2
136	Planaltina	23S	224162,55	8267852,67	H LE	2
137	Planaltina	23S	221553,07	8259620,99	H LE	2
138	Planaltina	23S	225424,82	8261503,45	H LE	2
139	Planaltina	23S	227906,00	8262777,48	H LE	2
140	Planaltina	23S	230931,45	8264329,17	H LE	2
141	Planaltina	23S	221094,91	8262864,39	H LE	2

**Tabela 10 -** Locação dos poços na Subárea Sobradinho.

Poço	Subárea	Zona UTM	UTM X	UTM Y	Critério	Prioridade
142	Sobradinho	23S	194604,50	8262896,81	HAE	1
143	Sobradinho	23S	207921,34	8270648,86	HAE	1
144	Sobradinho	23S	191254,34	8267541,57	HAE	1
145	Sobradinho	23S	206044,51	8265262,80	HLE	2
146	Sobradinho	23S	206099,97	8269519,53	HAE	1
147	Sobradinho	23S	204899,21	8268953,55	HAE	1
148	Sobradinho	23S	197954,99	8272086,55	HLE	2
149	Sobradinho	23S	198571,52	8272872,37	HLE	2
150	Sobradinho	23S	199215,77	8273409,86	HLE	2
151	Sobradinho	23S	199816,88	8273514,09	HLE	2
152	Sobradinho	23S	200646,81	8273555,20	HLE	2
153	Sobradinho	23S	201511,00	8273677,17	HLE	2
154	Sobradinho	23S	203018,36	8273899,42	HLE	2
155	Sobradinho	23S	202293,96	8273328,05	HLE	2
156	Sobradinho	23S	204017,76	8274645,63	HLE	2
157	Sobradinho	23S	204435,80	8269794,60	HLE	2
158	Sobradinho	23S	204078,01	8270630,27	HE	4
159	Sobradinho	23S	203453,99	8271806,72	HLE	2
160	Sobradinho	23S	201971,66	8271498,18	HE	4
161	Sobradinho	23S	201832,29	8270877,77	HE	4
162	Sobradinho	23S	205044,70	8266120,54	HLE	2
163	Sobradinho	23S	204780,61	8267664,34	HLE	2
167	Sobradinho	23S	196497,54	8262646,12	HLE	2
172	Sobradinho	23S	195883,78	8263534,59	HLE	2
173	Sobradinho	23S	193782,48	8263288,76	HLE	2
174	Sobradinho	23S	194411,90	8263748,96	HLE	2
175	Sobradinho	23S	192707,31	8264118,97	HLE	2
176	Sobradinho	23S	194873,18	8261659,29	HLE	2
177	Sobradinho	23S	191505,69	8265148,95	HLE	2
178	Sobradinho	23S	190523,64	8265982,04	HLE	2
179	Sobradinho	23S	189316,28	8266833,84	HLE	2
180	Sobradinho	23S	187981,98	8267818,91	HLE	2
181	Sobradinho	23S	186874,51	8268627,97	HLE	2
182	Sobradinho	23S	185637,99	8269541,37	HLE	2
183	Sobradinho	23S	183822,14	8270732,07	HLE	2

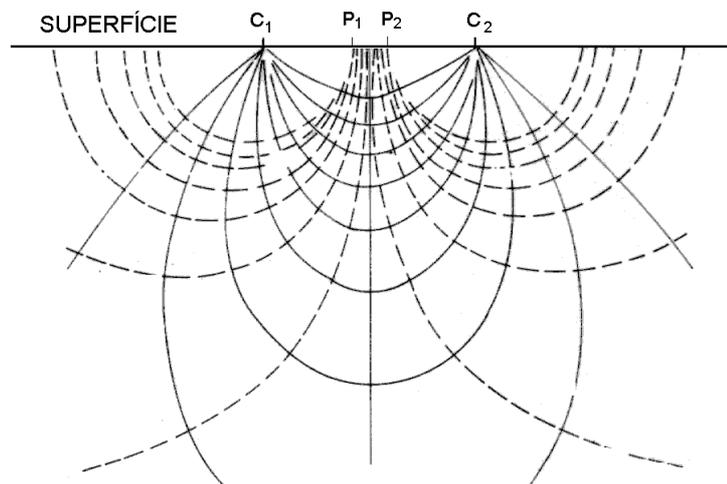
## ESTUDO GEOFÍSICO

### Método Adotado - Arcabouço Teórico

Neste projeto foi utilizado o método geofísico de eletrorresistividade, conforme descrito a seguir:

O método da eletrorresistividade é relativamente rápido, fácil de usar e normalmente, proporciona resultados satisfatórios. A medida da resistividade elétrica do solo, empregando diferentes arranjos de eletrodos, tem sido utilizada, geralmente, para identificar variações estratigráficas ou para localizar objetos cujas dimensões e profundidades oscilem entre metros até alguns quilômetros. O inconveniente deste método aparece quando se necessita de uma exploração detalhada, com grande resolução espacial. Em casos como este se faz necessária a aquisição de uma grande quantidade de dados que pode ser inviável, devido as restrições de tempo, mais do que às considerações técnicas. Recentemente, têm surgido sistemas automáticos de coleta de dados que podem acelerar os processos de medida e interpretação. Paralelamente, uma maior capacidade de cálculos pelos computadores tem permitido, nos últimos anos, a obtenção de imagens em duas ou três dimensões da distribuição real de resistividade do subsolo.

Os dispositivos para medidas de resistividade elétrica consistem, comumente, de um sistema de quatro eletrodos, sendo dois deles usados para enviar uma corrente elétrica ( $I$ ) ao solo (eletrodos  $C_1$  e  $C_2$ , Figura 11), e os outros dois (eletrodos  $P_1$  e  $P_2$ , Figura 11) usados para medir a diferença de potencial ( $\Delta V$ ) entre eles.



**Figura 11** - Esquema da distribuição dos eletrodos no solo durante uma aquisição de eletrorresistividade. As linhas cheias indicam o fluxo de corrente no solo, ao passo que as linhas pontilhadas indicam as linhas de equipotenciais geradas pela corrente.

Obtendo-se a diferença de potencial e a corrente que flui no meio, a resistividade elétrica aparente do meio (Eq. 1) dependerá somente do fator geométrico ( $K$ ). Este último é função somente da configuração dos eletrodos no terreno (Eq. 2).

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} K \quad (\text{Eq. 1})$$

$$K = \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{r_{C1P1}} - \frac{1}{r_{C2P1}} - \frac{1}{r_{C1P2}} - \frac{1}{r_{C2P2}} \right)} \quad (\text{Eq. 2})$$

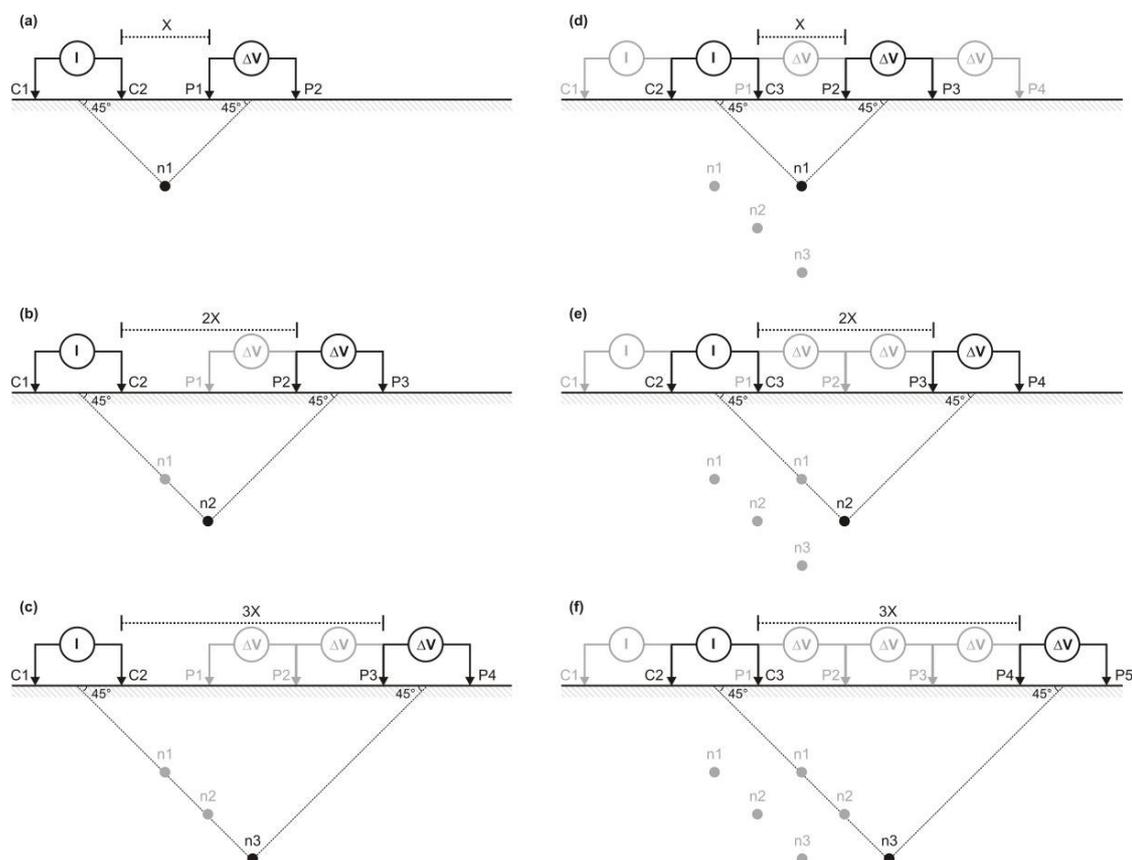
Onde,  $\rho_a$  é a resistividade elétrica aparente do meio;  $r_{C1P1}$ ,  $r_{C2P1}$ ,  $r_{C1P2}$  e  $r_{C2P2}$  são as distâncias entre os eletrodos de corrente e de potencial.

No método da eletrorresistividade existem várias técnicas de levantamentos de campo, divididas basicamente em sondagem elétrica vertical (SEV) e caminhamento elétrico, dentro das quais existe uma grande variedade de configurações possíveis de eletrodos que confere a técnica uma grande versatilidade (Loke, 2004). Normalmente, os ensaios de SEV são realizados quando se deseja uma informação pontual da resistividade, ao passo que no caminhamento elétrico o objetivo é o estudo da variação lateral da resistividade (Telford *et al.*, 1990).

O caminhamento elétrico como citado anteriormente, possibilita o mapeamento lateral de resistividade elétrica. Nesta técnica, o posicionamento dos eletrodos (potencial e corrente) pode ser realizado de diversas maneiras (arranjos Wenner, polo-polo, polo-dipolo, dipolo-dipolo, Wenner-Schlumberger e gradiente), dependendo do objetivo da investigação (Ward, 1990). Cada arranjo possui uma característica comum como resolução (dipolo-dipolo e polo-dipolo), profundidade de investigação (polo-polo) e razão sinal/ruído (Wenner e Wenner-Schlumberger).

Em aplicações para prospecção mineral, o arranjo dipolo-dipolo mostra-se mais efetivo entre os demais (Elis, 1998; Gallas, 2000). Neste arranjo, as fontes de corrente (transmissores) são distanciadas dos receptores em uma distância fixa para cada nível de investigação. Para aumentar a profundidade e o nível investigado, aumenta-se a distância (X) entre o transmissor e os receptores. As medidas são efetuadas em vários níveis de investigação (n), isto é, n = 1, 2, 3, 4, 3... é o ponto de intersecção entre uma linha que parte do centro dos eletrodos de corrente e outra que parte do centro dos eletrodos de potencial, com ângulos de 43° (Figura 12).

O resultado da aquisição é um conjunto de dados de resistividade elétrica obtido em n profundidades que formam uma pseudo-seção (Elis, 1998). Esta por sua vez, reflete o comportamento do subsolo em resposta à passagem de correntes elétricas. Cada material geológico mostra um intervalo bem amplo de resistividade, que depende principalmente da composição mineralógica da rocha, da quantidade de fluídos presentes nos poros da rocha, e da salinidade do fluído.



**Figura 12** - Esquema sequencial de aquisição de dados utilizado em caminhamentos elétricos com o arranjo dipolo-dipolo (adaptada de Elis, 1998).

### Aquisição dos Dados

Os dados de geofísica foram coletados ao longo de linhas perpendiculares aos lineamentos estruturais utilizados como critério de locação. Em cada caso foi utilizada uma estrada ou trilha de acesso para início da linha e para evitar a necessidade de abertura de picadas nas áreas de cerrado mais fechado.

### Eletrorresistividade

Durante a execução dos levantamentos foi utilizado o equipamento Eletrorresistivímetro SYSCAL Pro 72 (*fabricado pela Iris Instruments*) que consiste em um módulo de aquisição interligado em cabos multieletrodos. Foram utilizados eletrodos metálicos para injetar corrente e medir o potencial elétrico gerado pelo fluxo de corrente no subsolo (Figura 13). O equipamento apresenta a melhor acurácia disponível igual a 0.2% e resolução de 1 microV, intervalo de temperatura entre -20°C e +70°C.

Na Tabela 11 estão listados os locais dos levantamentos geofísicos em todo o Distrito Federal, ao todo foram executados 29 perfis para os levantamentos geofísicos (Figuras 14 e 15).



**Figura 13** - Fotografias exemplificando a aquisição de dados de Eletroresistividade ao longo de perfil pré-estabelecido.

Para a seleção do método de investigação e extensão dos perfis e profundidade de investigação mais apropriados, inicialmente foi montado um arranjo com 630 metros de extensão utilizando cinco conjuntos de cabos de 360m, 90m e mais três de 60, com eletrodos espaçados de 10 em 10 metros e então testou-se vários arranjos: dipolo-dipolo (Figura 16), polo-dipolo, Werner (Figura 17) e Wenner-Schlumberger (Figura 18) que permitiram a investigação até cerca de 80 a 90m de profundidade. Nesta primeira investigação foi estabelecido como melhor o método de leitura o método dipolo-dipolo, entretanto o manuseio de muitos cabos se mostrou bastante moroso. No perfil seguinte foi testado um arranjo utilizando-se apenas um cabo de 360 metros, com eletrodos espaçados de 10 em 10 metros e então se procedeu a aquisição utilizando o método dipolo-dipolo selecionado obtendo-se bons resultados de investigação até profundidades em torno de 60 metros, mostrando quanto ao custo-benefício ser o arranjo mais adequado e que passou a ser utilizado nos demais levantamentos.

**Tabela 11** - Localização dos perfis geofísicos efetivamente realizados com o reposicionamento das coordenadas das zonas anômalas relocadas em função dos resultados obtidos.

NOME	PONTO	ZONA	UTM_X	UTM_Y	UTM_X	UTM_Y	Observação
			LOCAÇÃO INICIAL		RELOCAÇÃO		
BR-01	14	22S	812385,43	8265934,22	812469	8266063	Zona anômala com água
BR-02	18	22S	812385,43	8265934,22	812342	8261369	Duas zonas anômalas com água
					812347	8261296	
BR-03	Novo	22S	812943	8258400	812890	8258439	Duas zonas anômalas com água
					812973	8258381	
BR-04	2	23S	180705,4	8273227,03	180739	8273173	Zona Anômala - Falha normal de pequeno rejeito
BR-05	10	22S	815244,51	8270902,42	815300	8270905	Duas zonas anômalas com água
					815210	8270865	
BR-06	24	22S	818739,12	8279442,87	818739,12	8279442,87	Anomalia com água na locação prevista
BR-08	21	22S	806400,84	8267296,2	806424	8267217	Anomalia com água inferida na locação prevista
BR-09	Novo	22S	820079	8280220	820099	8280226	Anomalia com água inferida na locação prevista
BR-10	Novo	22S	806050	8269666	806026	8269682	Anomalia com água, sobre o R4
BR-11	Novo	22S	806395	8271896	806401	8271883	Anomalia com água, sobre o R4
BR-12	Novo	22S	807736	8254969	807727	8254907	Zona anômala com água
BR-13	Novo	22S	808657	8258891			Ruído cultural, aterramento rede elétrica
DF001-01	Novo	23S	181356	8231634			Sem Lineamento e sem anomalia
DF001-02	Novo	23S	190606	8232359			Sem Lineamento e sem anomalia
DF001-03	83	23S	197161,48	8237695,6	197263	8237919	Zona anômala secundária com água
DF001-04	82	23S	193648,97	8234364,01	193650	8234442	Expressiva zona anômala com água
GA-01	41	22S	820480,77	8231240,24	820667	8231184	Zona anômala com água
LJB-01	Novo	23S	198440	8246836	198366	8246779	Zona anômala secundária com água
LO-01	179	23S	189316,28	8266833,84	189515	8266734	Zona anômala com água
PAR-01	Novo	23S	199230	8260818	199258	8260804	Seção com grande perda de dados
PAR-02	164	23S	200787,06	8259640,71	200747	8259629	Seção com grande perda de dados
PIP-03	Novo	23S	224696	8275351			Sem anomalias
PIP-04	114	23S	225855,94	8275644,15	226025	8275674	Zona anômala bem definida com água
PIP-05	132	23S	227335,43	8278009	227295	8277960	Zona anômala com água
PIP-06	131	23S	226308,63	8278656	226367	8278806	Duas zonas anômalas com água
					226322	8278747	
TCS-02	Novo	22S	815008	8240486			Sem anomalias
TCS-03	Novo	22S	817088	8236689	817016	8236792	Zona anômala com água
TCS-04	Novo	22S	813077	8241355			Sem anomalias
TCS-05	Novo	22S	815252	8249503	815246	8249530	Duas zonas anômalas com água
					815252	8249453	

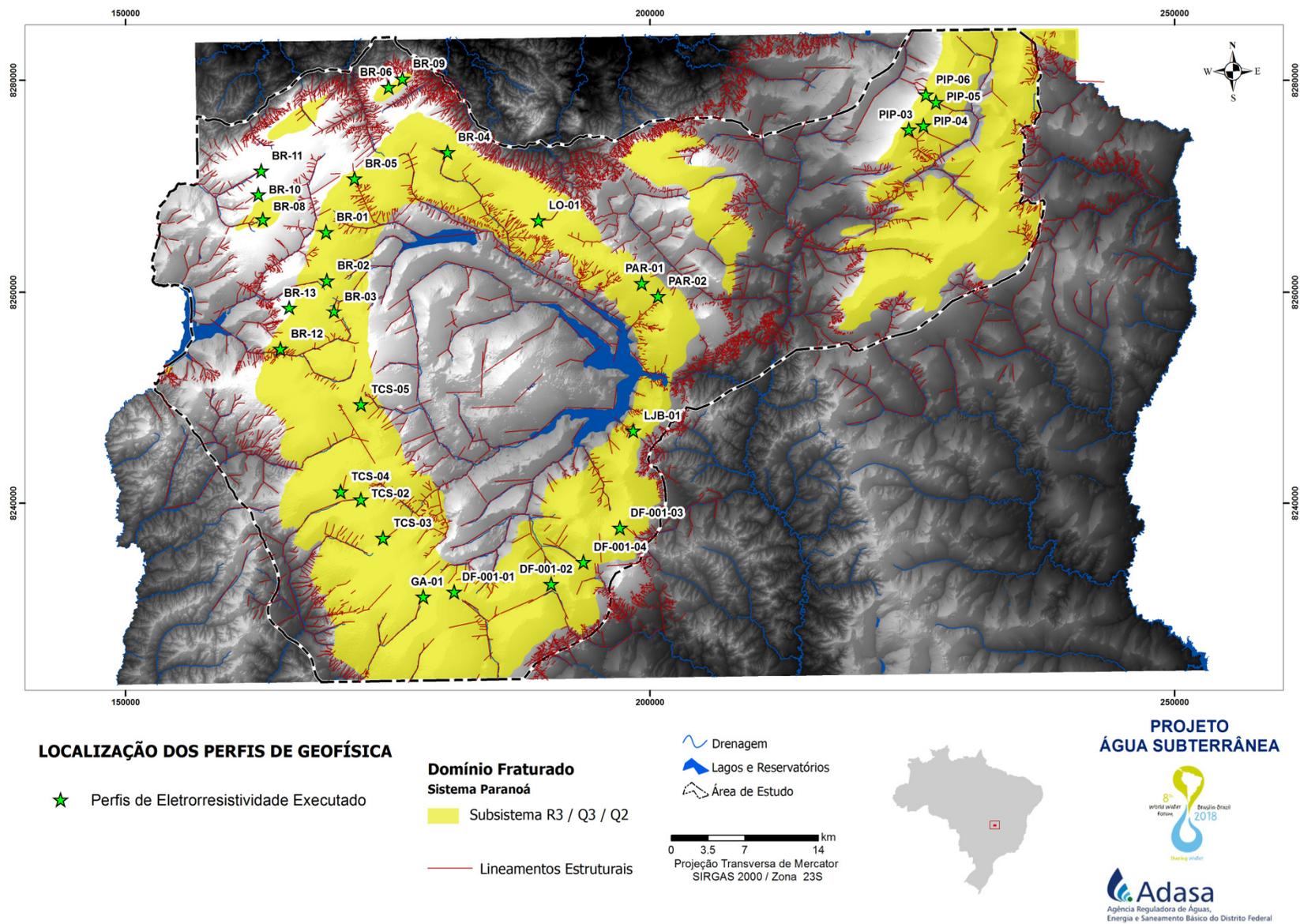
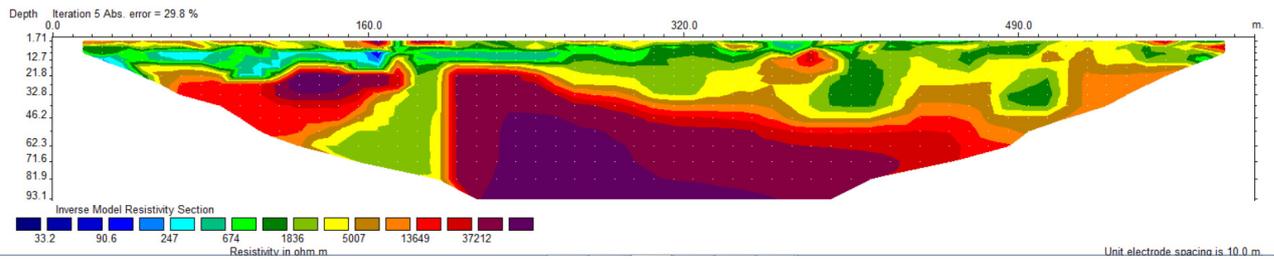


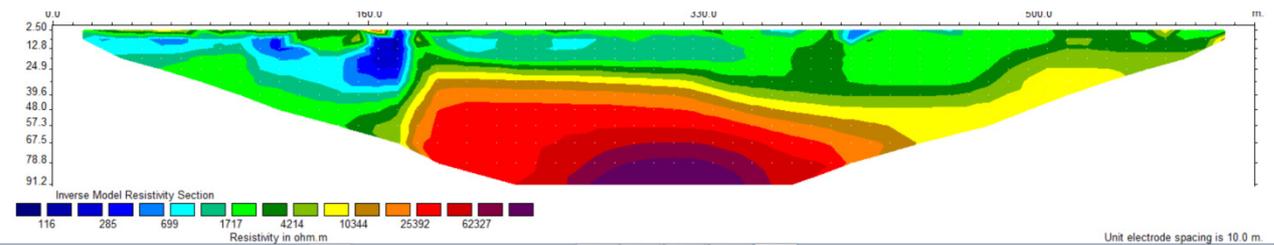
Figura 14 - Localização dos perfis do levantamento geofísico de eletrorresistividade.



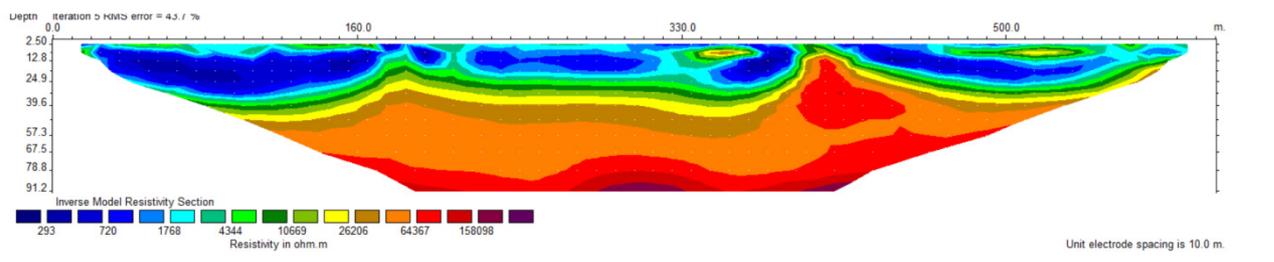
**Figura 15** - Fotografias de algumas das localidades de aquisição dos perfis de geofísica por Eletroresistividade.



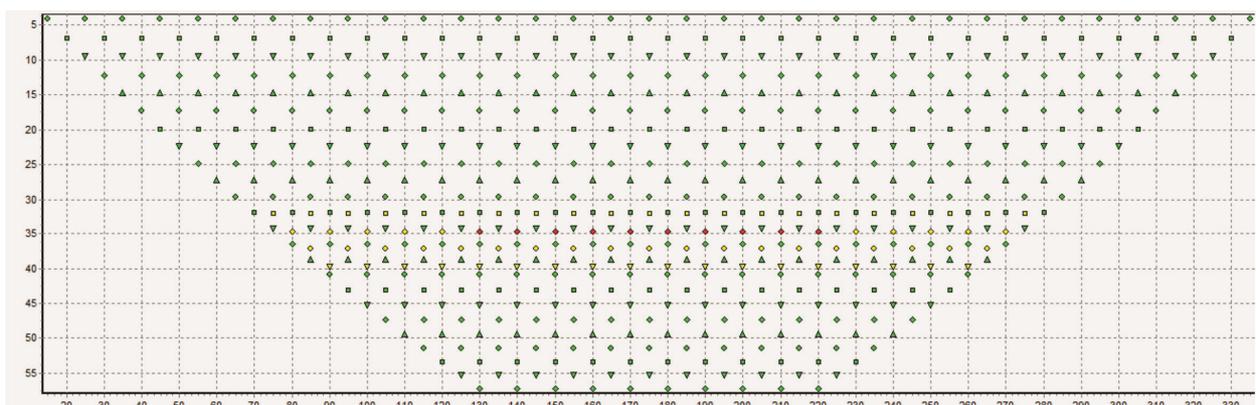
**Figura 16** - Seção mostrando o resultado alcançado com o arranjo dipolo-dipolo de eletroresistividade no perfil Lago Oeste 01 (LO-01), utilizando 630 metros de cabos.



**Figura 17** - Seção mostrando o resultado alcançado com o arranjo Wenner de eletroresistividade no perfil Lago Oeste 01 (LO-01), utilizando 630 metros de cabos.



**Figura 18** - Seção mostrando o resultado alcançado com o arranjo Wenner-Schlumberger de eletroresistividade no perfil Lago Oeste 01 (LO-01), utilizando 630 metros de cabos.



**Figura 19** - Esquema de distribuição de pontos por profundidade para eletroresistividade na área de pesquisa com o arranjo dipolo-dipolo. Extensão de 360 metros do caminhamento elétrico com espaçamento entre eletrodos de 10 metros, 24 níveis de investigação, com adensamento de pontos entre os níveis 12 a 15, totalizando em 593 pontos.

## Resultados e Interpretações

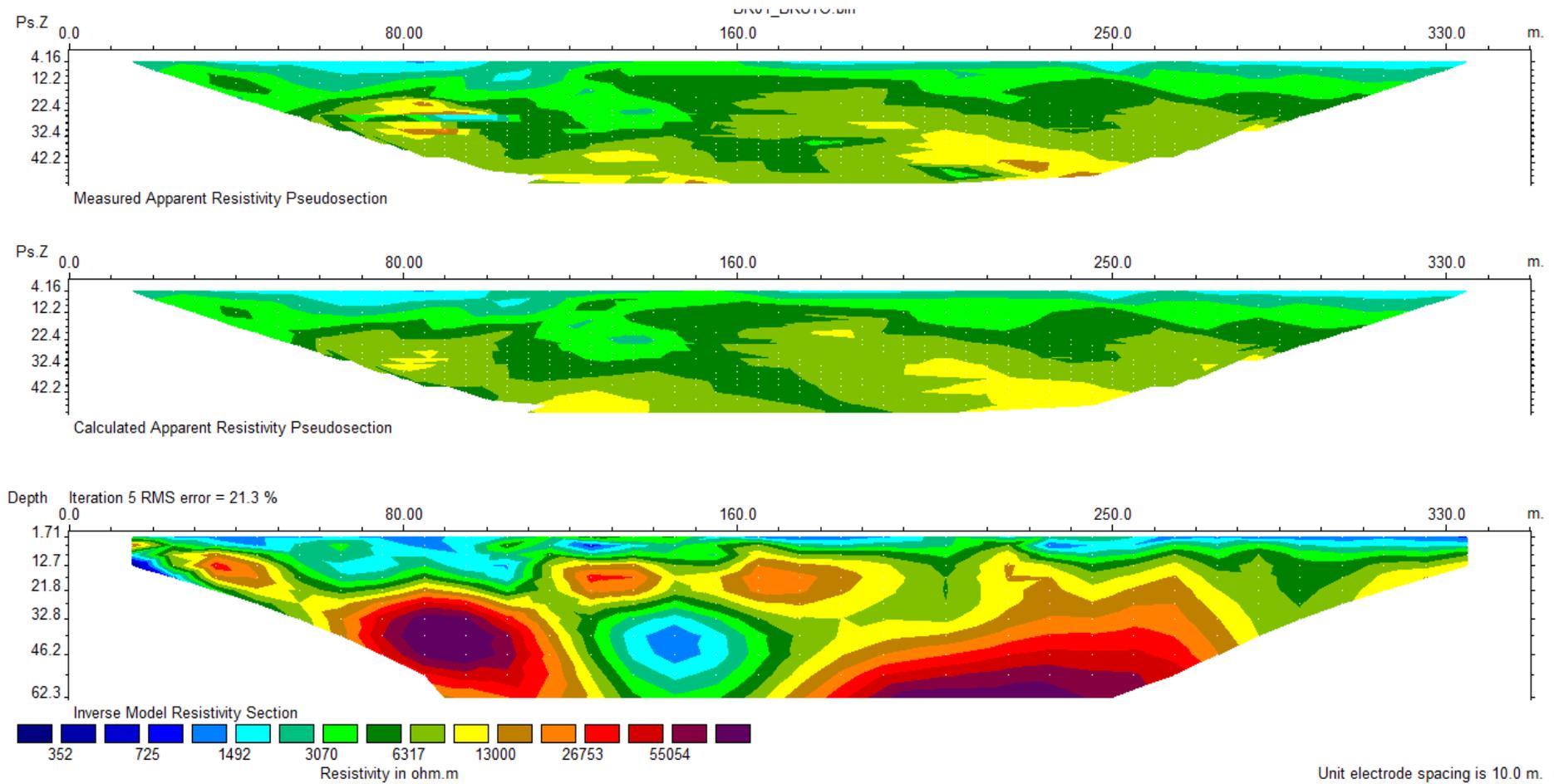
Os resultados dos estudos geofísicos são apresentados nas Figuras 20 a 75 as quais trazem a superposição das camadas (solo e rocha), variações espessuras dos solos e saprolitos, a posição da anomalia e a locação dos poços com relação ao início de cada seção. Os resultados geofísicos permitem as seguintes interpretações:

- Na seção BR-01 a anomalia permite a locação de um poço a 150 metros do início da linha (Figuras 20 e 21);
- Na seção BR-02 é possível local dois poços em duas diferentes anomalias posicionadas a 155 e 230 metros do início da seção (Figuras 22 e 23);
- Na seção BR-03 duas locações são posicionadas a 125 e 215 metros do início da seção (Figuras 24 e 25);
- A seção BR-04 apresenta anomalia pouco pronunciada interpretada como uma falha de pequeno rejeito que permite local um poço na posição 80 metros do início da linha geofísica (Figuras 26 e 27);
- Na seção BR-05 é possível local dois poços nas posições 110 e 220 metros do início da linha (Figuras 28 e 29);
- A seção BR-06 a locação é possível na posição 105 metros do início da seção em uma anomalia considerada fraca, entretanto consistente (Figuras 30 e 31);
- Na seção geofísica BR-08 (Figuras 32 e 33) a locação é possibilitada por uma anomalia consistente situada a 250 metros do início da seção;
- Na seção BR-09 ocorre uma anomalia tênue que permite local um poço a 180 metros do início da linha (Figuras 34 e 35);
- A seção BR-10 permite local um poço na posição 195-200 metros do início da linha (Figuras 36 e 37);
- Na seção BR-11 ocorre uma anomalia com caimento de cerca de 45° para NW o que permite uma locação na posição 150 metros (Figuras 38 e 39);
- Na seção DF001-01 não há uma anomalia definida sendo que a locação na posição 200 metros é indicada pelo aumento da espessura da seção solo-saprolito (Figuras 40 e 41);
- Na linha GA-01 a locação é proposta a 240 metros em função de uma anomalia bastante consistente (Figuras 42 e 43);
- A seção LO-01 permite uma locação segura a 190 metros do início da linha (Figuras 44 e 45);
- Na linha TCS-02 não há possibilidade de local poços, uma vez que não existem anomalias e a seção se apresenta homogênea (Figuras 46 e 47);
- Na seção TCS-03 a locação é possível a 120 metros sobre uma anomalia com mergulho de alto ângulo para SE (Figuras 48 e 49);

- Na seção DF001-02 é possível localizar um poço na posição 230 metros sobre uma anomalia considerada fraca (Figuras 50 e 51);
- No perfil DF001-03 a localização é posicionada ao final da seção na posição 320 metros sobre uma anomalia considerada consistente (Figuras 52 e 53);
- No perfil geofísico DF001-04A há uma forte anomalia na posição central na linha a 190 metros do início de perfil que permite uma localização segura (Figuras 54 e 55);
- A seção LBJ-01 permite uma localização na posição 85 metros em um perfil geofísico considerado complexo devido à provável presença de camadas lateríticas em profundidade (Figuras 56 e 57);
- No perfil PAR-01 é possível uma localização sobre anomalia consistente na porção 230 metros (Figuras 58 e 59);
- No perfil PAR-02 a localização é na posição 220 metros do início da linha geofísica (Figuras 60 e 61);
- Na seção PIP-03 a localização foi condicionada a uma zona condutiva em profundidade situada a 130 metros do início da linha (Figuras 62 e 63);
- A seção PIP-04 permite a localização sobre uma anomalia forte a 140 metros no início da linha geofísica (Figuras 64 e 65);
- Na seção PIP-05 é possível localizar dois poços sobre duas anomalias bastante evidentes e verticais situadas a 140 e 250 metros do início da linha (Figuras 66 e 67);
- Na seção PIP-06 a localização é facilitada pela presença de duas anomalias geofísicas, que permitiu localizar dois poços nas posições 70 e 130 metros (Figuras 68 e 69);
- A seção BR-12 apresenta forte anomalia vertical que possibilita uma localização segura na marca de 100 metros do início da seção geofísica (Figuras 70 e 71);
- Na seção TCS-04 apenas foi observada uma anomalia profunda o que resulta em um perfil homogêneo e assim não foi realizada nenhuma localização nesta seção (Figuras 72 e 73) e
- Na seção TCS-05 é possível fazer duas localizações sobre duas fortes anomalias a 160 e 240 metros do início da seção (Figuras 74 e 75).

