

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS

RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Município: São Miguel do Guaporé/RO

Distrito: Santana do Guaporé/RO

Brasil

2013

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS

RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Município: São Miguel do Guaporé/RO

Distrito: Santana do Guaporé/RO

Organizadores:

Carlos Eduardo Santos de Oliveira

Claudio Cesar Aguiar Cajazeiras

Luís Antônio Pereira

Francisco de Assis Reis Barbosa

Porto Velho

JUL/2013

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

EDISON LOBÃO
MINISTRO DE ESTADO

CARLOS NOGUEIRA DA COSTA JÚNIOR
SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO
DIRETOR-PRESIDENTE

ROBERTO VENTURA SANTOS
DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

THALES DE QUEIROZ SAMPAIO
DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

ANTONIO CARLOS BACELAR NUNES
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO

EDUARDO SANTA HELENA
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

RESIDENCIA DE PORTO VELHO

HELENA DA COSTA BEZERRA
CHEFE DA RESIDENCIA

ANDERSON ALVES DE SOUZA
GERENTE DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

MARCOS LUIS DO ESPIRITO SANTO QUADROS
ASSISTENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO

FRANCISCO DE ASSIS DOS REIS BARBOSA
ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

ALEX SANTOS SILVA
ASSISTENTE DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

EXECUÇÃO TÉCNICA
CARLOS EDUARDO SANTOS DE OLIVEIRA
CLAUDIO CESAR AGUIAR CAJAZEIRAS
LUÍS ANTÔNIO PEREIRA

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	5
2. INTRODUÇÃO.....	5
3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	6
4. ASPECTO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DA ÁREA	7
4.1 Hidrogeologia	7
5. METODOS.....	9
6. BASES TEÓRICAS DO MÉTODO DE ELETRORRESISTIVIDADE	9
7. LEVANTAMENTO DOS DADOS	12
8. PROCESSAMENTO E MODELAGEM DO DADOS	15
9. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	16
10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	20
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	22

1. APRESENTAÇÃO

Em atendimento a solicitação da Prefeitura Municipal de São Miguel do Guaporé, Rondônia, o Serviço Geológico do Brasil (SGB / CPRM), foi convocado para avaliar os problemas de informações e conhecimentos sobre a ocorrência, potencialidades e utilização de águas subterrâneas na área de implantação do sistema de abastecimento de água do distrito de Santana do Guaporé, município de São Miguel do Guaporé. Para realização da atividade, foi enviada uma equipe multidisciplinar para a cidade do São Miguel do Guaporé – RO, com o intuito de avaliação das condições hídricas subterrâneas e execução de levantamento geofísico terrestre. A equipe foi constituída por profissionais das áreas hidrogeologia e geofísica.

2. INTRODUÇÃO

Este relatório refere-se ao resultado de um estudo hidrogeológico e geofísico realizado na região do distrito de Santana do Guaporé, localizado na porção central do estado da Rondônia.

O método geofísico aplicado foi a Eletroresistividade, sendo realizado por meio da técnica de Caminhamento Elétrico (CE).

Este método identifica as variações de resistividade elétricas nas rochas, permitindo a interpretação de estruturas e variações litológicas ao longo de seções verticais. Uma visão tridimensional também poderá ser obtida mediante a realização de várias seções verticais próximas e paralelas. Ainda foram considerados os aspectos geológicos e hidrogeológicos no contexto regional e local em que está inserido o distrito de Santana do Guaporé, com o objetivo de identificar condições geológicas favoráveis à construção de poços tubulares profundos, visando o aproveitamento de água subterrânea da melhor maneira. Como condições favoráveis têm-se: manto de intemperismo, as zonas de fraqueza das rochas assim como descontinuidades localizadas em profundidades.

3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O distrito de Santana do Guaporé no estado de Rondônia fica localizado a aproximadamente 554 km da capital Porto Velho, na região central do estado. O acesso é realizado através da BR-364 até a cidade de Presidente Médici, de onde toma-se a direita pela rodovia estadual RO-429 até o município de São Miguel do Guaporé. A partir desta cidade, mais 30 km até o distrito de Santana do Guaporé via RO-370/RO-481.

