



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABORATÓRIO DE GEOFÍSICA DE PROSPECÇÃO
E SENSORIAMENTO REMOTO**



**COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA
REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

BACIA DE LAVRAS DA MANGABEIRA

***LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS NA BACIA DE LAVRAS DA
MANGABEIRA***

RELATÓRIO CONCLUSIVO

VOLUME 02

ELETORRESISTIVIDADE

Equipe Executora: Dr. Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco
MSc. Mauro Lisboa Souza
MSc. Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo
Dr. David Lopes de Castro

Convênio CPRM/FINEP nº 01.04.0623.00

Fortaleza - Ceará

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Localização e Acesso	3
2. ANTECEDENTES	5
3. SERVIÇOS REALIZADOS	8
3.1. Geofísica – Eletroresistividade	8
3.1.1. Equações Básicas do Método Elétrico	9
3.1.2. Aquisição dos Dados Elétricos	12
4. DISCUSSÃO DAS MEDIÇÕES ELÉTRICAS	13
4.1. Sondagens Elétricas	15
4.1.1. Eleição da Linha AB para os Perfis de Resistividade	18
4.2. Perfis de Resistividade	19
4.2.1. Perfil AB	19
4.2.2. Perfil CD	19
4.2.3. Perfil EF	19
4.2.4. Perfil GH	20
4.3. Mapa de Resistividades Aparentes para AB 200 m	20
5. INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	21
5.1. Bacia Riacho do Rosário	22
5.2. Bacia Riacho do Meio	24
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ANEXO 01 – Sondagem Elétrica (Fichas de campo e curvas de resistividade)

ANEXO 02 – Perfis de Resistividade (Fichas de campo e perfis elétricos)

ANEXO 03 – Mapa Geológico com a localização das SEV's e Perfis de Resistividade

ANEXO 04 – Mapa de Resistividades Aparentes – Linha AB de 200 metros

ANEXO 05 – Pranchas de Fotografias

1. INTRODUÇÃO

O presente documento corresponde aos resultados de um estudo geofísico realizado na Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira, localizada na porção sul do Estado do Ceará. O método geofísico aplicado foi o Elétrico, por meio da Eletrorresistividade, sendo as técnicas implementadas na aquisição dos dados, as seguintes: Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e Perfil de Resistividade (PR). O objetivo principal desta pesquisa foi o de mapear o contorno do topo do embasamento cristalino, resultando na indicação de variações de espessura do pacote sedimentar da Bacia sedimentar em apreço, bem como investigar a existência de descontinuidades que possam existir, condicionado a ocorrência de *horsts* e *grabens*.

Este estudo atende ao projeto de uma rede cooperativa, intitulado ***Comportamento de Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro***, segundo o Termo de Referência para Levantamentos Geofísicos na Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira. O referido projeto resultou do convênio Nº 01.04.0623.00, entre a CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) com recurso financeiro da CTHIDRO (Fundo Setorial de Recursos Hídricos), tendo como alvo de pesquisa os Estados do Ceará (Bacia Lavras da Mangabeira e do Araripe), Rio Grande do Norte (Bacia Potiguar), Paraíba (Bacia Rio do Peixe), Pernambuco (Bacia Jatobá) e Bahia (Aqüífero Urucuia).

O convênio entre a CPRM e a FINEP previu a contratação de universidades participantes da rede cooperativa para a realização de estudos geofísicos nestas bacias. Desta forma, por meio do contrato CPRM/UFC: 088/PR/05, coube a Universidade Federal do Ceará, por meio do Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto (LGPSR), a realização de um estudo geofísico na Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira.

1.1. Localização e Acesso

A área de desenvolvimento desta pesquisa está localizada na porção sul do Estado do Ceará, mais especificamente no município de Lavras da Mangabeira (Figura 1.1), representando uma superfície de aproximadamente 150 Km², limitada pelos vértices da poligonal definida pelas coordenadas geográficas apresentadas na tabela 1.1. O acesso a partir da cidade de Fortaleza pode ser feito por meio da Rodovia Federal BR-116, por aproximadamente 400 Km, tomando-se em seguida a Rodovia Federal BR-230 no sentido oeste, até a sede municipal de Lavras da Mangabeira.

Tabela 1.1 - Coordenadas Geográficas dos vértices limítrofes da área de interesse deste estudo.