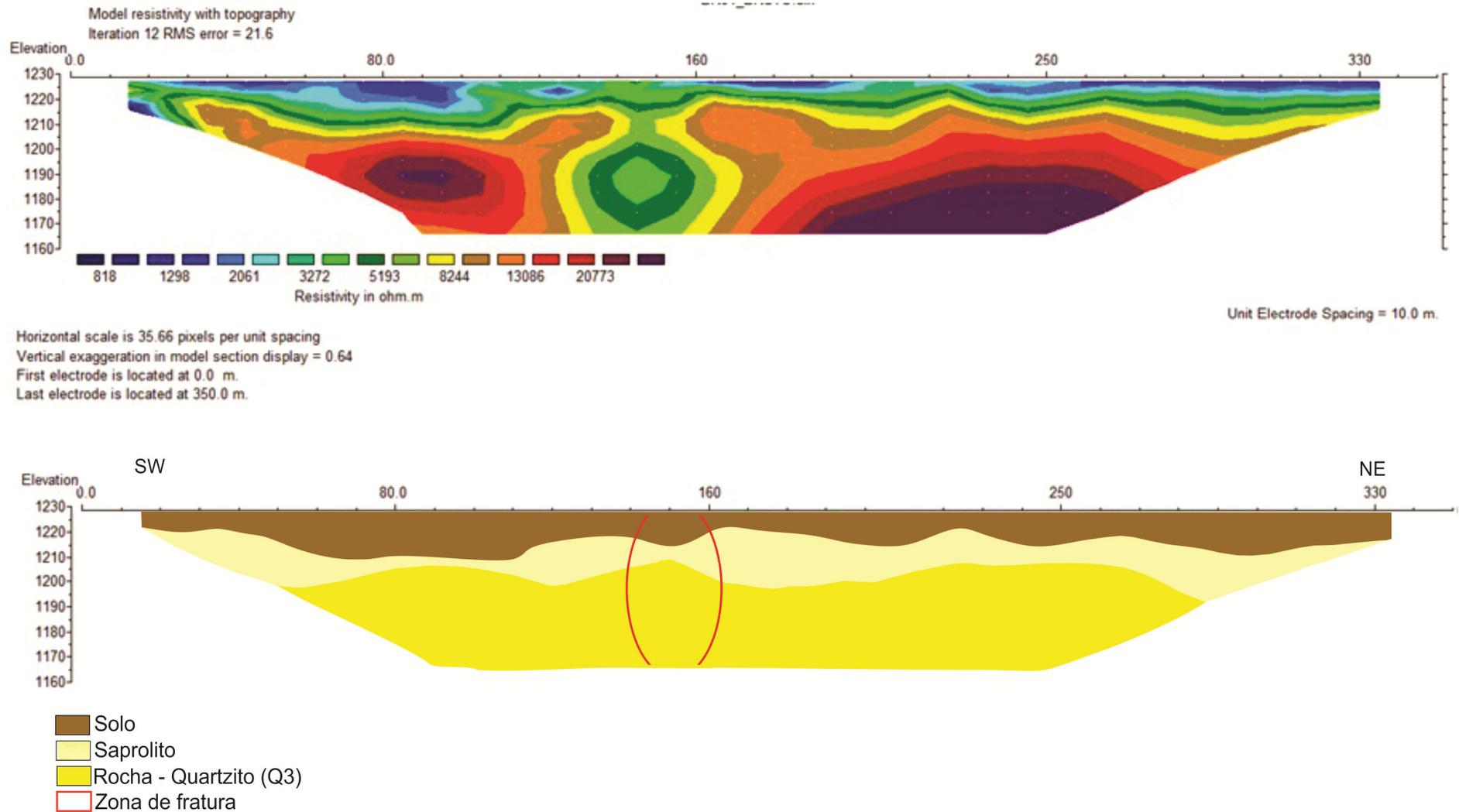
A ampla maioria das localizações são zonas de coincidência entre lineamentos estruturais e anomalias geofísicas o que corrobora com a metodologia adotada para as localizações. Algumas seções foram propositadamente realizadas fora de zonas de lineamentos e em dois casos não foram observadas anomalias geoeletricas importantes.

# BR01



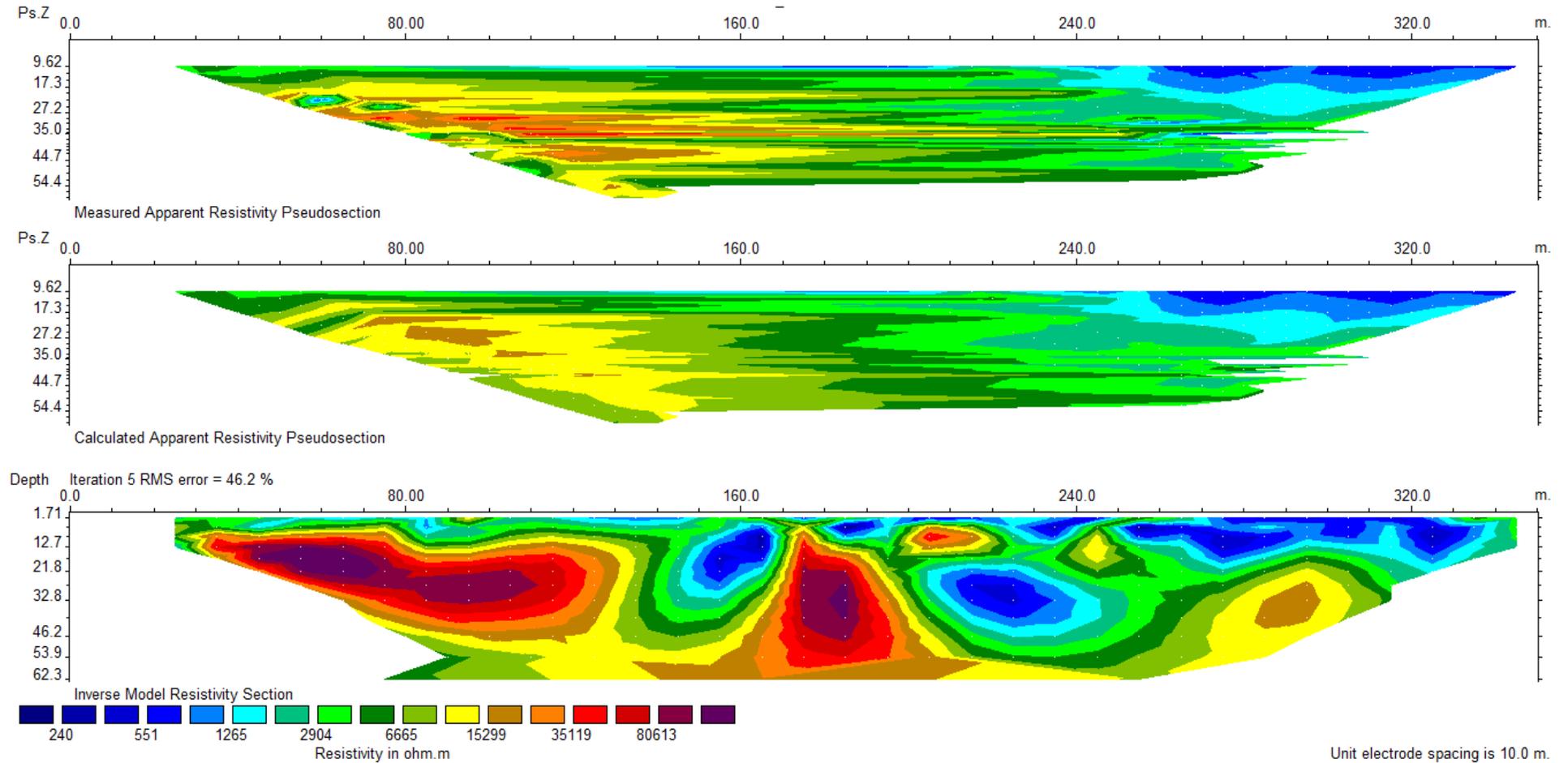
**Figura 20** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 468/593] resistividade média (background) = 6000 ohm.m.

# BR 01



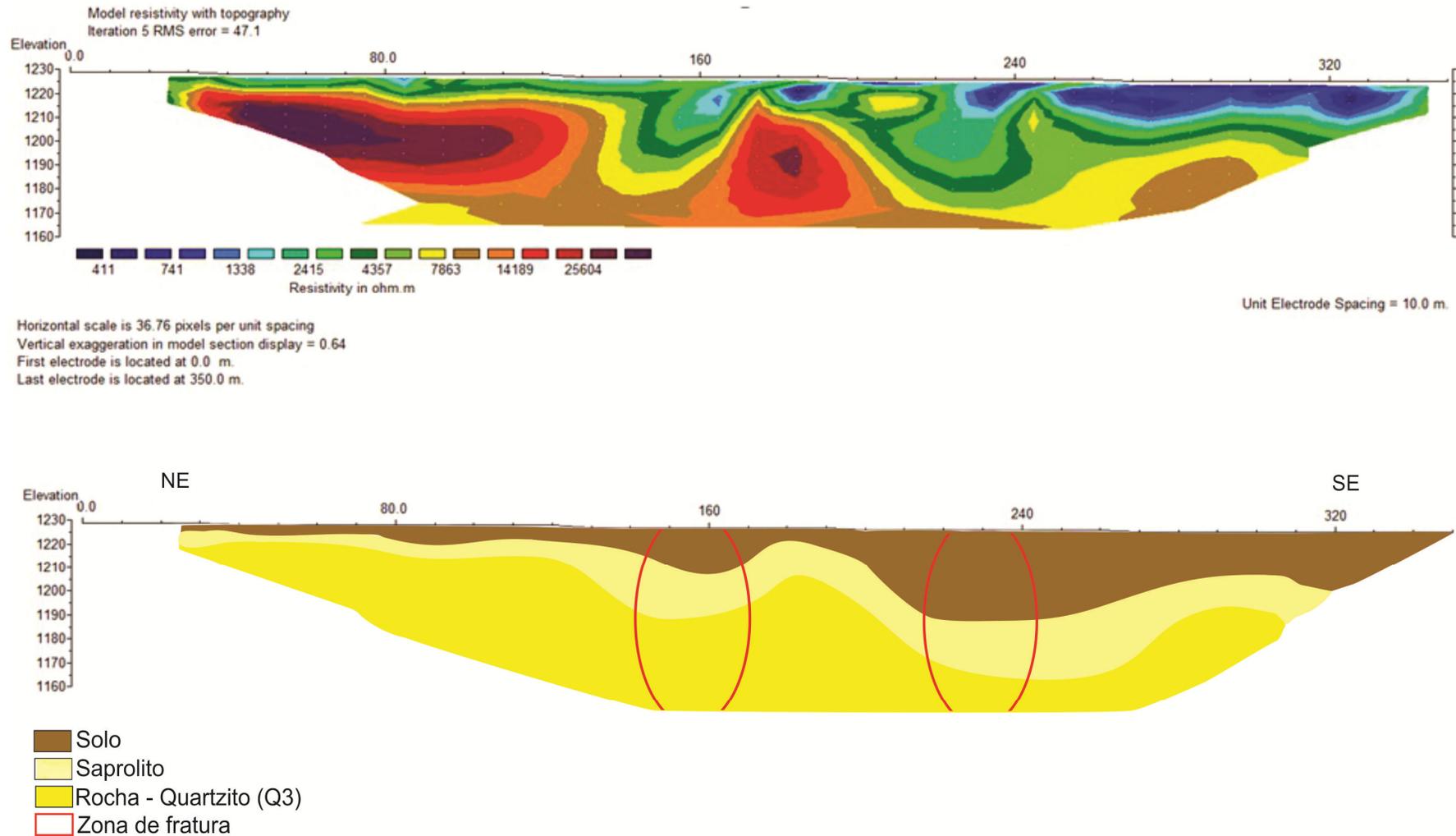
**Figura 21** - Seção da resistividade do modelo de inversão com elevação em cota e respectiva interpretação pedo-geológica.

## BR 02



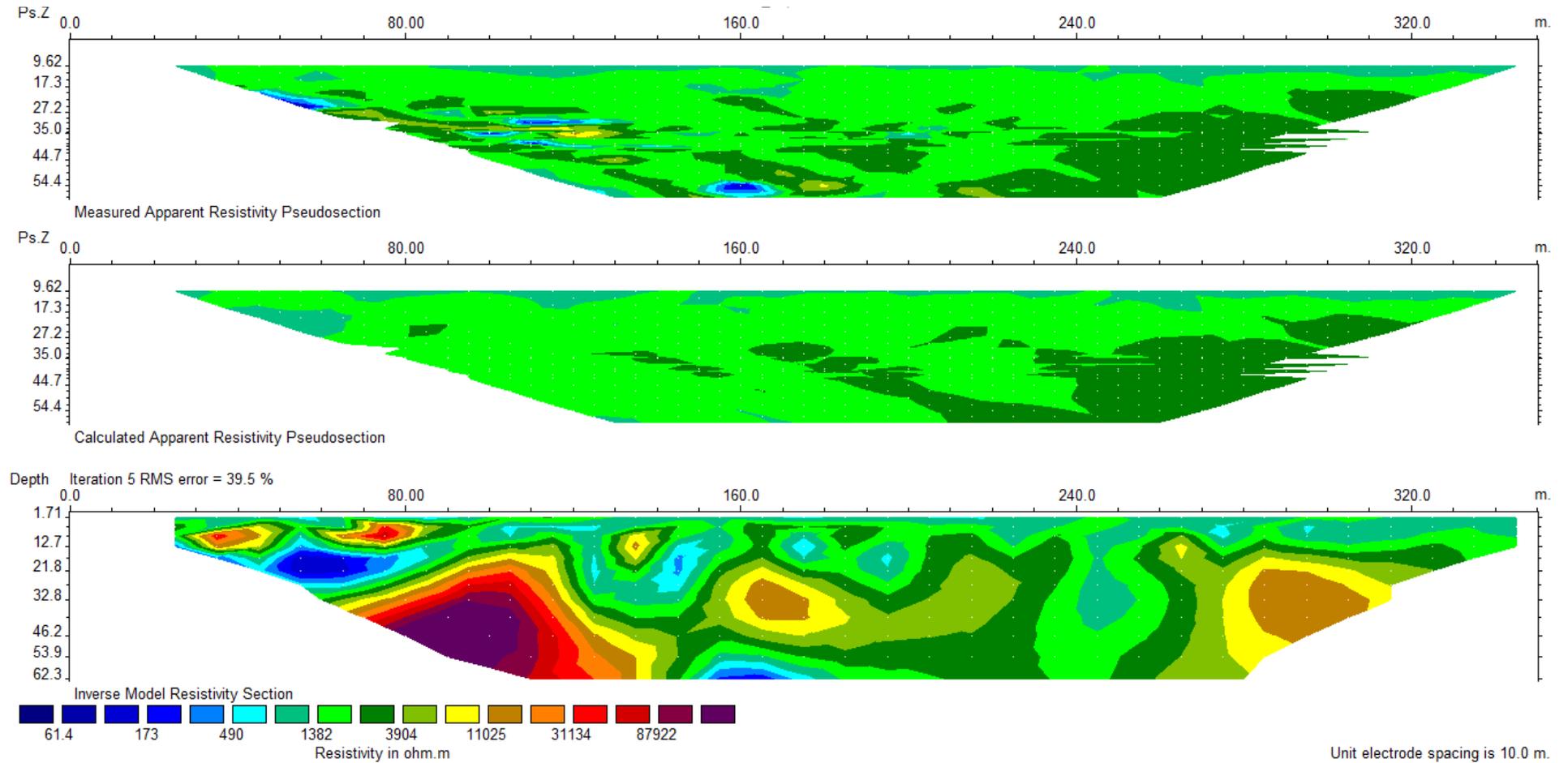
**Figura 22** - a) Pseudoseção da resistividade aparente medida; b) Pseudoseção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 204/599] resistividade média (background) = 6000 ohm.m.

# BR 02



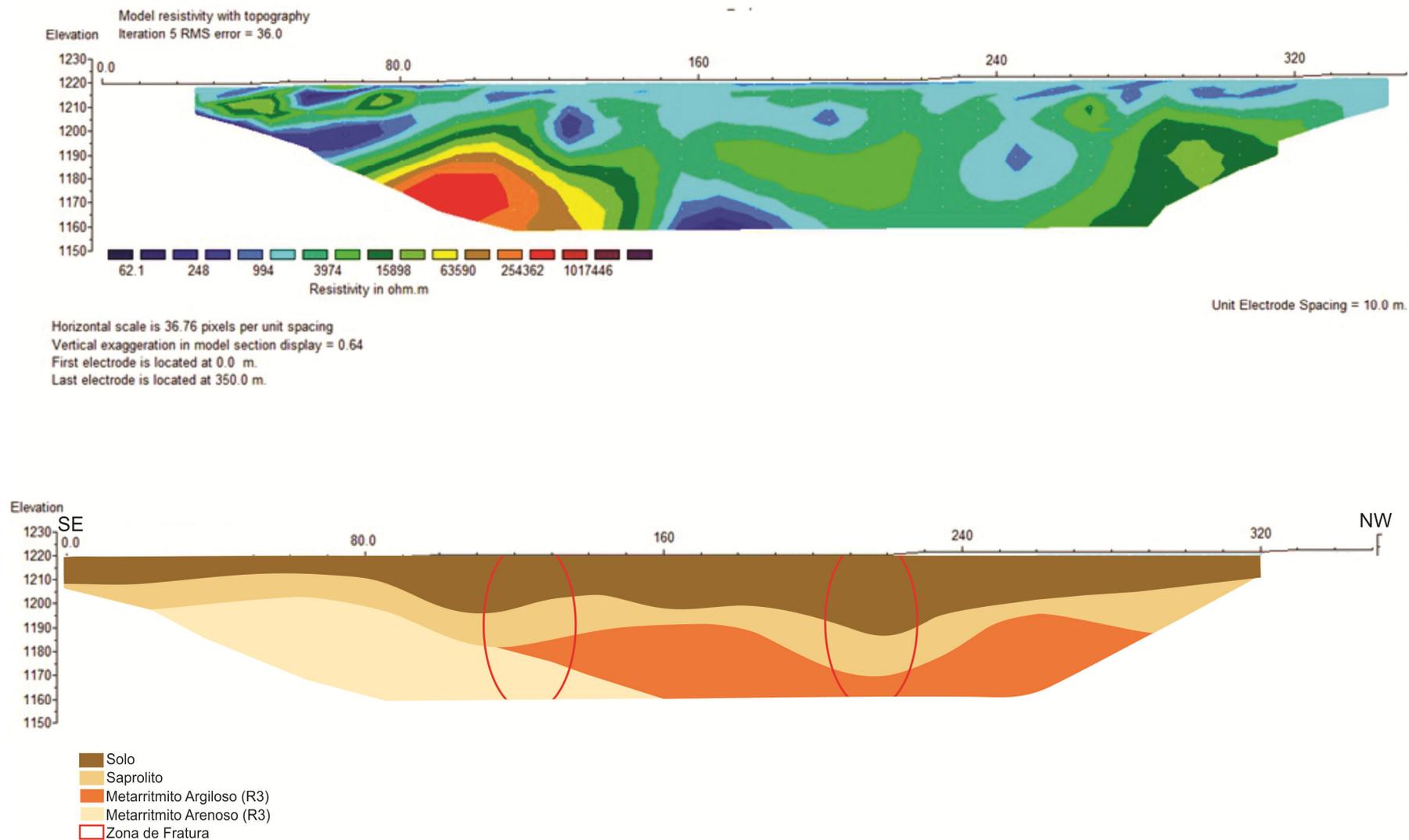
**Figura 23** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) e respectiva interpretação pedo-geológica.

### BR 03



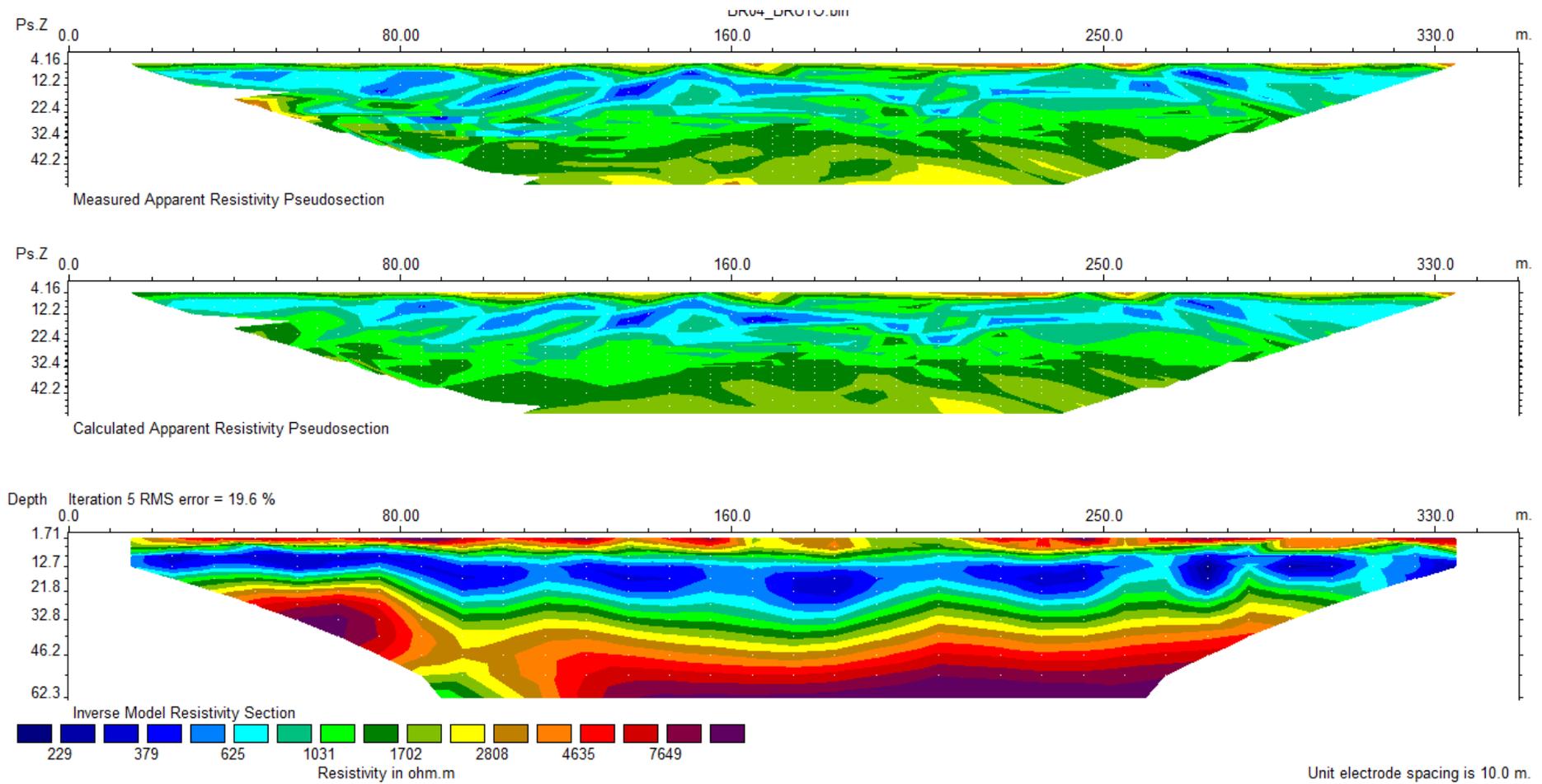
**Figura 24** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 571/599] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# BR 03



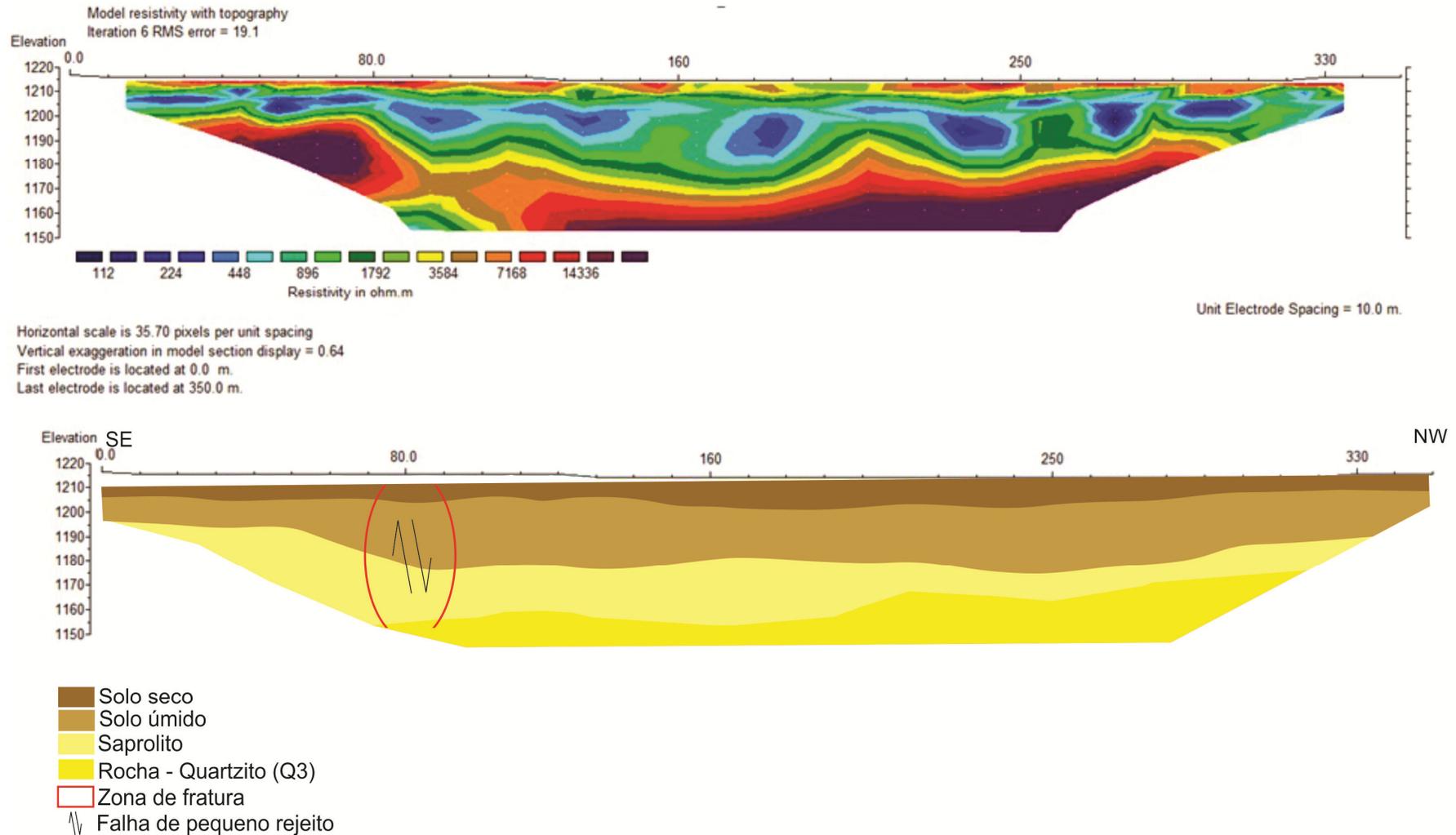
**Figura 25** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com cota topográfica e respectiva interpretação pedo-geológica.