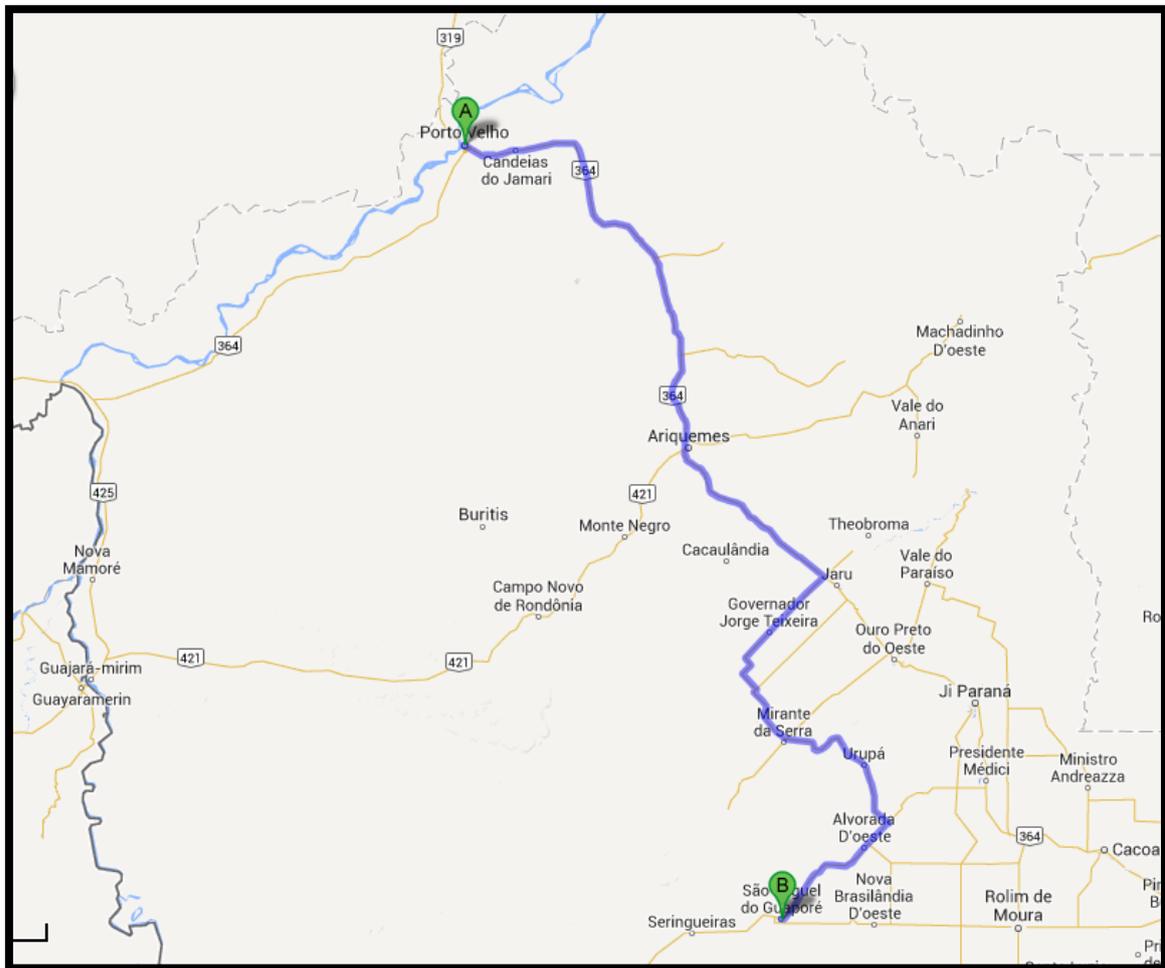


Figura 3.1- Mapa de localização e acessos Fonte: Google mapas (2013)

4. ASPECTO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DA ÁREA

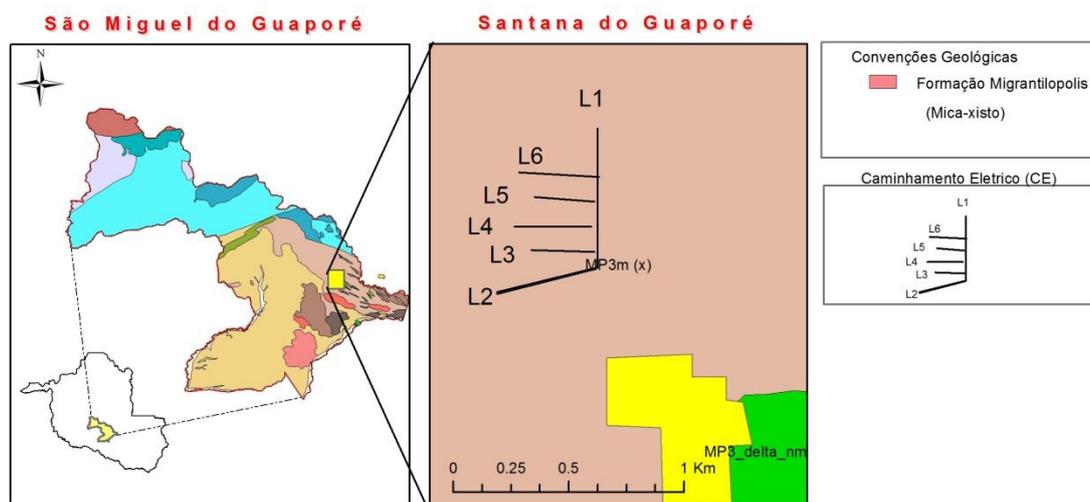


Figura 4.1 - Mapa geológico regional e localização. Fonte: Quadros et al. (2007)

4.1 Hidrogeologia

Conforme a hidrogeologia regional na área prospectada ocorrem aquíferos fissurais, pouco produtivos, com vazões baixas entre 5 e 10 m³/h. A litologia é composta de metassedimentos e metavulcânicas consistindo basicamente de sequências de rochas xistosas e gnáissicas, além de corpos básicos e ultrabásicos. Apesar de ser um aquífero fissural de permeabilidade baixa, ocorrem localmente melhores vazões a exemplo de um poço com vazão de 21 m³/h, no município de Alta Floresta do Oeste. Estas vazões mais elevadas estão relacionadas ao maior grau de fraturamento aberto e/ou ao maior desenvolvimento do manto de intemperismo. A vazão específica média é da ordem de 0,27 m³/h/m; a transmissividade varia entre 3,16 x 10⁻⁶ m²/s e 5,63 x 10⁻⁴ m²/s, com um valor médio de 6,92 x 10⁻⁵ m²/s. As águas têm qualidade química variável, predominando as de salinidade média / elevada.

A recarga é predominantemente pluviométrica. No período seco ocorre deficiência hídrica e no restante do ano ocorrem excedentes hídricos significativos, acima de 900 mm/ano, que possibilitam a recarga dos aquíferos, (Morais, 1998). As condições climáticas na região no período chuvoso,

precipitação anual entre 2000 e 2300 mm, favorecem a infiltração e acumulação, no período recessivo a descarga se dá pela evapotranspiração, drenagens efluentes e fontes, além das captações por poços, Pereira et. al. (op. cit.).

A vazão específica média é da ordem de $0,27 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$; a transmissividade varia entre $3,16 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e $5,63 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, com um valor médio de $6,92 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, (Morais, op. cit.).

A média das vazões está em torno de $7 \text{ m}^3/\text{h}$, a média de profundidade é de 76 m, níveis estático e dinâmico, respectivamente de 12 m e 36 m, e a média das capacidades específicas é da ordem de $0,9 \text{ m}^3/\text{h}$, (Siagas, op. cit.). Localmente o terreno prospectado, cerca de 40 ha, é composto basicamente de rocha xistosa intemperizada, com aproximadamente 40 m a 60 m de espessura, vindo logo a seguir a rocha sã, conforme informações obtidas sobre o poço tubular, recentemente construído, com profundidade de 100 m e vazão de $2 \text{ m}^3/\text{h}$.

O nível estático medido nesse poço foi de 7,46 m, sendo medidos também os níveis estáticos de mais dois poços amazonas, a cerca de 10 m, tendo seus NEs resultado em 8,5 m, valor coincidente com a declividade do terreno. A declividade do terreno está direcionada no sentido norte sul, onde em sua menor altitude ocorre o igarapé Santana que pode ser abastecido parcialmente pelo aquífero em período de recessão. Outras formas de descarga do aquífero ocorrem na forma de fontes d'água, evaporação e evapotranspiração. Por vezes as águas dessas minas originam nascentes de igarapés que são represados para uso na atividade agropecuária.

