



STATKRAFT ENERGIAS RENOVÁVEIS S/A



ESTUDO GEOFÍSICO PARA DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DE SOLO

GeoEnvi Geologia e Meio Ambiente LTDA
Rua Padre Roma, 482, Premier Office Center, Sala 909,
Centro, Florianópolis, SC.
Tel. (48)3028-5741 | contato@geoenvi.com.br

Florianópolis, 09 de agosto de 2018.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVO	2
3. LOCALIZAÇÃO	2
4. METODOLOGIA	1
4.1. Sequência de Estudos	1
4.2. Trabalhos de Campo e Escritório	1
4.3. Levantamento Geofísico - Eletrorresistividade	2
5. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO	4
5.1 CLIMA.....	4
5.2 GEOMORFOLOGIA.....	5
5.3 GEOLOGIA.....	5
5.3.1. Litologias	5
5.3.2. Estruturas	7
6. ESTUDO GEOFÍSICO - RESULTADOS OBTIDOS	7
6.1. Resultados do levantamento geofísico – Eletrorresistividade	9
Caminhamento Elétrico 11 – CE-11	9
Caminhamento Elétrico 12 – CE-12	11
Caminhamento Elétrico 13 – CE-13	13
Caminhamento Elétrico 14 – CE-14	15
7. ANÁLISE DOS DADOS GEOFÍSICOS E CONCLUSÕES	17
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

ESTUDO GEOFÍSICO PARA DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DE SOLO, STATKRAFT ENERGIAS RENOVÁVEIS S/A

1. INTRODUÇÃO

Métodos elétricos são comumente utilizados em pesquisas visando a investigação do subsolo, pois se tratam de métodos não destrutivos, de baixo custo e rápida execução que trazem excelentes resultados. Através da investigação geofísica é possível determinar a espessura do solo, a profundidade do topo rochoso, o nível freático, as estruturas e a morfologia das camadas litológicas.

2. OBJETIVO

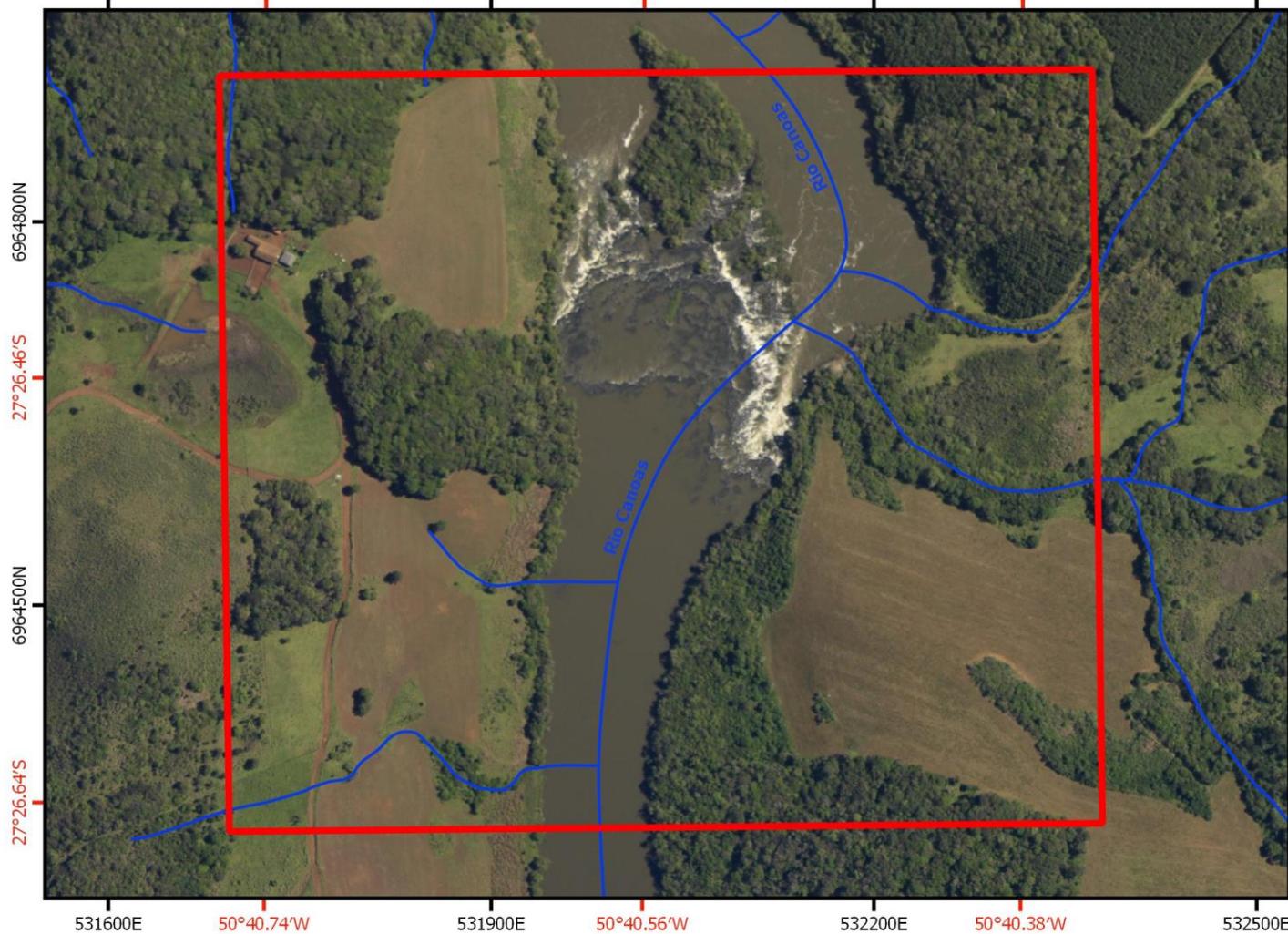
O objetivo do presente estudo foi realizar o levantamento, o processamento e a análise geofísica do subsolo, utilizando métodos elétricos - eletrorresistividade (Caminhamento Elétrico), com ênfase para a obtenção da espessura das camadas de solo e para a profundidade e morfologia das camadas litológicas, em áreas de pesquisa geológica de interesse para **Statkraft Energias Renováveis S/A**, localizada entre as cidades de São José do Cerrito e Curitibanos, Santa Catarina.

3. LOCALIZAÇÃO

Municípios vizinhos, São José do Cerrito e Curitibanos estão localizados no centro-oeste do estado de Santa Catarina, na região metropolitana de Lages. A área de estudo se situa ao norte no município de São José do Cerrito e ao sul em Curitibanos, as margens do Rio Canoas, próximo ao distrito de Santa Cruz do Pery, conforme mapa de localização.