## BR 04



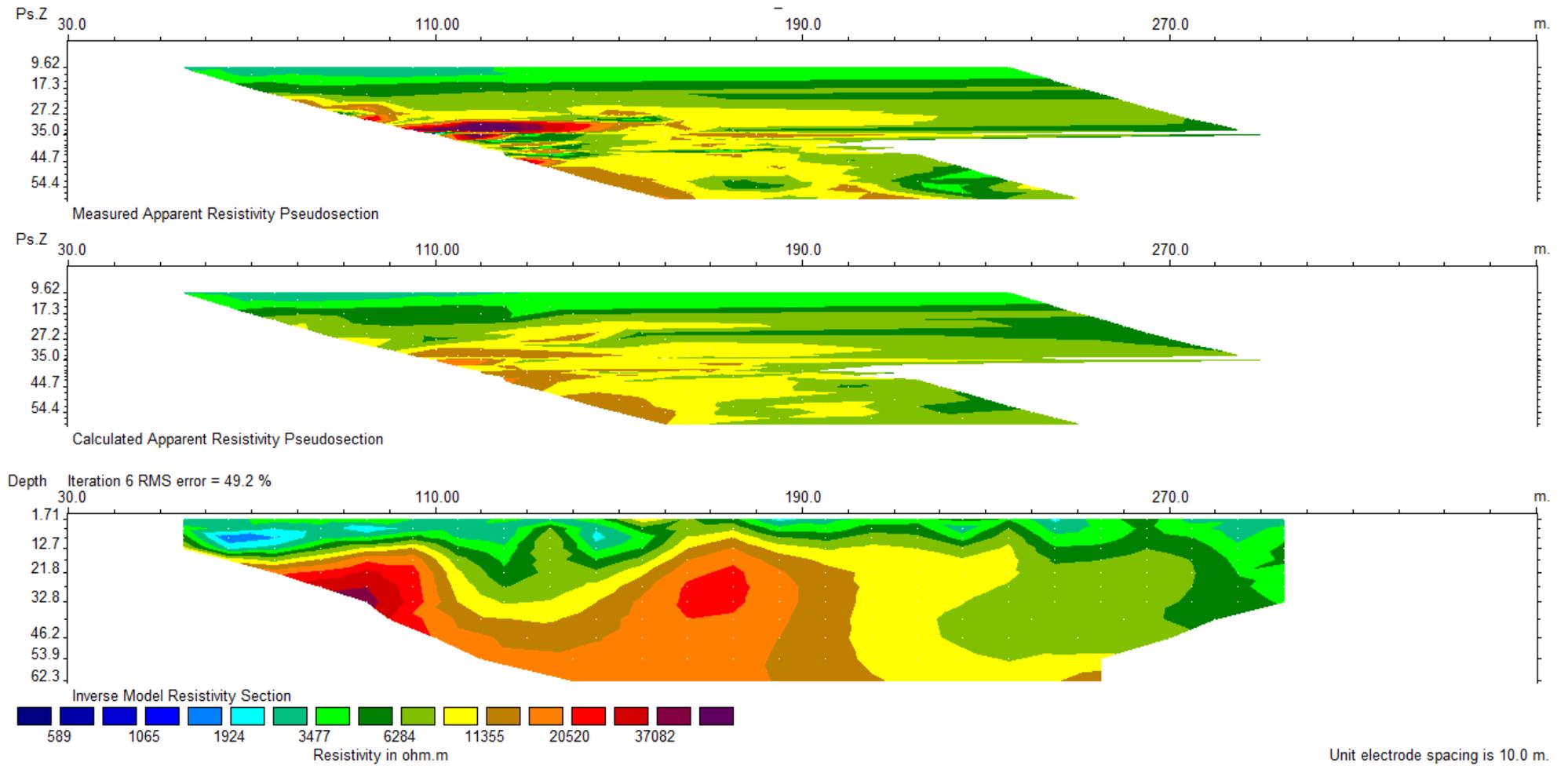
**Figura 26** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 515/599] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# BR 04



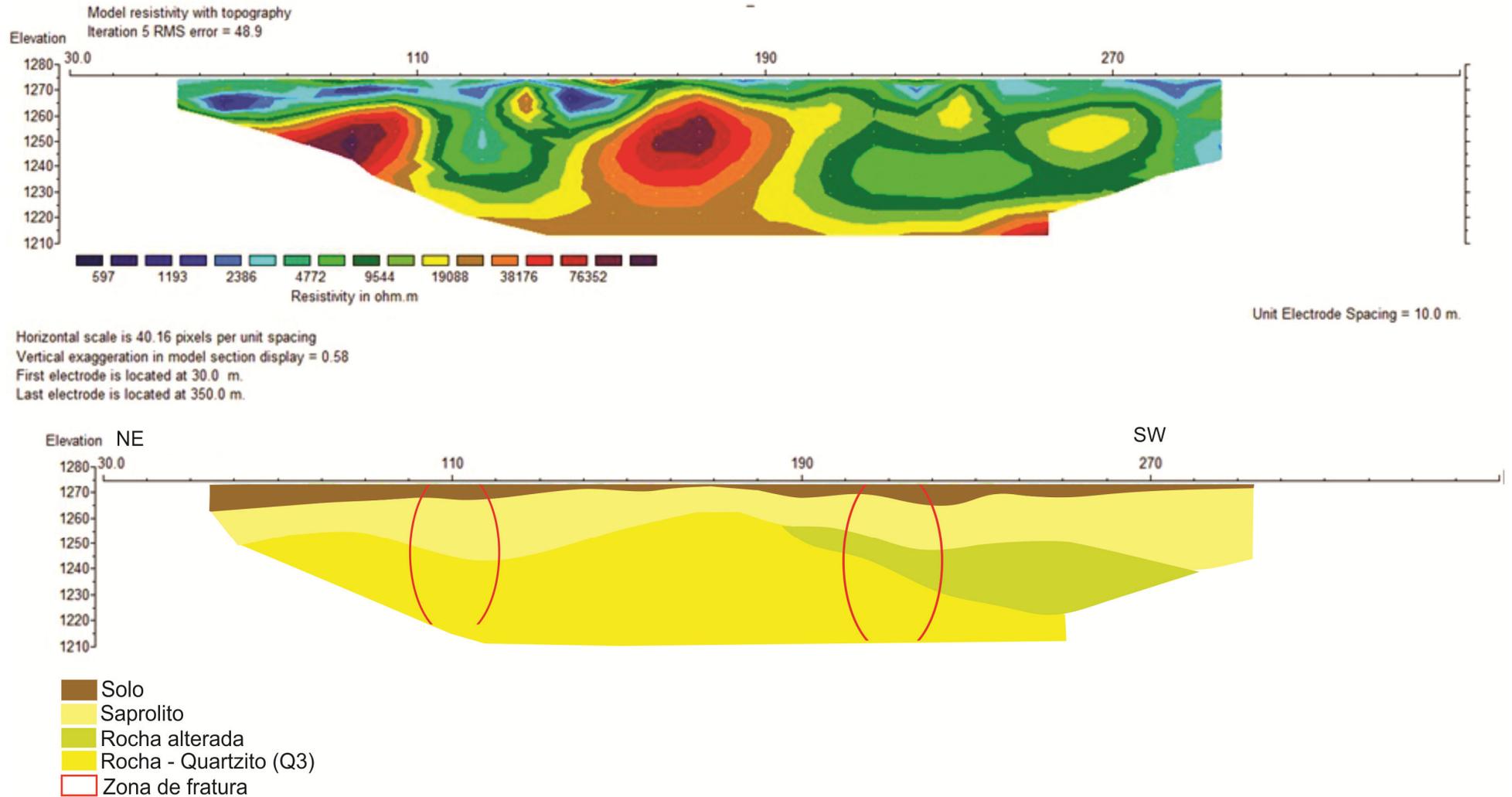
**Figura 27** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com cota topográfica e respectiva interpretação pedo-geológica.

## BR 05



**Figura 28** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 167/599] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# BR 05



**Figura 29** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com cota topográfica e respectiva interpretação pedo-geológica.

BR 06

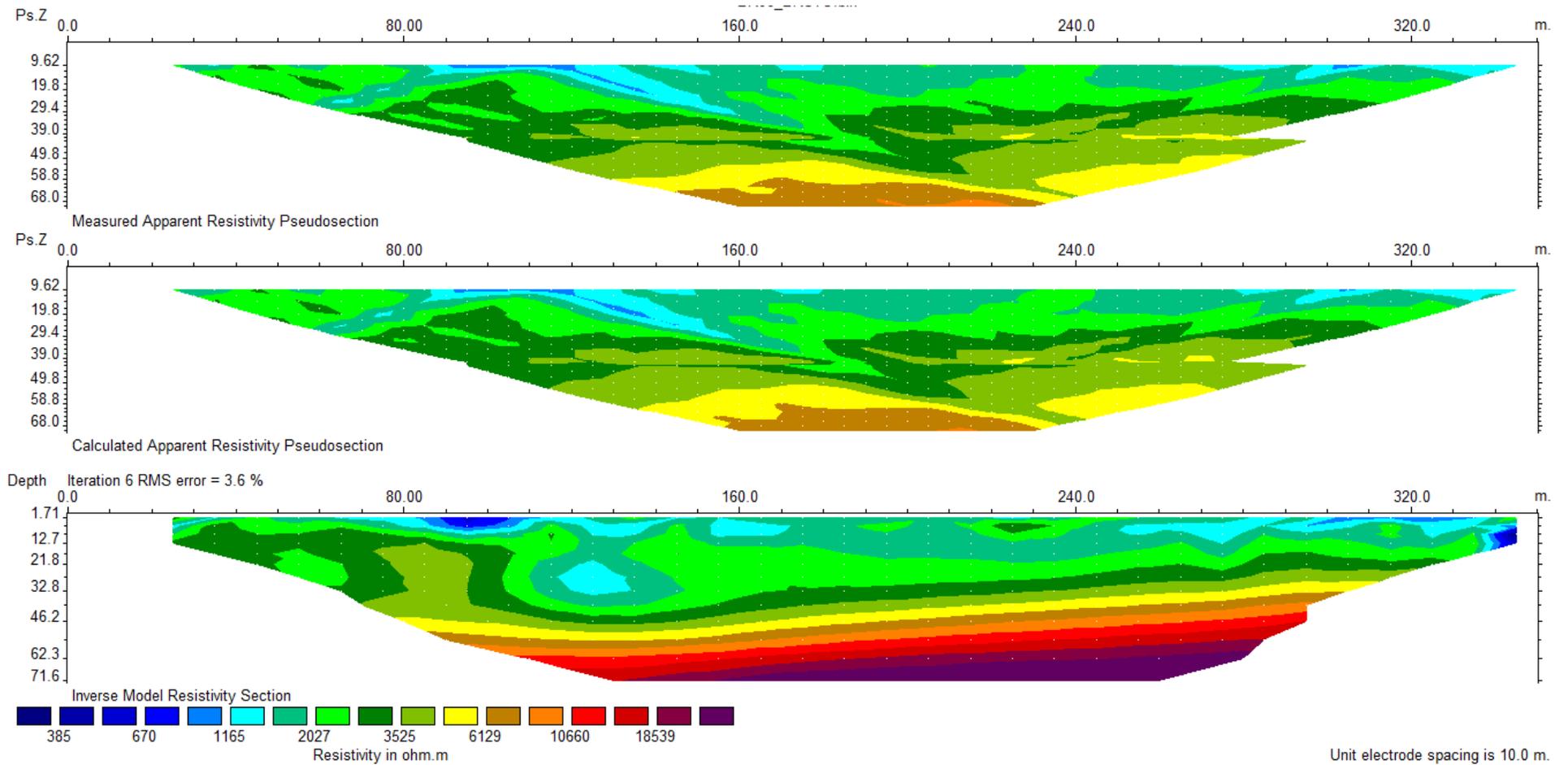
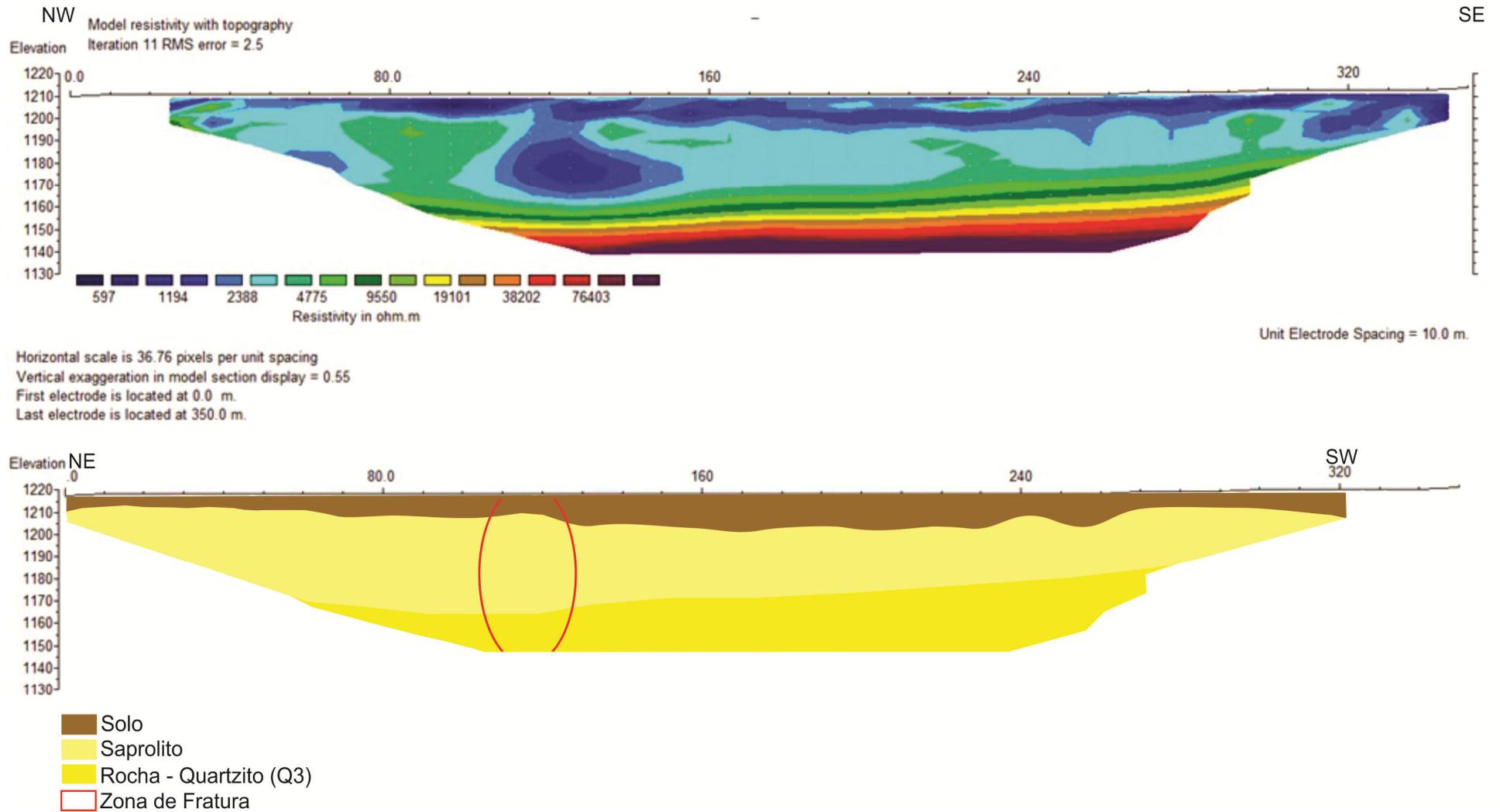


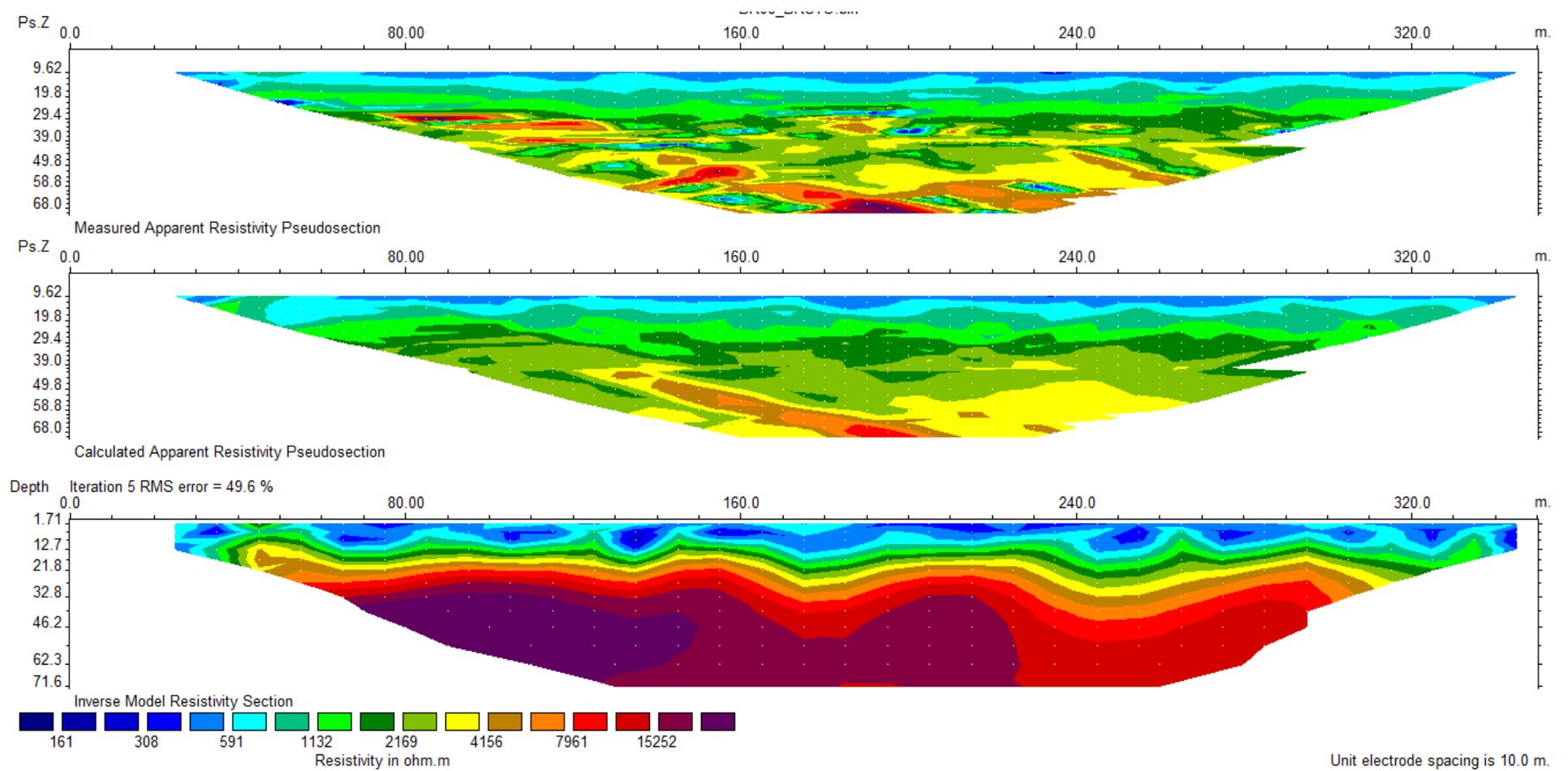
Figura 30 - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (background) = 6000 ohm.m.

# BR 06



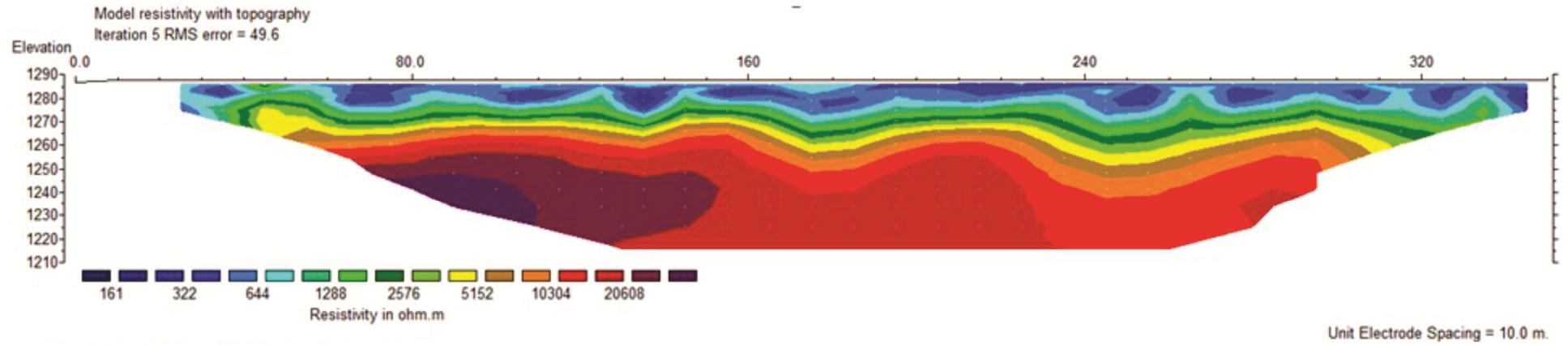
**Figura 31** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a cota topográfica e respectiva interpretação pedo-geológica.

## BR 08

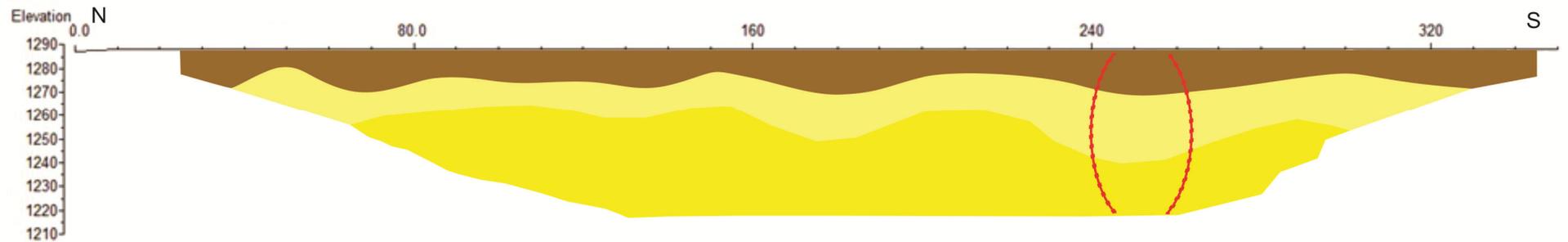


**Figura 32** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 548/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# BR 08



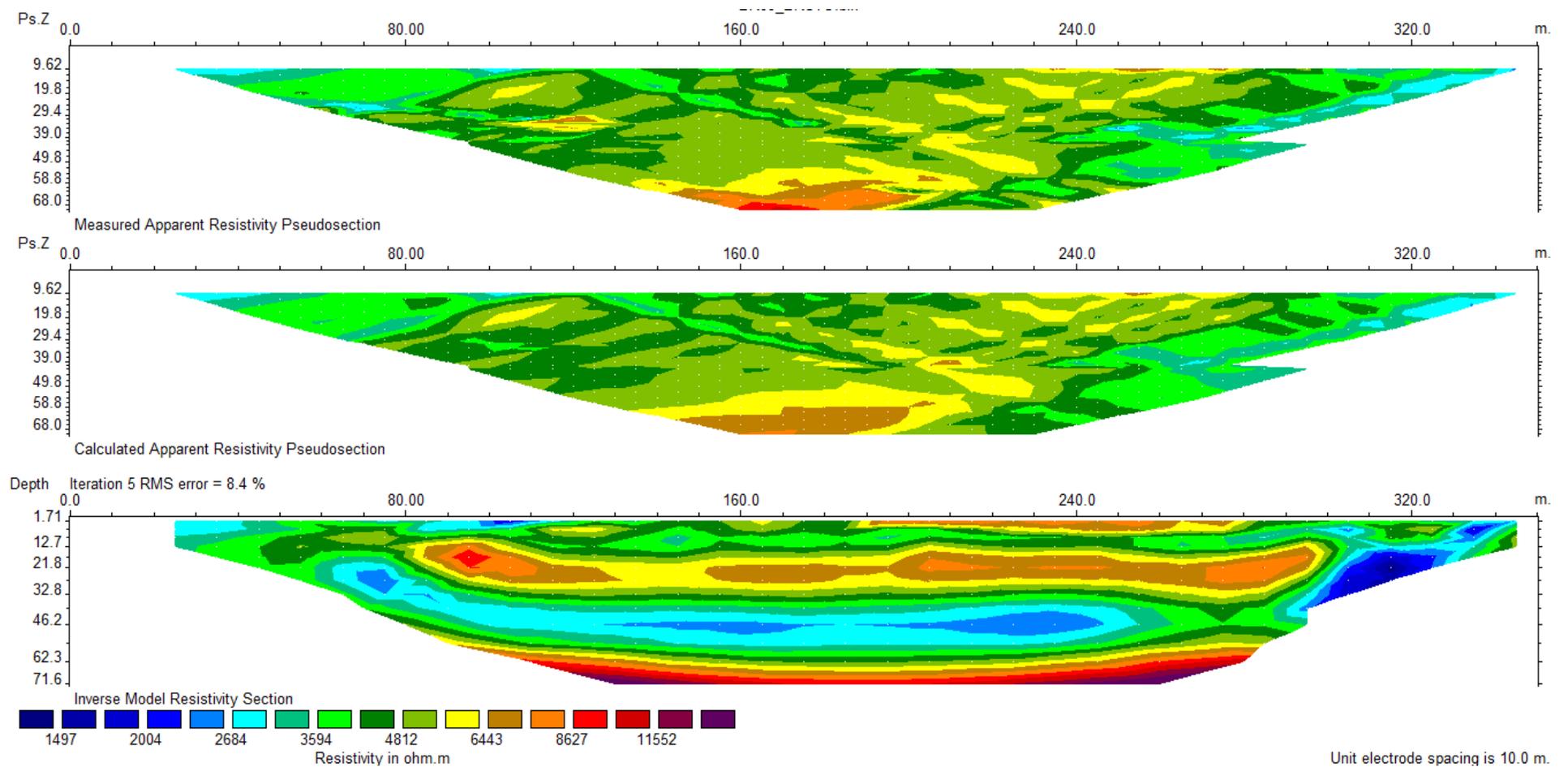
Horizontal scale is 36.72 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.55  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 350.0 m.



- Solo
- Saprolito
- Rocha - Quartzito (Q3)
- Zona de Fratura inferida

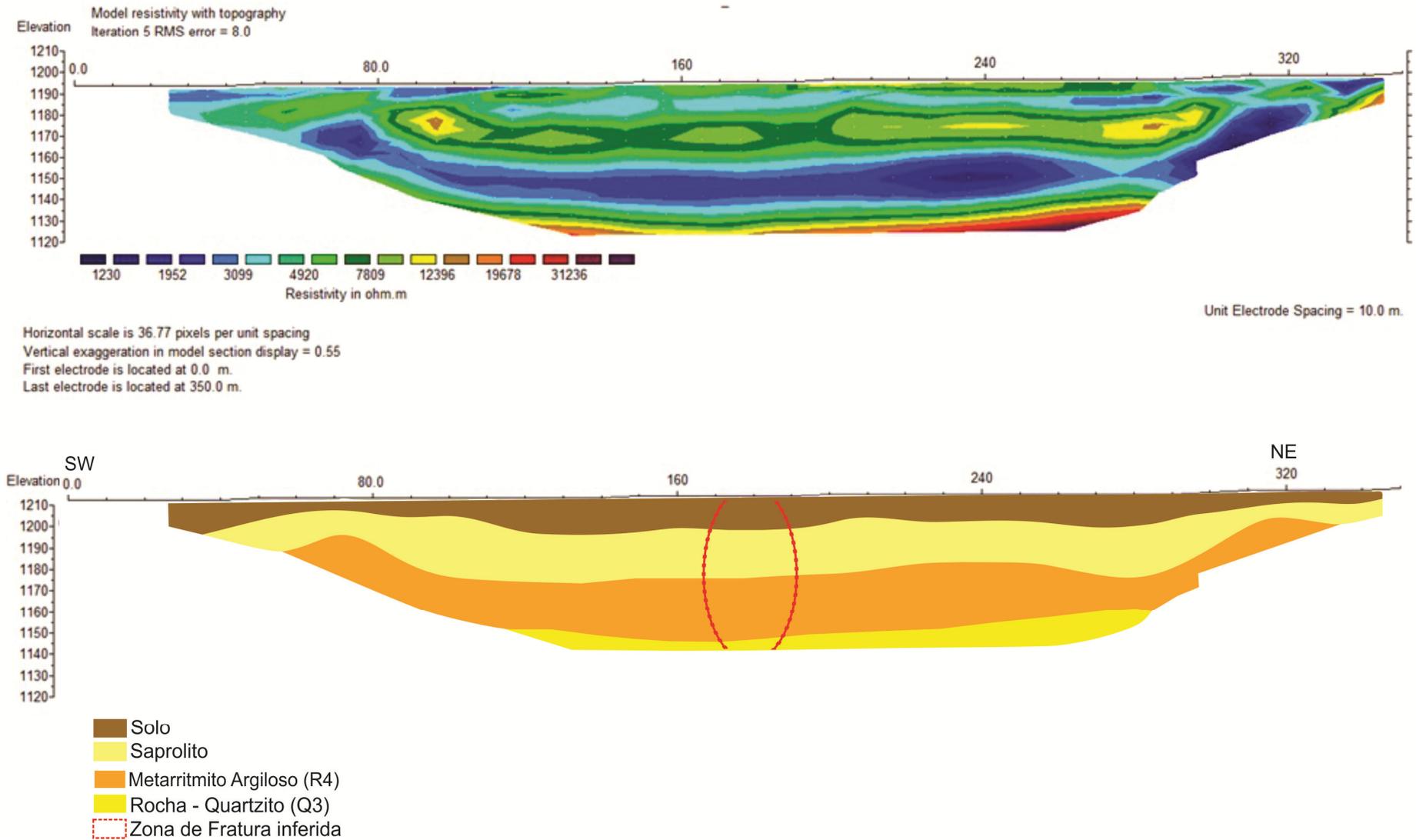
**Figura 33** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

## BR 09



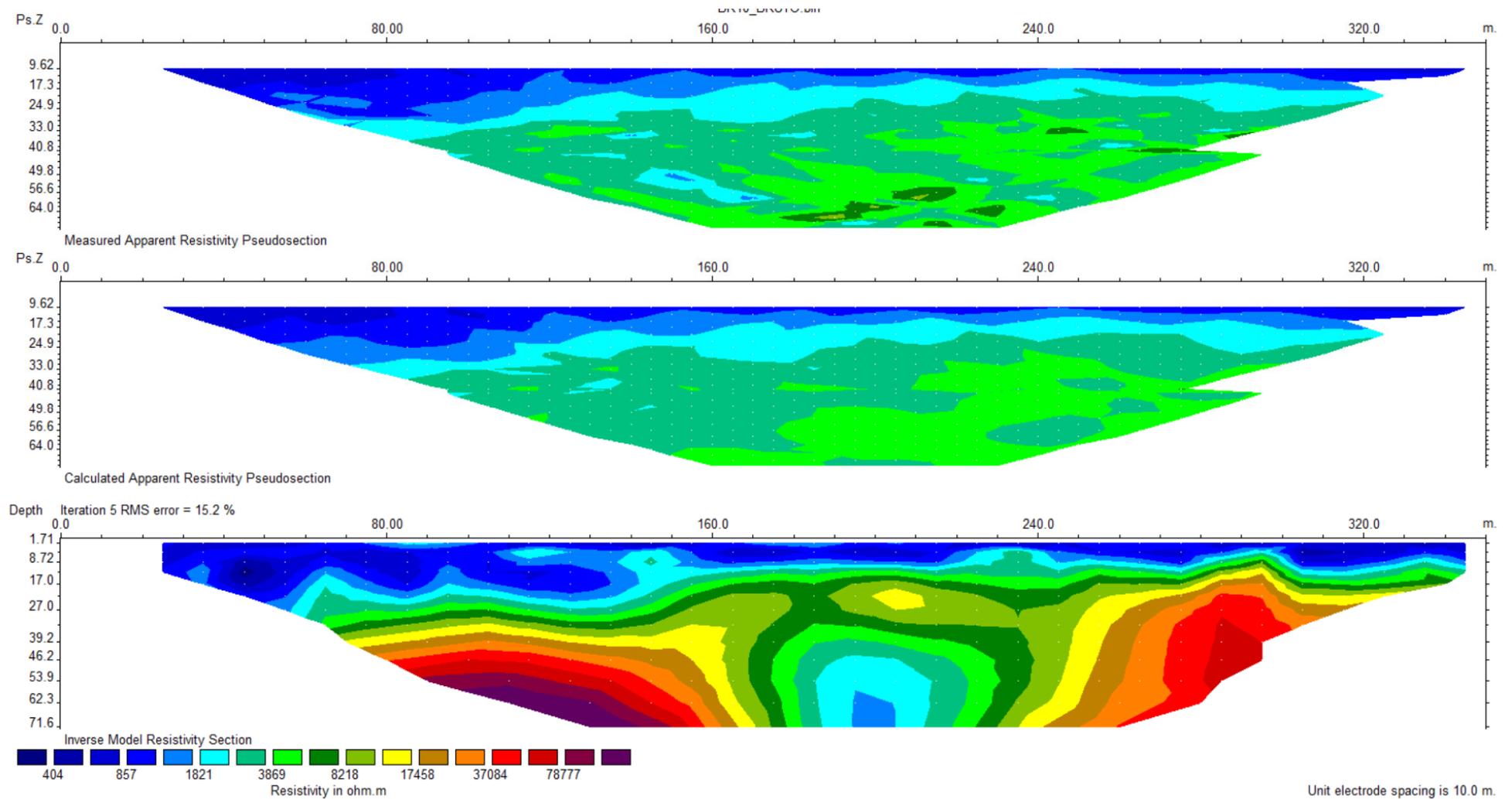
**Figura 34** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# BR 09