Espera-se que o potencial produtivo desse terreno deverá reproduzir as características do aquífero regional metassedimento/metavulcânicas, originando vazões baixas de água, da ordem de 5.000 a 10.000 l/h; entretanto podendo vir a ser maior ou menor proporção em que se encontre maior manto de intemperismo e fraturas abertas em profundidade na rocha.

5. METODOS

Os trabalhos foram realizados em três etapas principais:

I) Primeira Etapa: foi executada no escritório e envolveu uma análise da área pesquisada com formação de equipe, preparação de equipamentos e levantamento de informações geológicas, hidrogeológicas e geográficas.

II) Segunda Etapa: consistiu no levantamento de geofísico de campo com execução de 6 (seis) caminhamentos elétricos com arranjo dipolo-dipolo. O equipamento utilizado para medições de campo foi um eletrorresistímetro marca Sycal Pro de 10 canais, fabricado pela Iris-Instruments. Também foram utilizados cabos de fiação flexível 1,5 mm², eletrodos de aço inoxidável maciço e bateria (12V) como fonte de carga elétrica.

III) Terceira Etapa: consistiu no processamento, modelagem, interpretação geológicas dos dados e confecção do relatório final. Para a modelagem dos dados foi empregado o res2dinv da Geotomo Software.

6. BASES TEÓRICAS DO MÉTODO DE ELETRORRESISTIVIDADE

As propriedades elétricas das rochas podem ser utilizadas através de sua medição por métodos geofísicos para investigar sua distribuição abaixo da superfície. A resistividade elétrica das rochas é uma propriedade extremamente variável podendo ir de 10^{-6} ohm.m para minerais tais como o grafite até mais de 10^{12} ohm.m para rochas quartzíticas secas (Ward, 1990). A maioria das rochas e minerais é isolante em seu estado sólido. Na natureza, porém, elas quase sempre contêm água intersticial com sais dissolvidos. Assim, elas podem adquirir uma condutividade iônica que depende da quantidade da umidade, da natureza dos eletrólitos e do grau de saturação dos espaços abertos (poros, microfissuras, fraturas, etc.) pela água.

No método geofísico de eletrorresistividade uma corrente elétrica contínua é introduzida no interior da terra através de dois eletrodos (varas de metal) conectados aos terminais de uma fonte portátil de força eletromotriz. A distribuição de potencial resultante no solo é mapeada através de outros eletrodos, geralmente em número de dois, também de metal ou de um material não-ionizável, conectados aos terminais de milivoltímetro. Através das leituras dos potenciais e da corrente elétrica injetada no solo, obtida por um mili-amperímetro ligado à fonte, podemos obter informações sobre a distribuição da resistividade elétrica abaixo da superfície. Este método tem sido amplamente utilizado no estudo de formações aquíferas, em correlações estratigráficas em campos de petróleo e na prospecção de minerais metálicos (Telford et al., 1990).

Os equipamentos medem a resistividade aparente. É aparente porque não é a resistividade real, e sim a resistividade do conjunto heterogêneo formado pelos diferentes tipos de rochas, solos e estruturas. Por isso, o seu valor depende do tipo de arranjo usado na investigação; da natureza do solo e das rochas atravessadas pela corrente primária (Telford et al., 1990).

O funcionamento básico do método de medição é o seguinte: i) uma corrente elétrica (I) é injetada no solo por meio de dois eletrodos, A e B, positivo e negativo, respectivamente; ii) em dois outros eletrodos, M e N é medida a diferença de potencial (ΔV). Pela Lei de Ohm temos:

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{IG} (l)$$

onde ρ_a é resistividade aparente da rocha em um meio heterogêneo e k é um fator geométrico que dependerá do arranjo dos eletrodos.

O arranjo dipolo-dipolo é um tipo de caminhamento elétrico (CE) que permite a investigação lateral da resistividade aparente em várias profundidades. Neste arranjo os eletrodos AB de injeção de corrente e MN de medição do potencial são dispostos segundo uma linha e o arranjo é definido pelos espaçamentos entre os eletrodos $X=AB=MN$ (Figura 4). A profundidade de investigação cresce com a distância (R) entre os eletrodos

de potencial e os de corrente e, teoricamente, corresponde a $R/2$. As medidas são efetuadas em vários níveis de investigação $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$, que corresponde ao ponto de intersecção entre uma linha que parte do centro do arranjo de eletrodos AB e outra que parte do centro do arranjo MN, com ângulos de 45° (Figura 6.1). O resultado final é uma pseudo-seção de resistividade aparente do subsolo.

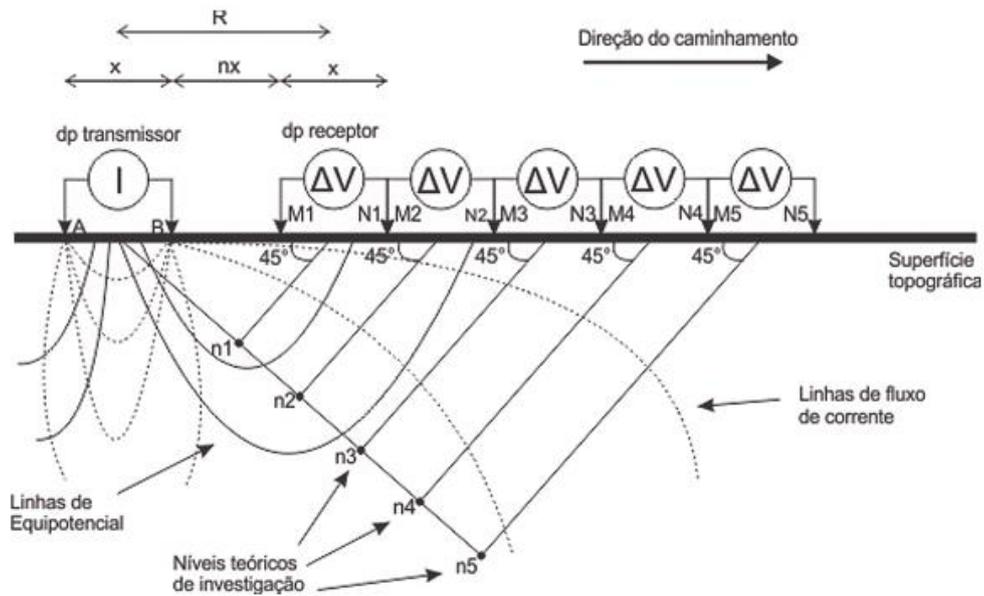


Figura 6.1 – Esquema de arranjo dipolo-dipolo utilizado em caminamentos elétricos.

