

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: Ouro Preto d'Oeste/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: Ouro Preto d'Oeste/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
ASSISTENTE 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 | 8 |
| 5. METODOS..... | 9 |
| 6. BASES TEÓRICAS DO MÉTODO DE ELETRORRESISTIVIDADE | 10 |
| 7. LEVANTAMENTO DOS DADOS | 12 |
| 8. PROCESSAMENTO E MODELAGEM DO DADOS | 15 |
| 9. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 16 |
| 10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 19 |
| 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS | 21 |

1. APRESENTAÇÃO

Atendendo à solicitação da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC-RO), através de Ofício nº 127/2013-CEPLAC/SUERO/CHEFIA, assinado pelo seu Superintendente sr. Wilson Destro. Onde o presente relatório aponta os resultados provenientes da execução de estudo geofísico através da metodologia de eletrorresistividade, visando a indicação de melhores áreas para a perfuração de poços tubulares subterrâneos.

2. INTRODUÇÃO

Este relatório refere-se ao resultado de um estudo hidrogeológico e geofísico realizado nos campos de produção de sementes híbridas da CEPLAC, localizado no município de Ouro Preto D'Oeste, porção central do estado da Rondônia.

O método geofísico aplicado foi a Eletrorresistividade, 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 município de Ouro Preto D'Oeste, 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 discontinuidades localizadas em profundidades.

3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O município de Ouro Preto do Oeste no estado de Rondônia fica localizado a aproximadamente 332 km de distância da capital Porto Velho, na região central do estado. O acesso é realizado através da BR-364, rodovia federal de pavimento asfáltico (Figura 3.1).