**Figura 35** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

## BR 10



**Figura 36** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# BR 10

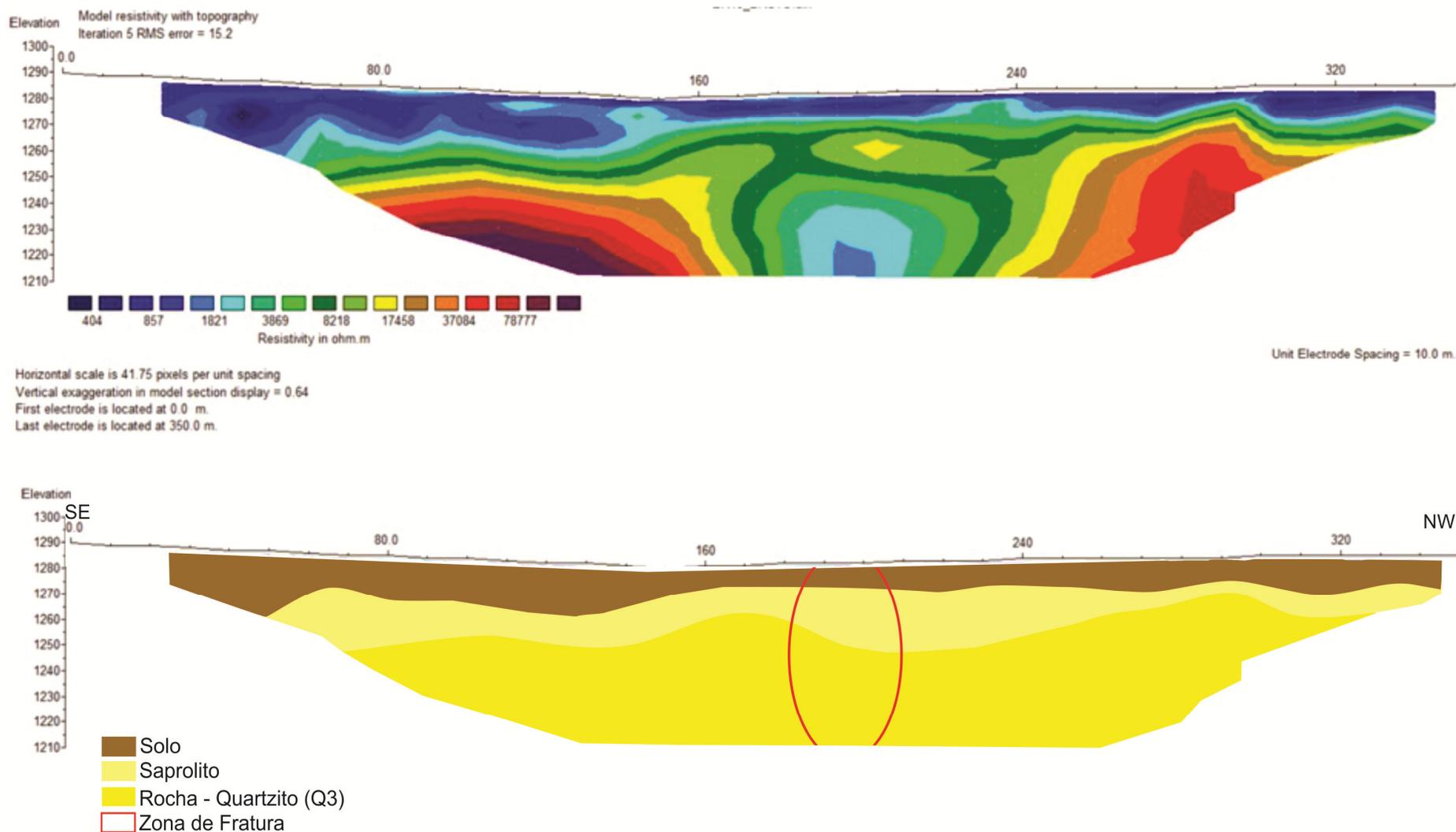
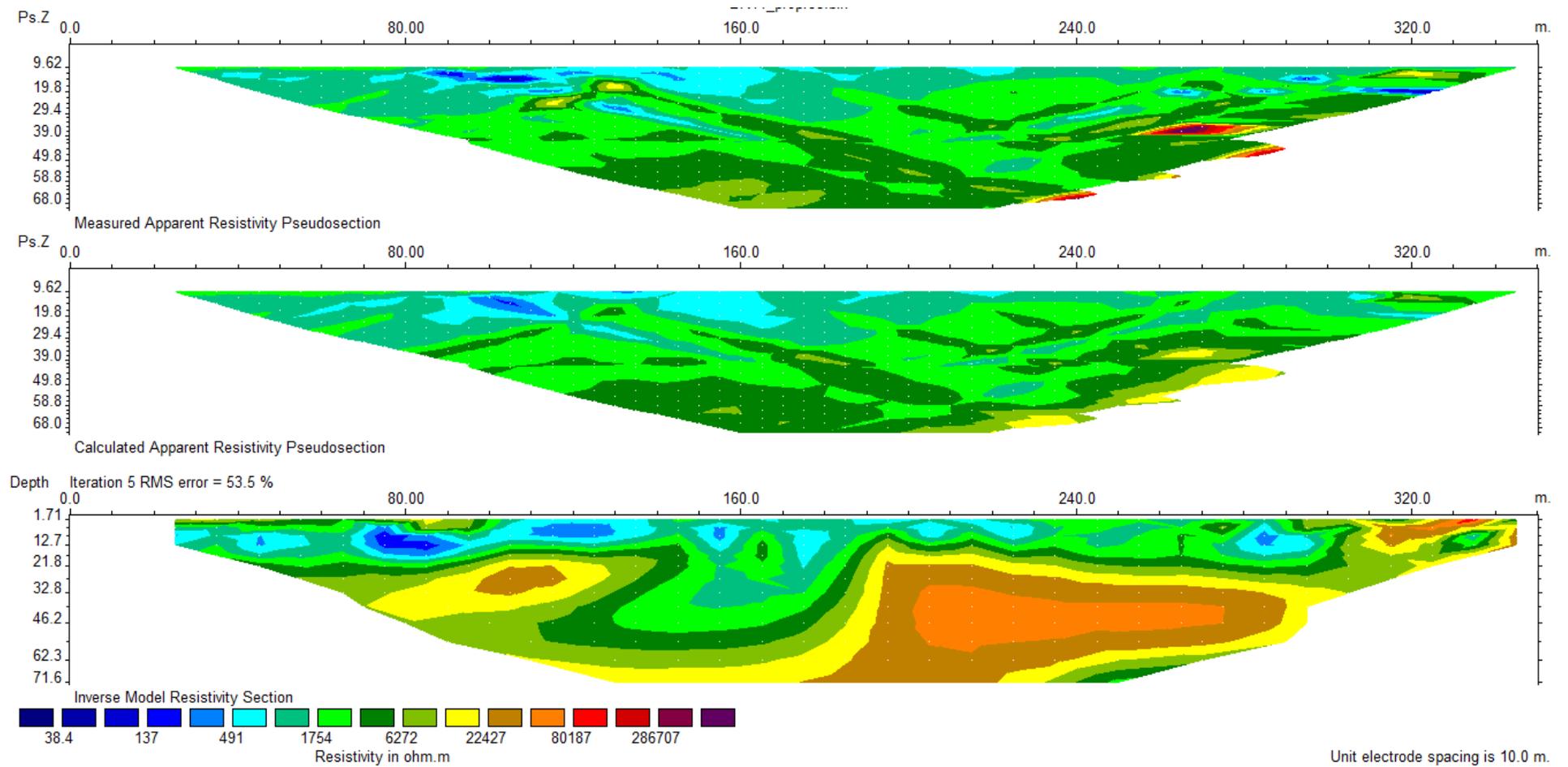


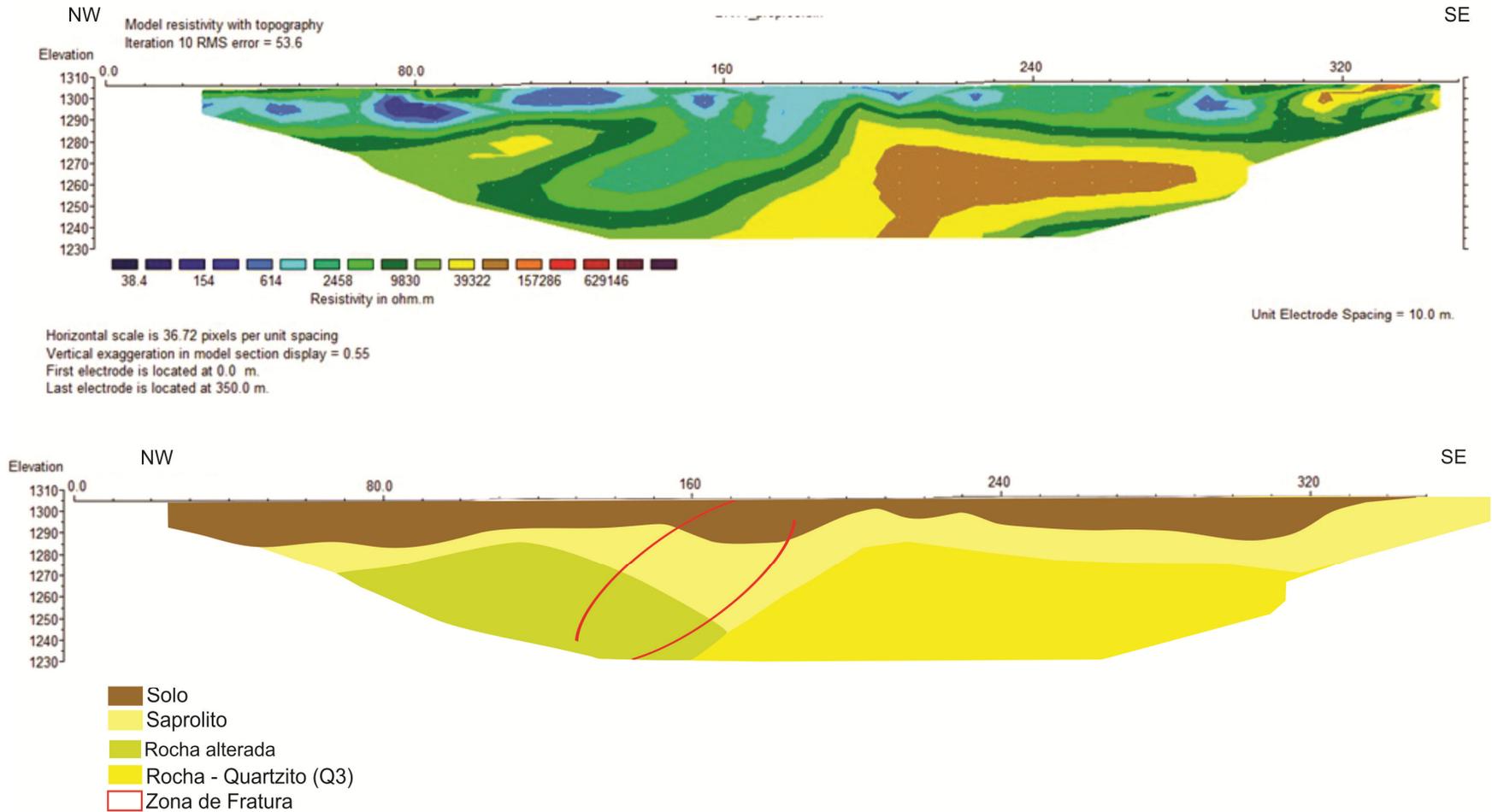
Figura 37 - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

# BR 11



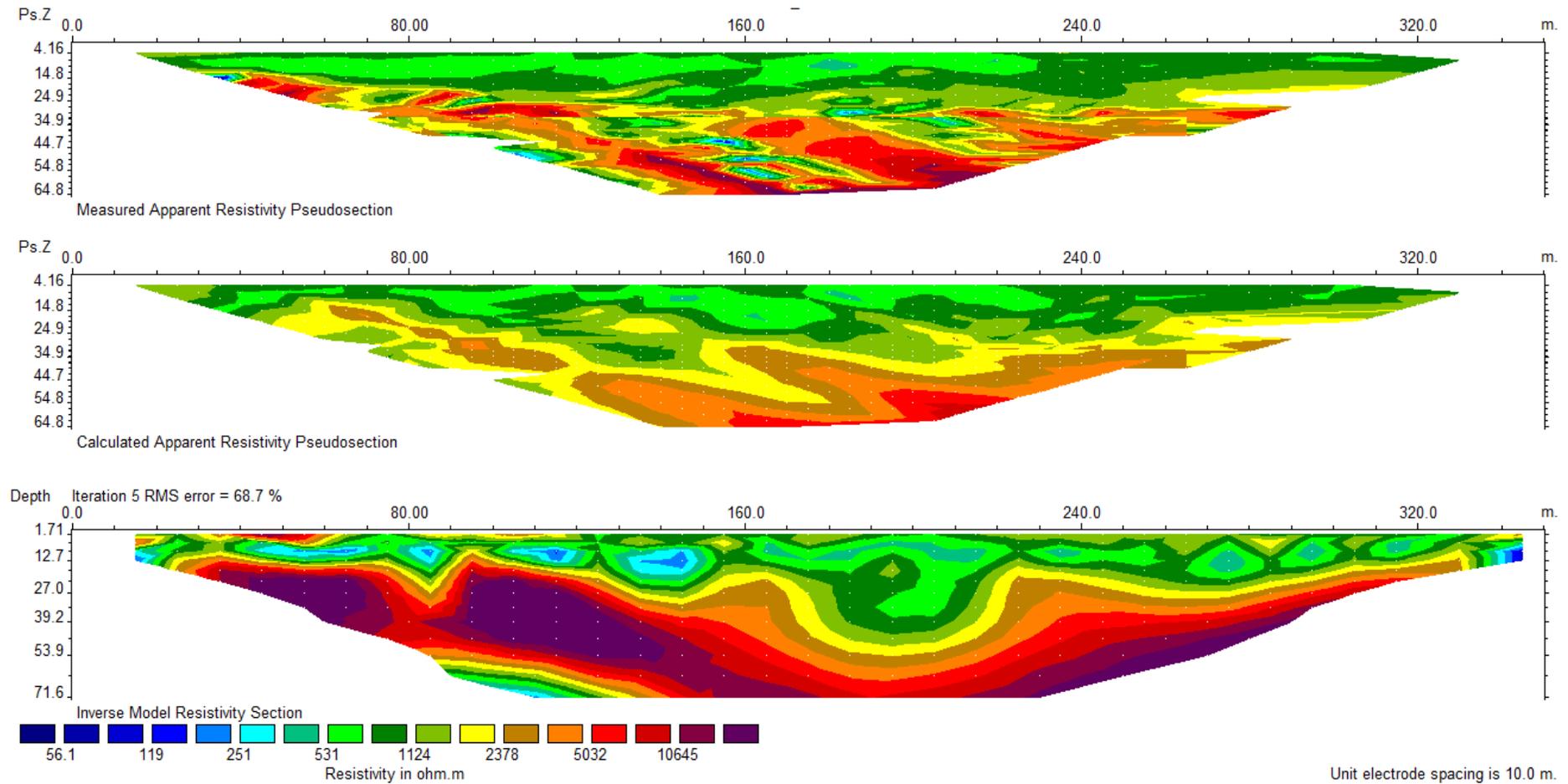
**Figura 38** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 544/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# BR 11



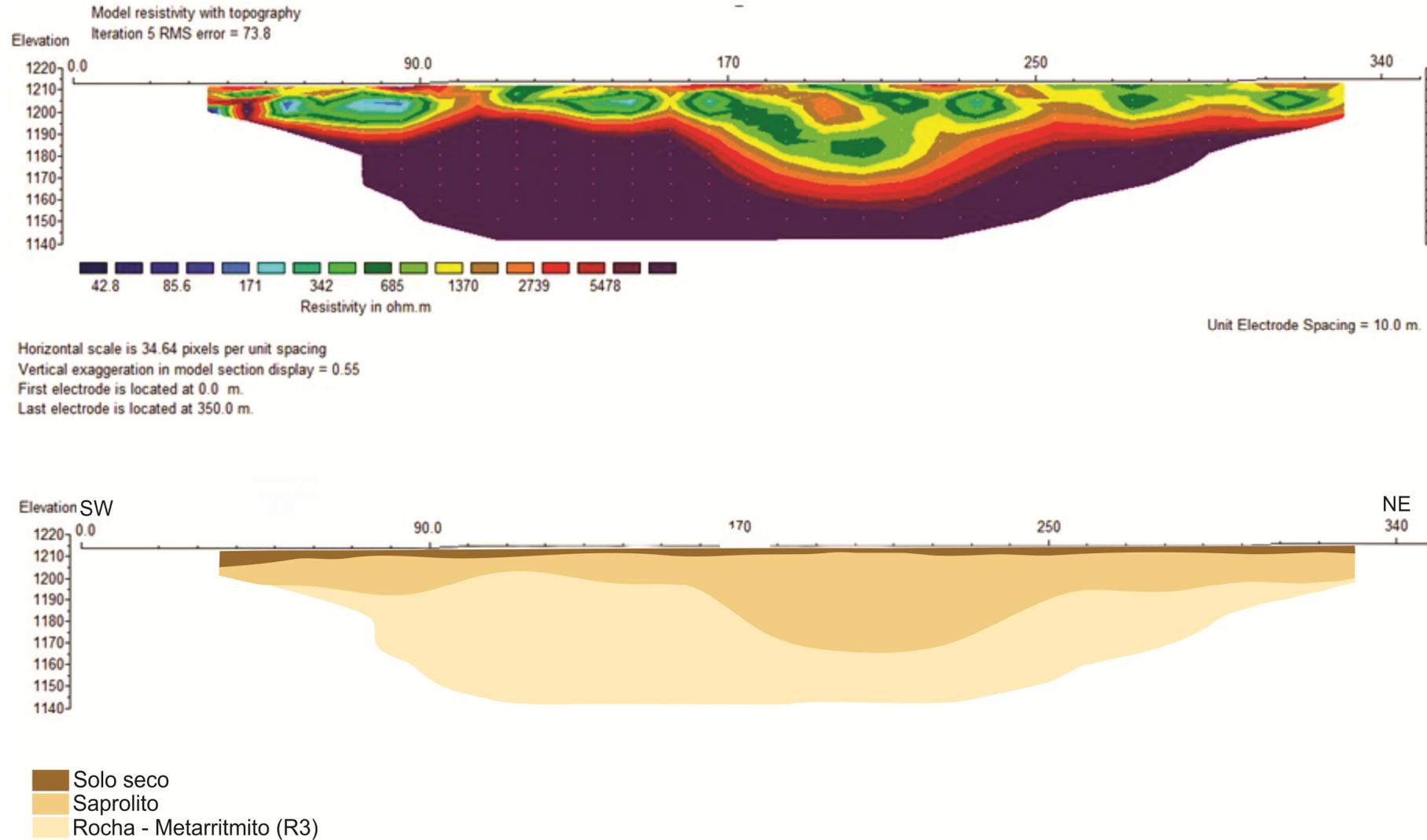
**Figura 39** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local em cotas e respectiva interpretação pedo-geológica.

## DF001-01



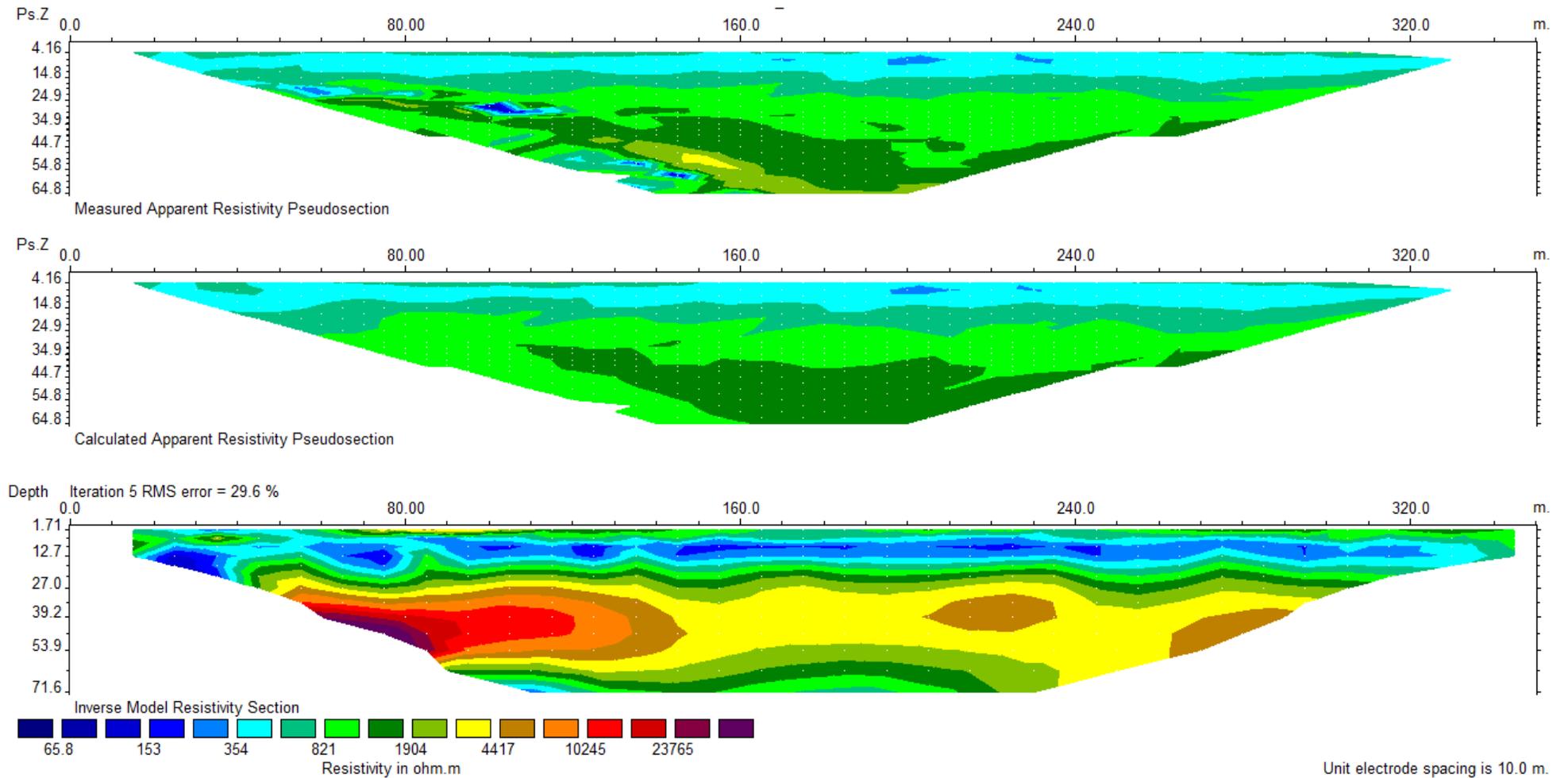
**Figura 40** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 481/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# DF 00101



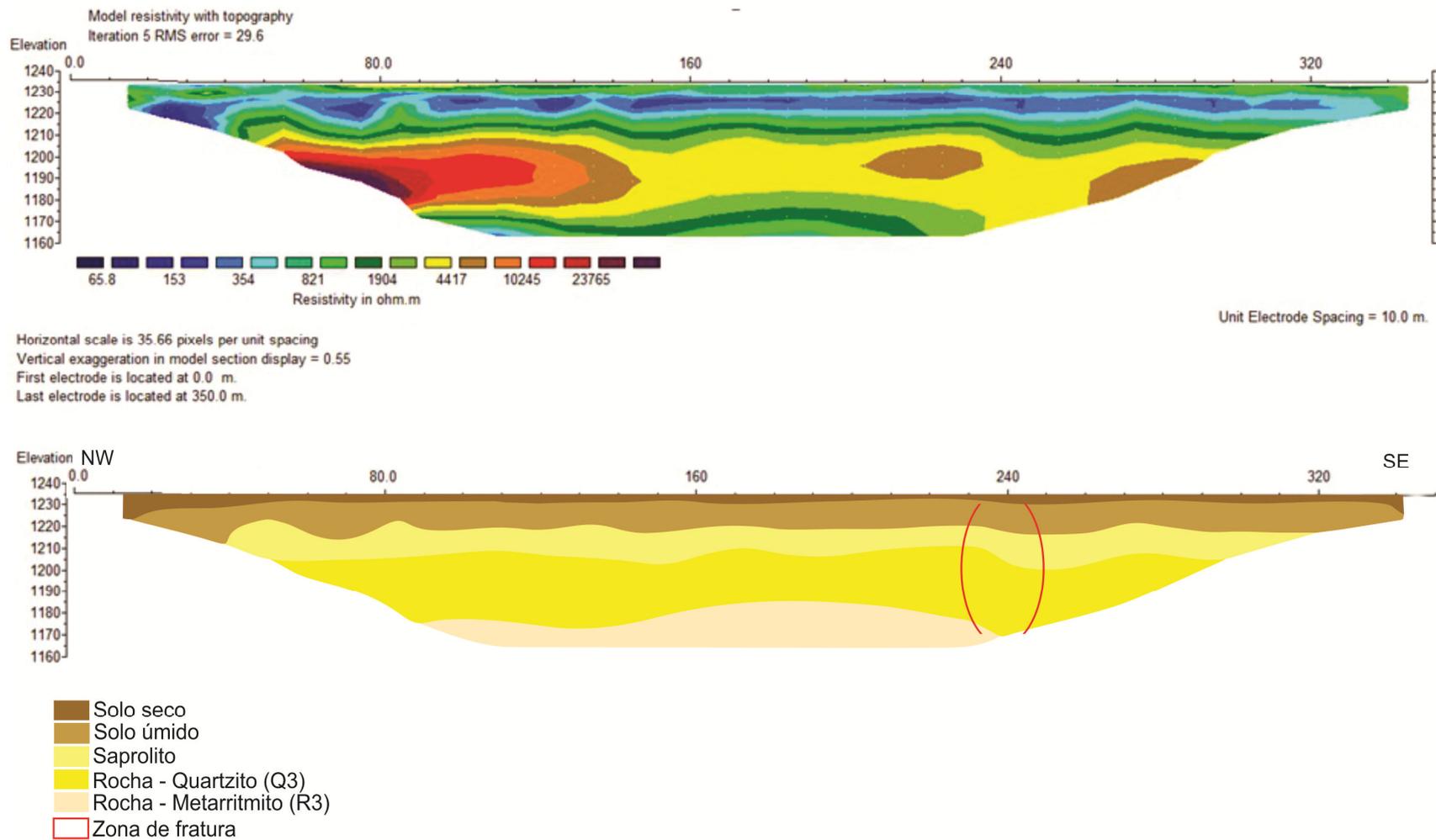
**Figura 41** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

# GA-01



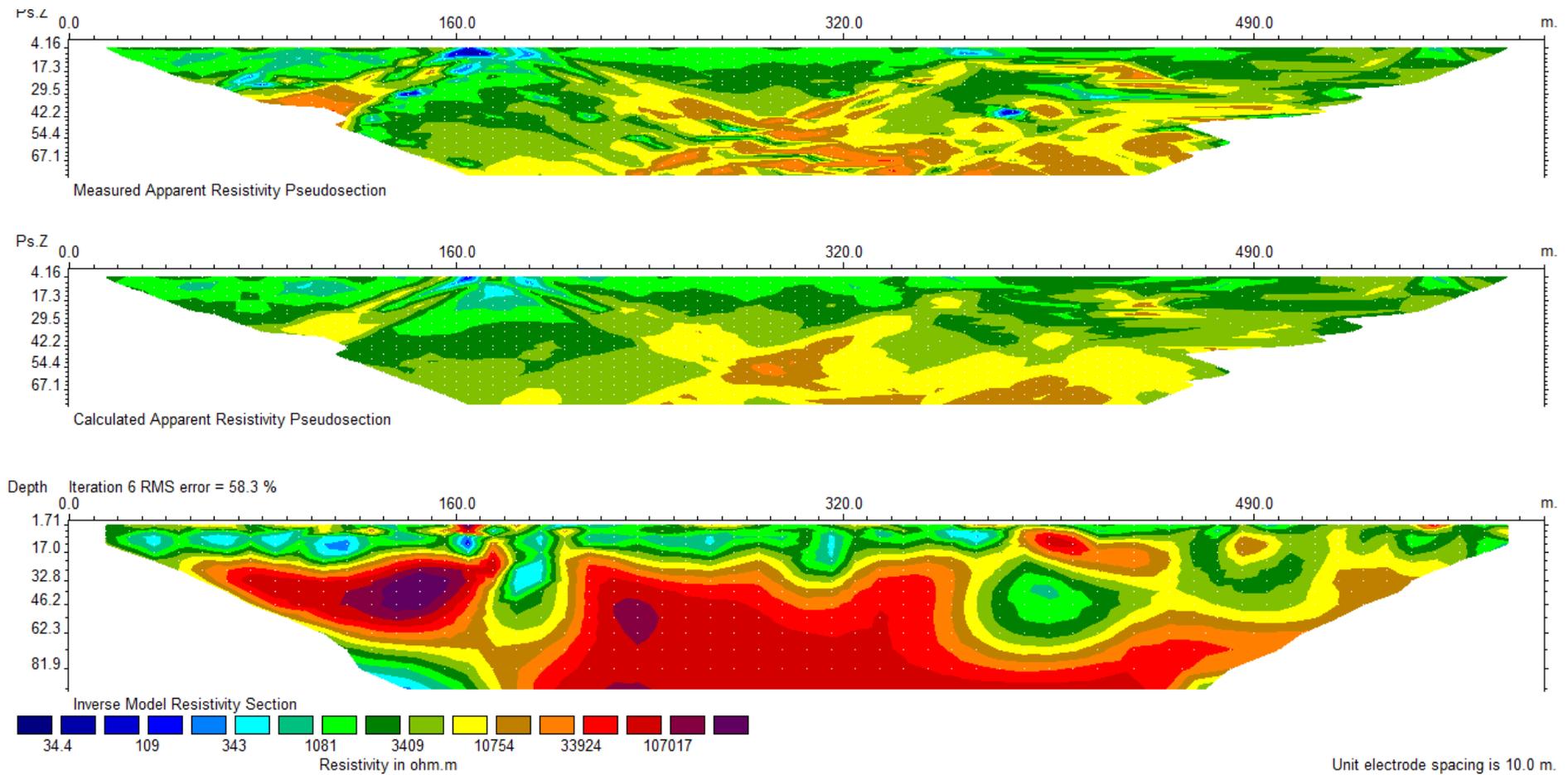
**Figura 42** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 531/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# GA 01



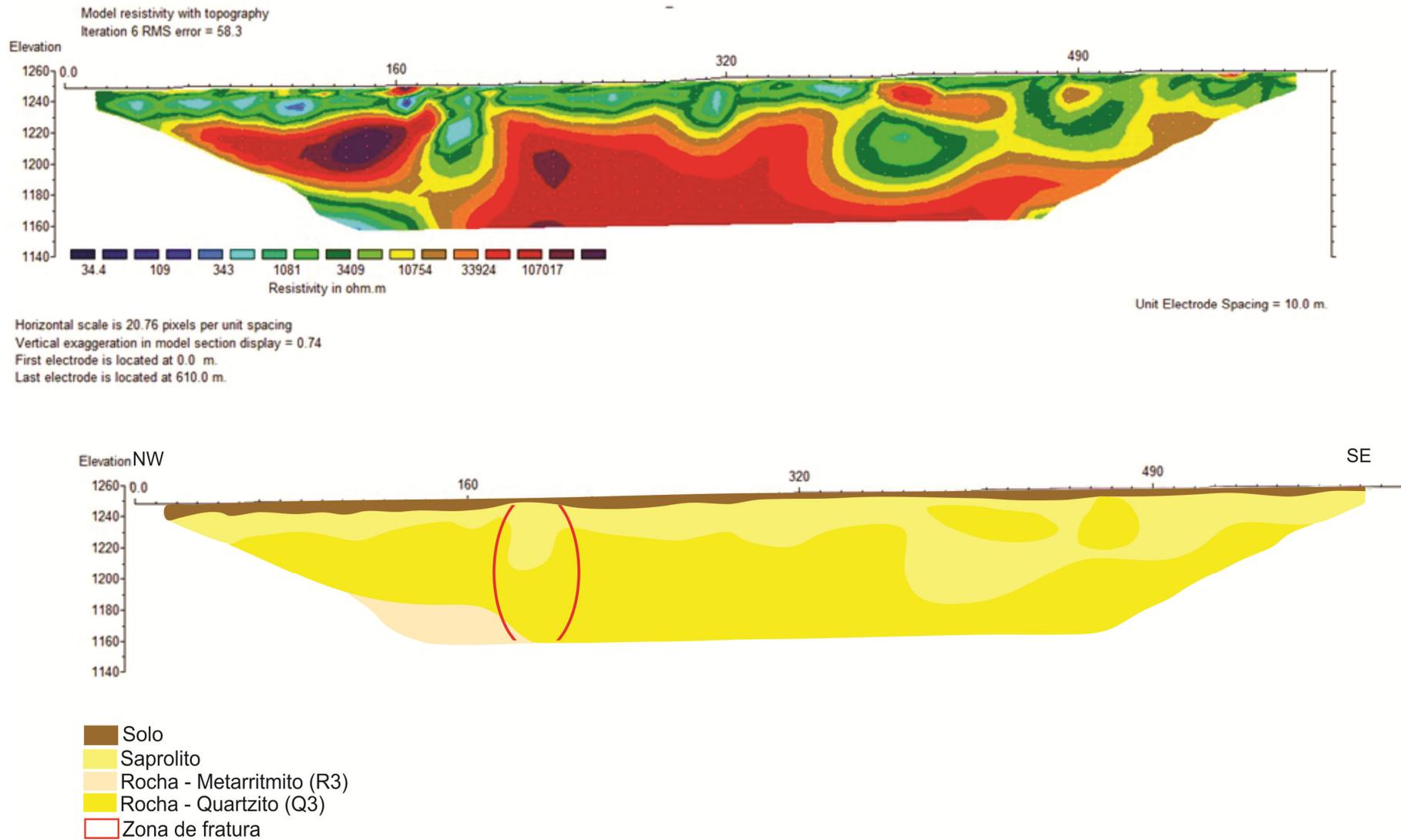
**Figura 43** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia em cota e interpretação pedo-geológica.