7. LEVANTAMENTO DOS DADOS

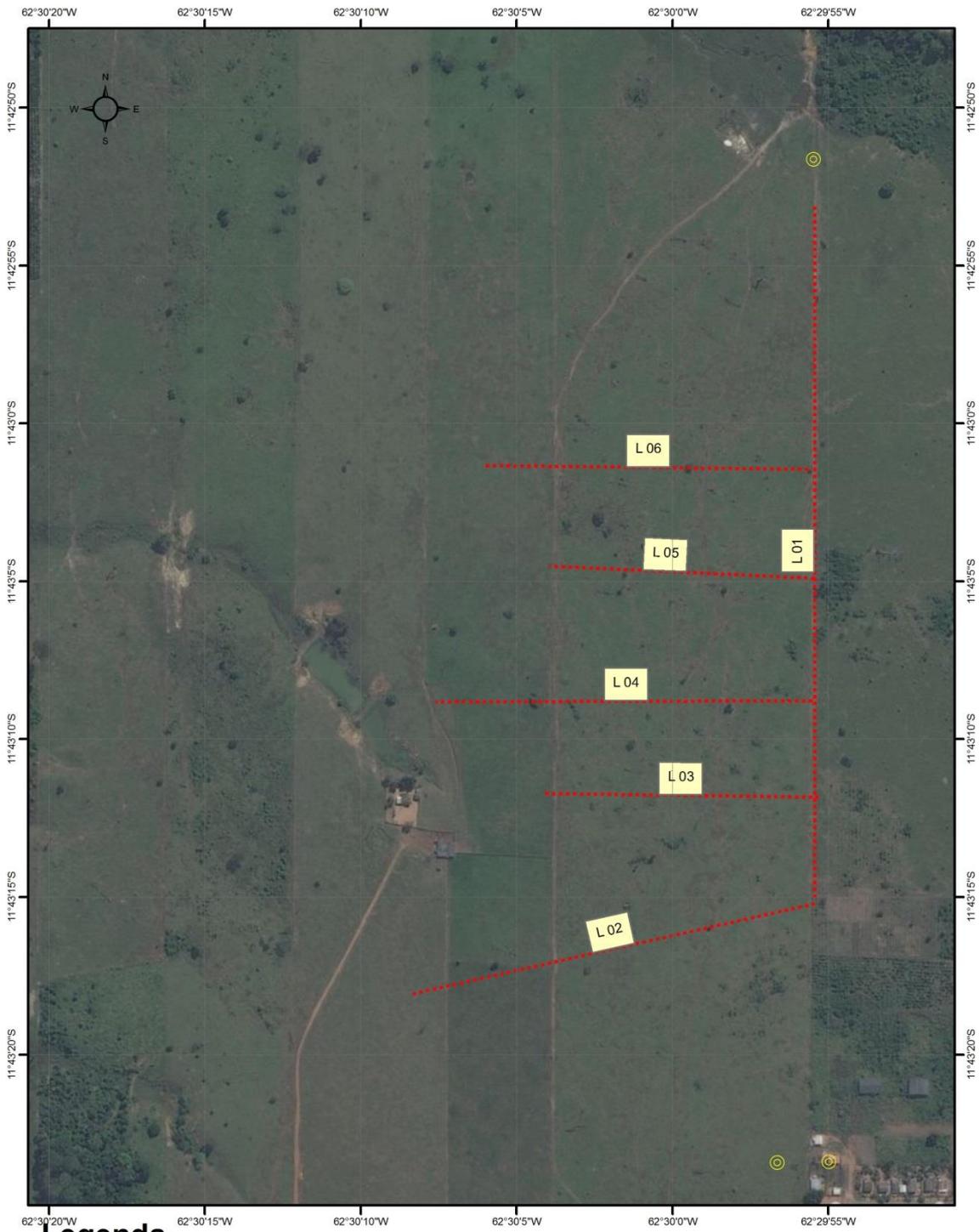
Nos trabalhos de aquisição de dados foi levantado um total de 6 seções dipolo-dipolo com 10 níveis de investigação, cada uma. As seções foram localizadas em uma área próximo do sistema de abastecimento de água do distrito de Santana do Guaporé, totalizando 2.280 metros (Figura 6.1 e Tabela 6.1).

Os levantamentos foram realizados em uma área de pasto e longe de construções (fotografias 5 e 6). Neste caso, as operações foram facilitadas pela existência de um solo bastante condutivo, resultando, na maioria das vezes em uma baixa resistência de contato sem que houvesse necessidade de umedecer o solo onde os eletrodos foram fixados.

Para a parametrização do levantamento optou-se pela utilização de do espaçamento no arranjo dipolo-dipolo na expectativa de identificação de fraturas. Foram testados 20 metros de espaçamento entre os eletrodos.

Tabela 7.1 - Dados referentes às seções levantadas

Caminhamento	Sentido	Azimute	Espaçamento eletrodos (m)	Comprimento (m)
1	S-N	0°	20	620
2	E-W	N80°	20	400
3	W-E	90°	20	300
4	E-W	90°	20	360
5	W-E	90°	20	300
6	E-W	90°	20	300



Legenda

- Geofisica executada
- ⊙ Poços e fontes de água

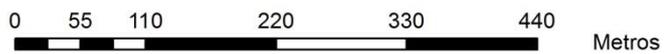


Figura 7.1 – Mapa de distribuição espacial dos caminhamentos elétricos realizados



Figura 7.2 – Técnico do Serviço Geológico do Brasil em atividade na região de pasto próximo da área de implantação do sistema de abastecimento de água do distrito de Santana do Guaporé.