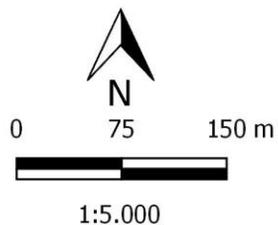
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, SÃO JOSÉ DO CERRITO E CURITIBANOS - SC

STATKRAFT ENERGIAS RENOVÁVEIS S/A



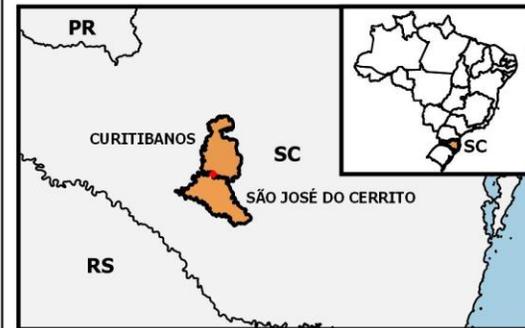
Legenda

-  Área de estudo
-  Hidrografia
-  Massa d'água
-  Rodovias estaduais e federais



Base Cartográfica:
 IBGE - Malha Municipal e Hidrografia
 SDS/SC - Ortofotos e hidrografia
 DEINFRA - Rodovias

Datum horizontal: SIRGAS 2000
 Datum vertical: Marégrafo de Imbituba-SC
 Projeção UTM fuso 22 Sul



GeoEnvi
 Geologia e Meio Ambiente
 Responsável técnico:

Alexandre Menezes Guedes Junior

Alexandre Menezes Guedes Junior
 Geólogo, Dr. CREA/SC 056704-5

Elaboração do Mapa
 06/08/2018
 Julia Maria Heiden

4. METODOLOGIA

4.1. Sequência de Estudos

- Análise de imagens orbitais;
- Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade – Caminhamento Elétrico;
- Vistoria de campo;
- Processamento dos dados geofísicos;
- Análise dos dados e interpretação;
- Confecção dos mapas, perfis e relatório técnico.

4.2. Trabalhos de Campo e Escritório

Coordenação: GeoEnvi Geologia e Meio Ambiente.

Estudos, Processamento dos dados geofísicos e Relatório: Alexandre Menezes Guedes Jr, Geólogo – CREA-SC 056704-5;

Geoprocessamento: Lohana Bratlieri – Acadêmica de Engenharia Civil;

Julia Maria Heiden – Acadêmica de Geologia.

Equipamentos utilizados: Resistímetro, conversor de voltagem, bateria, trena, bússola tipo Brunton, GPS e máquina fotográfica digital.

4.3. Levantamento Geofísico - Eletrorresistividade

Entre os métodos indiretos de investigação de subsolo mais comuns estão os métodos geofísicos, considerados métodos não invasivos ou não destrutivos, onde se tem a informação subsuperficial através da aquisição e interpretação de dados instrumentais.

Os métodos geofísicos elétricos são divididos em métodos de eletrorresistividade e eletromagnéticos. Tais métodos são utilizados para medir a resposta do meio geológico à excitação por campos elétricos ou magnéticos de origem natural ou artificial.



Figura 1. Levantamento geofísico de eletrorresistividade em campo.



Figura 2. Equipamentos utilizados – resistímetro, conversor de voltagem e bateria.

A eletrorresistividade baseia-se no fato de que o solo e as rochas, em função de suas composições mineralógicas, texturais e disposições, apresentam a propriedade da resistividade elétrica. Como a água também possui a propriedade elétrica da resistividade, torna-se possível mapear a ocorrência e a profundidade do nível freático no subsolo.

O método é realizado estabelecendo-se uma corrente elétrica no solo por meio de um par de eletrodos e verificando-se o potencial resultante por outro par de eletrodos (figura 3). A corrente elétrica de intensidade **I**, transmitida por um par de eletrodos denominados **A** e **B**, aos quais está conectada uma fonte de corrente. Mede-se a diferença de potencial (ΔV) entre dois eletrodos de recepção denominados **M** e **N**. A partir daí, pode-se calcular a resistividade aparente do meio geológico. As disposições destes eletrodos recebem o nome de “arranjos”, destacando-se os seguintes: Schlumberger, Wenner, Dipolo-dipolo, Polo-dipolo, Polo-polo, entre outros.

Os arranjos mais amplamente difundidos e utilizados neste estudo são o arranjo Dipolo-Dipolo e Schlumberger que são utilizados para as técnicas de “Caminhamento Elétrico - CE” e “Sondagem Elétrica Vertical - SEV”, respectivamente.

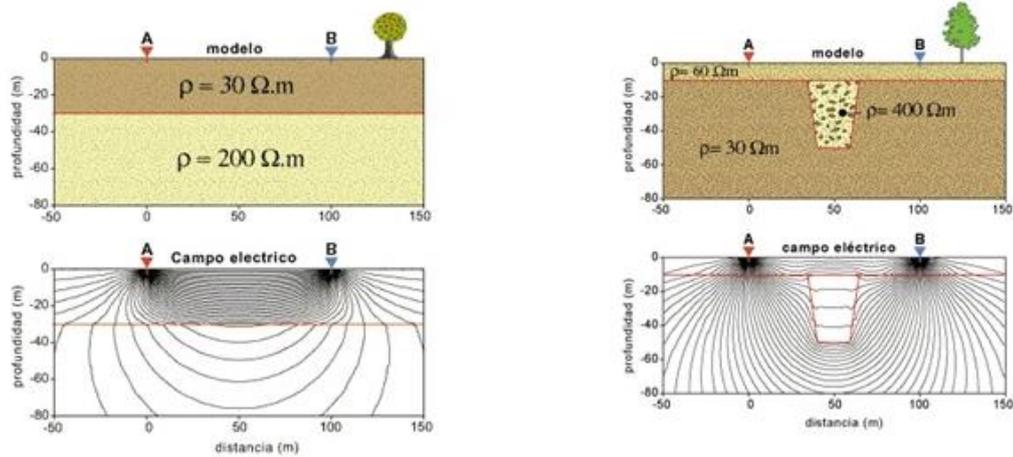


Figura 3. Desenho esquemático: geofísica de eletrorresistividade.

Após os estudos iniciais, considerando as limitações impostas pelo terreno, definiu-se os locais onde foram realizadas as linhas do Caminhamento Elétrico (CEs). Os produtos gerados são perfis geoeletricos 2D do subsolo, que auxiliam no reconhecimento do litotipo, das feições estruturais, da espessura do solo, da profundidade do topo rochoso e da ocorrência de água subterrânea.

5. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 CLIMA

São José do Cerrito possui um clima quente e temperado – Cfb, segundo a classificação de Köppen-Geiger (1918-1936). Apresenta uma pluviosidade média anual de 1570 mm, sendo julho o mês mais seco e janeiro o mês com a maior precipitação. A temperatura média anual do município é de 16,1 °C; as temperaturas mais altas ocorrem em janeiro, em média 20,6 °C, e as mais baixas temperaturas ocorrem em julho, em média 11,6 °C.