# LO-01



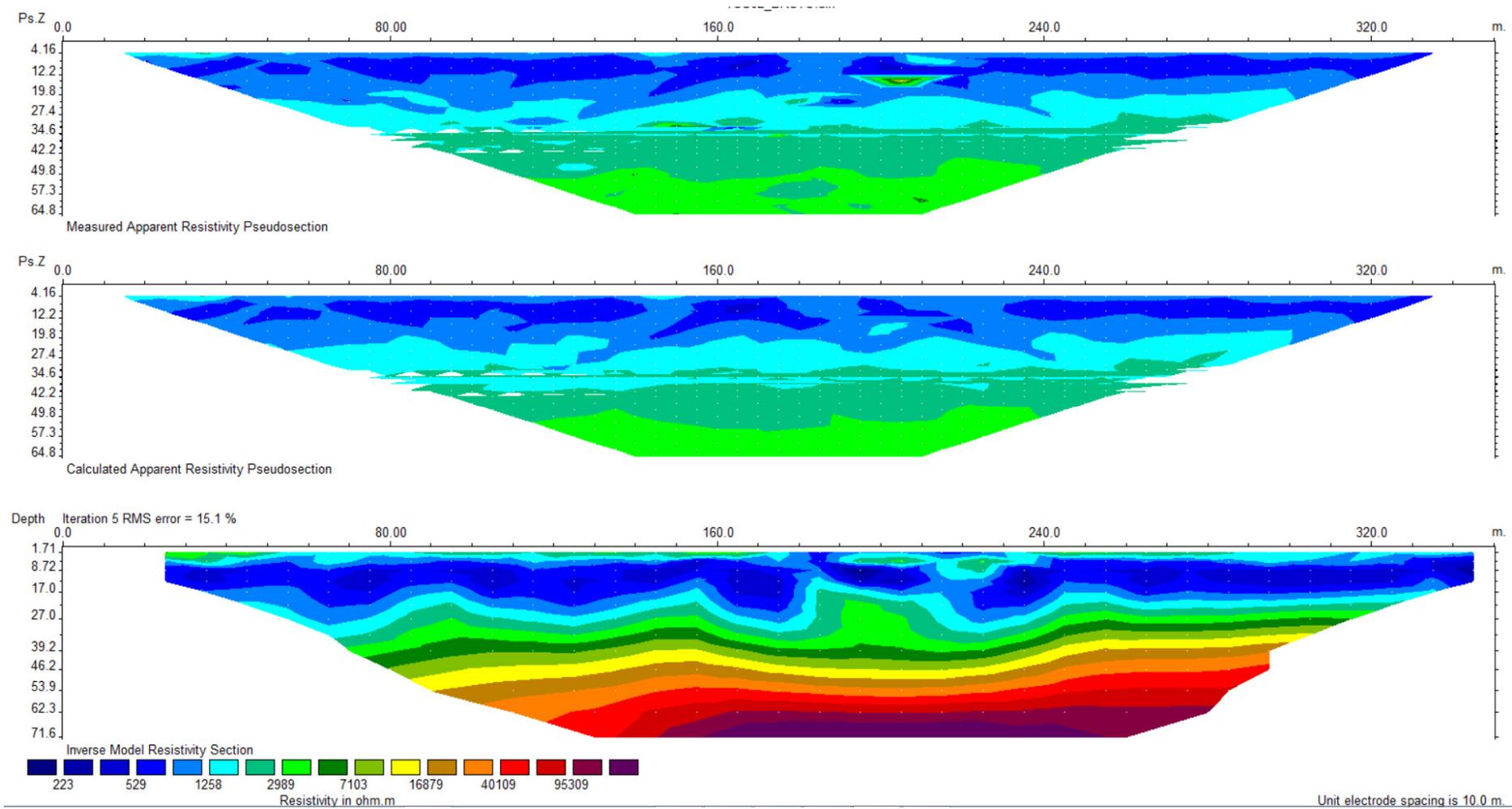
**Figura 44** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 1038/1038] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# LO 01



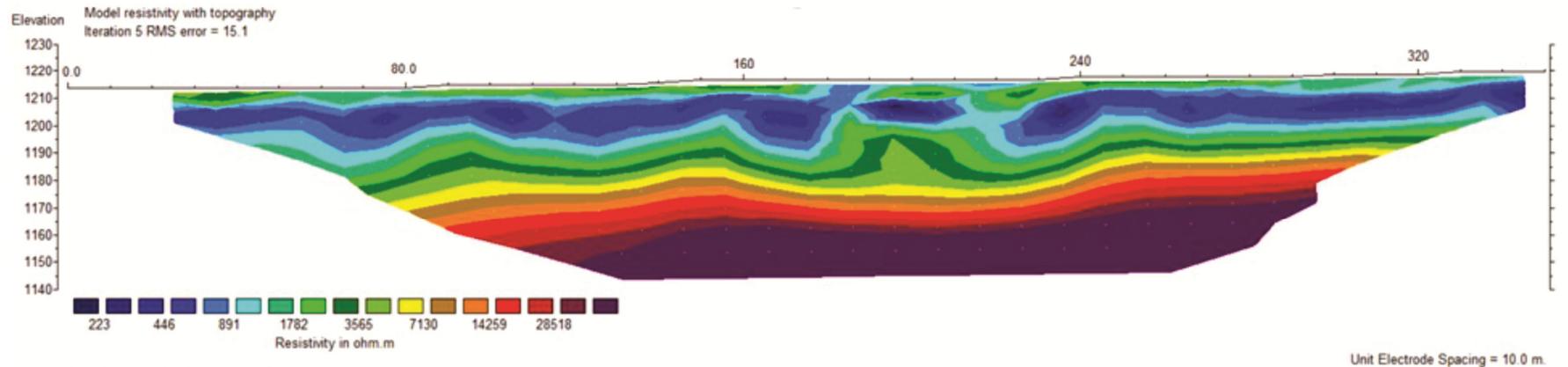
**Figura 45** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

## TCS-02



**Figura 46** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 588/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# TCS 02



Horizontal scale is 41.64 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.64  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 350.0 m.

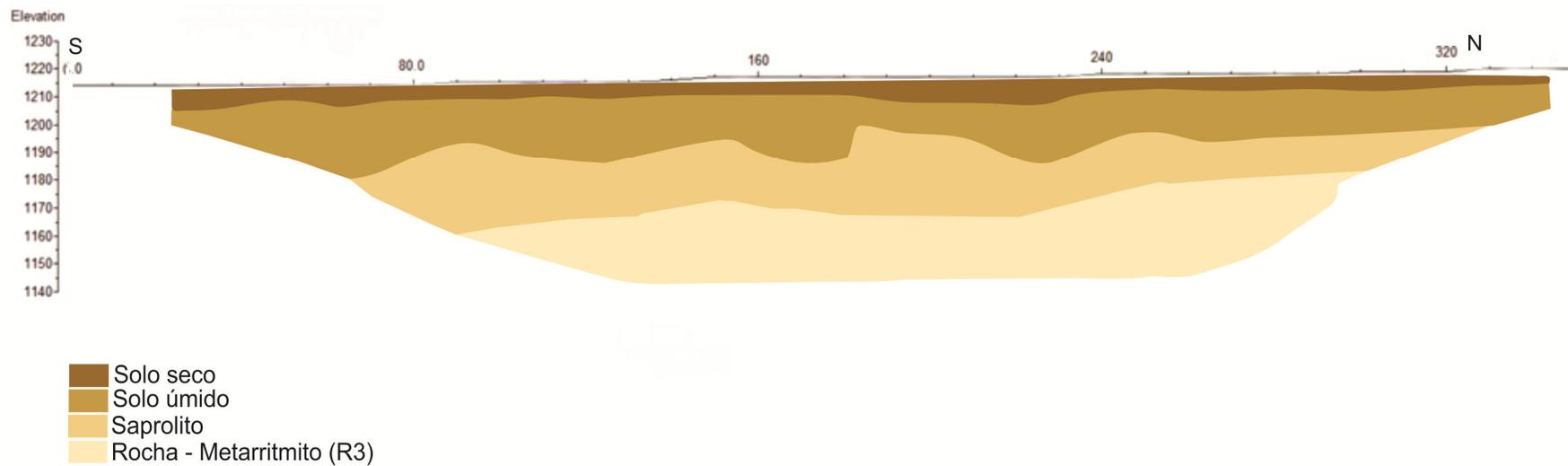
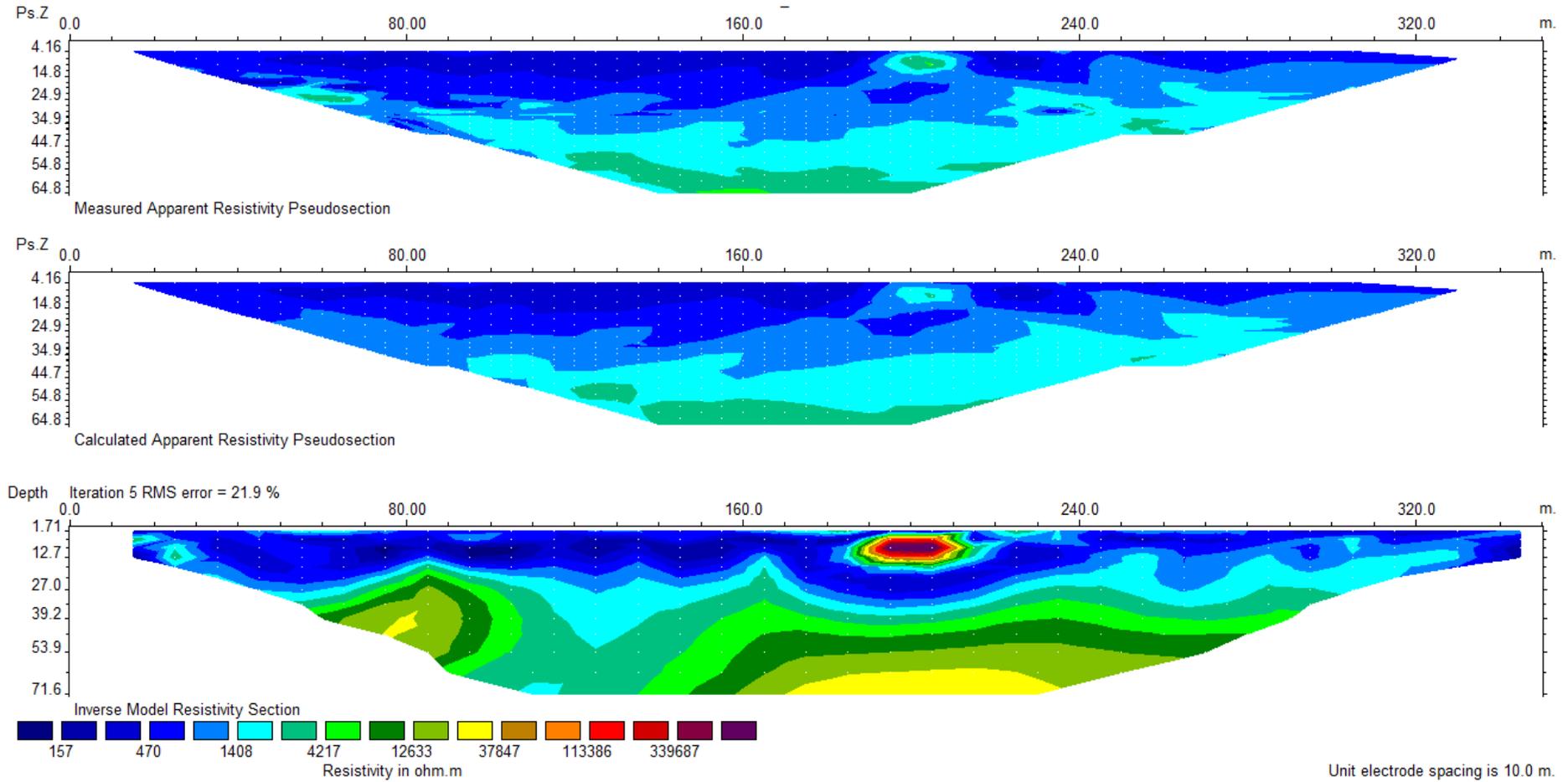


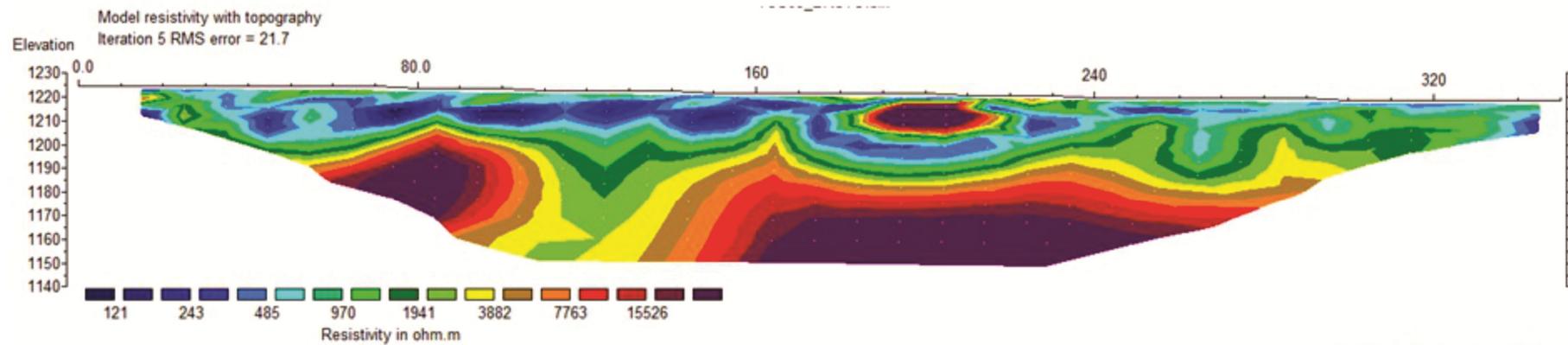
Figura 47 - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

TCS-03

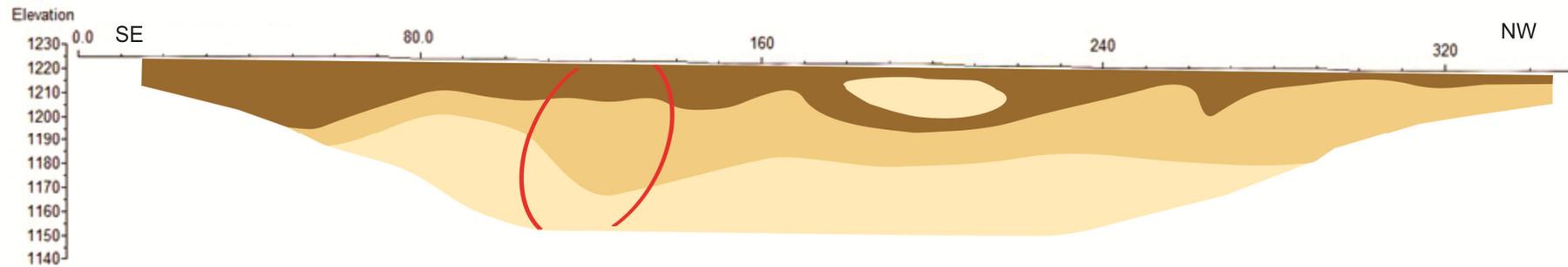


**Figura 48** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 588/593] resistividade média (*background*) = 6000 ohm.m.

# TCS 03



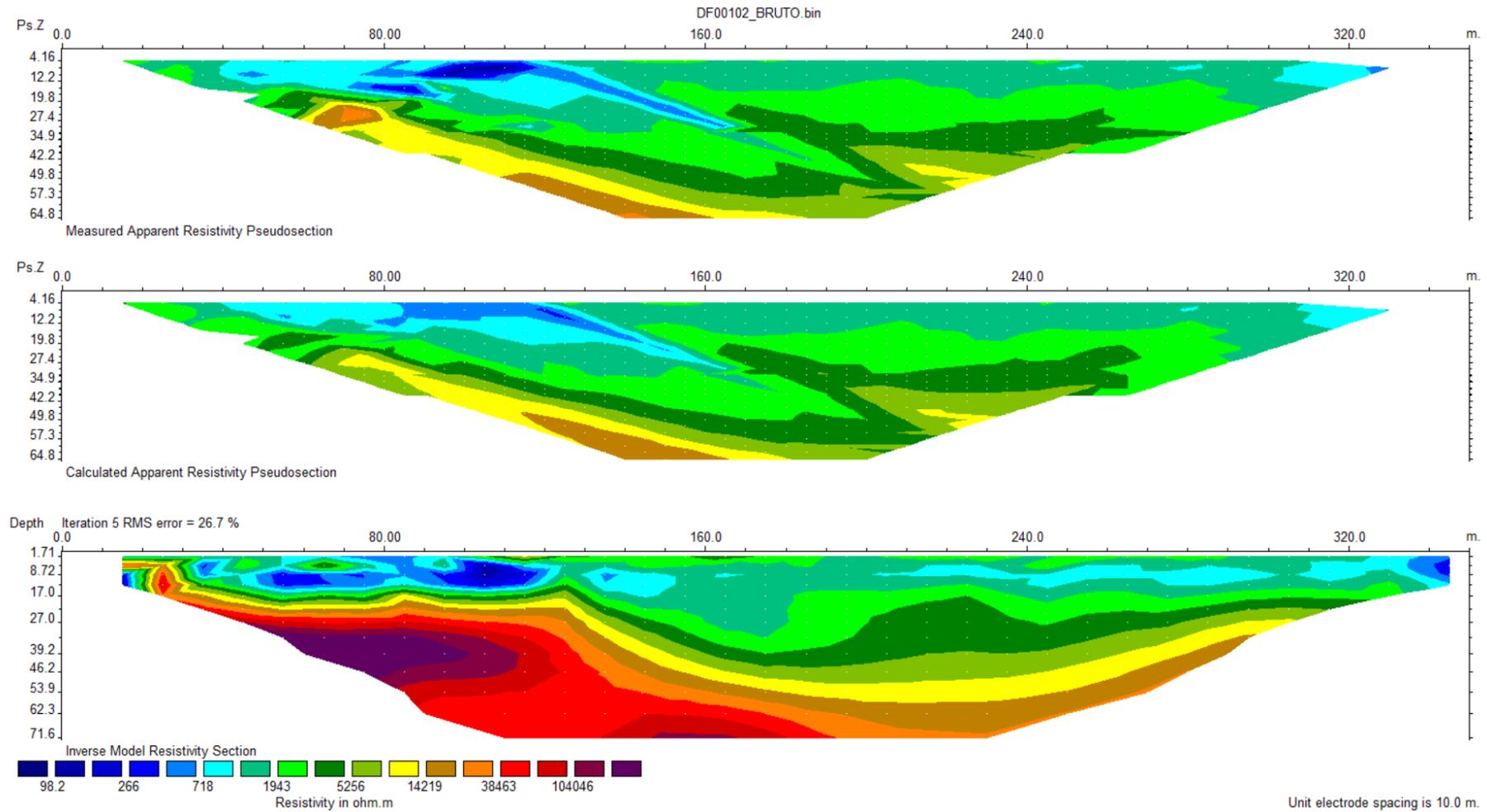
Horizontal scale is 35.72 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.55  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 350.0 m.



- Solo seco
- Saprolito
- Rocha - Metarritmito (R3)
- Zona de fratura

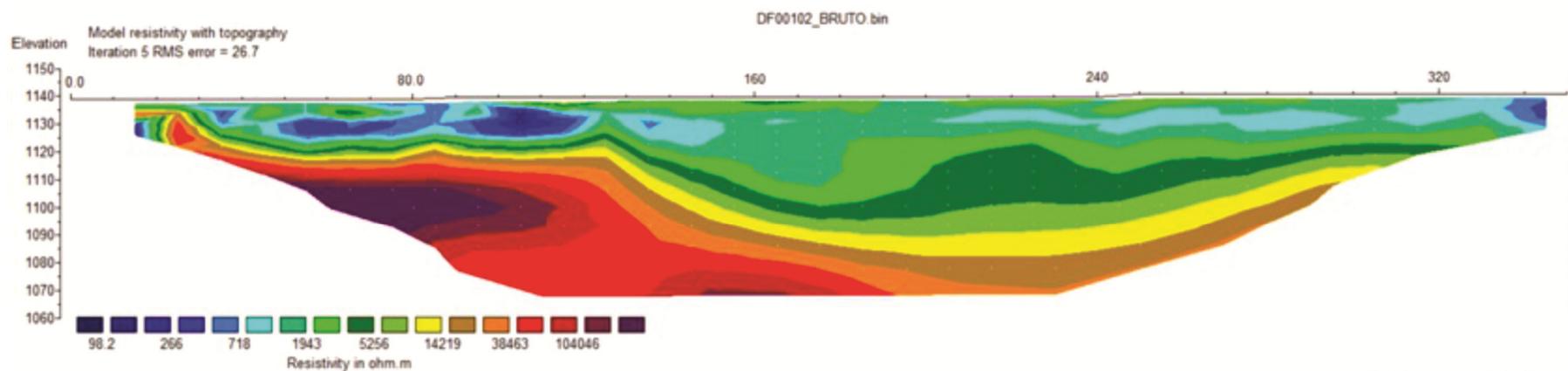
**Figura 49** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

## DF001-02

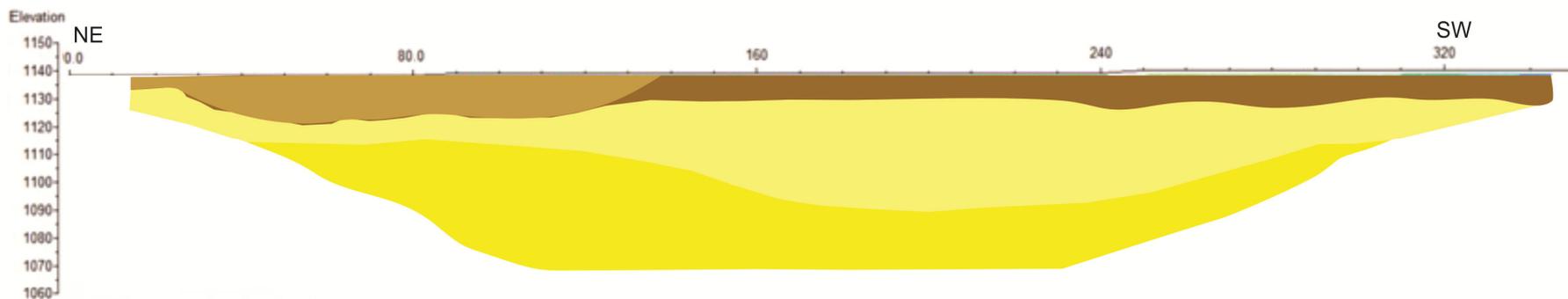


**Figura 50** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 531/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# DF 00102



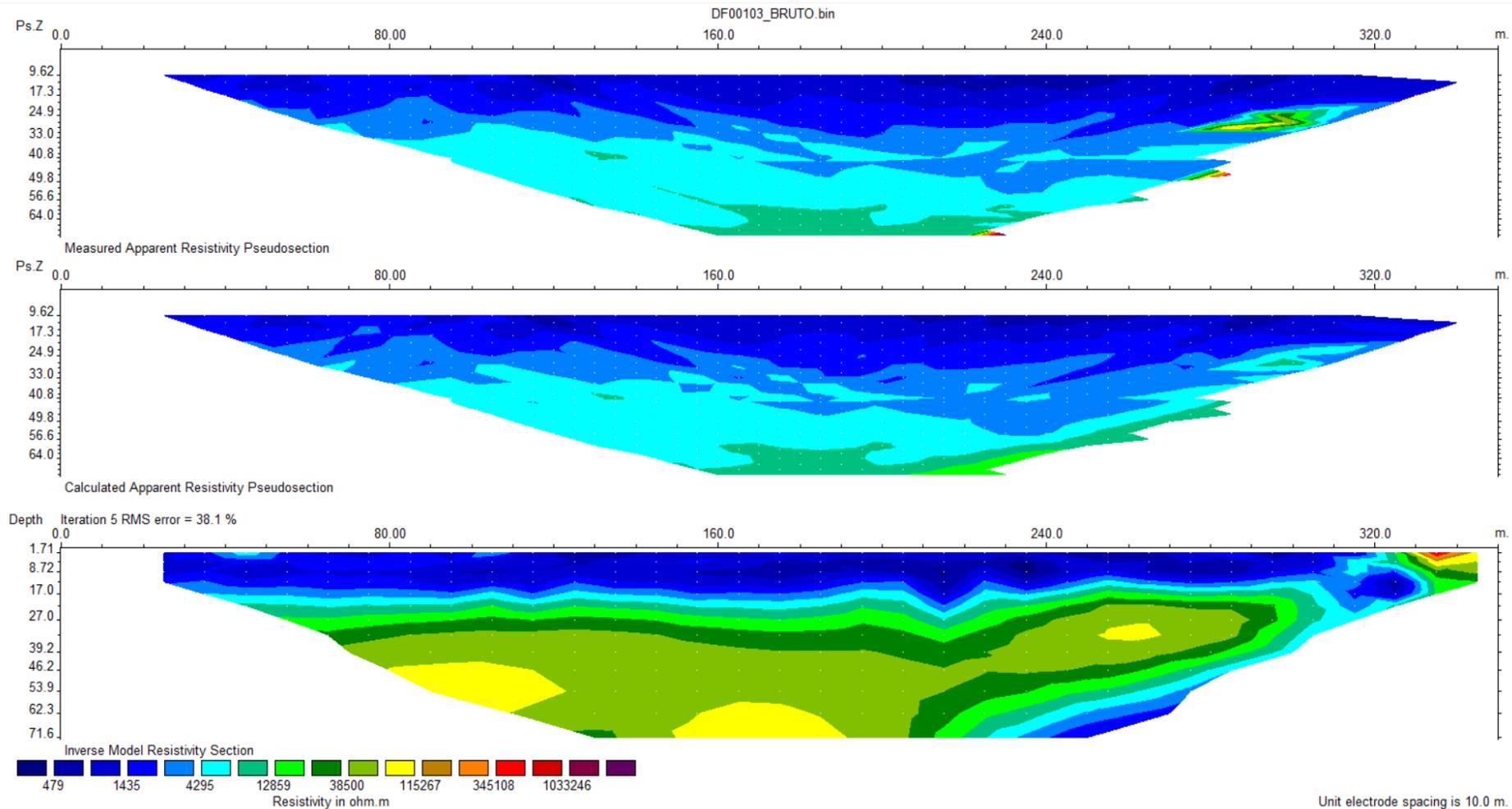
Horizontal scale is 40.41 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.64  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 350.0 m.



- Solo arenoso
- Solo argiloso
- Saprolito
- Rocha - Quartzito (Q3)

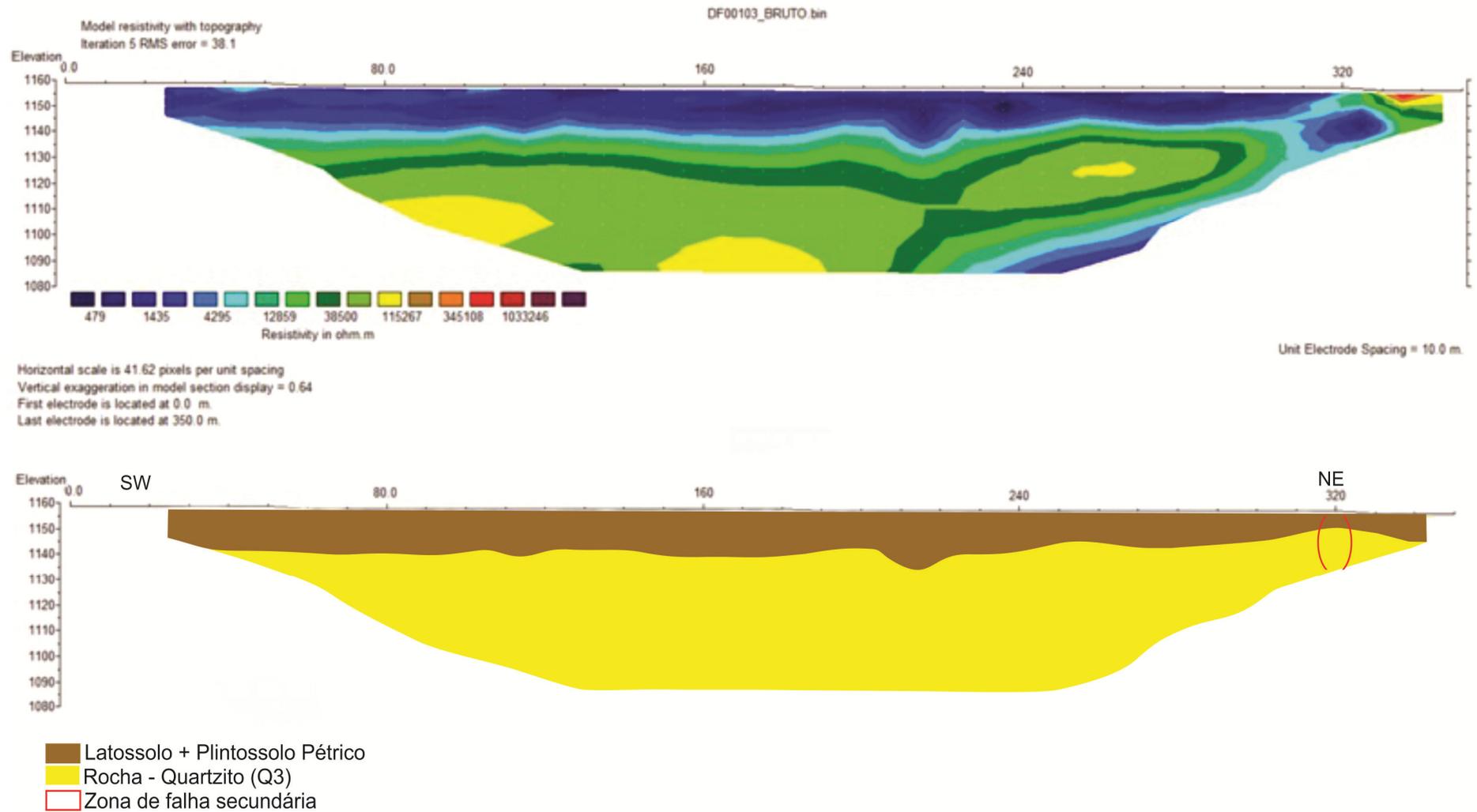
**Figura 51** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-geológica.

## DF001-03



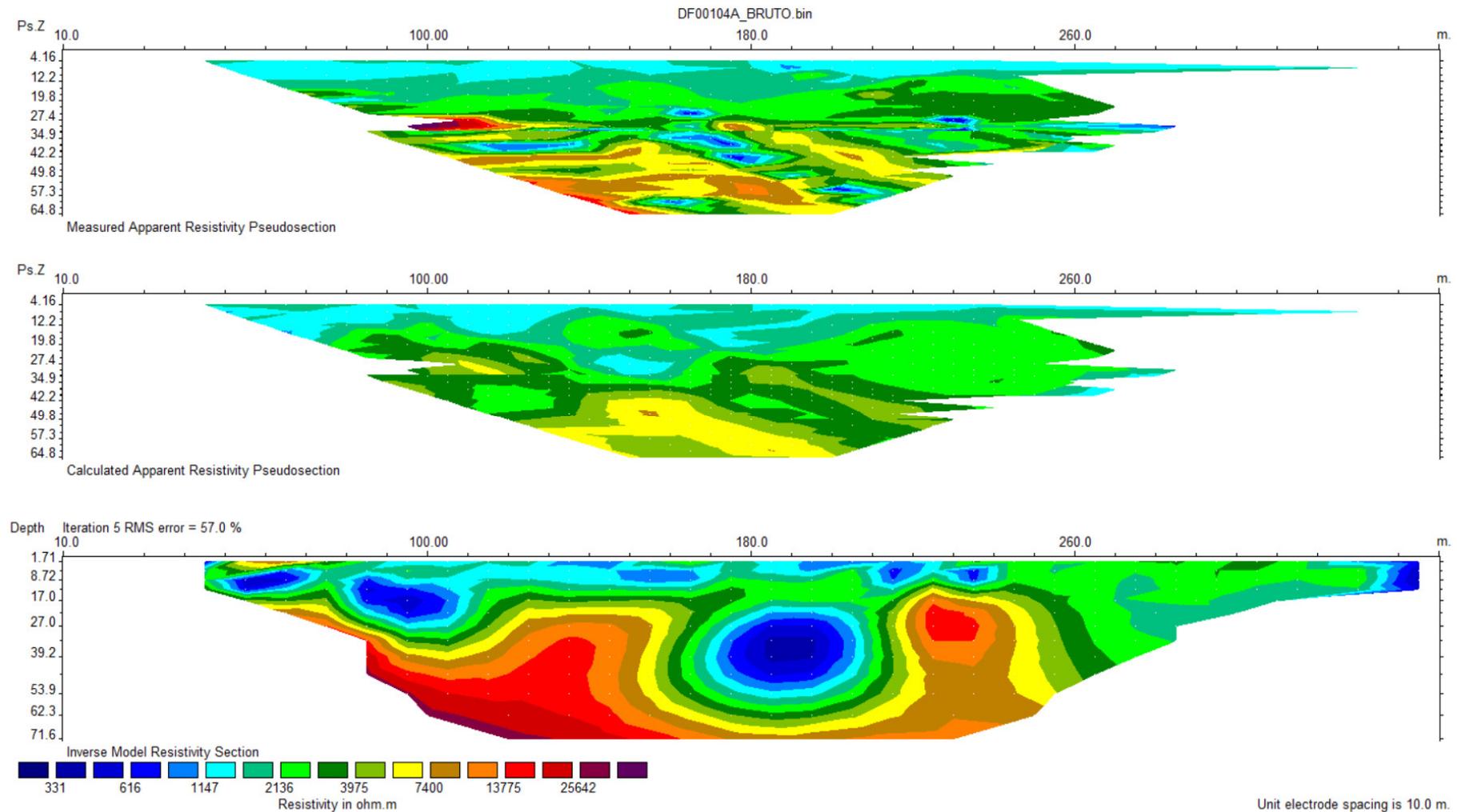
**Figura 52** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 544/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# DF 00103



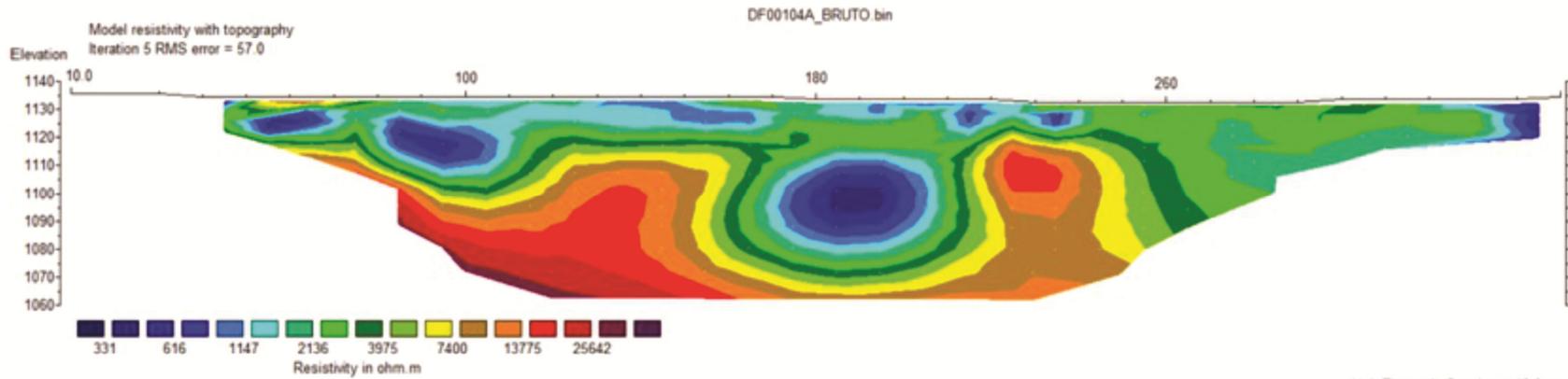
**Figura 53** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-geológica.