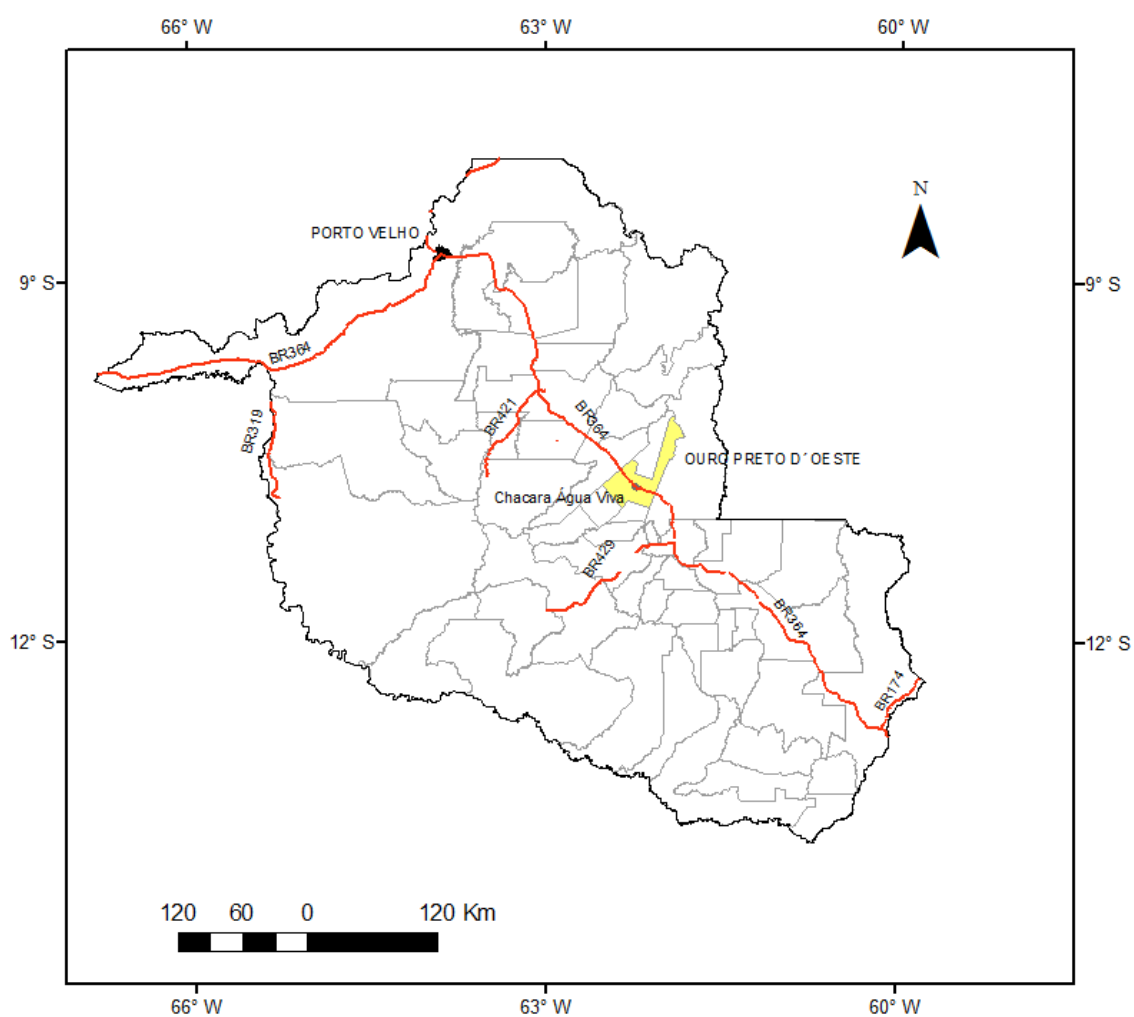


Figura 3.1: Mapa de localização e acesso ao município de Ouro Preto D'Oeste, partindo de Porto Velho.

4. ASPECTO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DA ÁREA

A área está localizada no contexto de rochas intrusivas, estudadas inicialmente por Leal et al. (1976) e denominadas por Tassinari et al. (1984) de Suíte Intrusiva Serra da Providência (Figura 4.1). Esta suíte inclui corpos de granito rapakivi (anfíbólio-biotita monzogranito, biotita sienogranito), charnockito, mangerito e rochas márficas associadas, variando de isotrópica a foliada (foliação de fluxo magmático a milonítica).

Esta rocha é intrusiva no Complexo Jamari (associação de rochas metamorfisadas de médio a alto grau, constituída por gnaisses, migmatitos, granitos, anfibolitos e granulitos), embora sejam raras as exposições de contato direto, em imagens de satélite a relação da intrusão é mais facilmente observada e evidenciada por um conjunto de elevações que se sobressaem em relevo arrasado do Complexo Jamari. Os granitos deformados mostram ampla variação textural, desde tipos fracamente foliados até protomilonitos e milonitos bandados (Quadros, 2007).

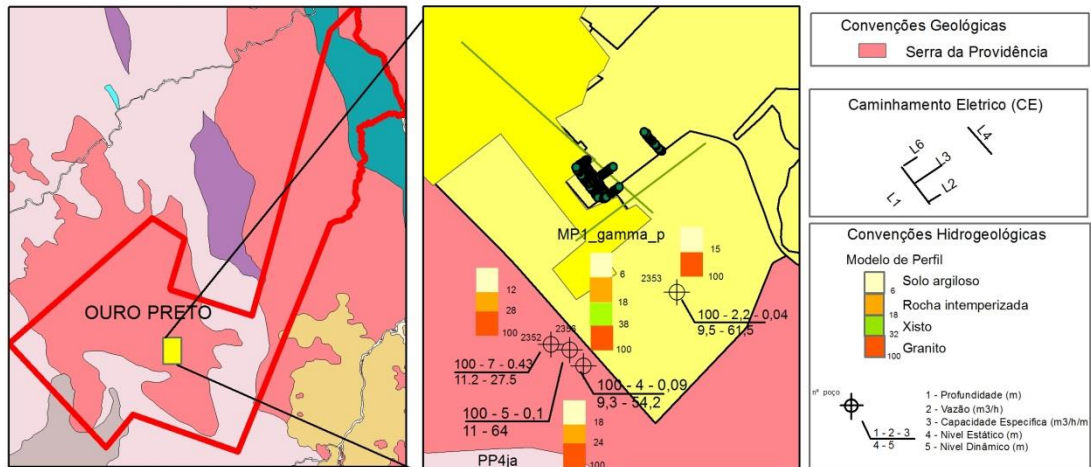


Figura 4.1 - Mapa geológico regional e localização. Fonte: Ramos et al. (2007)

4.1 Hidrogeologia

Trata-se de uma área de rochas cristalinas, com baixa vocação hidrogeológica. As zonas com alguma potencialidade dependem exclusivamente do grau de fraturamento da rocha cristalina e da espessura do manto intempérico. Dentro deste contexto, o manto de intemperismo constitui aquíferos granulares, ao passo que o cristalino está condicionado às fendas ou fraturas abertas.