O município de Curitiba também possui um clima quente e temperado - Cfb, segundo a classificação de Köppen-Geiger (1918-1936). Apresenta uma pluviosidade média anual de 1676 mm, sendo julho o mês mais seco e janeiro

o mês com a maior precipitação. A temperatura média anual do município é de 15 °C; as temperaturas mais altas ocorrem em janeiro, em média 19,1 °C, e as mais baixas temperaturas ocorrem em julho, em média 10,5 °C. Fonte: pt.climate-data.org.

5.2 GEOMORFOLOGIA

São José do Cerrito e Curitiba possuem uma altitude média de cerca de 930 m acima do nível do mar.

Segundo CPRM (2016), a geomorfologia da região que abrange a área de estudo está contida em um domínio de colinas dissecadas e morros baixos (declividade de 5 – 20°). Conforme a caracterização do IBGE (2006), a área de estudo é classificada como domínio morfoestrutural Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas – Bacia do Paraná, mais especificadamente como compartimento de relevo Planalto das Araucárias e como domínio morfoclimático Planalto Subtropicais com Araucárias.

5.3 GEOLOGIA

5.3.1. Litologias

O levantamento geofísico foi realizado sob rochas ígneas vulcânicas, predominantemente basaltos, do Grupo Serra Geral, da Formação Gramado, contidas na Bacia do Paraná.

- **Bacia do Paraná**

Segundo Milani *et al.* (2007) A Bacia do Paraná é uma ampla região sedimentar do continente sul-americano que inclui porções territoriais do Brasil meridional, Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, totalizando uma área que se aproxima dos 1,5 milhão de quilômetros quadrados. O registro estratigráfico da Bacia do Paraná compreende um pacote sedimentar-magmático com uma espessura total máxima em torno dos

7 mil metros. Milani (1997) reconheceu no registro estratigráfico da Bacia seis unidades de ampla escala ou Superseqüências: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru.

Gondwana III – Supergrupo São Bento (J3k1sb)

É constituído pelos derrames basálticos do Grupo Serra Geral e por arenitos da Formação Botucatu, caracterizando o magmatismo fissural intracontinental e sedimentação eólica (CPRM, 2014).

Grupo Serra Geral (K1βsg)

É constituído por basaltos, basaltos andesitos, riodacitos e riolitos de filiação tholeítica, com arenitos intertrápicos Botucatu na base e litarenitos e sedimentos vulcnogênicos da porção mediana ao topo da seqüência. Subdivide-se em tais Formações: Campo Erê, Cordilheira Alta, Palmas, Chapecó, Campos Novos, Paranapanema e Gramado; a área de estudo corresponde a região onde aflora rochas da Formação Gramado (CPRM, 2014).

Formação Gramado (K1βgr)

Mesozóico, Cretáceo inferior (145 ~100,5 milhões de anos). Tratam-se de derrames basálticos onde predominam formas de lóbulos, melanocráticos cinza; horizontes vesiculares espessos e abundantes onde predominam zeolitas, carbonatos, apofilita e saponita, estruturas de fluxo e *pahoehoe*; intercalações frequentes com rochas sedimentares eólicas (intertrápicas) da Formação Botucatu (CPRM, 2014)

5.3.2. Estruturas

Segundo O'Leary (1976), um lineamento é uma feição linear mapeável da superfície cujas partes estão alinhadas numa relação retilínea ou levemente curvilínea que definem os padrões das feições adjacentes e que presumivelmente refletem um fenômeno de subsuperfície. Diz-se lineamentos negativos os que representam elementos como vales e lineamentos positivos os que representam elementos como cristas. Os lineamentos e suas direções preferenciais são detectáveis através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Na geologia, os lineamentos refletem elementos geológicos estruturais, tais como direções de falha, zonas de cisalhamento e sistemas de fraturas. O *trend* estrutural principal presente na região que compreende a área de estudo possui direção NE-SW, onde ocorrem falhas e/ou fraturas. Subordinadamente ocorrem falhas e/ou fraturas na direção N-S.

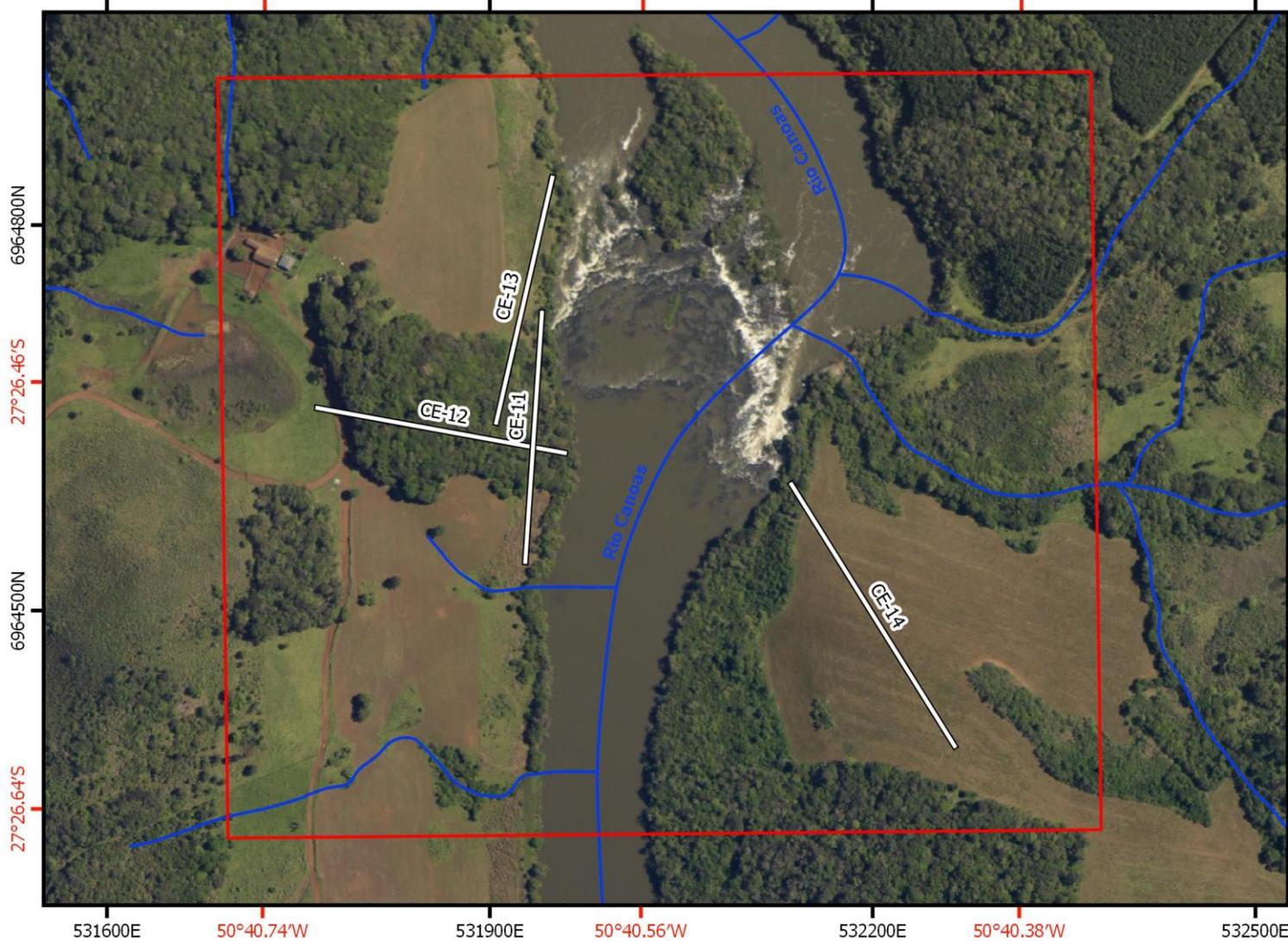
6. ESTUDO GEOFÍSICO - RESULTADOS OBTIDOS