## DF001-04A

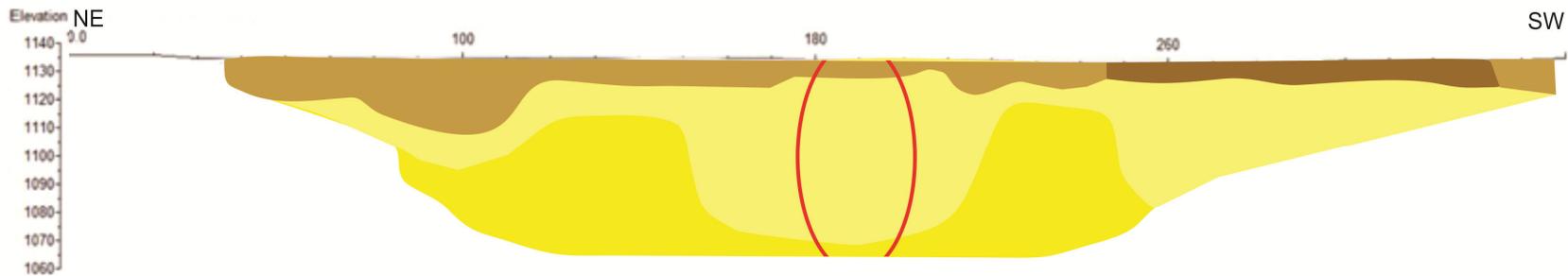


**Figura 54** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 344/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# DF 00104A



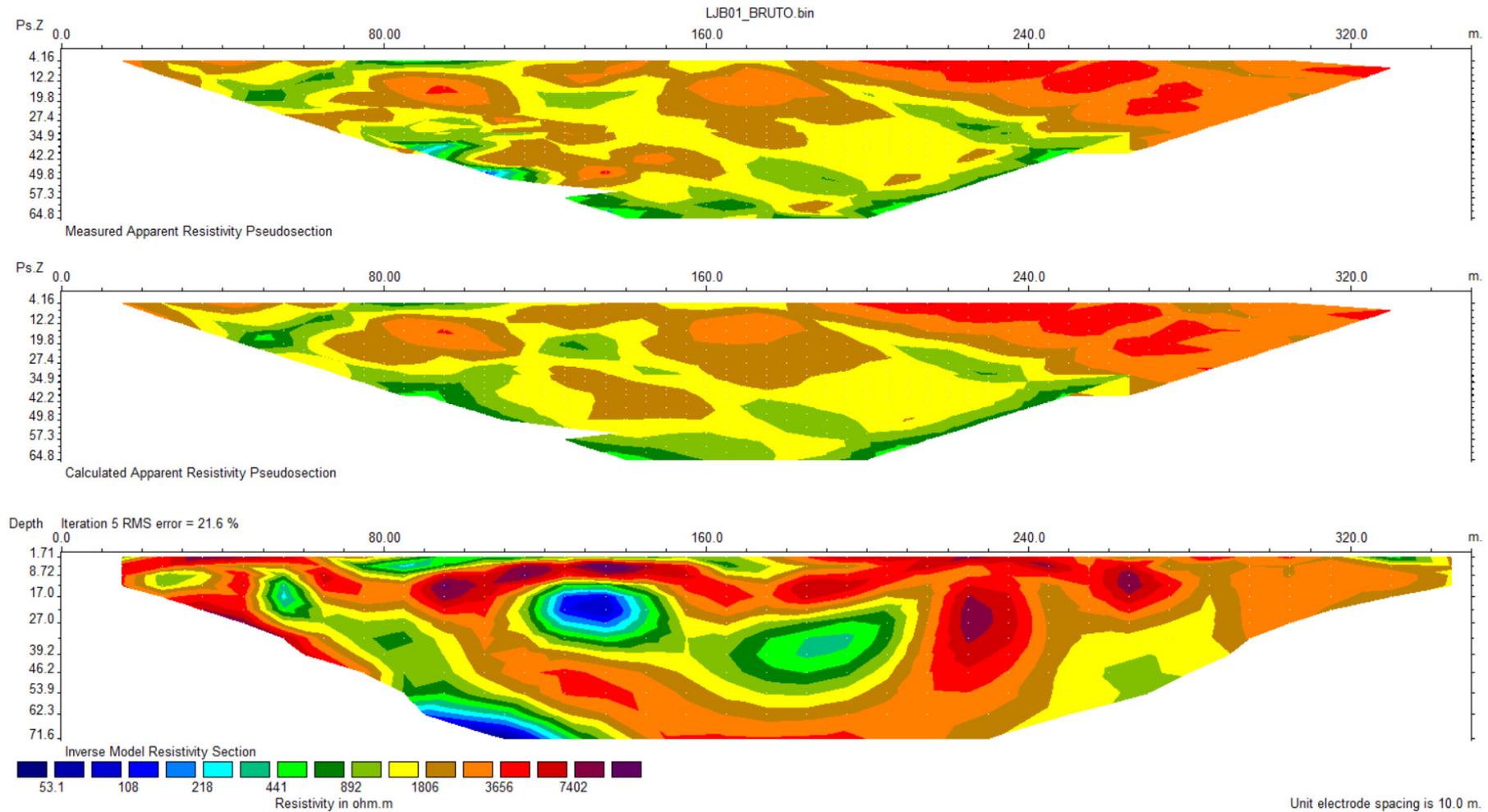
Horizontal scale is 40.32 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.62  
First electrode is located at 10.0 m.  
Last electrode is located at 350.0 m.



- Solo seco
- Solo úmido
- Saprolito
- Rocha - Quartzito (Q3)
- Zona de fratura

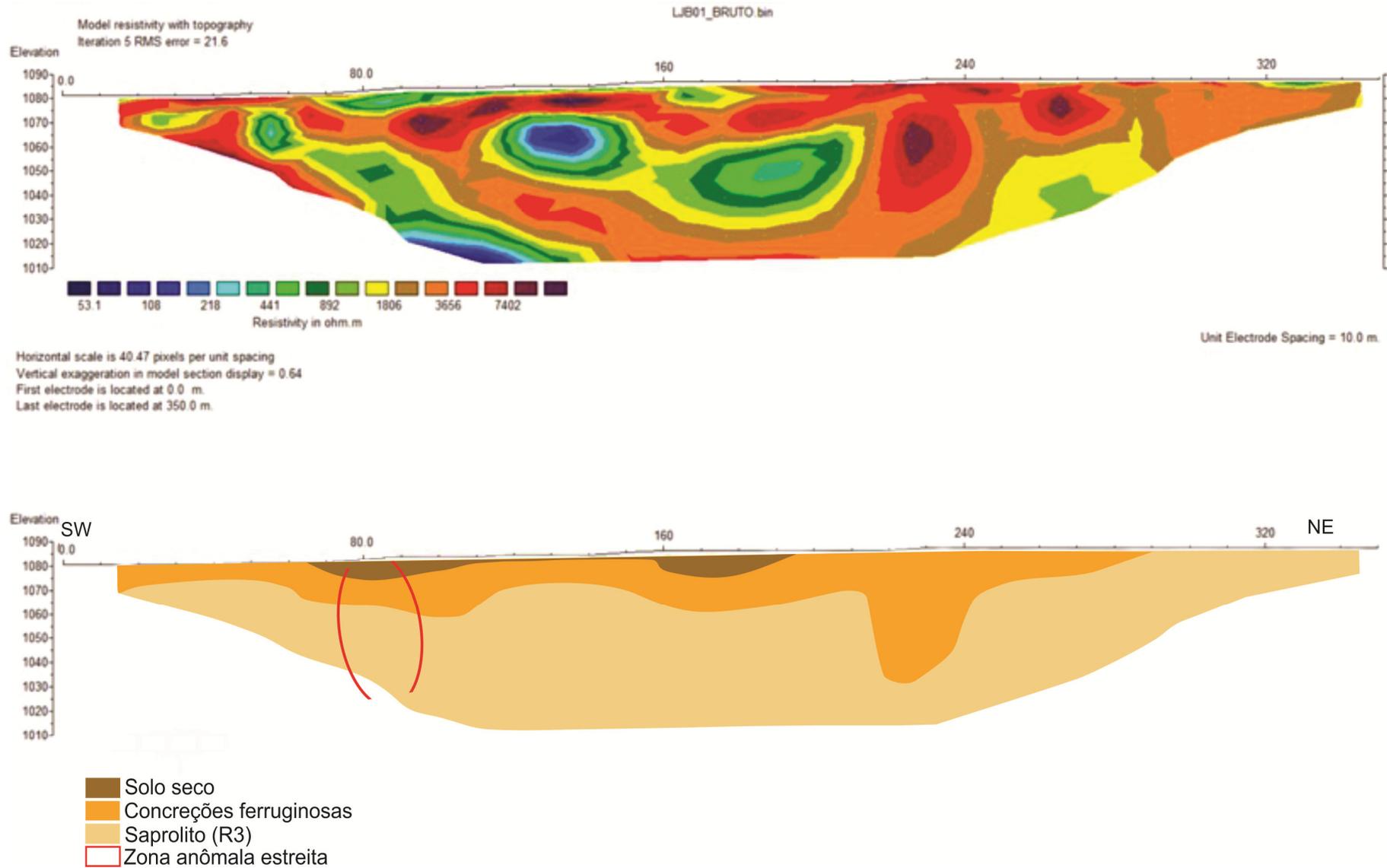
**Figura 55** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-geológica.

# LJB-01



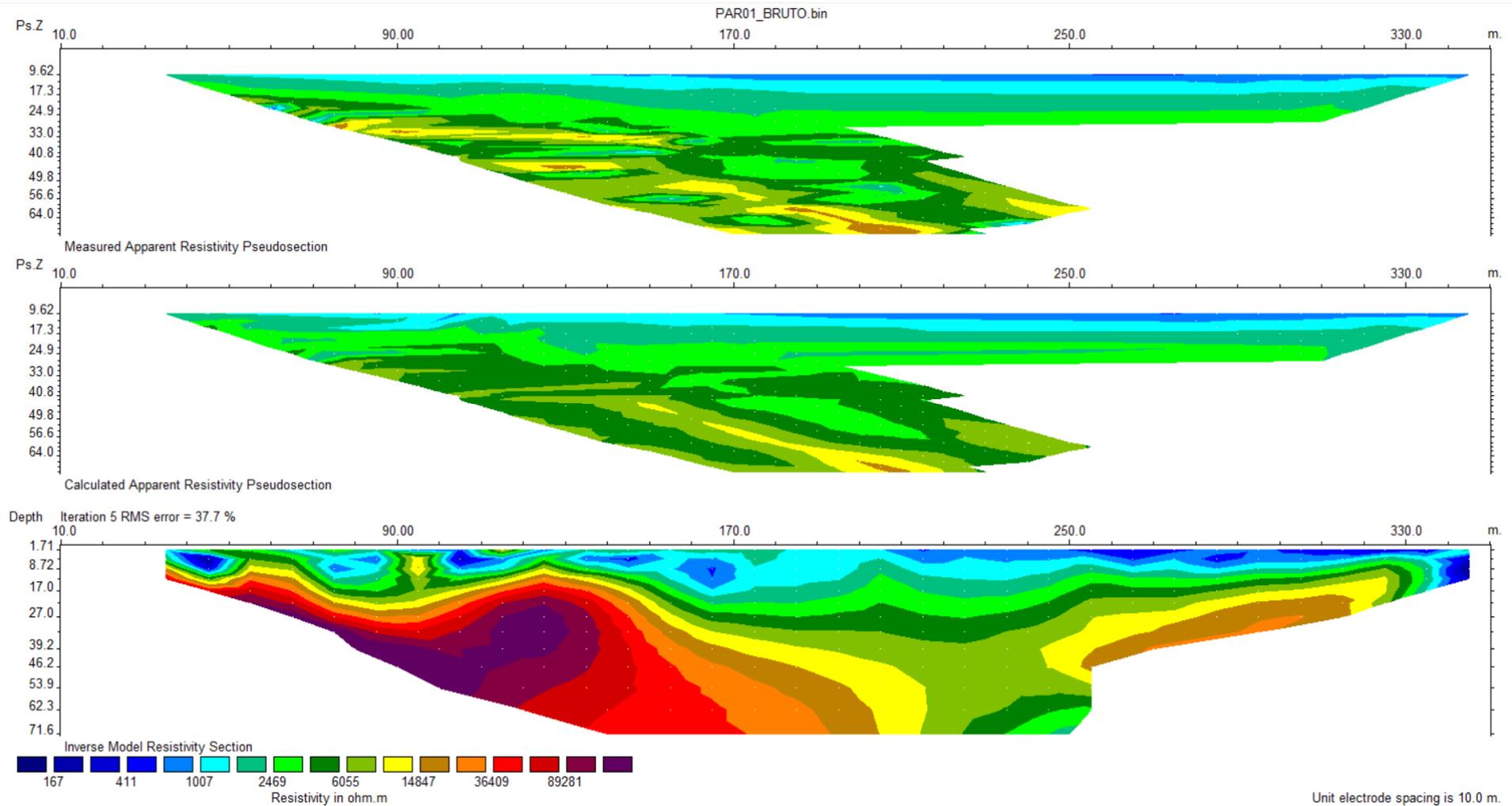
**Figura 56** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 531/593] resistividade média (background) = 6000 Ohm.m.

# LJB 01



**Figura 57** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-geológica.

# PAR-01



**Figura 58** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 252/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# PAR 01

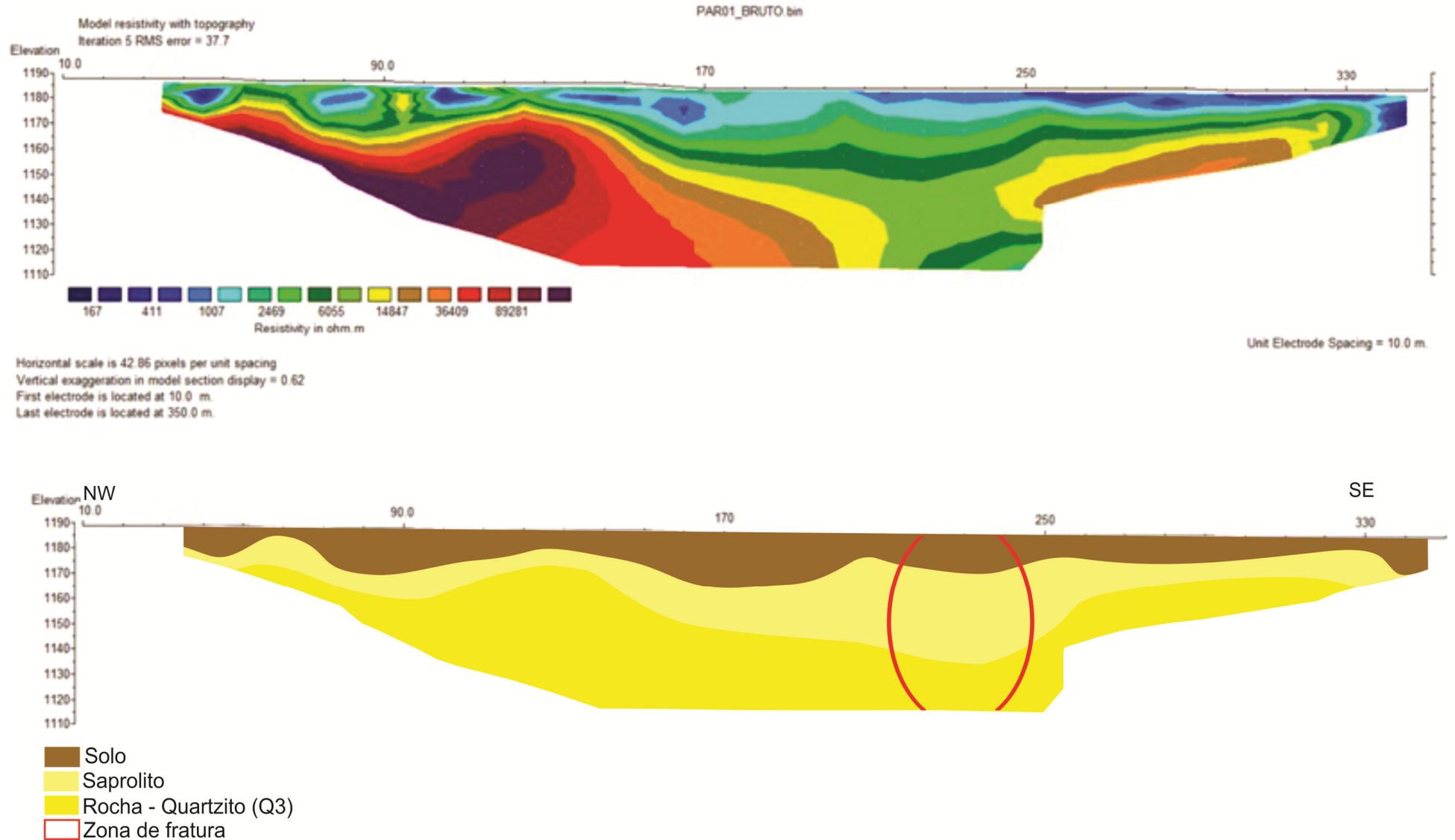
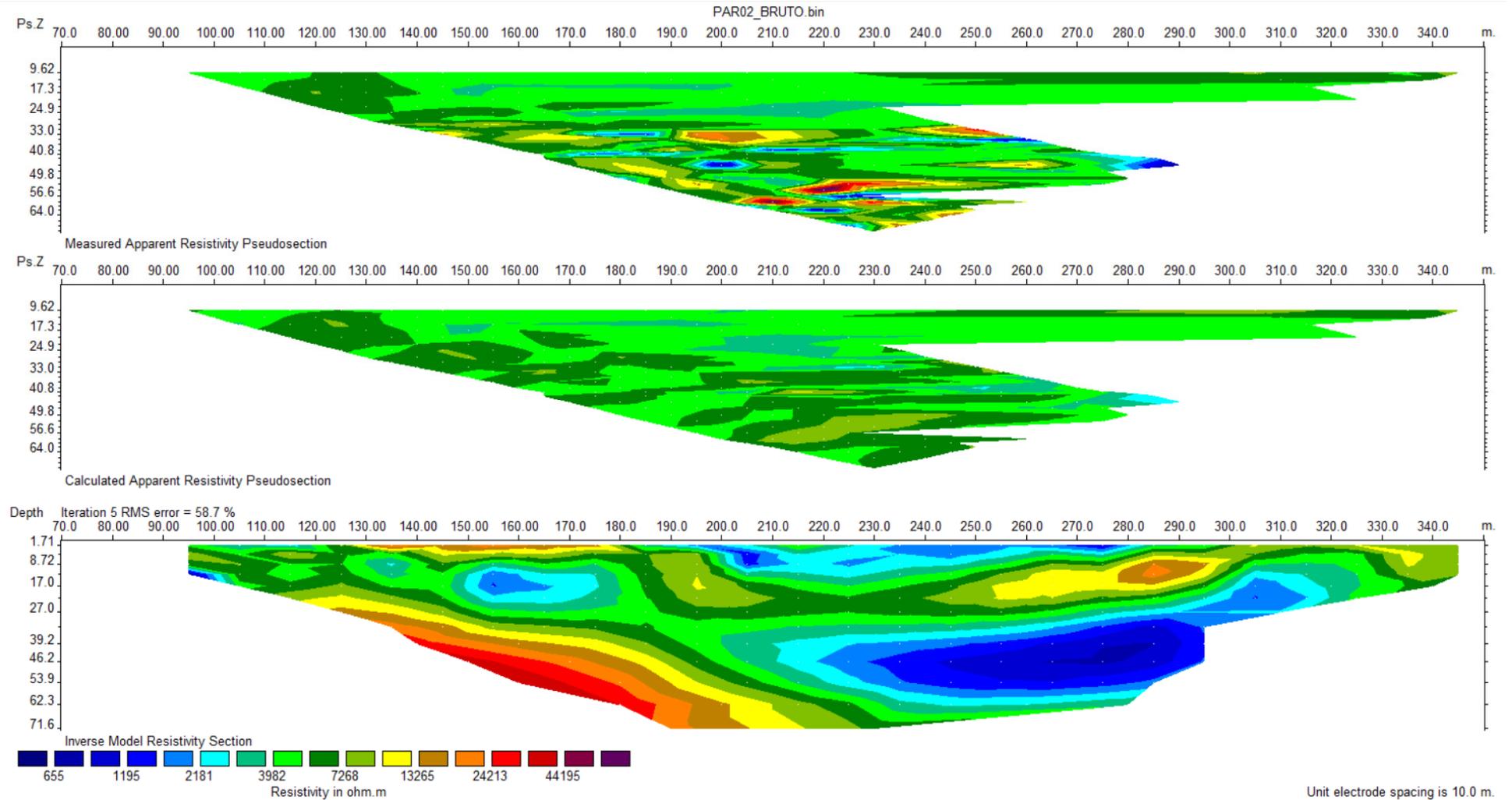


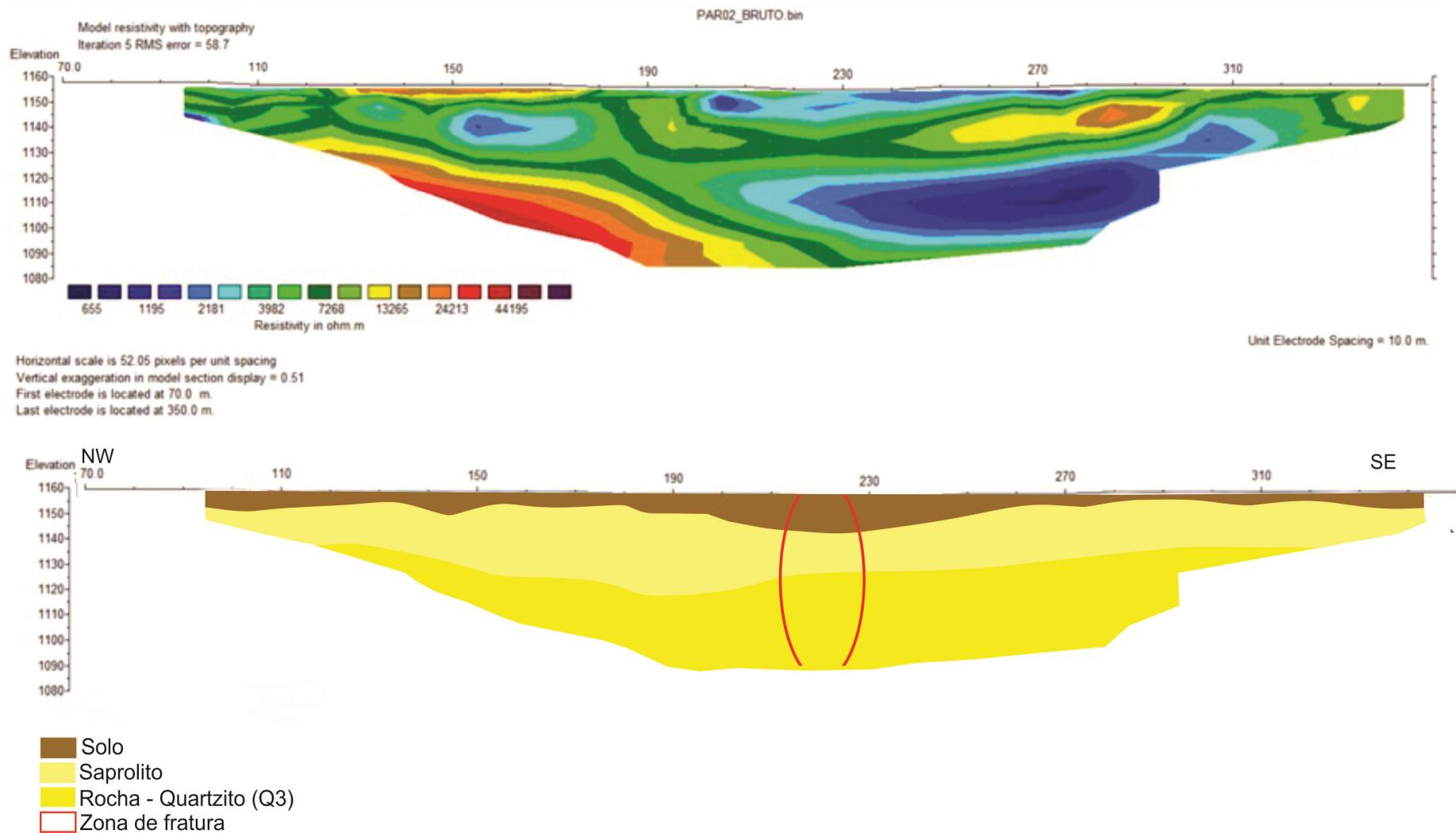
Figura 59 - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-geológica.

## PAR-02



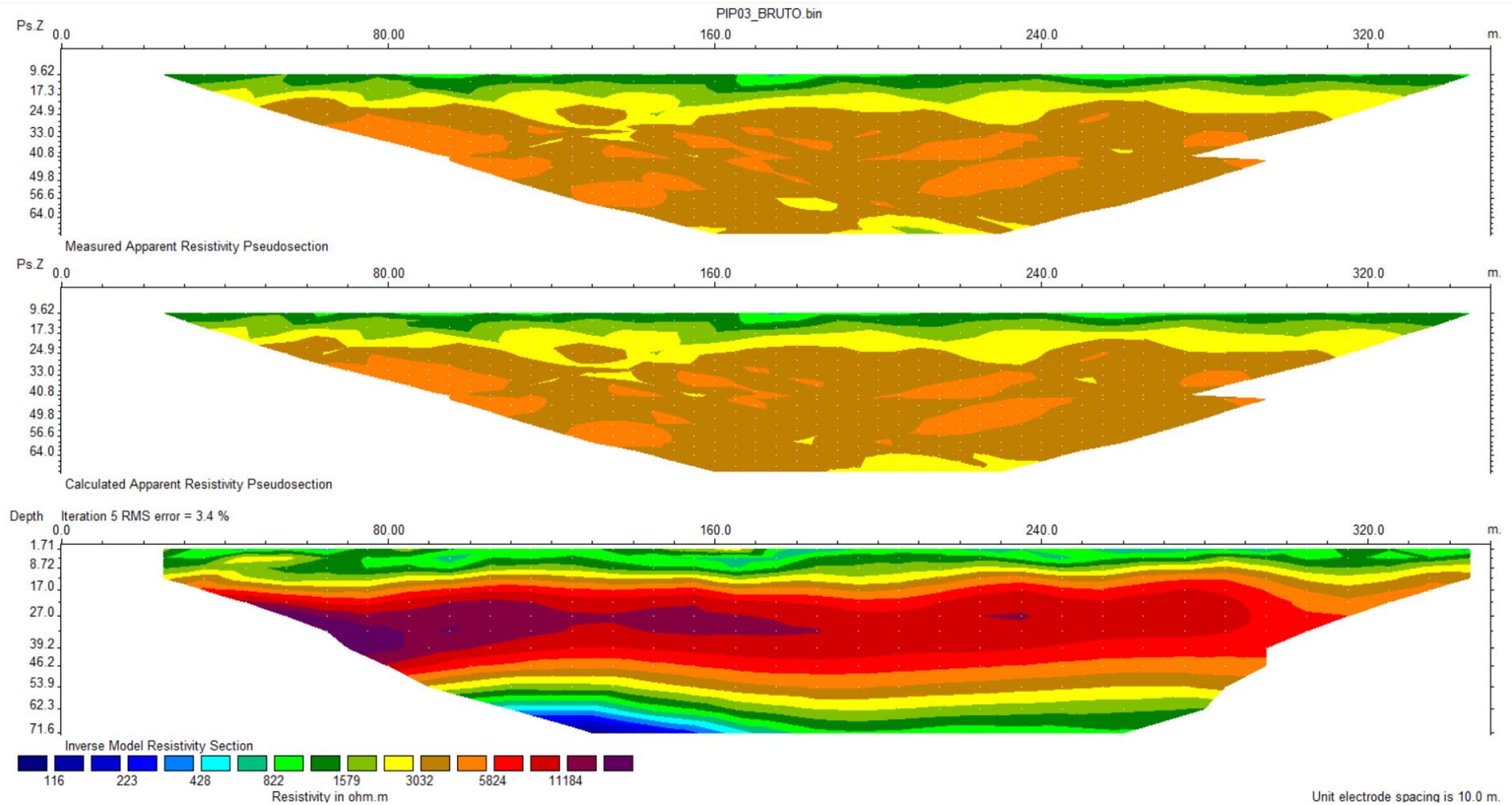
**Figura 60** - Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 204/593] resistividade média (background) = 6000 Ohm.m.