Embora esse Domínio não seja importante como potencial aquífero, quando comparado aos outros domínios, representa, de qualquer forma, uma alternativa de abastecimento de água às populações locais, sobretudo rurais, através de poços rasos (profundidade menores que 40 metros), a exemplos dos municípios de Ariquemes, Ji-Paraná.

A zona, definida pelo manto de intemperismo (rochas alteradas), tem seu aproveitamento utilizado pela população local, na forma de poços amazonas (poços rasos).

A segunda zona de maior complexidade corresponde aos ganisses E granitóides da Suíte Intrusiva Serra da Providência, que ocorrem ora aflorando, ora capeada por um manto de intemperismo areno-argiloso. As ocorrências de água subterrânea nesta zona são de pequena expressão e se restringem, exclusivamente, às falhas e fraturas ou descontinuidades litológicas. Assim, devido à pouca drenagem superficial, espera-se que boa parte das fraturas e falhas se apresentem fechadas, prejudicando, sobremaneira, o armazenamento nesse aquífero.

Segundo Campos et al. (1999), um campo tensional pleistocênico superior/recente desenvolveu fraturas abertas com direção N45W, dotadas de grande importância prospectiva para água. Entretanto, os altos mergulhos destas (70 a 90°) limitam o critério prospectivo à sua interconexão com fraturas de menor ângulo. Em geral, os poços construídos neste contexto apresentam baixas vazões ou, muitas vezes, são secos.

O aproveitamento desses recursos hídricos se dá através de poços tubulares de até 150 m de profundidade, porém recomenda-se uma profundidade máxima de 100 m, já que a grande maioria das entradas de água situam-se até esta profundidade (MORAIS, 1998).

Foram analisados os perfis construtivos dos cinco (05) poços tubulares semi-artesianos, construídos, pela Geopoços Hidroconstruções e Comércio LTDA, na área do Setor Chacareiro Água Viva.

Os perfis revelam as seguintes espessuras médias:

- 20,00 metros, manto de intemperismo argilo-arenoso de coloração amarelo-avermelhado a esbranquiçada;
- 10,00 metros, saprolito (granito alterado);
- 10,00 metros, granito fraturado, e finalmente sobreposto a um granito-gnaiss de coloração cinza, pouco fraturado.

O nível estático varia de 9,30 até 11,00 metros, com nível dinâmico mínimo de 47,60 m e máximo de 64,00 metros. A vazão dos poços oscila entre 1,5 m até 7,0 m. Em decorrência de uma permeabilidade geralmente baixa e variável, a vazão específica média ($0,27 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$) é pouco expressiva.

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 eletrorresistivímetro marca Sycal Pro de 10 canais, fabricado pela Iris-Instruments. Também foram utilizados cabos de fiação flexível $1,5 \text{ mm}^2$, 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 1012 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:

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{IG} \quad (1)$$

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.