Foram executados quatro Caminhamentos Elétricos (CEs), sendo que o CE-11, o CE-12 e o CE-13 possuem 195 m e o CE-14 possui 240 m, totalizando 825 m de levantamento.

No mapa a seguir é possível visualizar a disposição destes caminhamentos elétricos na área de estudo.

LOCALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO GEOFÍSICO, SÃO JOSÉ DO CERRITO E CURITIBANOS - SC

STATKRAFT ENERGIAS RENOVÁVEIS S/A



GeoEnvi
Geologia e Meio Ambiente
Responsável técnico:

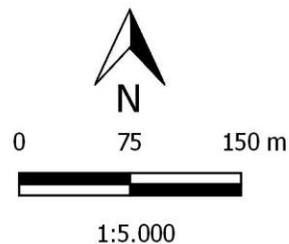
Alexandre Menezes Guedes Junior

Alexandre Menezes Guedes Junior
Geólogo, Dr. CREA/SC 056704-5

Elaboração do Mapa
06/08/2018
Julia Maria Heiden

Legenda

- Área de estudo
- Hidrografia
- Massa d'água
- Rodovias estaduais e federais
- Caminhamentos Elétricos



Base Cartográfica:
IBGE - Malha Municipal e Hidrografia
SDS/SC - Ortofotos e hidrografia
DEINFRA - Rodovias

Datum horizontal: SIRGAS 2000
Datum vertical: Marégrafo de Imbituba-SC
Projeção UTM fuso 22 Sul

6.1. Resultados do levantamento geofísico – Eletorresistividade

Caminhamento Elétrico 11 – CE-11

O primeiro perfil abaixo apresenta a seção profundidade X distância com a distribuição da resistividade elétrica. As resistividades calculadas variam de 150 a 1000 ohm.m e a profundidade máxima atingida no levantamento foi de aproximadamente 46 m.

O segundo perfil se trata da interpretação geológica, onde a resistividade é relacionada com a composição das camadas do subsolo.

A camada de solo com blocos de basalto apresenta uma alta resistividade; ocorre a partir da cota do terreno e atinge em algumas regiões, considerando a morfologia irregular do subsolo, cerca de até 10 m de profundidade. Abaixo desta camada de solo com blocos, ocorre uma camada constituída por basalto denso, também apresentando uma alta resistividade. Ocorrem ainda duas anomalias elétricas de menor resistividade localizadas em maior profundidade, representando o basalto fraturado e/ou uma zona amigdaloidal do basalto.