8. PROCESSAMENTO E MODELAGEM DO DADOS

Na modelagem dos dados das pseudo-seções dipolo-dipolo levantadas foi empregado o método de inversão geofísica, que consistiu na determinação dos parâmetros de resistividade e profundidade de um modelo bi-dimensional (2-D), a partir dos dados de resistividade. No procedimento foi utilizado o software res2dinv (Geotomo Software, 2003, Loke, 2000). O modelo 2-D usado no programa divide a seção em um determinado número de blocos retangulares, sendo o seu arranjo definido pela distribuição dos dados na pseudo-seção. O software calcula a resistividade dos blocos retangulares para ajustar as medidas realizadas. A rotina de inversão utiliza uma técnica de otimização denominada de "smoothness-constrained least-squares" (Sasaki, 1992). A otimização procura reduzir a diferença entre os valores de resistividades calculados e os medidos em campo. A medida dessa diferença (error) é dada pelo "root mean squared - RMS" (Loke & Barker, 1996). Por causa da necessidade de efetuar uma inversão realística, Fox et al. (1980) analisaram os resultados da influência da topografia nas anomalias de resistividade do arranjo dipolo-dipolo e mostraram que a modelagem por elementos finitos soluciona o problema da topografia. Esta técnica esta inserida nas operações de inversão do res2dinv.

Previamente a modelagem, os dados de campo foram analisados para garantir a qualidade da aquisição. Poderia ter ocorrido perda de corrente em função da resistividade de contato eletrodo/solo. É importante frisar que durante a modelagem foi verificado que as diferenças de baixa resistividade são mal interpretadas pelo software.

9. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a modelagem, os dados de resistividade aparente coletados nos caminhamentos são apresentados como seções verticais de resistividade em relação à profundidade. São apresentados em intervalos de contornos logarítmico e linear (Figuras nos itens 9.1 a 9.6). A principal diferença na visualização entre os dois métodos de apresentação da distribuição de resistividades é causada pela repartição de corres com gradientes mais suaves entre altas e baixas resistividades para a logarítmica, em contraste com a linear, que enfatiza de forma mais evidente as resistividades mais altas.

A seguir serão feitas as interpretações e discussões dos resultados das Linhas L1, L2, L3, L4, L5 e L6.

As seções de resistividade mostram de uma maneira geral: uma alta resistividade (acima de 1000 ohm.m) no topo, representando assim solos resistivos (representado pela cor marron). Observa-se a partir da profundidade de 14 m uma zona condutiva (< 250 ohm.m) em relação ao meio que pode sugerir a presença de água. Esta zona condutiva “saturada” é assinalada pela cor azul. Os valores entre 250 a 600 ohm.m foram interpretados como rocha intemperizada (xisto micáceo) ou como sendo zonas de fratura. Finalmente ocorrem na base do perfil valores de resistividade acima de 1000 ohm.m que são interpretados pelo topo do embasamento cristalino (representado pela cor vermelha).

- Caminhamento Elétrico – 01: Possível presença de uma zona de fraturas entre 500 a 530 m do caminhamento, no próximo a zona de influencia da drenagem.

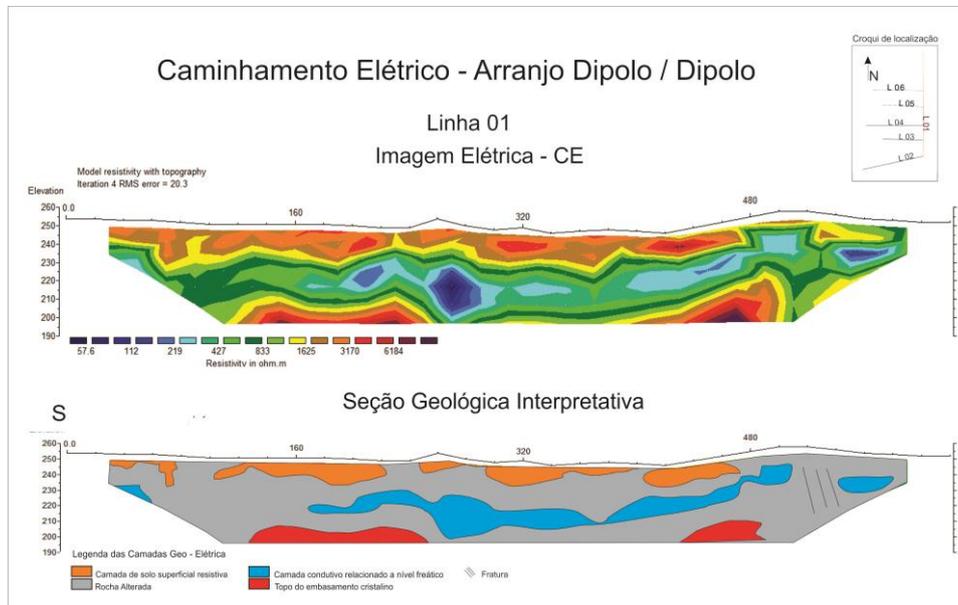


Figura 9.1 - Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L1) – São Miguel do Guaporé/RO

- Caminhamento Elétrico- 02: Possível presença de uma zona de fraturas entre 280 a 300 m do início do caminhamento (sentido leste-oeste).

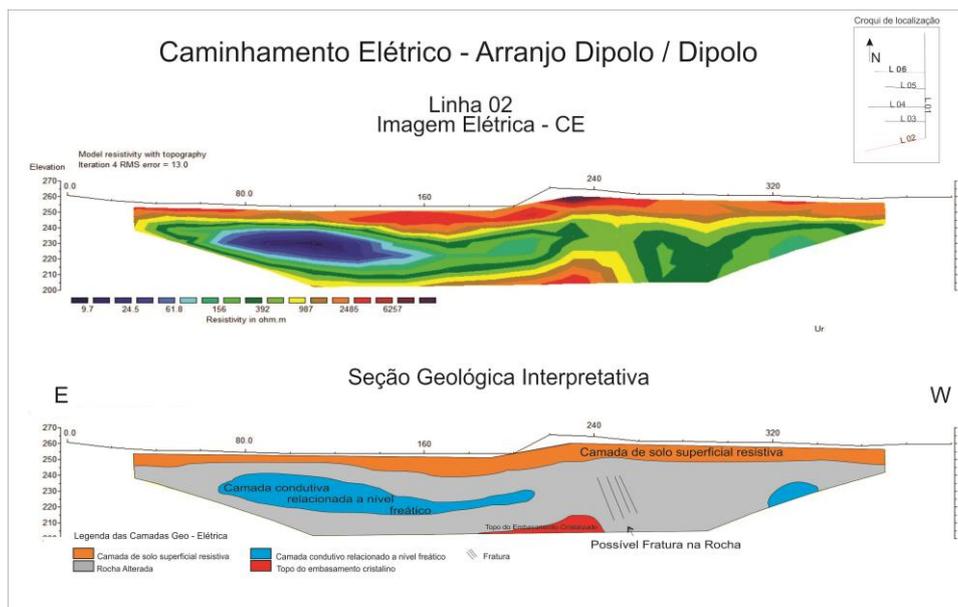


Figura 9.2 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L2) – São Miguel do Guaporé/RO