VÉRTICE	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
A	6° 46' 11''	39° 08' 18''
B	6° 46' 11''	38° 56' 29''
C	6° 49' 56''	38° 56' 29''
D	6° 49' 56''	38° 08' 18''

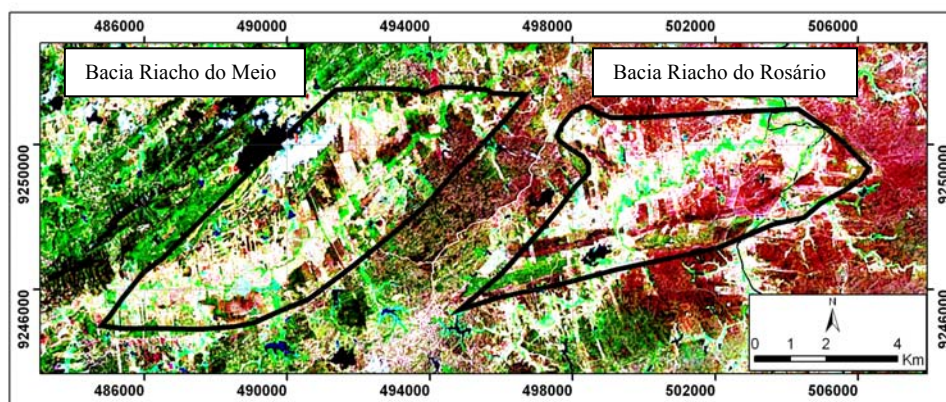


Figura 1.1 - Mapa do Estado do Ceará com a localização da área de pesquisa e imagem de satélite com o contorno das duas bacias sedimentares (Riacho do Meio e Riacho do Rosário) sobrepostos.

2. ANTECEDENTES

Serão aqui apresentadas algumas informações referentes à geologia, a trabalhos pretéritos de geofísica e a perfis de poços profundos, relacionados à região de estudo, de modo a contribuir para a interpretação dos dados geofísicos adquiridos nessa pesquisa.

Geologia

A bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira constitui um conjunto de três pequenas bacias: Riacho do Meio, Riacho do Rosário e Iboperí. Esta última, é constituída litologicamente por uma formação homônima, onde predominam arenitos fluviais basais com espessura da ordem de 60 a 80 metros. As outras duas bacias são constituídas pela Formação Serrote do Limoeiro, caracterizada por arenitos, siltitos, argilitos fluviais e lacustres com espessura aproximada de 300 metros, recortada por Basaltos da Formação Lavras da Mangabeira (Ponte *et. al.*,1990) (Figura 2.1). Esta pesquisa teve como alvo, as bacias sedimentares Riacho do Meio e Riacho do Rosário, cujo mapa geológico está no Anexo 03.

Litoestratigrafia		Sistemas Depositionais	Descrições Litológicas	Espessura (m)	Crono-estratigrafia
Grupo	Formação				
Sem denominação		Fluvial	Depósitos aluvionares inconsolidados: areias, siltes e argilas.	0 a 5	Cenozóico
Grupo Lavras da Mangabeira	Fm. Serrote do Limoeiro	Lacustre raso e Fluvial	Arenitos vermelhos e roxos finos a médios, friáveis, bem, classificados, caulínicos, estratificados em acamamento médio. Intercalados com siltitos e argilitos vermelhos e folhelhos verde, localmente fossilíferos.	± 300	Eo a Meso Jurássico ?
	Basalto Lavras da Mangabeira		Basalto de textura sub-ofítica, contendo plagioclásio, augita, hematita e magnetita.	± 10	
	Fm. Iborepí	Leques aluviais coalescentes	Arenitos brancos, grosseiros a conglomeráticos, mal classificados, friáveis, com acamamento espesso e irregular, com estratificação cruzada.	60 a 80	
Grupo Ceará	Complexo Lavras da Mangabeira		Rochas metamórficas, filitos, micaxistos, intercalados com quartzito e mármore; gnaisses.		Eo - Proterozóico

Figura 2.1 - Quadro estratigráfico das bacias sedimentares de Lavras da Mangabeira (Ponte *et al.*, 1990).

Geofísica

Barros (1969) utilizou o método da eletrorresistividade aplicado aos arenitos e aluviões desta bacia, com o intuito de definir condições hidrogeológicas favoráveis à complementação do abastecimento de água da cidade de Lavras da Mangabeira. Foram realizadas 19 Sondagens Elétricas Verticais com abertura máxima da linha AB de 1.000 m, em numa área de 10 Km², sendo que desta, 2.5 Km² são constituídos por aluviões.

Com a finalidade de dirigir as hipóteses de interpretação para os diagramas obtidos sobre os aluviões, o autor dividiu o conjunto de sondagens em dois grupos: 1. Aluviões sobre substrato infinitamente resistente; 2. Aluviões sobre substrato condutor.

Para o 1º grupo foram determinadas duas famílias de sondagens, onde na primeira observou-se a existência de um horizonte condutor inicial pouco espesso (capa argilosa, argilo-arenosa ou areno-argilosa); em seguida foi determinado um horizonte resistente/condutor, correspondendo a uma seqüência de areia e cascalho saturado e, por fim, um horizonte sotoposto resistente (cristalino). Na segunda família, um horizonte condutor (argila e areia argilosa) está intercalado entre horizontes resistentes (topo – areia seca, base – provável suporte metamórfico).