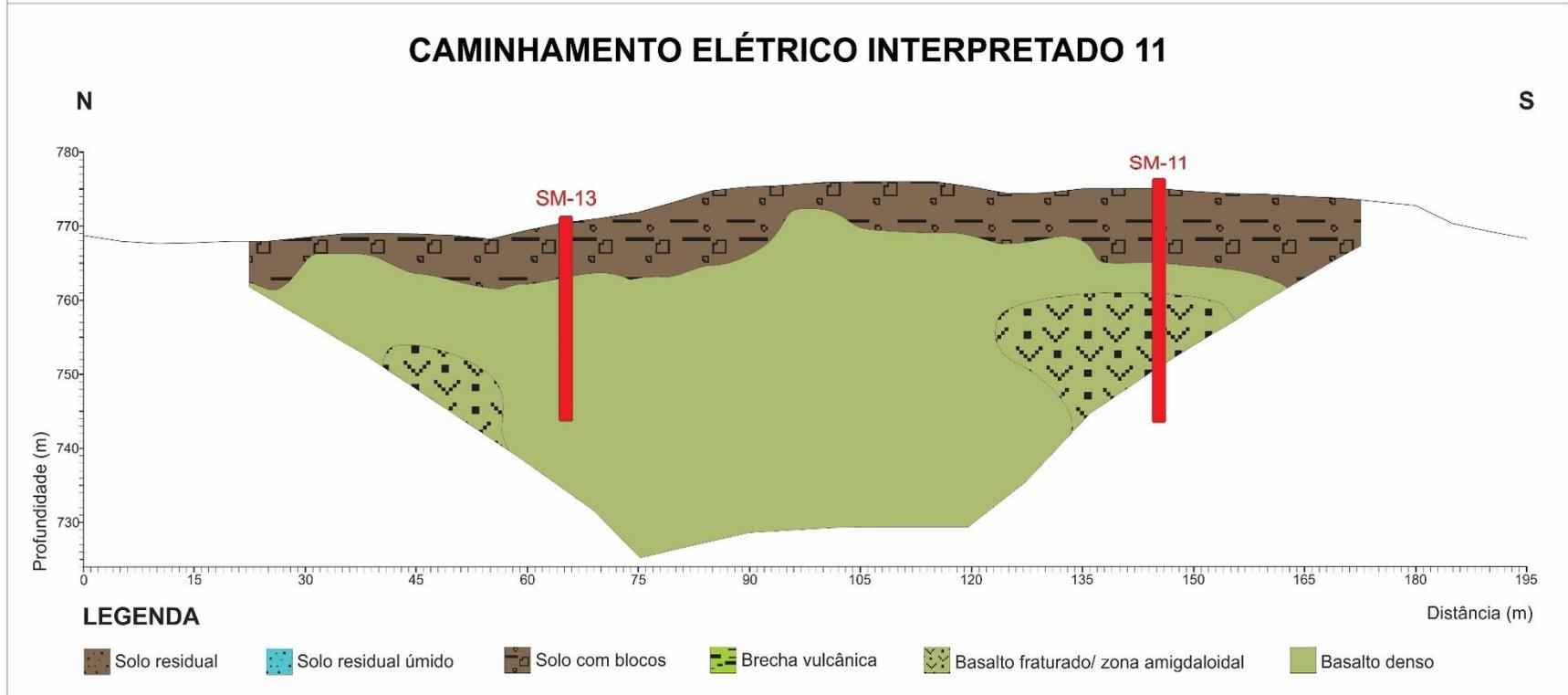
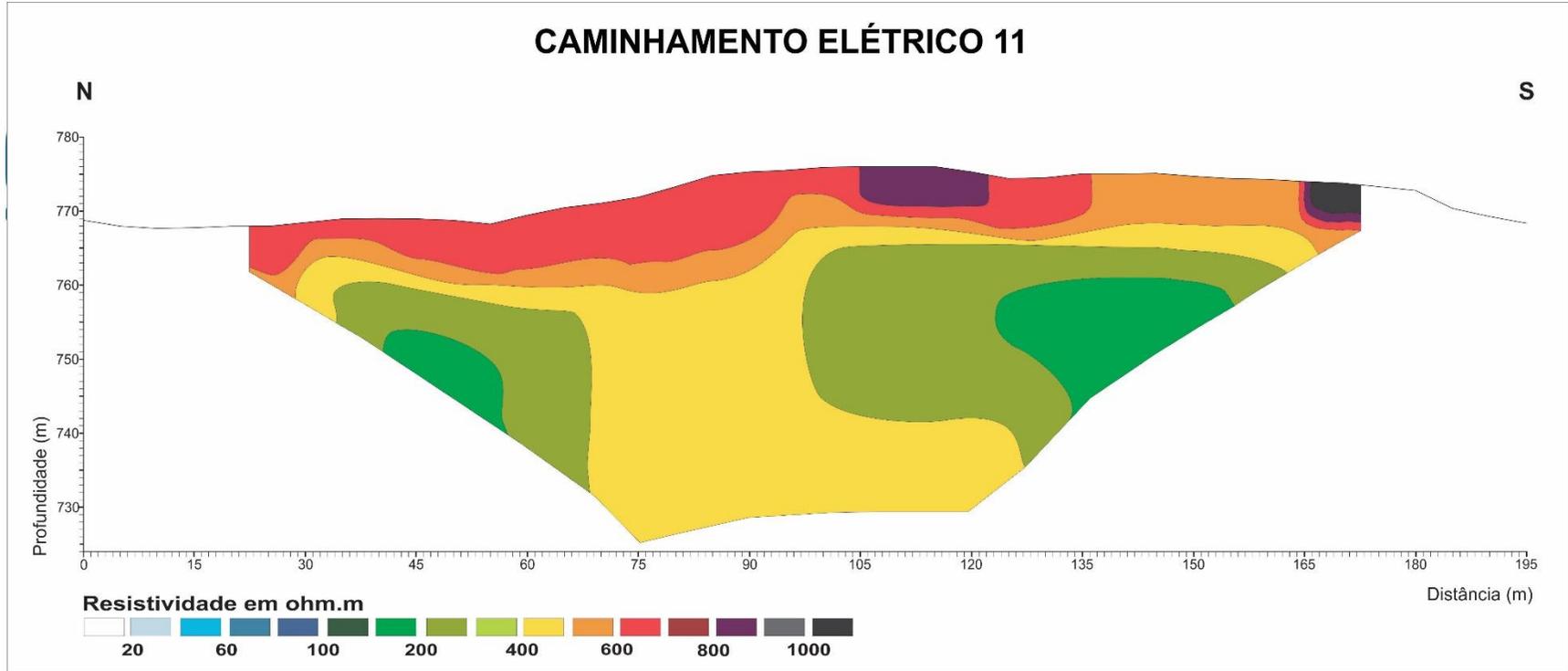


Figura 1. Perfil de eletrorresistividade – Caminhamento Elétrico 11: resultado e interpretação.

Caminhamento Elétrico 12 – CE-12

O primeiro perfil abaixo apresenta a seção profundidade X distância com a distribuição da resistividade elétrica. As resistividades calculadas variam de 150 a 1000 ohm.m e a profundidade máxima atingida no levantamento foi de aproximadamente 46 m.

O segundo perfil se trata da interpretação geológica, onde a resistividade é relacionada com a composição das camadas do subsolo.

A camada de solo com blocos apresenta uma alta resistividade; ocorre a partir da cota do terreno e atinge em algumas regiões, considerando a morfologia irregular do subsolo, cerca de até 23 m de profundidade. Abaixo desta camada de solo com blocos, ocorre uma camada constituída por basalto fraturado e/ou uma zona amigdaloidal do basalto, apresentando uma baixa resistividade. Ocorrem ainda duas anomalias elétricas de maior resistividade, mais localizadas e em maior profundidade, constituindo o basalto denso.