- Caminhamento Elétrico - 03: Perfil no sentido Oeste-Leste apresenta resistividade maior e superficial 200 a 240 m do caminhamento. Interpretado como porção menos alterada da rocha

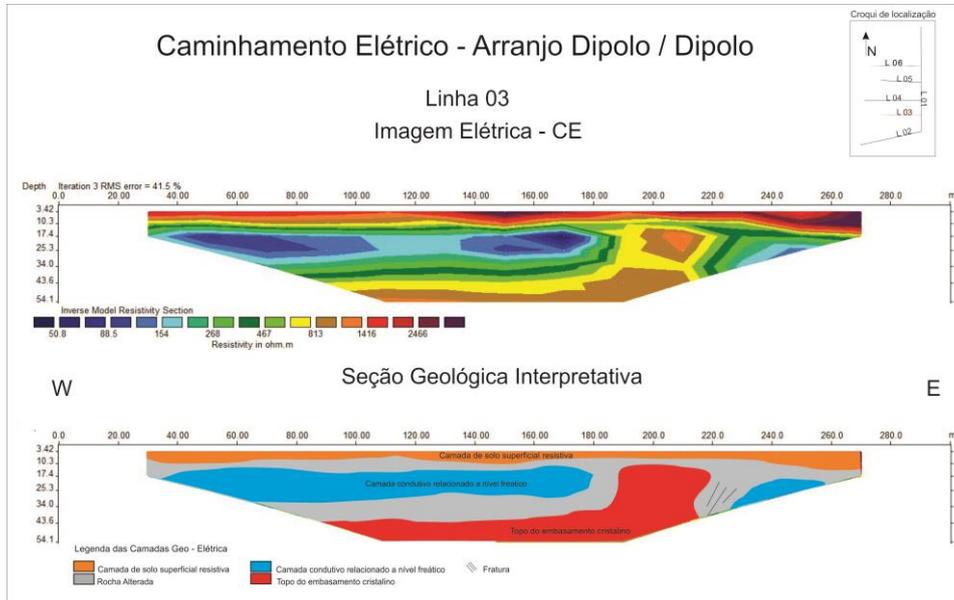


Figura 9.3 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L3) – São Miguel do Guaporé/RO

- Caminhamento Elétrico - 04: Indica uma maior espessura da rocha intemperizada no final do caminhamento, e confirma a presença de uma estrutura geológica com direção NW a cerca de 500 m do fim do caminhamento.

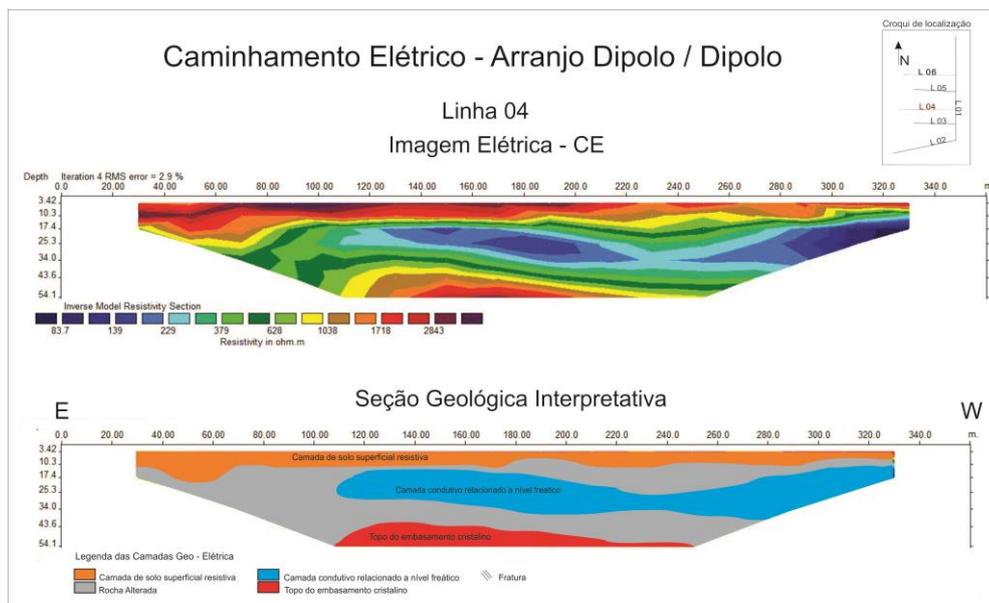


Figura 9.4 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L4) – São Miguel do Guaporé/RO

- Caminhamento Elétrico – 05: Apresenta camadas de resistividade bem marcadas e horizontalizadas (solo, rocha alterada, embasamento) por toda a extensão do caminhamento.

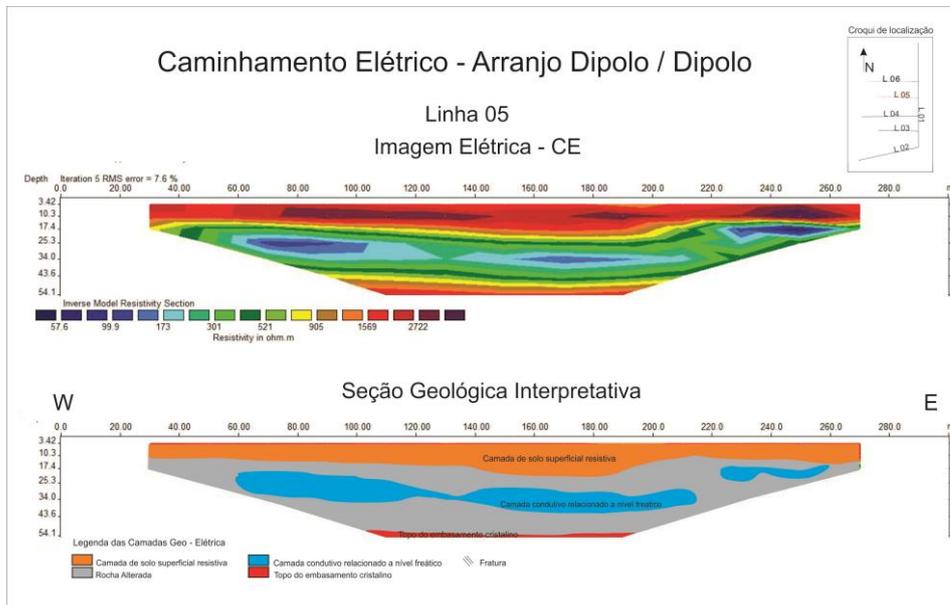


Figura 9.5 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L5) – São Miguel do Guaporé/RO

- Caminhamento Elétrico – 06: De formato homogêneo, como no caminhamento anterior, apresenta uma horizontalidade das camadas (solo, rocha alterada, embasamento) por toda a extensão do caminhamento.