# PAR 02



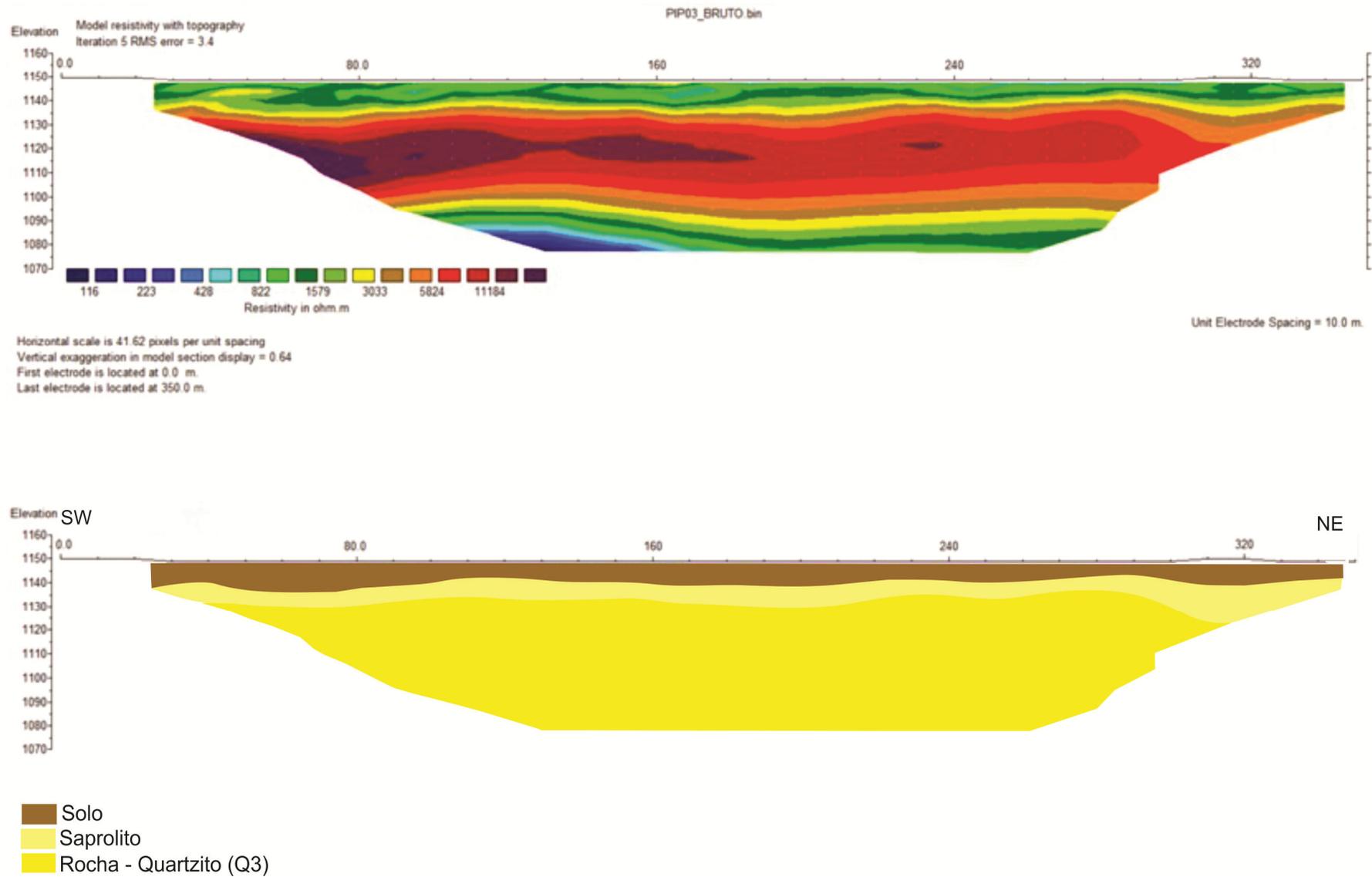
**Figura 61** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

## PIP-03



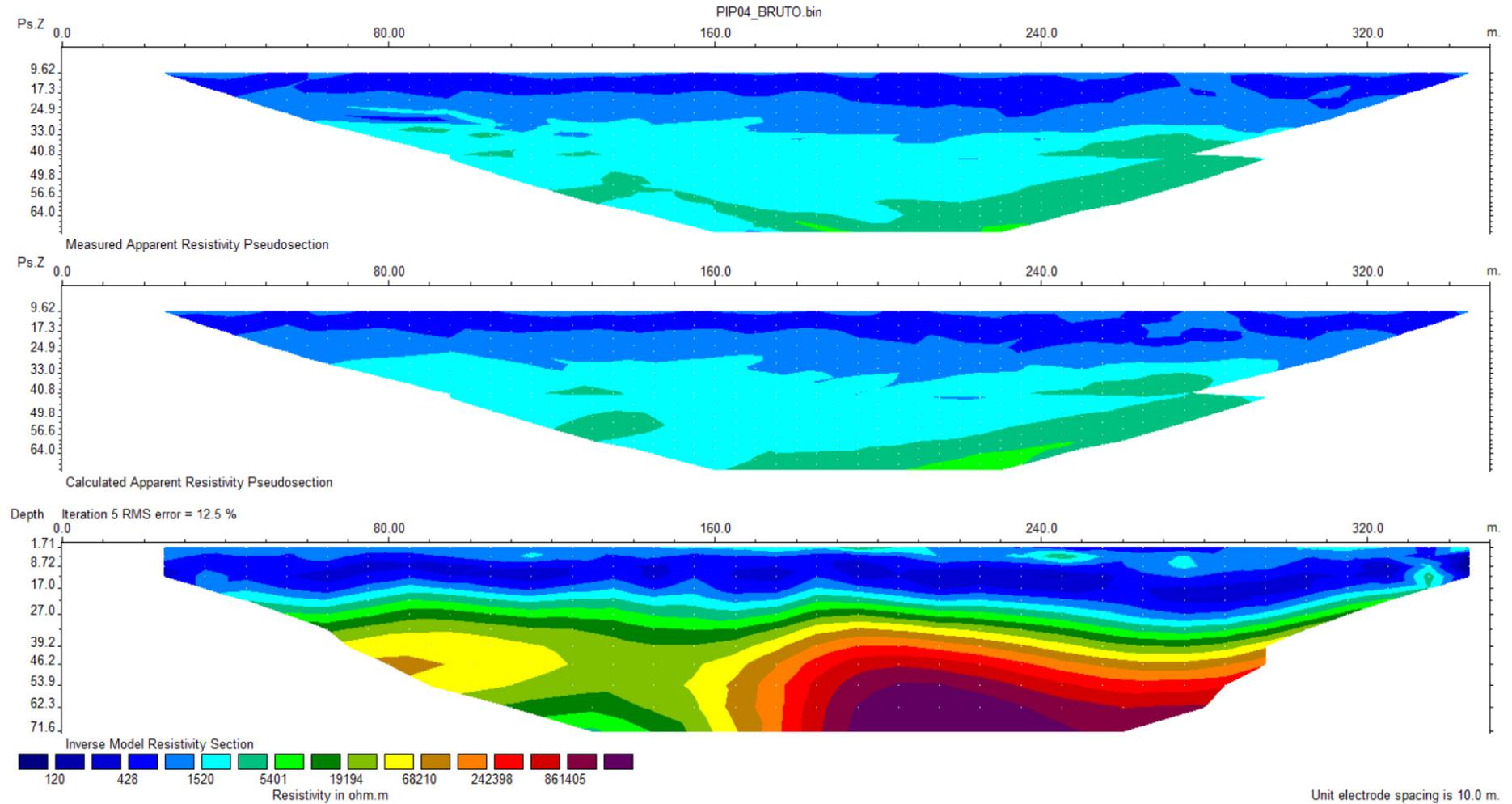
**Figura 62** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# PIP 03



**Figura 63** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-geológica.

## PIP-04



**Figura 64** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (background) = 6000 Ohm.m.

# PIP 04

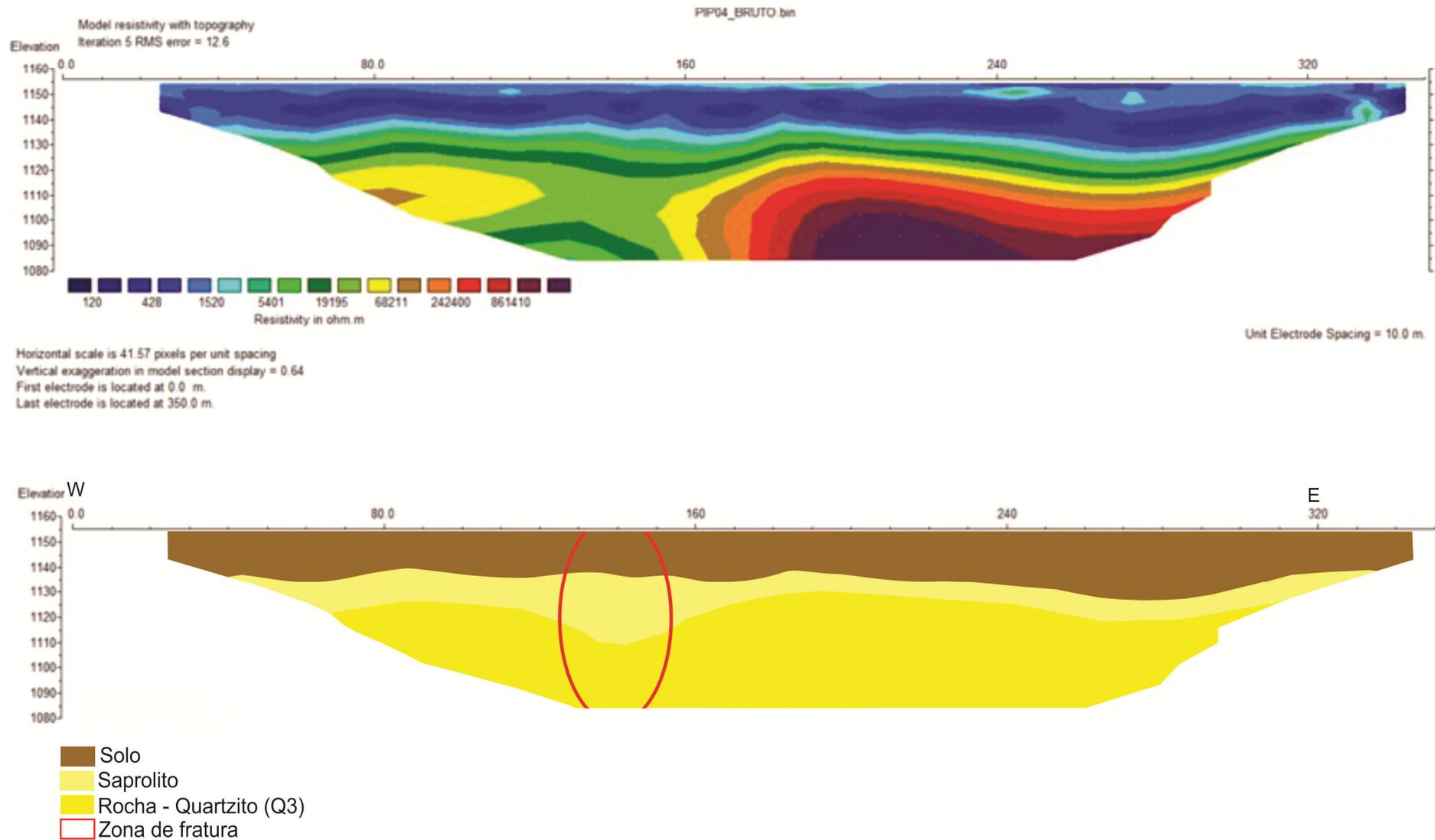
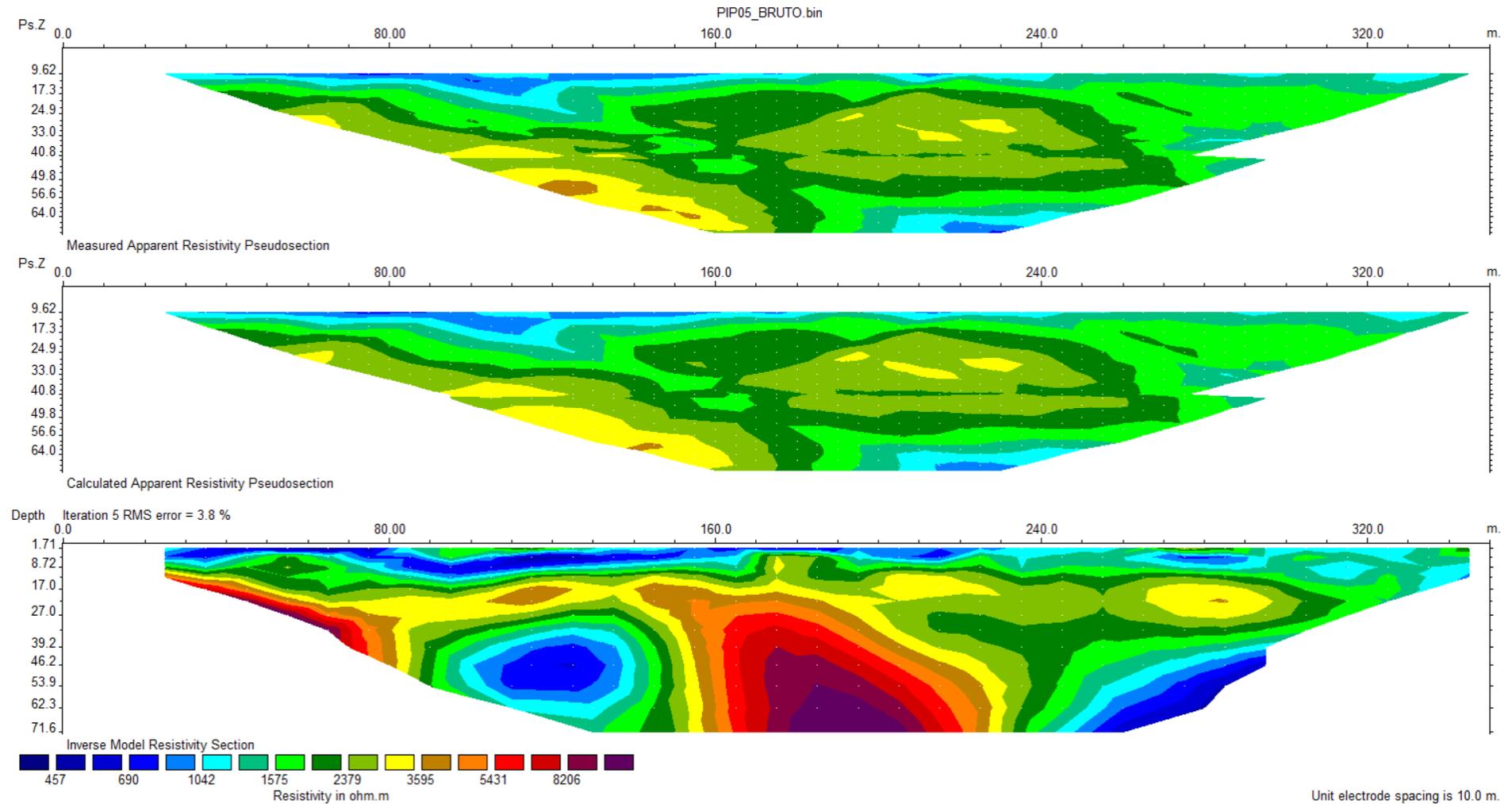


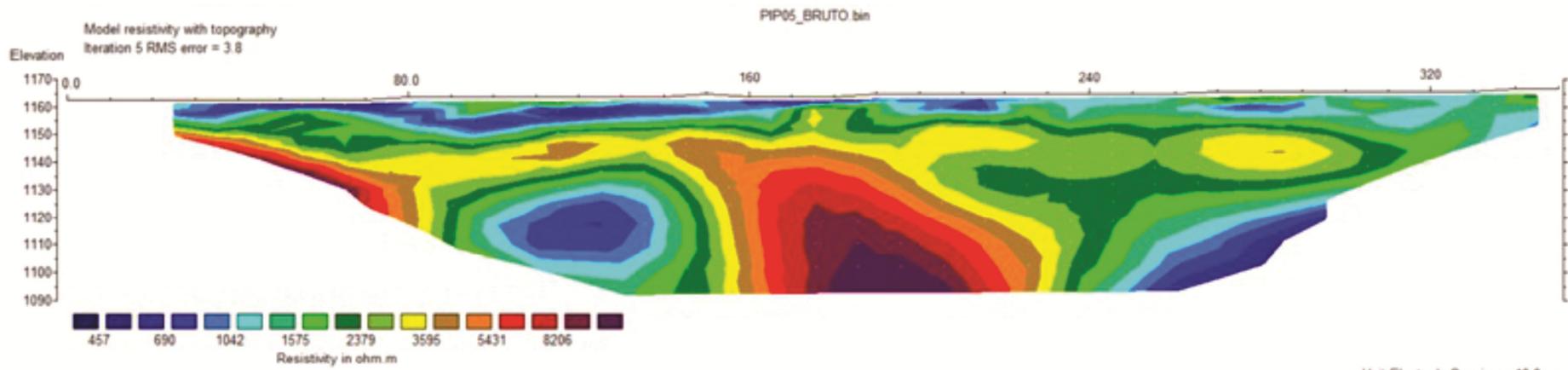
Figura 65 - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-litológica.

## PIP-05

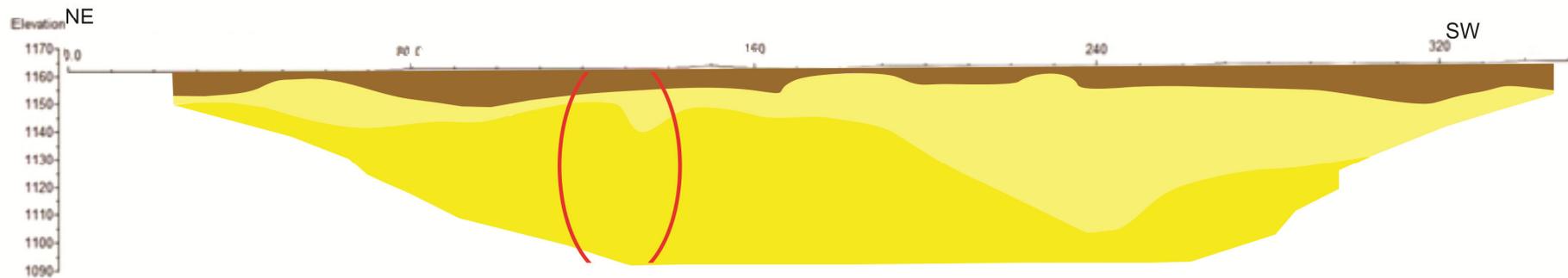


**Figura 66** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# PIP 05



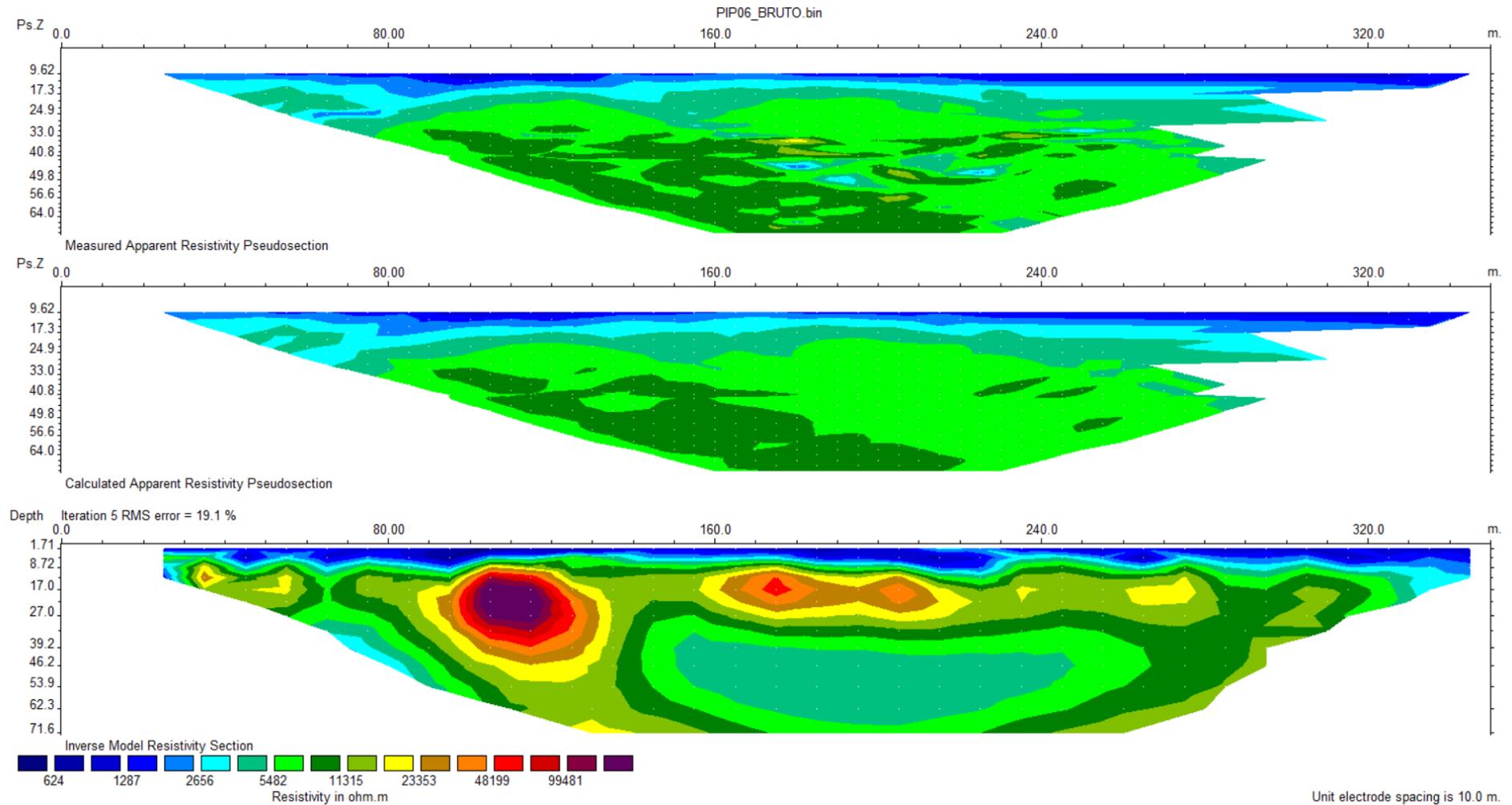
Horizontal scale is 41.64 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.64  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 350.0 m.



- Solo
- Saprolito
- Rocha - Quartzito (Q3)
- Zona de fratura

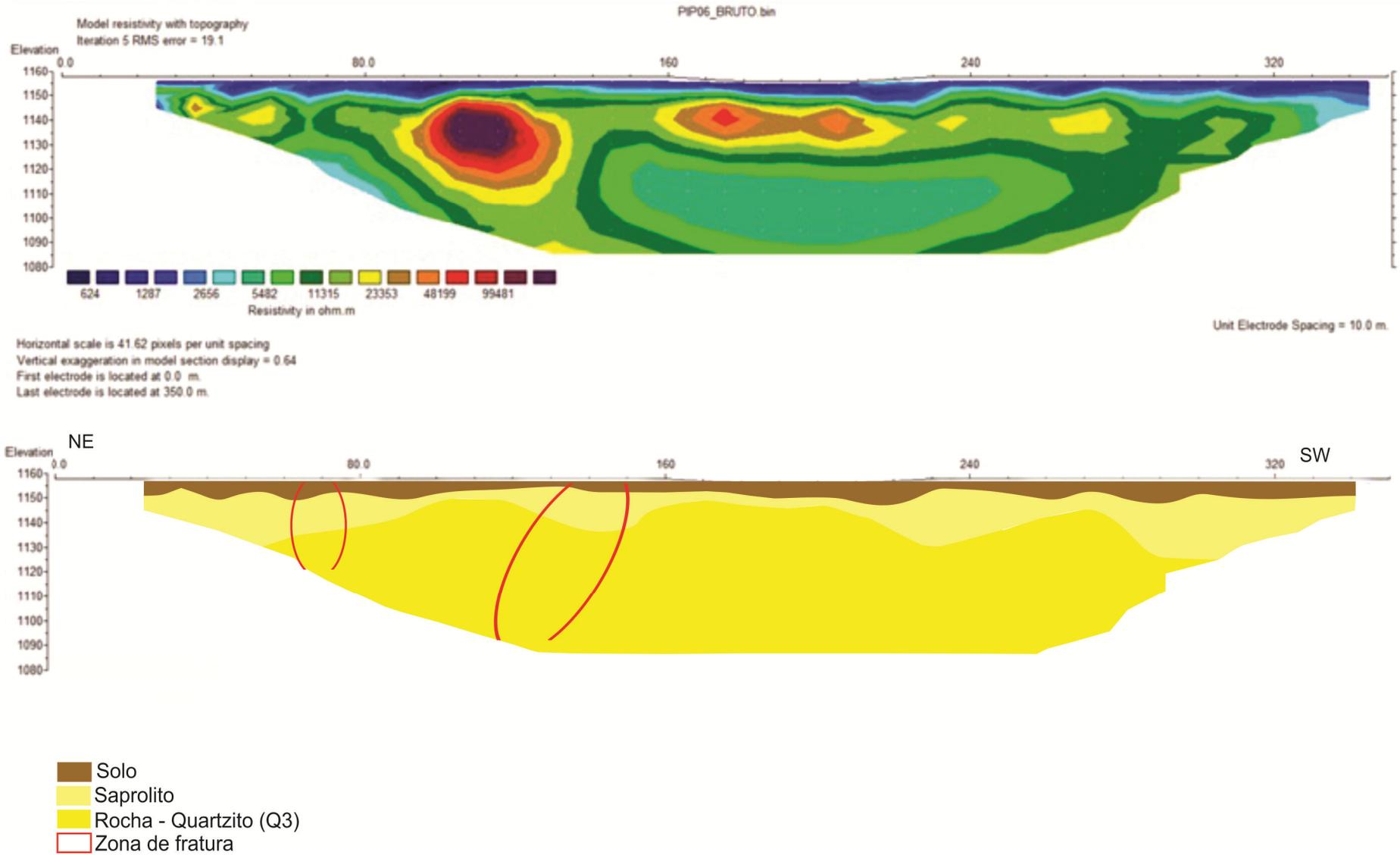
**Figura 67** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-litológica.

## PIP-06



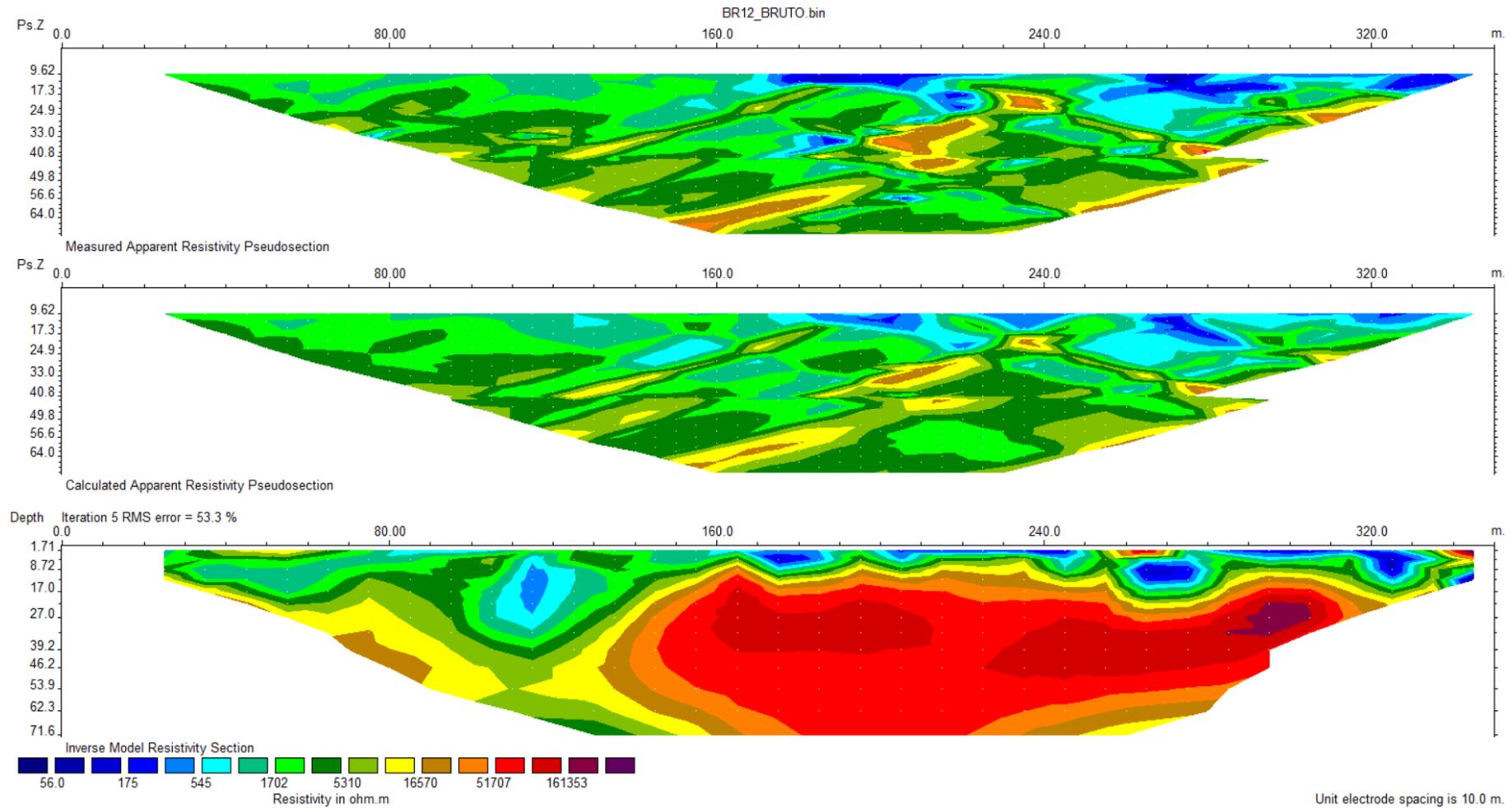
**Figura 68** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 529/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# PIP 06



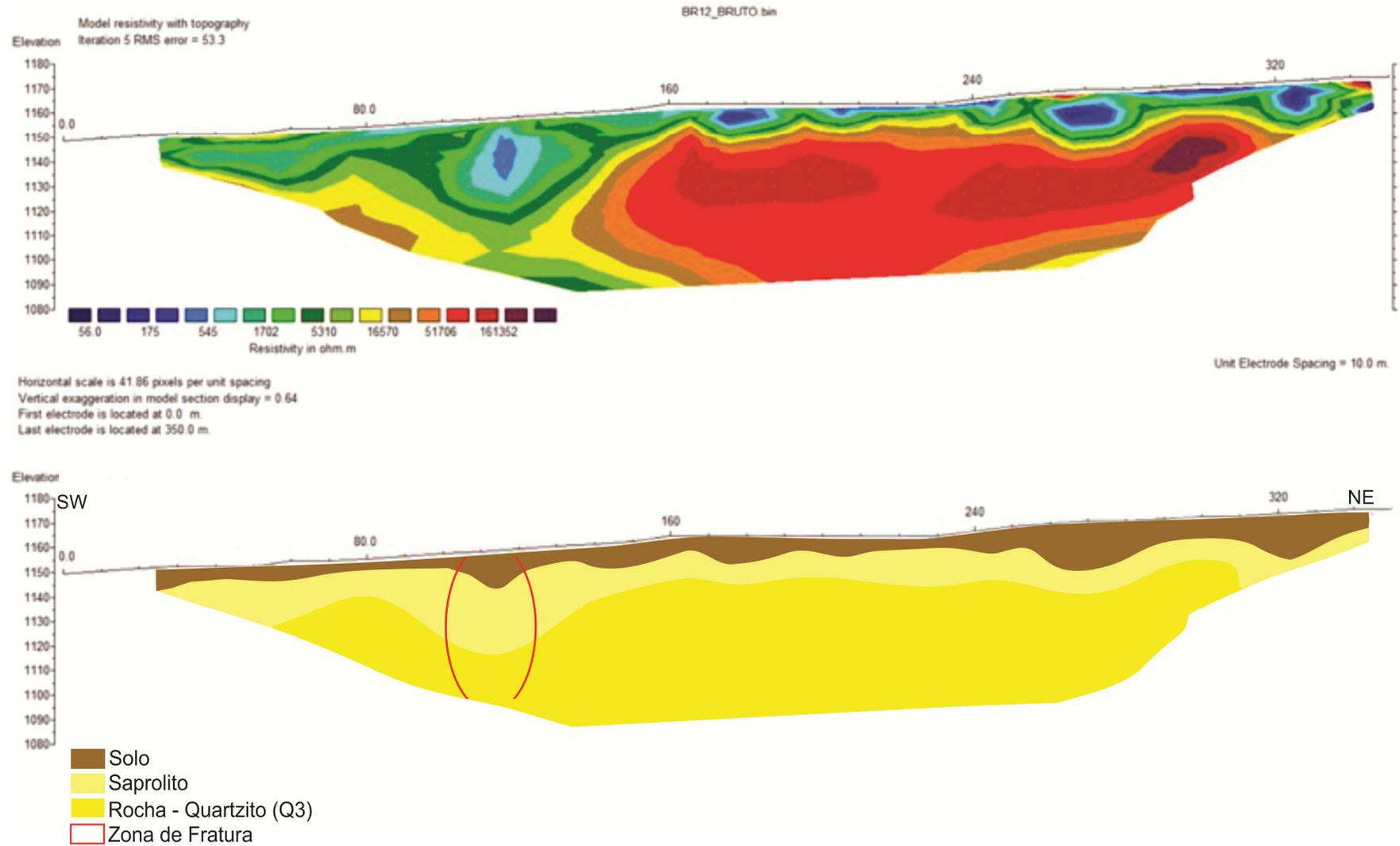
**Figura 69** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-litológica.