O segundo grupo (Aluviões sobre substrato condutor) é caracterizado por um horizonte inicial condutor, seguido por um nível resistente e depois por outro horizonte condutor (arenito), em seguida, tem-se o ramo final ascendente em 45°, evidenciando o embasamento cristalino. Através da eletrorresistividade foi possível caracterizar um horizonte condutor, correlacionável aos arenitos, estabelecendo um valor de resistividade mínimo de 6 Ω.m, para este estrato geoeletrico.

Com base nos dados adquiridos e tratados, Barros (*op.cit.*) concluiu que os aluviões que repousam sobre o embasamento cristalino têm espessura de 5 metros e os que estão sobre os arenitos têm espessura média de 7 metros. O perfil característico para ambos é o seguinte: 1. Capa argilosa superficial, 2. Horizonte argilo-arenoso ou areno-argiloso, 3. Areia fina a média, 4. Areia grossa com seixos (zona saturada) e 5. Areia de granulação média com lentes de argila. Já os arenitos, são compactos, bem silicificados, pouco fraturados, com intercalação argilosa e espessura média de 60 metros.

Pocos Profundos

A figura 2.2 exhibe o perfil litológico de cinco poços profundos localizados na área de pesquisa, onde se pode observar que, ao contrário da seqüência litológica proposta por Ponte *et al.* (1990) (Figura 2.1), ocorre à predominância de sedimentos pelíticos (argilito, siltito e

folhelho) seguidos por arenitos. Outra característica é a existência de calcário no poço LAVMA 124. A tabela 2.1 apresenta algumas características destes poços bem como suas coordenadas geográficas, já o posicionamento dos mesmos encontra-se no Anexo 03.

Os perfis dos poços apresentados foram descritos pela CAGECE (Companhia de Águas e Esgoto do Ceará). Os poços profundos LAVMA 124, 125 e 126 estão localizados na Bacia Riacho do Meio, onde foi realizado a Sondagem Elétrica 01 (SEV 01). Já os poços LAVMA 05 e 06 localizam-se na bacia Riacho do Rosário, onde foi realizado a SEV 02.

Poço Profundo	Coordenadas		Nível estático (m)	Nível dinâmico (m)	Vazão (m ³ /h)
	UTM – E	UTM - N			
LAVMA 124	489.850	9.249.568	5,7	14,9	12
LAVMA 125	489.561	9.250.130	4,3	29,4	5
LAVMA 126	489.814	9.249.652	4	20	15
LAVMA 05	504.236	9.250.451	ABANDONADO		
LAVMA 06	504.051	9.250.445	POÇO SECO		

Tabela 2.1 – Coordenadas e algumas características dos poços profundos analisados.