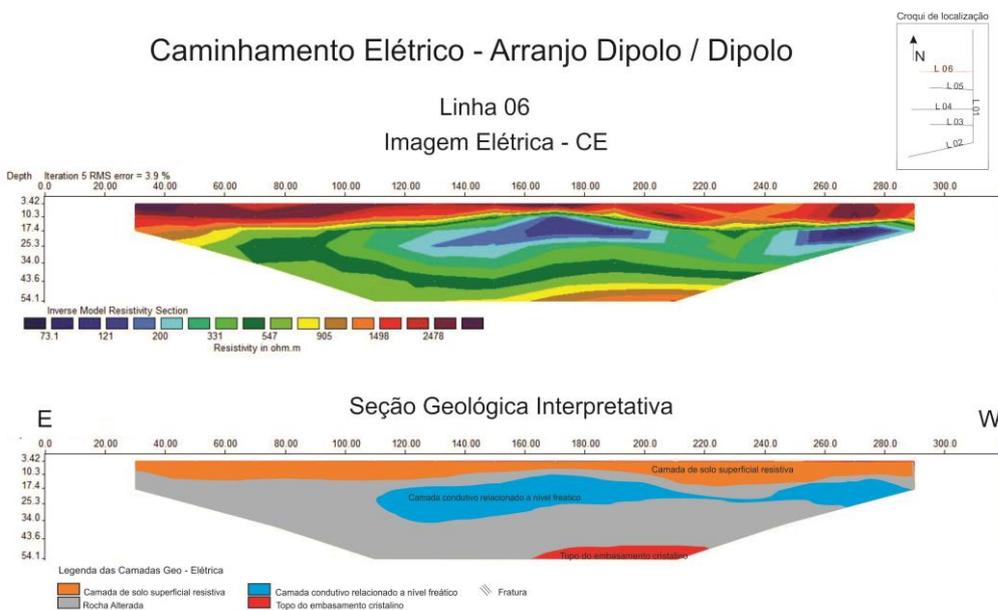


Figura 9.6 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L6) – São Miguel do Guaporé/RO

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O distrito de São Miguel do Guaporé ocorre sobre rochas Mica-xisto da Formação Migrntinopolis, mostrando características morfológicas, fisiográficas e estruturais que se configuram fatores responsáveis de baixa produtividade de seus poços. A partir da interpretação dos caminhamentos elétricos (CE) verificamos de uma maneira geral, uma camada de manto de intemperismo (rocha intemperizada) com espessura média de 50 metros sobre o embasamento cristalino que pode ocorrer com fraturas (linha 01, 02 e 03).

Vale ressaltar que a eletrorresistividade, assim como a maioria das técnicas de geofísica de prospecção para águas subterrâneas, reduz o erro nas locações de poços, mais não é um método essencialmente assertivo.

Baseado nos perfis geofísicos, sugerimos a construção de poços seguindo a ordem de prioridade nas coordenadas no quadro abaixo e representadas na figura 10.1:

Quadro 10.1 – Coordenadas para perfuração dos poços tubulares

Pontos	Linha	Longitude	Latitude
PT 01	02	554335	8704199
PT 02	04	554254	8704452
PT 03	01	554622	8704980
PT 04	01	554623	8704815

É recomendado para tanto, que seja perfurado poço de 80 metros, sendo o mesmo revestido até uma profundidade de 50 metros, estima-se que a vazão do poço deverá ser inferior a 2,5 m³/h.

Como sugestão de recurso hídrico para abastecimento local, é recomendado que seja realizada a análise da qualidade de água da pequena

drenagem localizada nas imediações do sistema de abastecimento, pois a mesma pode servir como fonte de abastecimento.