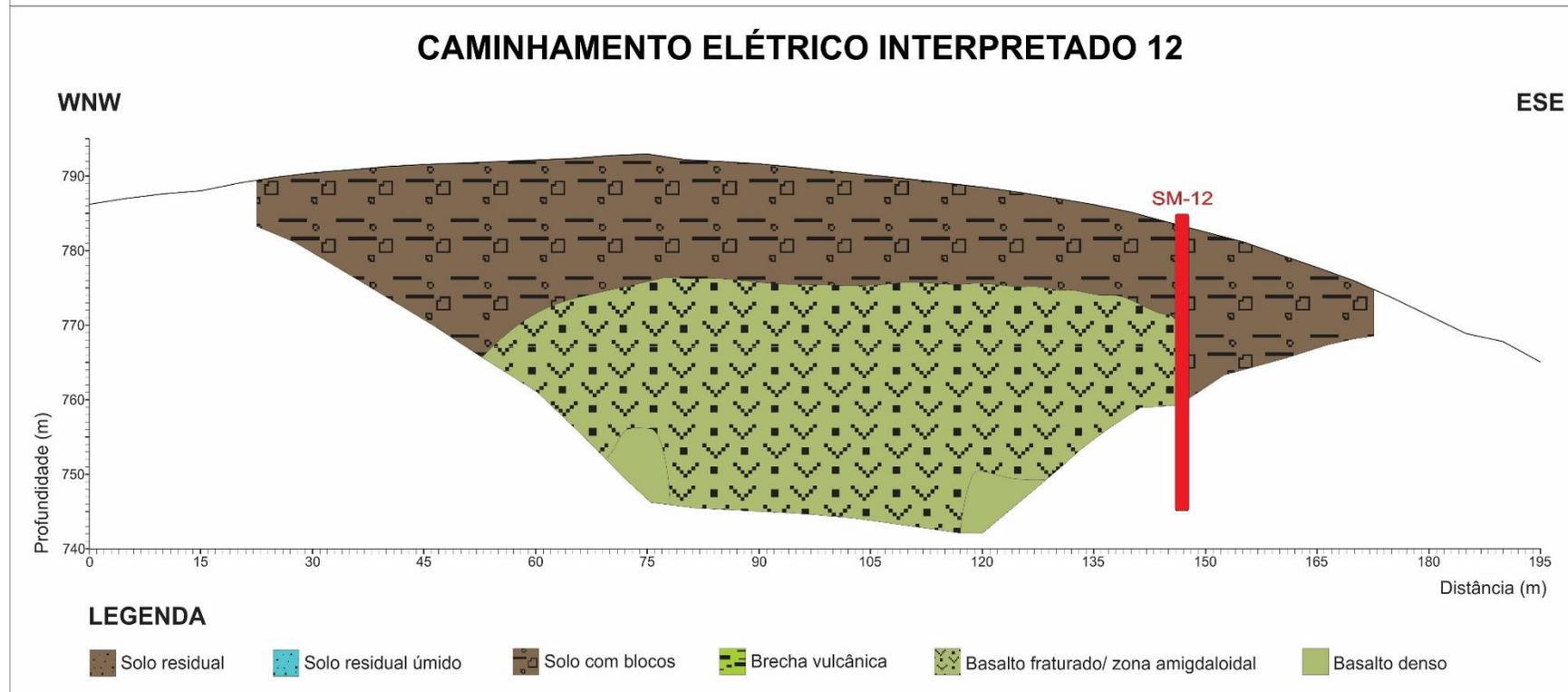
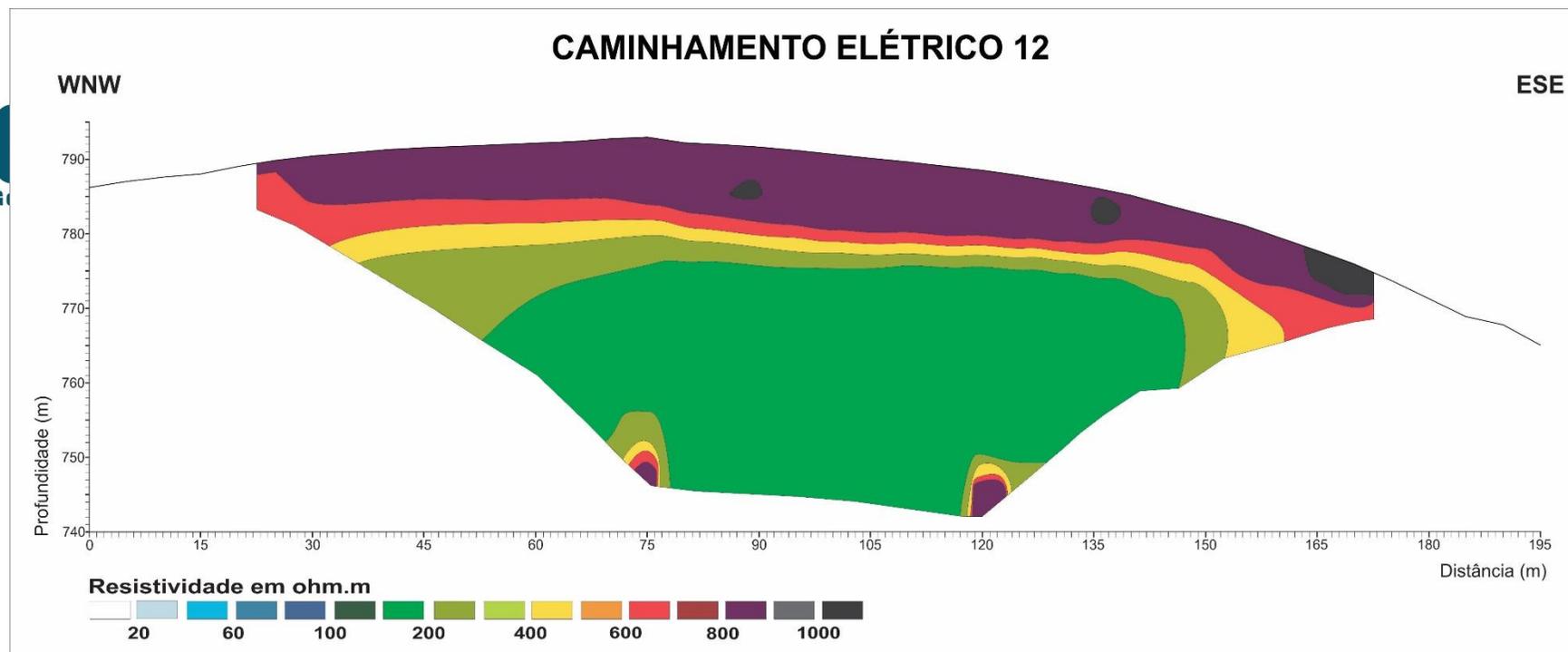


Figura 2. Perfil de eletrorresistividade – Caminhamento Elétrico 12: resultado e interpretação.