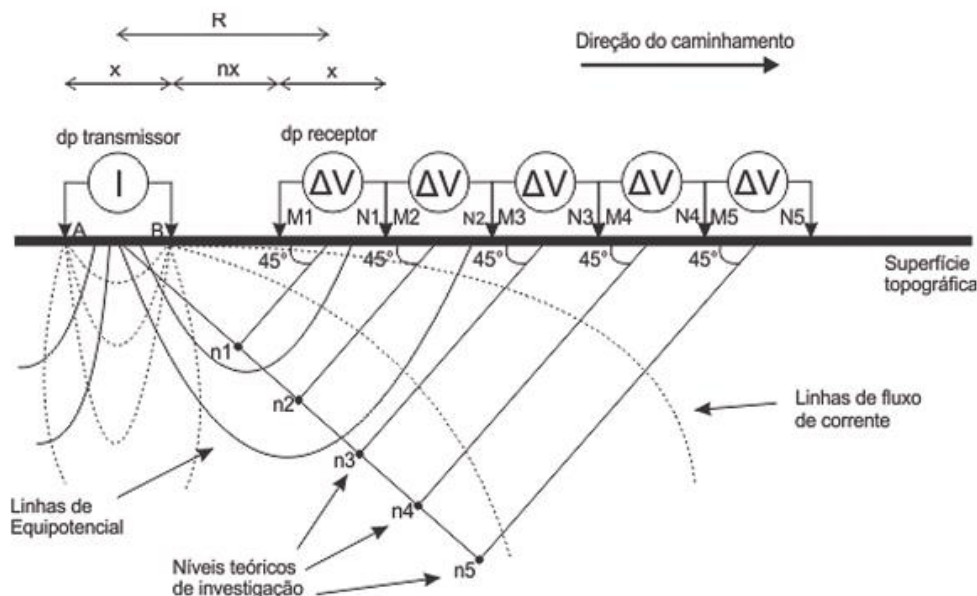


Figura 6.1 – Esquema de arranjo dipolo-dipolo utilizado em caminhamentos elétricos.

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 áreas de Campo de Produção de Sementes Híbridas, da CEPLAC/Ouro Preto (Figura 7.1 e Tabela 7.1).

Os levantamentos foram realizados em uma área de viveiros e mudas, próximo de construções (Figura 7.2 e Figura 7.3). 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 secções levantadas

| Caminhamento | Sentido | Espaçamento eletrodos (m) | Comprimento (m) |
|--------------|---------|---------------------------|-----------------|
| 1 | SE-NW | 20 | 420 |
| 2 | SE-NW | 20 | 420 |
| 3 | SW – NE | 20 | 320 |
| 4 | SE – NW | 20 | 300 |
| 5 | SW-NE | 20 | 300 |
| 6 | NE-SW | 20 | 160 |