## BR-12



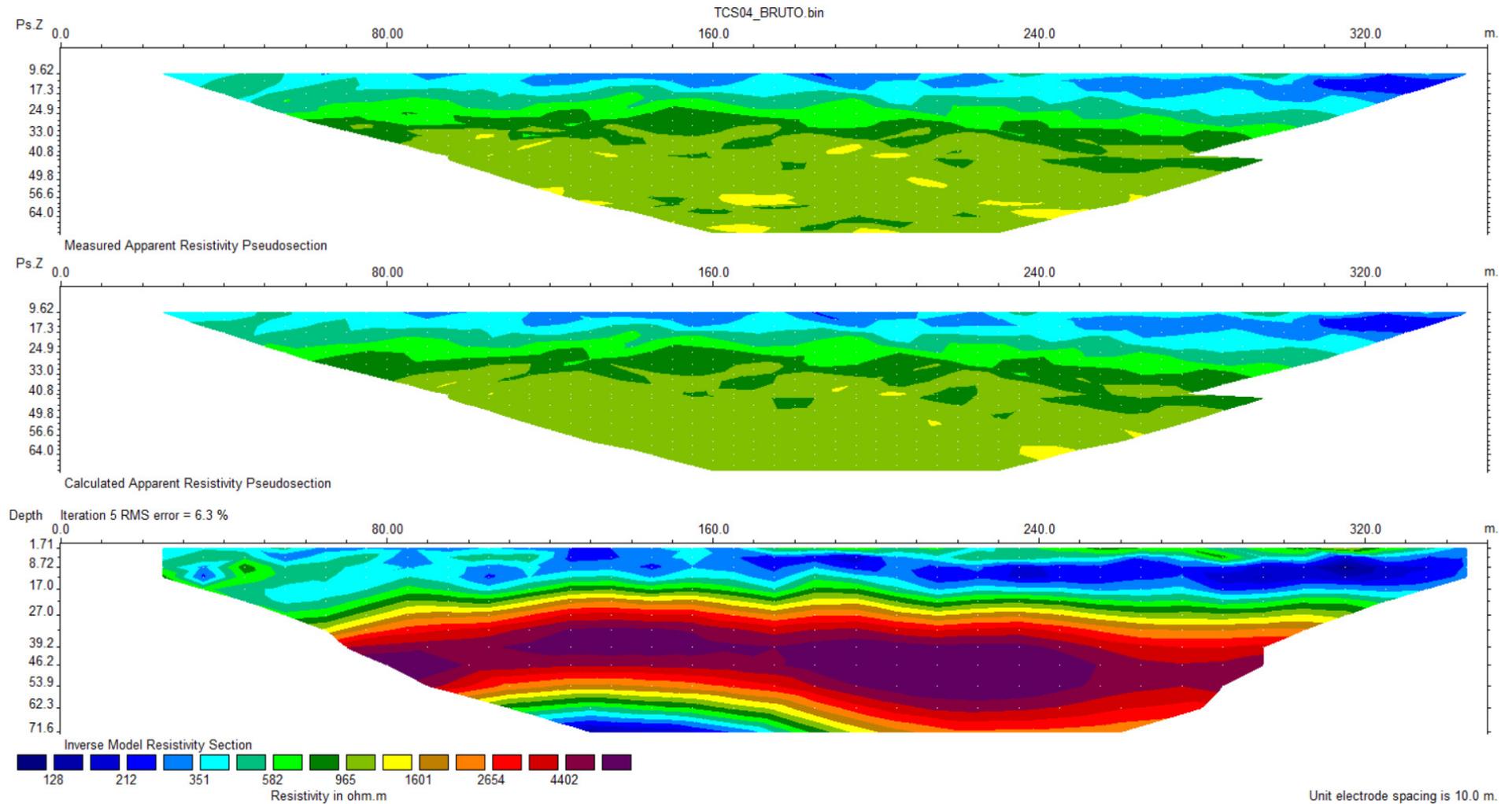
**Figura 70** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# BR 12



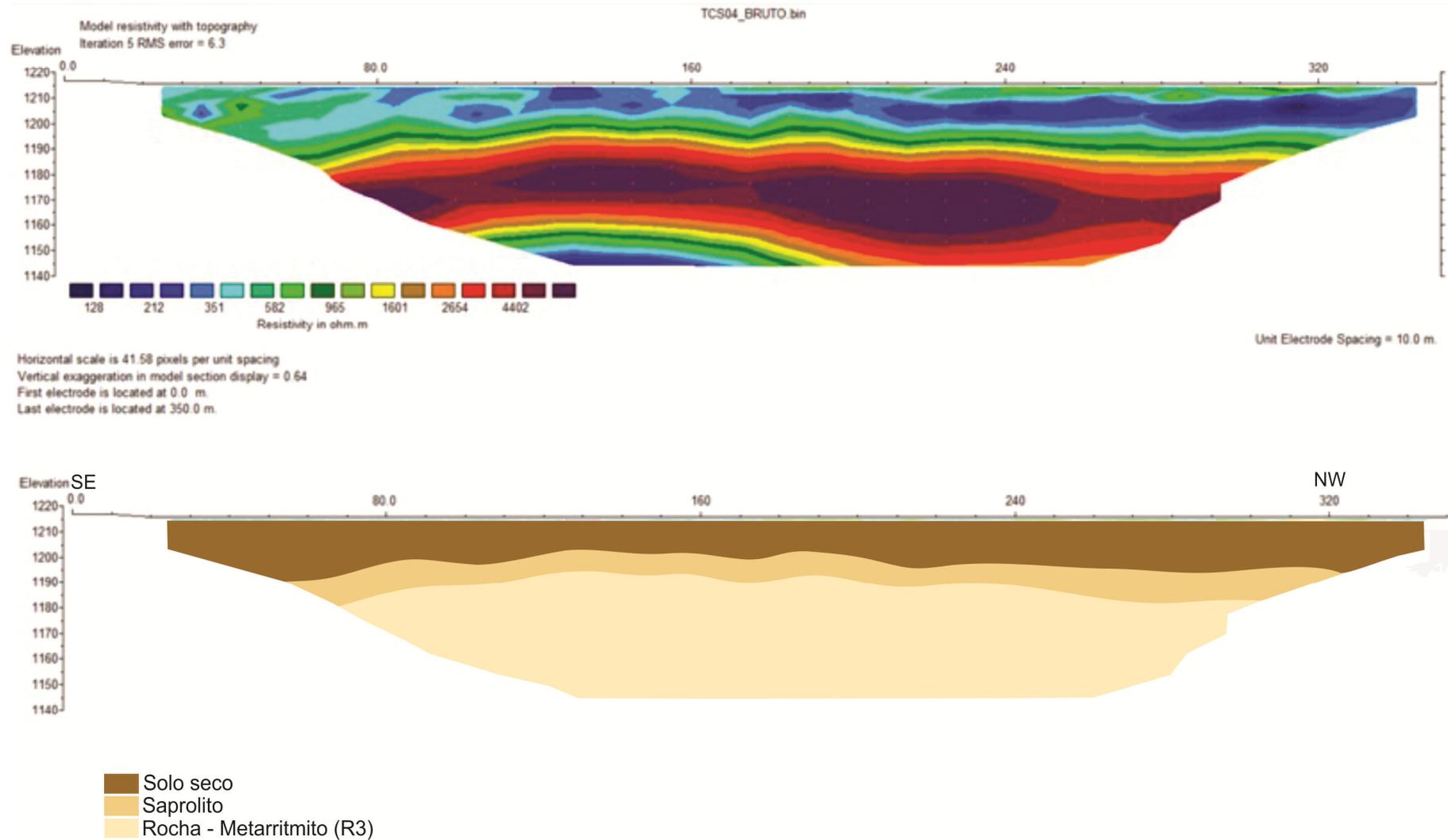
**Figura 71** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-litológica.

# TCS-04



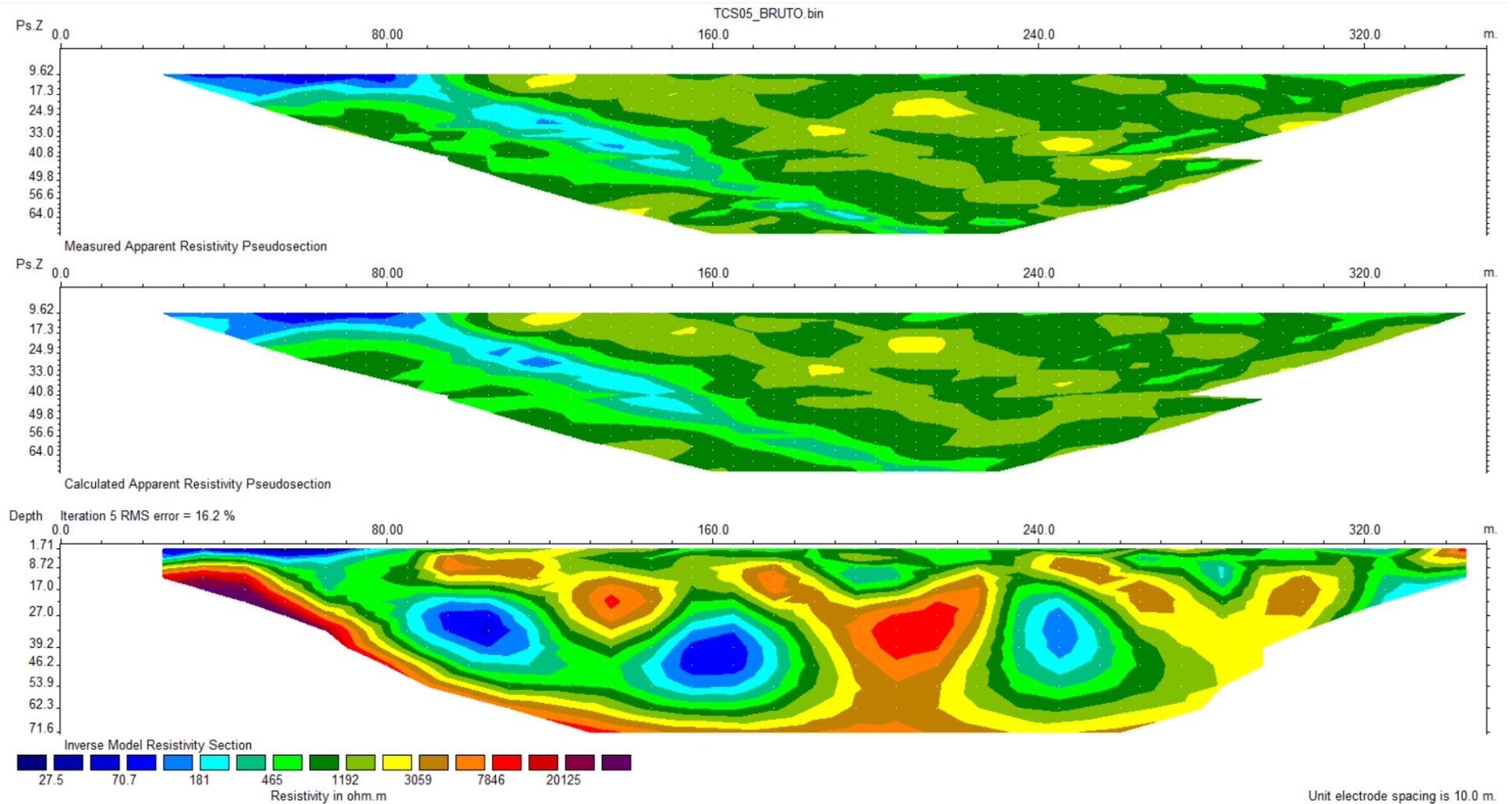
**Figura 72** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 593/593] resistividade média (*background*) = 6000 Ohm.m.

# TCS 04



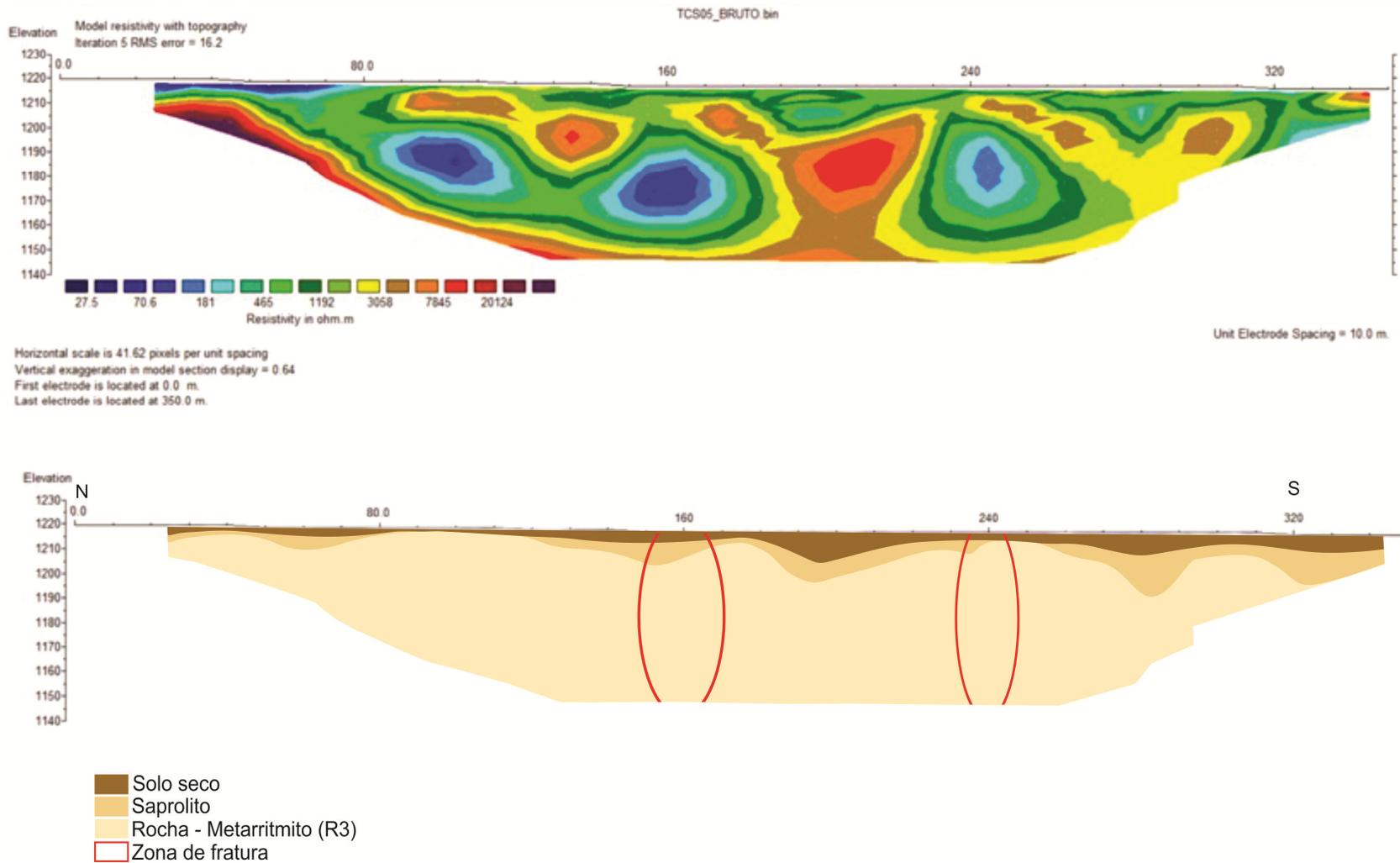
**Figura 73** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e interpretação pedo-litológica.

# TCS-05



**Figura 74** - a) Pseudo seção da resistividade aparente medida; b) Pseudo seção da resistividade aparente calculada; c) seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) [QA/QC- 591/593] resistividade média (background) = 6000 Ohm.m.

# TCS 05



**Figura 75** - Seção da resistividade do modelo de inversão (inversão por quadrados mínimos) com a topografia local e respectiva interpretação pedo-geológica.

## **ANÁLISE PRELIMINAR DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO**

A avaliação dos custos de instalação e operação de sistemas de abastecimento de água a partir de aquíferos deve incluir desde a construção dos poços, dimensionamento das redes de distribuição, instalação de redes elétricas dedicadas e energia para o bombeamento.

Neste item será realizada apenas uma avaliação preliminar incluindo os custos de construção de poços e interligação de energia e adutoras nas proximidades. Em muitos casos os custos mais elevados não estão associados à construção dos poços, mas à instalação das redes de energia elétrica e adutoras para aproveitamento da água.

Apenas como referência e para exemplificar aplica-se um custo individual de um poço com 150 metros de profundidade com 70 metros revestidos e com 6 polegadas de diâmetro final como de R\$ 75.000,00 (setenta e cinco mil reais). Considerando uma vazão média de 5 L/s (o que deverá ser facilmente alcançado em função do critério técnico da locação), com o bombeamento de 20 horas diárias pode-se alcançar a produção de 50 L/s com doze poços. Assim, para a instalação destes poços (a um valor estimado de R\$ 900.000,00 - novecentos mil reais) com um complemento de R\$ 600.000,00 (seiscentos mil reais) para as instalações hidráulicas e elétricas, estima-se que com R\$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais) seja possível instalar esta produção hídrica para momentos críticos de escassez, complementação do abastecimento, ou viabilização de expansões urbanas com interesse social. Esta estimativa é para poços locados próximos à rede de energia e às adutoras de água, entretanto, pode haver elevação considerável para os casos em que a infraestrutura elétrica e hídrica não estiver disponível próximo aos pontos de locação dos poços.

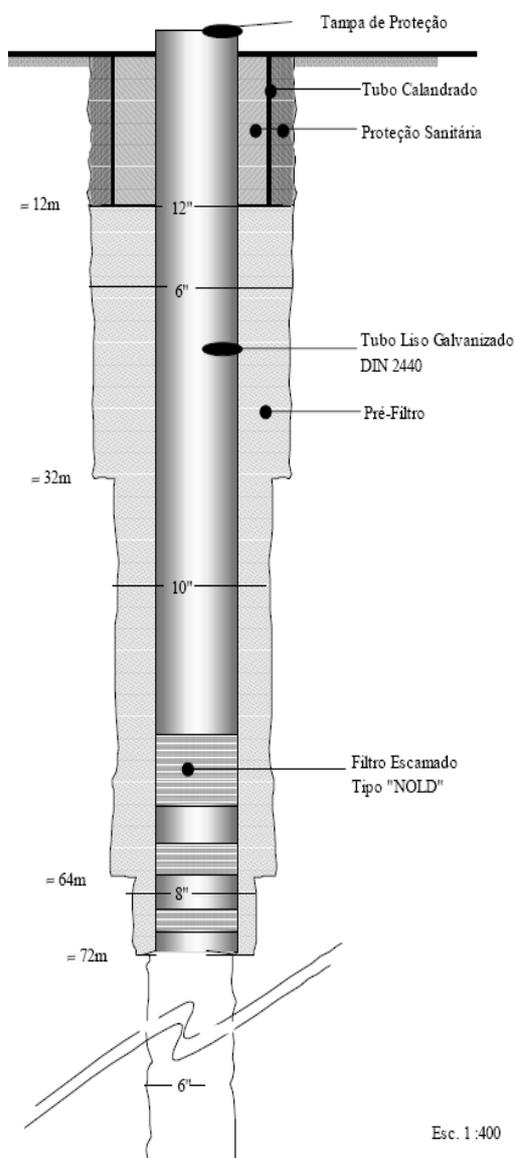
Um aspecto que eleva os custos de instalação, manutenção e operação de poços tubulares é a forma de contratação das empresas. Estima-se que tais custos possam ser minimizados caso a contratação seja feita por processos de pregões eletrônicos com a possibilidade de empresas instaladas em todo o território nacional e com a segmentação dos lotes de obras. O que se observa atualmente no mercado de construção de poços tubulares contratados pelo o serviço público (federal, estadual, municipal e distrital) é a elevação dos valores em patamares muito superior ao mercado doméstico. Tal sobrepreço pode alcançar mais de 80%, sem, contudo, se ter garantias da prestação de um serviço de grande qualidade o u de excelência.

O projeto básico de um poço tubular a ser construído no território do Distrito Federal deve considerar no mínimo os seguintes fatores:

- Perfuração inicial com 6 polegadas de diâmetro, e reabertura com diâmetros de 8 ou 10 polegadas na seção com solo, saprolito e rochas alteradas;
- Instalação de seção de revestimento e eventualmente filtro, e neste caso, colocação do pré-filtro,

- O revestimento deverá ser prioritariamente, de PVC geomecânico;
- Colocação do isolamento sanitário e laje de proteção. O espaço anelar entre a parede da perfuração e o revestimento deverá ser preenchido por argamassa, pelo menos nos 10 primeiros metros;
- Instalação de tubo-guia para monitoramento de nível sem a retirada da bomba e tubo edutor. O tubo-guia deve ser acoplado ao edutor de água;
- Na etapa final de construção do poço o teste de bombeamento de 24h deve ser realizado. Preferencialmente o teste deve ser do tipo escalonado com os seguintes intervalos: 4h 1ª etapa; 4h 2ª etapa e 16 h 3ª etapa.

A Figura 76 mostra ilustração esquemática de um projeto de poço similar ao que deverá ser instalado na região do Distrito Federal.



**Figura 76** - Projeto básico de poço tubular profundo ser aplicado na região do DF. A seção em que se deverá instalar a seção de revestimento-filtro não deve ser inferior a 75 metros. A profundidade estimada deverá variar entre 120 e 160 metros para a maior parte dos casos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das informações hidrogeológicas aplicadas ao Distrito Federal, incluindo vazões médias, dados hidrodinâmicos, incidência de poços de baixas vazões e área de distribuição indica que o Subsistema R<sub>3</sub>/Q<sub>3</sub> do Sistema aquífero Paranoá pode contribuir de forma significativa com o abastecimento público de água para a região. Os demais sistemas e subsistemas não apresentam condições hidrogeológicas para fornecer água em taxas mínimas para os sistemas produtores.

A estratégia proposta para maximizar o potencial econômico deste subsistema aquífero é a locação dos poços prioritariamente próxima a linhas de fornecimento de energia (para minimizar custos com instalações elétricas) e próxima a redes adutoras (para minimizar custos com instalação de interligações).

O conjunto de poços locados neste projeto deve ser considerado como mais uma ação de gestão de recursos hídricos na linha de ampliar a segurança para o abastecimento da população. A produção destes poços, quando efetivamente construídos, deverá ser integrada às redes adutoras existentes ou a novas redes que sejam instaladas.

Alternativamente a distribuição da água produzida pode ser realizada por caminhões-pipa, devidamente credenciados, em eventuais períodos de severa escassez ou para regiões rurais com sistema de abastecimento precário. As águas distribuídas desta forma também podem ser aplicadas para usos menos prioritários como irrigação, enchimento de piscinas e dessedentação de animais.

O uso do método geofísico elétrico de corrente contínua, com auxílio do Sistema Siscal, foi sensível a “ruídos culturais” durante a aquisição de campo. Duas configurações foram particularmente graves e impediu a própria aquisição dos dados: presença de cerca de arame farpado com estacas de concreto e postes de iluminação pública com fiação enterrada. No primeiro caso alguns eletrodos apresentaram resistência de contato muito elevada e no segundo, muitos eletrodos se apresentaram como abertos. Em alguns casos quando se depara com problema de “ruído cultural” durante a aquisição pode-se aumentar a penetração do eletrodo no solo e aumentar o volume de umidade com solução salina. Entretanto, em outros casos o problema não pode ser evitado e a seção deve ser realizada em local mais apropriado.

Sugere-se que alguns dos poços locados sejam efetivamente construídos para se verificar a eficiência dos métodos de locação e a viabilidade de uso dos aquíferos estudados.

Poços que estejam situados nas proximidades de áreas de produção agrícola podem ter sua produção revertida para irrigação, de forma a se minimizar a captação em mananciais superficiais em períodos de escassez. Para que os poços sejam efetivos nos sistemas de irrigação é necessário que sejam construídos reservatórios para que o volume de água seja regularizado

nos momentos de maior demanda pelas culturas. A vazão dos poços não é suficiente para a operação contínua dos sistemas de aspersão, sendo que parte do tempo de bombeamento deve ser destinada à recuperação dos níveis dos reservatórios. A melhor alternativa para a instalação dos reservatórios é na modalidade de piscinões, ou seja, caixas escavadas na própria superfície do terreno com revestimento com mantas de PVC.

A água subterrânea deve ser vista como um recurso estratégico para complementar o abastecimento, inclusive de forma permanente e não podendo ser utilizado apenas como um paliativo para solução temporária de problemas de abastecimento. A manutenção dos níveis freáticos dos aquíferos intergranulares rasos é fundamental para sustentar a vazão de base dos cursos d'água superficiais que é responsável por sua perenidade no período de recessão das chuvas.

Todos os sistemas de bombeamento de águas dos aquíferos, principalmente os de grandes volumes, devem ser monitorados de forma permanente para se avaliar de forma realista os efeitos dos rebaixamentos em longo período de tempo.

## REFERÊNCIAS

- ADASA. 2007. Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal - ADASA. Plano de Gerenciamento Integrado de recursos Hídricos do Distrito Federal - PGIRH. Disponível em: [www.pgirh.df.gov.br](http://www.pgirh.df.gov.br), acesso em 25 de maio de 2007.
- Amore, L. 1994. Fundamentos para uso e proteção das águas subterrâneas do Distrito Federal. Escola de Engenharia de São Carlos, Dissertação de Mestrado.
- Arraes, T.M.; Maia-Júnior, J.P.; Costa, P.N.; Rodrigues, L.S.; Sousa, V.H.V. 2005. Hidroquímica das águas subterrâneas profundas do Distrito Federal. Relatório de Estágio Supervisionado. (Instituto de Geociências, Universidade de Brasília). 16p.
- Barros, J.C.C. 1987. Geologia e hidrogeologia do Distrito Federal. In: Inventário hidrogeológico do Distrito Federal. (GDF/CAESB) Brasília DF. P. 79-330.
- Barros, J.G.C. 1994. Caracterização geológica e hidrogeológica do Distrito Federal. In: Cerrado, caracterização, ocupação e perspectivas. Pinto, M.N. (Org.). Brasília. Editora UnB/SEMATEC. 2<sup>a</sup> ed. p. 265-283.
- Cadamuro, A. L. M. 2002. Proposta, Avaliação e Aplicabilidade de Técnicas de Recarga Artificial em Aquíferos Fraturados para Condomínios Residenciais do Distrito Federal. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Dissertação de Mestrado, 130p.
- Cadamuro, A.L.M. & Campos, J.E.G. 2005. Recarga artificial de aquíferos fraturados no Distrito Federal: uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos. Revista Brasileira de Geociências, 35(1):89-98.
- Cadamuro, A.L.M., Campos, J. E. G., Tröger, U. 2002. Artificial recharge in fractured rocks? An example from the Federal District of Brazil for the sustainability of the system. Proceedings do 4 Inter. Symposium on Artificial Recharge. Adelaide, v. 1, p.56 - 60.

- Campos, J. E. G. & Freitas-Silva, F. H. 1998. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: *Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal*, Brasília, IEMA / SEMATEC / UnB, p. 1-84, (Vol. IV Relatório Técnico).
- Campos, J.E.G. & Freitas-Silva, F.H. 1999. Arcabouço hidrogeológico do Distrito Federal. In: XII Simp. Geol. Centro-Oeste. Boletim de Resumos. Brasília. 113p.
- Campos, J.E.G. & Freitas-Silva, F.H. & Moura, C.O. 2018. Avaliação de aquíferos favoráveis para complementação do abastecimento de água e locação de poços tubulares profundos na região noroeste do Distrito Federal - Brazlândia: áreas não atendidas pelo sistema integrado de abastecimento de água Descoberto - Santa Maria / Torto. Brasília: ADASA, UNESCO. Relatório Interno, Inédito.
- Campos, J.E.G. & Tröger, U. 2000. Groundwater Occurrence in Hard Rocks in the Federal District of Brasilia A Sustainable Supply?. In: Sililo, Groundwater: Past Achievements and Future Challenges, Proc. of XXX I.A.H. Congress. Cape Town, South Africa, Balkema, pp. 109-113.
- Campos, J.E.G. 2004. Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(1):41-48.
- Campos, J.E.G., Xavier, T.O., Freitas-Silva, F.H. 2016. Registros de atividade neotectônica no Distrito Federal. *São Paulo, Geociências* 35(2):203-219.
- Carmelo, A.C. 2002. Caracterização de aquíferos fraturados por integração de informações geológicas e geofísicas. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado, 179p.
- Castanheira, D. 2016. Enquadramento dos corpos hídricos subterrâneos do Distrito Federal: parâmetros hidrogeológicos e ambientais. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 78p. (Dissertação de Mestrado).
- Correa, P.M. Critérios para determinação de vazões outorgáveis em mananciais subterrâneos: aplicação no Distrito Federal. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 83p. (Dissertação de Mestrado).
- Costa, W.D. 2000. Uso e Gestão de Água Subterrânea. In: *Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*. Feitosa, F.A.C. & Manoel, Filho J. (Coord.). Fortaleza-CE. CPRM/REFO, LABHID-UFPE. p. 341-367.
- Elis, V.R. 1998. Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro - SP, 264p.
- Faria, A. 1995. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança - Alto Paraíso de Goiás. Brasília. 199p. (Tese de Doutorado, IG/UnB).
- Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. 1998. Geologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB. Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília. Vol.1, parte I. 86p.
- Gallas, J.D.F. 2000. Principais métodos geoeletricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro - SP, 258p.
- Gonçalves, T.D. 2007. Geoprocessamento como ferramenta para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos na região do Distrito Federal. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 225p. (Dissertação de Mestrado).

- Gonçalves, T.D. 2012. Sistema de Informação Geográfica para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos no Distrito Federal. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 112p. (Tese de Doutorado).
- Joko, C.T. 2002. Hidrogeologia a Região de São Sebastião - DF: Implicações para a Gestão do Sistema de Abastecimento de Água. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 158p. (Dissertação de Mestrado).
- Loke, M.H., 2004. Res2Dinv versão 3.54 for Windows 98/Me/2000/NT/XP. Rapid 2D Resistivity & IP Inversion using the least-squares method. Software Manual. 133 p. Disponível em: <http://www.goelectrical.com>
- Lombardi-Neto, F.; Bellinazzi Júnior, R.; Galeti, P.A.; Bertolini, D.; Lepsch, I.F.; Oliveira, J.B. 1989Nova abordagem para o cálculo de espaçamento entre terraços. Simpósio sobre terraceamento agrícola. Campinas. Fundação Cargill. p. 99-124.
- Lousada, E.O. 1999. Estudos Geológicos e Geofísicos Aplicados a Locação de Poços Tubulares Profundos em Aquíferos Fraturados na Região do Distrito Federal. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado, 107p.
- Lousada, E.O. & Campos, J.E.G. 2005. Proposta de modelos hidrogeológicos conceituais aplicados aos aquíferos da região do Distrito Federal. Revista Brasileira de Geociências, 35(3):407-414.
- Lousada, E.O. 2005. Estudos hidrogeológicos e isotópicos no Distrito Federal: Modelos conceituais de fluxo. Brasília-DF. 124p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- Mendonça, A.F. 1993. Caracterização da erosão subterrânea nos aquíferos porosos do Distrito Federal. Anexo 3a: Reservas de água de superfície do Parque Nacional de Brasília. Brasília. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 154p. (Dissertação de Mestrado - inédita).
- Moraes, L.L. 2004. Estudo do rebaixamento de lagoas cársticas no Distrito Federal e entorno: a interação hidráulica entre águas subterrâneas e superficiais. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 128p.
- Novaes Pinto, M. 1994a. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: Novaes Pinto, M. (org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília. Editora UnB. 2ª ed.. p. 285-320.
- Novaes Pinto, M. 1994b. Paisagens do cerrado no Distrito Federal. In: Novaes Pinto, M. (org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília. Editora UnB. 2ª ed.. p. 511-542.
- Nunes, M.D.X. 2016. Estudo da capacidade de infiltração em sistemas de recarga artificial de aquíferos contaminados no Distrito Federal. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 73p. (Dissertação de Mestrado).
- Queiroz, M.L. 2015. Nascentes, Veredas e Áreas Úmidas: Revisão Conceitual e Metodologia para Caracterização e Determinação: Estudo de Caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas - Distrito Federal. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 148p. (Dissertação de Mestrado).
- Romano, O. & Rosas, J.G.C. 1970. Água subterrânea para fins de abastecimento de água e irrigação no Distrito Federal. In: Congresso Brasileiro Geologia, 24. 1970. Anais..., Brasília, SBG. p.313-333.
- Sartori, A. 2004. Avaliação da classificação hidrológica do solo para determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos. Universidade de Campinas, Campinas - SP, dissertação de Mestrado, 159p.

- Souza, M.M. 2013. Determinação das áreas de recarga para a gestão do sistema aquífero fissuro-cárstico da região de São Sebastião/DF. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 73p. (Dissertação de Mestrado).
- Souza, M.T. 2001. Fundamentos para Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 94p. (Dissertação de Mestrado).
- Telford, W.M.; Geldart, L.P.; Sheriff, R.E., 1990. Applied Geophysics. Second Edition, Cambridge University Press, United Kingdom, 770p.
- Ward, O.S.H. 1990. Resistivity and Induced Polarization Methods. Geotechnical and Environmental Geophysics, Volume 1: Review and Tutorial. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, OK, p. 147-189.
- Zoby, J.L.G. 1999. Hidrogeologia de Brasília - DF. Bacia do Ribeirão Sobradinho. São Paulo. Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências (Dissertação de Mestrado - inédita).

## **RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

José Eloi Guimarães Campos  
**Geólogo, Doutor, Especialista em Hidrogeologia**

Flávio Henrique Freitas e Silva  
**Geólogo, Doutor, Especialista em Meio Ambiente**

Cristiane Oliveira Moura  
**Geóloga, Mestre, Especialista em Geoprocessamento**

## **COLABORADORES** (Aquisição de dados Geofísicos)

Amanda Almeida Rocha  
**Geofísica**

André Gomes Walczuk  
**Geólogo**

Lucas Santos Batista Teles  
**Geólogo**