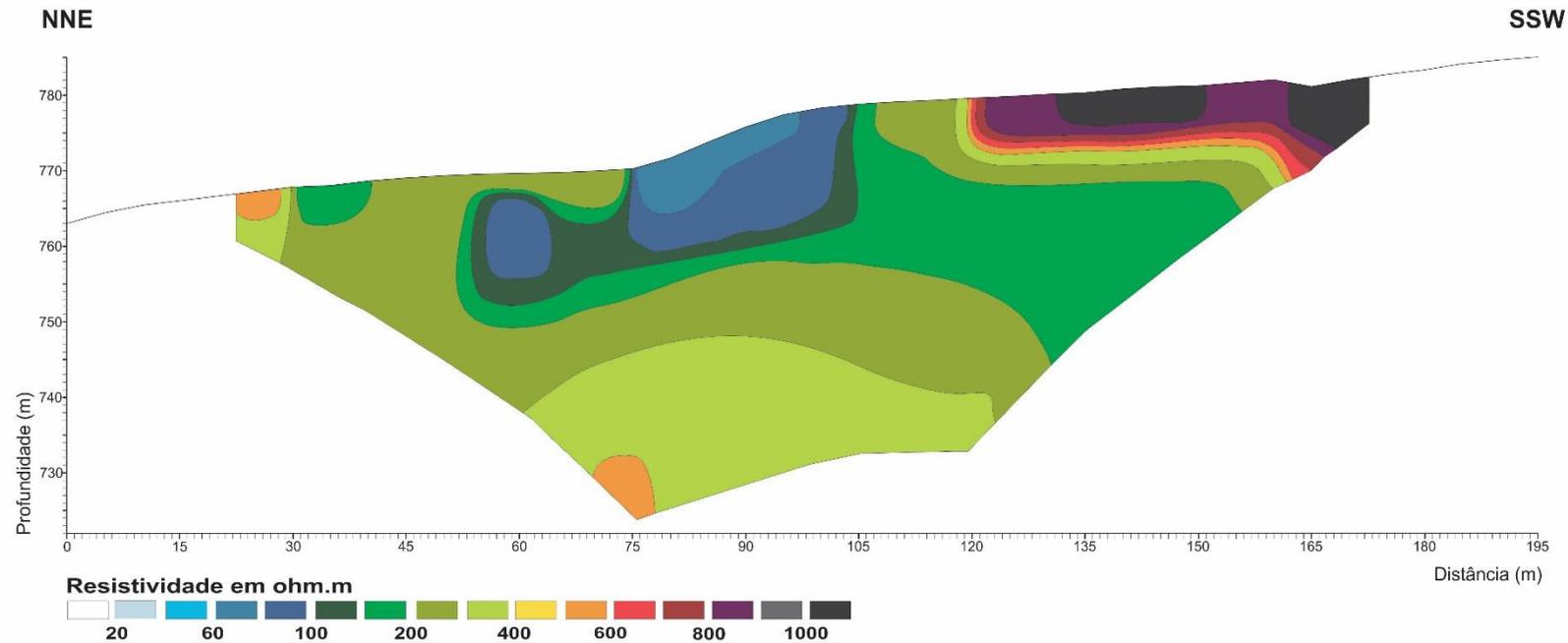
Caminhamento Elétrico 13 – CE-13

O primeiro perfil abaixo apresenta a seção profundidade X distância com a distribuição da resistividade elétrica. As resistividades calculadas variam de 60 a 1000 ohm.m e a profundidade máxima atingida no levantamento foi de aproximadamente 46 m.

O segundo perfil se trata da interpretação geológica, onde a resistividade é relacionada com a composição das camadas do subsolo.

Ocorre, no centro do perfil, uma anomalia elétrica de baixa resistividade que representa o solo úmido; essa camada ocorre a partir da cota do terreno e atinge a profundidade máxima de 16 m. Ocorrem também, localizadas perifericamente no perfil, camadas de solo com blocos, que apresentam uma alta resistividade e atingem em algumas regiões, considerando a morfologia irregular do subsolo, cerca de até 17 m de profundidade. Ocorrem ainda regiões constituídas por basalto denso (anomalia de alta resistividade) e regiões com basalto fraturado e/ou zona amigdaloidal do basalto (anomalias de baixa resistividade).

CAMINHAMENTO ELÉTRICO 13



CAMINHAMENTO ELÉTRICO INTERPRETADO 13

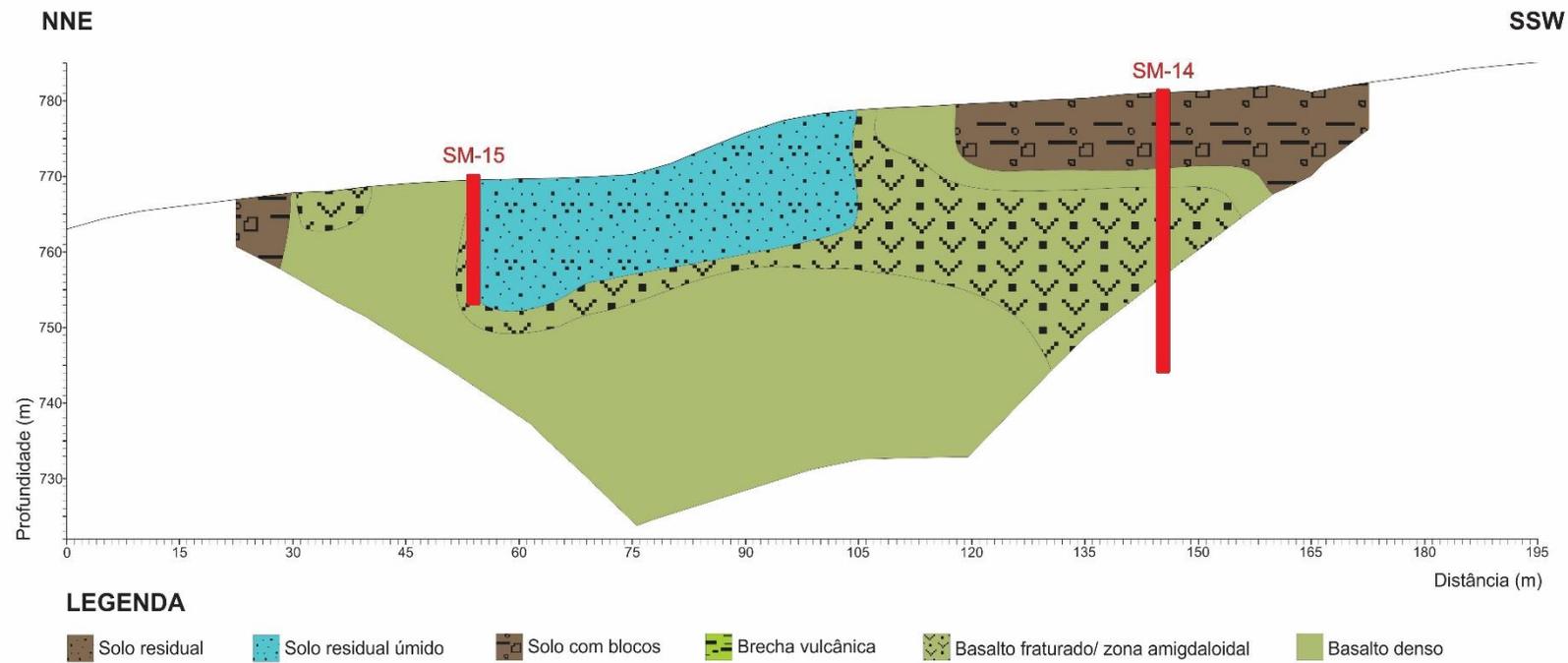


Figura 3. Perfil de eletrorresistividade – Caminhamento Elétrico 13: resultado e interpretação.