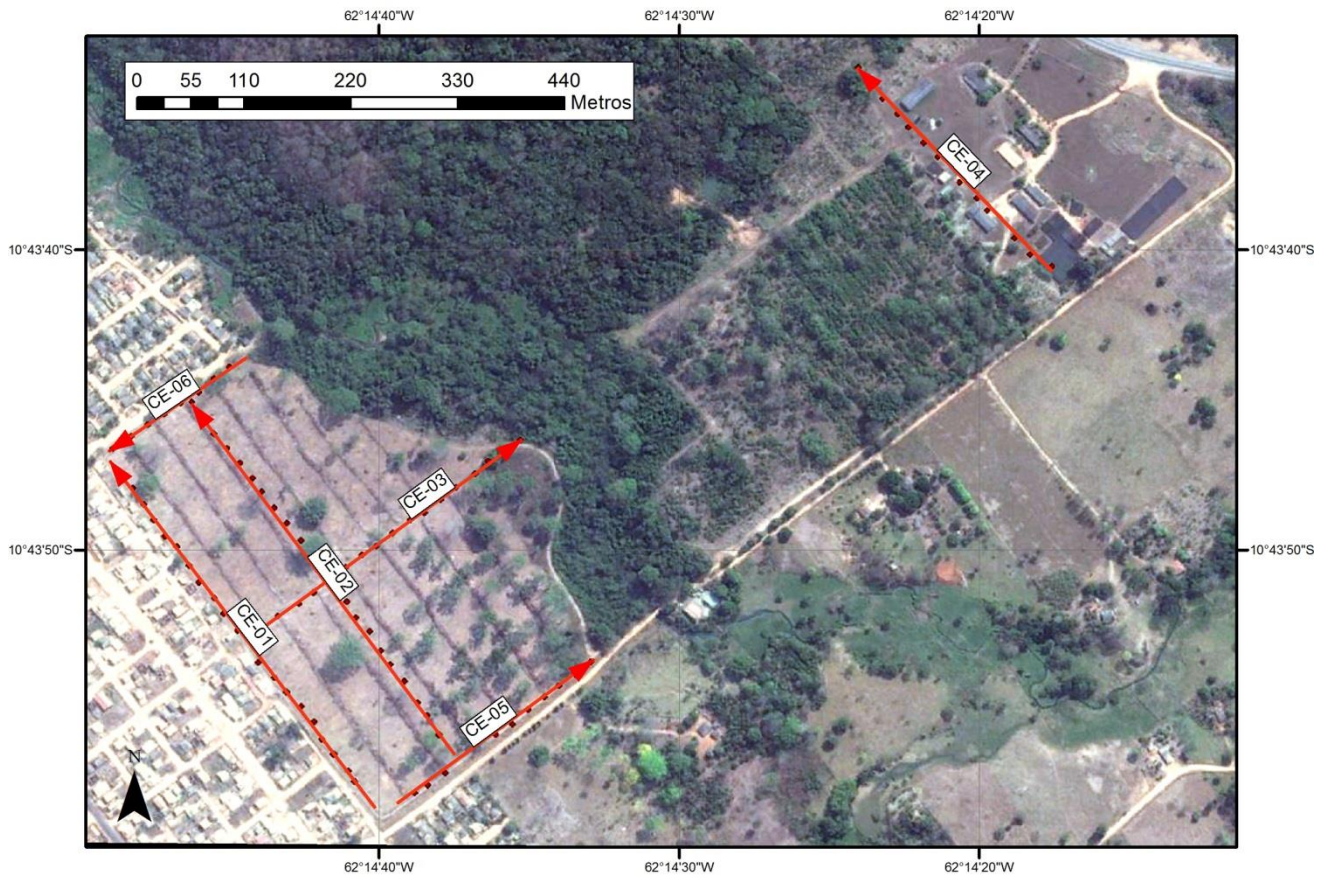


Figura 7.1 – Mapa de distribuição espacial dos caminhamentos elétricos realizados



Figura 7.2 – Técnico do Serviço Geológico do Brasil em atividade na região de pasto próximo da área de implantação do CEPLAC / Ouro Preto.



Figura 7.3 - Área interna do CEPLAC / Ouro Preto.

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 eletrorresistividades aparente coletados nos caminhamentos são apresentados como seções verticais de resistividade e profundidade, com a resistividade apresentada em intervalos de contornos logarítmico e linear (figuras nos itens 9.1 a 9.5). 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: que a partir da profundidade de 14m é observada uma zona condutiva ($< 250 \text{ ohm.m}$) em relação ao meio que pode sugerir a presença de água. Esta zona condutiva “saturada” é assinalada pela cor azul.

Os valores menores que 1000 ohm.m foram interpretados como rocha intemperizada (charnoquito) 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 200 a 250 m do caminhamento.

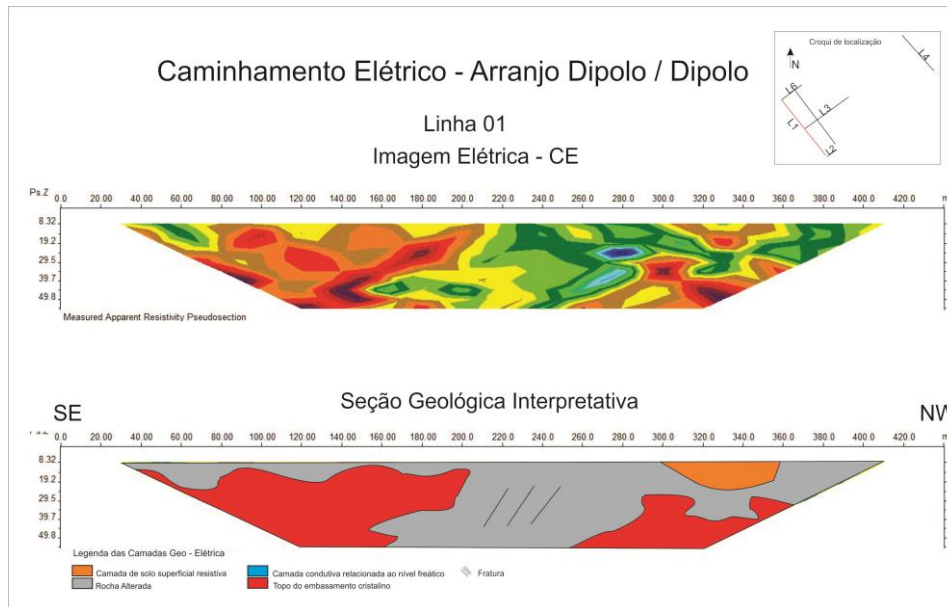


Figura 9.1 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L1) – Ouro Preto d’Oeste/RO

- Caminhamento Elétrico 02: Indica uma espessura inicial de 20 m tendendo a aumentar para NW para até 40m