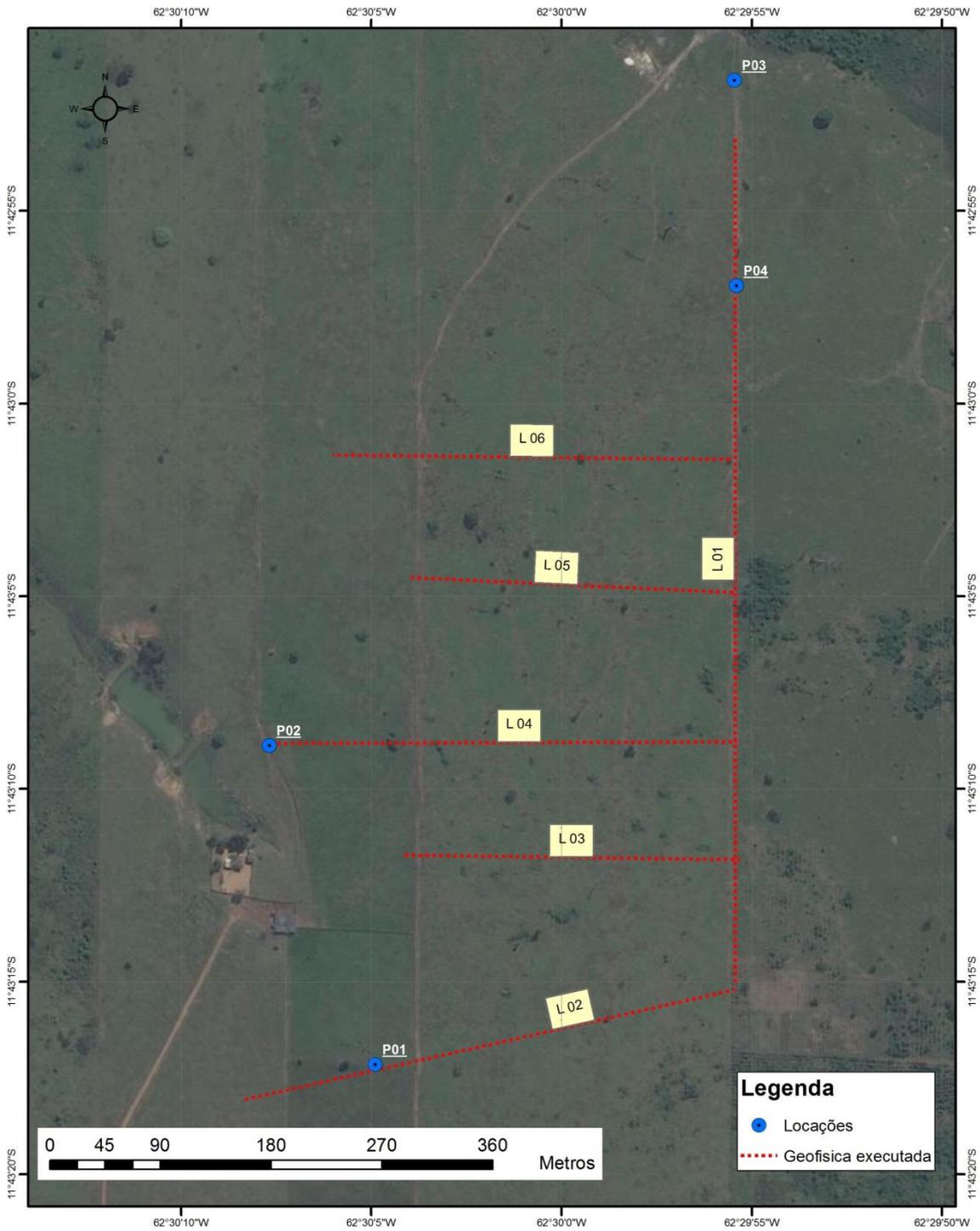


Figura 10.1 - Localização das sugestões para perfuração de poços

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANNER, J. C. The geology and topography of the Serra de Jacobina, state of Bahia, Brazil. **American Journal of Science**, v. 30, p. 385-392, 1910.

BRANNER, J.C. Aggraded limestone plains on the interior of Bahia and the climatic changes suggested by them. **Bulletin Geological Society of America**, v.22, p. 187-206, may. 1911.

BRANNER, J.C. The geology of the Serra do Mulato, state of Bahia, Brazil. **American Journal of Science**, v. 180, p. 256-263, 1910.

BRANNER, J.C. The Tombador escarpment in the state of Bahia. **American Journal of Science**, v.30, n.179, p. 335-343, nov. 1910.

EL-QADY, G. et al. Imaging subsurface cavities using geoelectric tomography and ground-penetrating radar. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 67, no. 3, p. 174–181, 2005.

FOX, R.C. et al. Topographic effects in resistivity and induced-polarization surveys. **Geophysics**, v.45, n. 1, p. 75-93, jan. 1980.

Geotomo Software. 2003.125 p. Disponível em <<http://www.geotomo.com>>. Acesso em: 26 de mar. 2013.

GIBSON, P.J.; LYLE, P.; GEORGE, D.M. Application of resistivity and magnetometry geophysical techniques for near-surface investigations in karstic terranes in Ireland. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 66, n. 2, p. 35-38, 2004.

KEGEL, W. **Estudos geológicos na zona central da Bahia**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1959. 35 p. (Boletim, 193).

KEGEL, W.; BARROSO, J.A. **Contribuição à geologia do médio São Francisco, na região de Juazeiro**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1965. 24 p. (Boletim, 225).

LOKE, M. H. Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: a practical guide to 2-D and 3-D surveys. Austin, 2000. 61 p. Disponível em:< <http://www.geoelectrical.com>>. Acesso em: 25 de mar. 2013.

LOKE, M. H.; BARKER, R.D. Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. **Geophysical Prospecting**, v. 44, n. 3, p. 499-523, may. 1996.

MISI, A. O Grupo Bambuí no estado da Bahia. In: INDA, H.A.V. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado da Bahia: textos básicos**. Salvador: Secretaria das Minas e Energia, 1979. v. 1, p. 119-154.

PANAGOPOULOS, G.; LAMBRAKIS, N. The contribution of time series analysis to the study of the hydrodynamic characteristics of the karst systems: application on two typical karst aquifers of Greece (Trifilia, Almyros Crete). **Journal of Hydrology**, v. 329, p. 368-376, 2006.

RAMOS, S.O. et al. Variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê - Bahia: contribuição para uso e gestão das águas subterrâneas no semi-árido. **Revista Brasileira de Geociências**, v.37, n.4, p. 227-233, 2007. Suplemento.

RAMOS, S.O. **Variações sazonais dos níveis hidrostáticos do aquífero cárstico da região de Irecê, Bahia**: Implicações para estimativa da recarga. 2005. 137p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

SASAKI, S. Core formation process from U-Pb systematics revised. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 29, 24 aug. - 3 sept. 1992, Kyoto. **Abstract Volume**. Kyoto: International Union of Geological Sciences, 1992. p. 45.

SASAKI, S. Primary atmosphere and differentiation of terrestrial planets and icy satellites. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 29, 24 aug. - 3 sept. 1992, Kyoto. **Abstract Volume**. Kyoto: International Union of Geological Sciences, 1992. p. 46.

SASAKI, Y. Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. **Geophysical Prospecting**, v.40, n.4, p. 453-463, may. 1992.

SILVA, A.B. Contribuição à hidrogeologia dos karsts da região da Bahia. **Revista Água Subterrânea**, v. 3, n. 1, p. 11-16, 1973.

SOUZA, S.L. de; BRITO, P.C.R.; SILVA, R.W.S. **Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia**. Salvador: CBPM, 1993. 34 p. (Arquivos Abertos, 2).

SOUZA, S.L. et al. Análise faciológica e metalogenética da bacia de Irecê, Bahia. Salvador: CBPM, 2002. 110p. v.1

WARD, S.H. Resistivity and induced polarization methods. In: WARD, S.H. (Ed.). **Geotechnical and environmental geophysics**. Tulsa: Society of Geophysicists, 1990. v.1, p. 147-190.