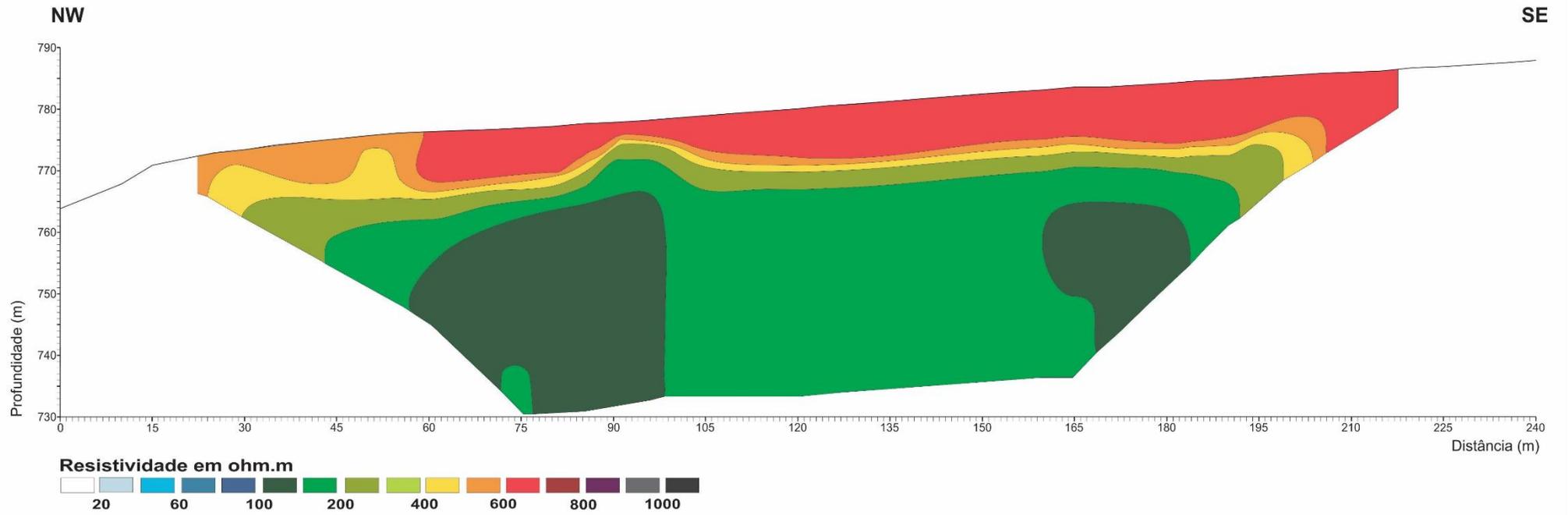
Caminhamento Elétrico 14 – CE-14

O primeiro perfil abaixo apresenta a seção profundidade X distância com a distribuição da resistividade elétrica. As resistividades calculadas variam de 100 a 700 ohm.m e a profundidade máxima atingida no levantamento foi de aproximadamente 46 m.

O segundo perfil se trata da interpretação geológica, onde a resistividade é relacionada com a composição das camadas do subsolo.

A camada de solo com blocos apresenta uma alta resistividade; ocorre a partir da cota do terreno e atinge em algumas regiões, considerando a morfologia irregular do subsolo, cerca de até 10 m de profundidade. Abaixo desta camada de solo com blocos, ocorre uma camada constituída por basalto denso, apresentando uma alta resistividade. A camada de basalto fraturado e/ou zona amigdaloidal do basalto, que apresenta uma anomalia de baixa resistividade, ocorre abaixo do basalto denso. Ocorrem ainda duas anomalias elétricas de baixa resistividade, mais localizadas e em maior profundidade, representando brecha vulcânica.

CAMINHAMENTO ELÉTRICO 14



CAMINHAMENTO ELÉTRICO INTERPRETADO 14

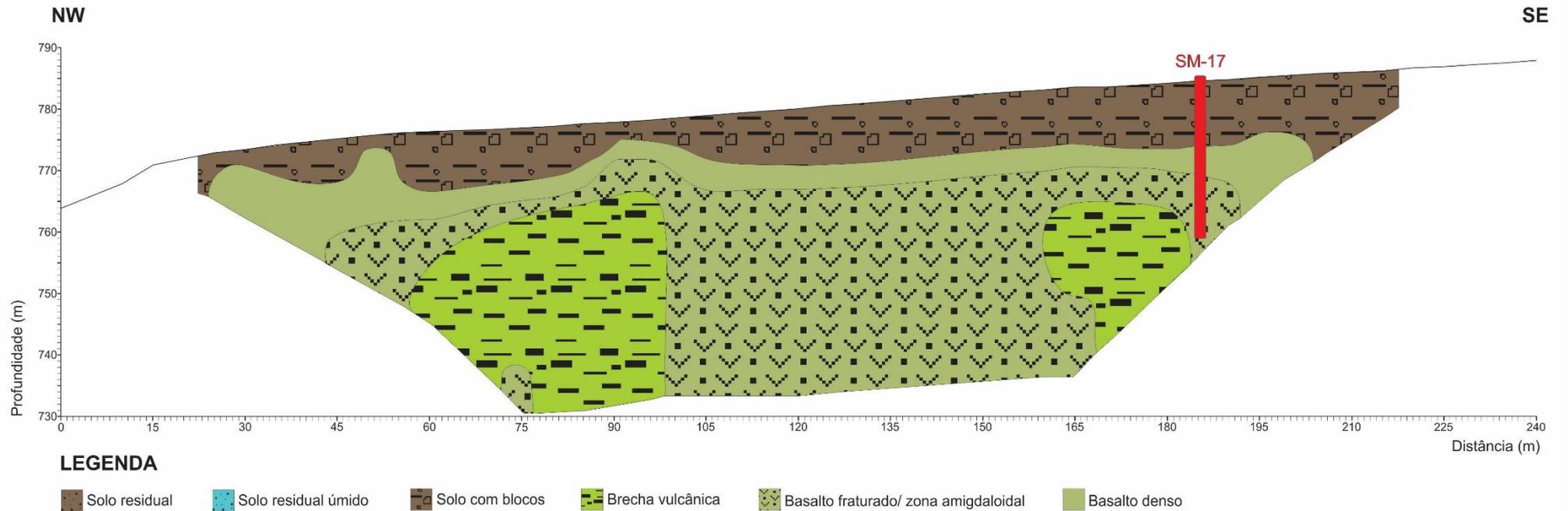


Figura 4. Perfil de eletrorresistividade – Caminhamento Elétrico 14: resultado e interpretação.

7. ANÁLISE DOS DADOS GEOFÍSICOS E CONCLUSÕES

Os caminhamentos Elétricos mostraram bons resultados e coerência com os dados obtidos das Sondagens Mistas, sendo muito úteis nos estudos geotécnicos.

A análise conjunta de dados geológicos e geofísicos permitirá um embasamento técnico consistente para os projetos de engenharia.

Florianópolis, 09 de agosto de 2018.



Alexandre Menezes Guedes Jr

Geólogo CREA 056704-5

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina, 1:500000**. Rigeo – CPRM. 2014.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa de Geodiversidade do Estado de Santa Catarina**. Rigeo – CPRM. 2016.

SEPLAN. **Atlas do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, 173p. 1986.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil**. Diretoria de Geociências. 2006.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G., SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A. e FRANÇA, A. B. 2007. **Bacia do Paraná**. In: Cartas Estratigráficas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287.

MILANI, E. J. 1997. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental**. 2v. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. 1976. **Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms**. GSA Bulletin, v. 87, p. 1463-1469.