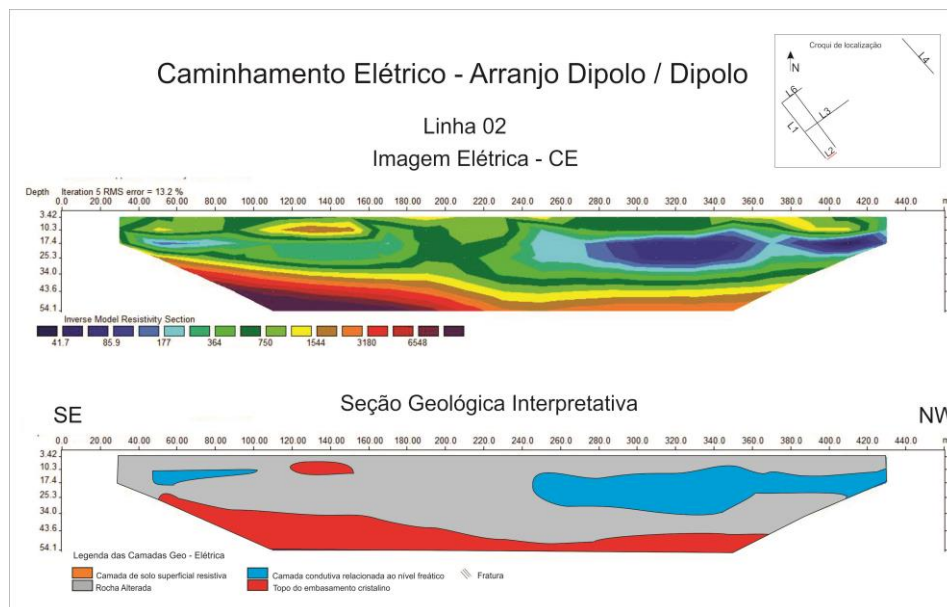


Figura 9.2 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L2) – Ouro Preto d’Oeste/RO

- Caminhamento Elétrico 03: Sugere um manto de intemperismo de 30 metros

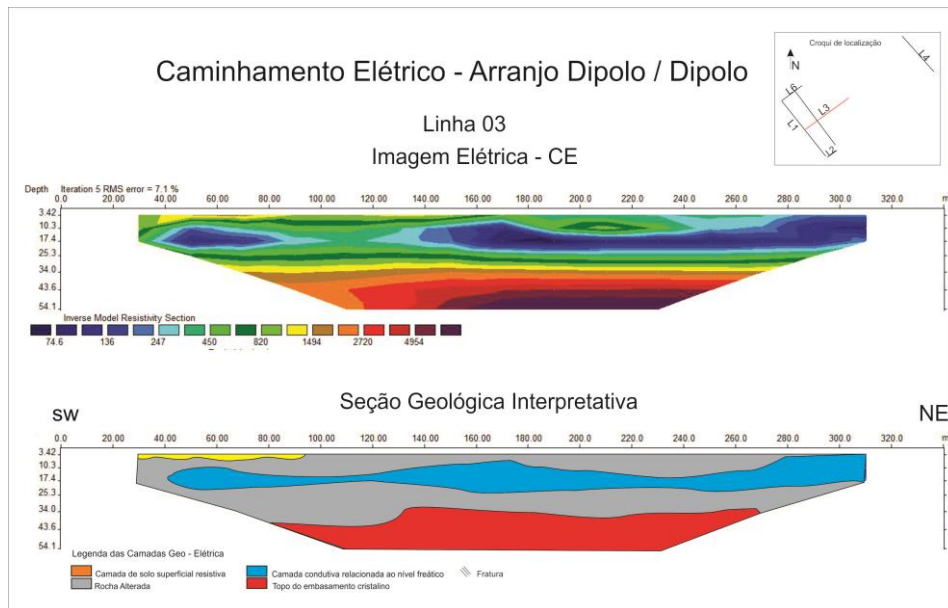


Figura 9.3 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L3) – Ouro Preto d’Oeste/RO

- Caminhamento Elétrico 04: Pode ser associada a presença de blocos de rochas soltos (do início até cerca de 180 m), e uma região com rochas intemperizadas.

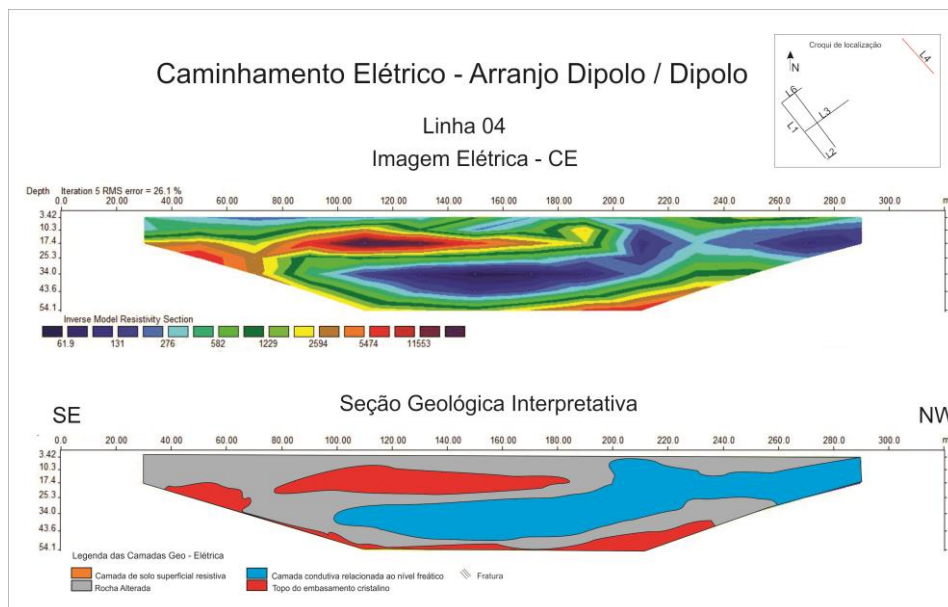


Figura 9.4 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L4) – Ouro Preto d’Oeste/RO

- Caminhamento Elétrico 06: Seção que apresenta a rocha fresca a poucos metros de profundidade (cerca de 15m).

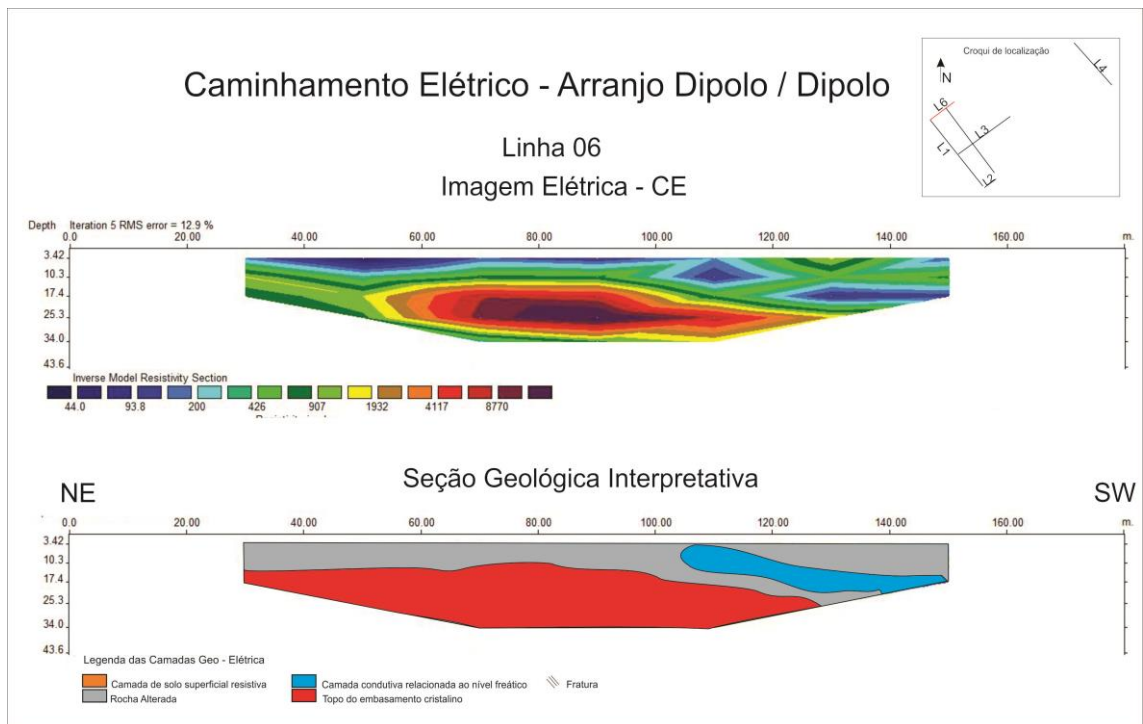


Figura 9.5 – Seção de resistividade aparente e interpretada da CE (L6) – Ouro Preto d’Oeste/RO

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O município de Ouro Preto d’Oeste/RO ocorre sobre rochas cristalinas (Charnóquitos) Suíte Serra da Providência, 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 40 metros sobre o embasamento cristalino que pode ocorrer com fraturas (linha 01).

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 9.1:

Quadro 10.1 - Coordenadas para perfuração dos poços

| Pontos | Linha | Longitude | Latitude |
|--------|-------|-----------|----------|
| PT 01 | 01 | 582483 | 8813633 |
| PT 02 | 04 | 583177 | 8814122 |

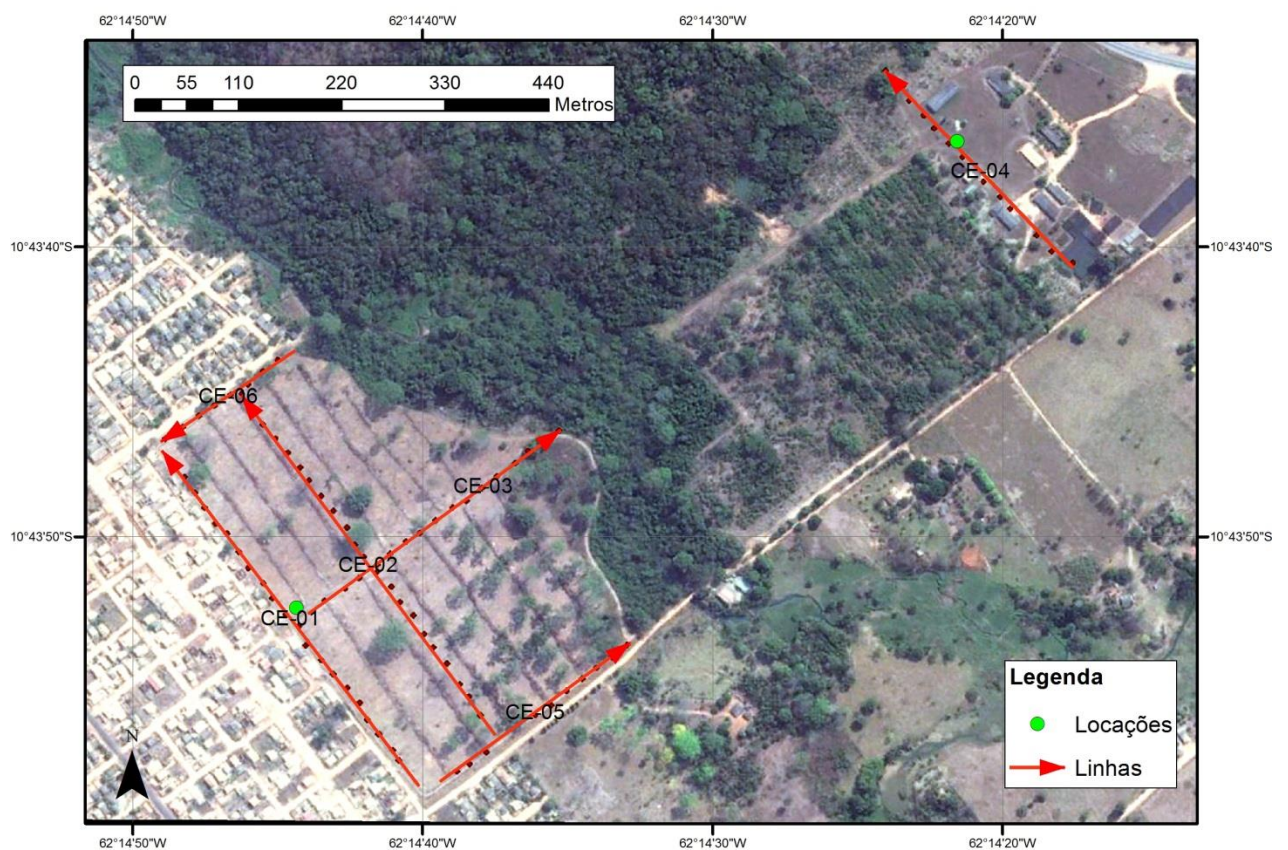


Figura 10.1 - Localização das sugestões para perfuração de poços

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.