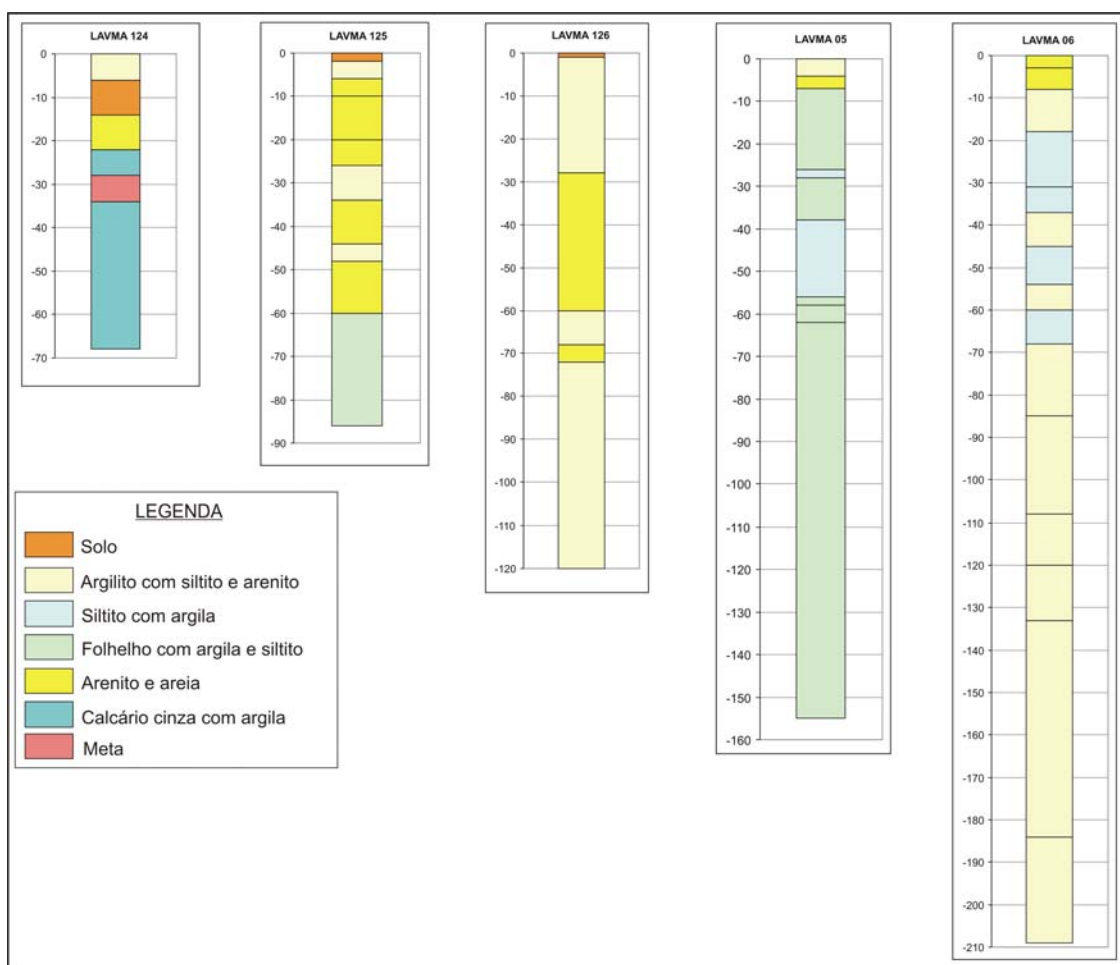


Figura 2.2 – Perfis litológicos dos poços profundos localizados na área de pesquisa.

3. SERVIÇOS REALIZADOS

De modo a alcançar os objetivos propostos, esta pesquisa foi realizada em três etapas principais, conforme apresentadas abaixo:

- **Primeira etapa** (realizada em laboratório): correspondeu, inicialmente e sobretudo, na consulta do trabalho “Diagnóstico do Estado da Arte” elaborado especificamente para nutrir essa pesquisa de informações básicas e no levantamento e análise de material bibliográfico; à criação de um banco de dados em plataforma SIG, na geração de mapas base para utilização em campo e na checagem de material para aquisição dos dados (eletrorresistivímetro, GPS, bobinas, eletrodos, etc) e adoção das logísticas pertinentes.
- **Segunda etapa** (atividades de campo): correspondeu à aquisição de dados elétricos por meio de Sondagem Elétrica Vertical e Perfis de Resistividade.
- **Terceira etapa** (laboratório pós-campo): obedeceu às atividades de processamento e interpretação conjunta dos dados geofísicos, à geração de modelos geológicos ao longo dos Perfis de Resistividade e à confecção do relatório final, de modo a cumprir as exigências do Termo de Referência deste projeto.

3.1. Geofísica – Eletrorresistividade

De um modo detalhado a resistência elétrica e a resistividade devem ser entendidas de forma diferente. A *resistência elétrica* é uma propriedade física que representa a dificuldade presente nos portadores de carga submetidos à ação de um campo elétrico quando atravessam de um ponto a outro em um determinado material. Desta forma, esta resistência elétrica é dependente das dimensões e do tipo daquele material. A terminologia que interessa com o método de eletrorresistividade refere-se à *resistividade elétrica* que é uma propriedade intrínseca da matéria, muito embora também relacionada com dificuldades apresentadas à ação de campos elétricos. A diferença fundamental aqui reside no fato da *resistividade* (como pode ser simplesmente chamada) ser independente das dimensões do material analisado.

O método de eletrorresistividade consiste de medidas de impedância, com subsequente interpretação em termos de propriedade elétrica da estruturação geológica em sub-superfície, baseado na resposta de cada material ao fluxo de uma corrente elétrica (Ward, 1990). Quando uma corrente elétrica é introduzida no subsolo através de dois eletrodos (AB), esta produz uma diferença de potencial que é medida por um segundo par de eletrodos (MN). O valor medido desta diferença de potencial é função da resistividade aparente do subsolo e do arranjo

geométrico dos eletrodos, sendo que a profundidade investigada é diretamente proporcional ao espaçamento entre os eletrodos (Orellana, 1972). É importante destacar, ainda, que a resistividade nos sólidos pode ser determinada através de corrente contínua (DC) ou corrente alternada (AC).

Qualitativamente, a resistividade é uma medida da dificuldade que um determinado material impõe a passagem de uma corrente elétrica, correspondendo ao inverso da condutividade. A resistividade é designada por (ρ) dada em ohm.m e a condutividade (σ) é dada em S/m, sendo a relação entre elas: $\rho = 1/\sigma$.

A aquisição da resistividade aparente do subsolo pode ser feita através da combinação de uma das três técnicas, com um dos diversos arranjos propostos para o método da Eletrorresistividade (Braga, 2006). Estas técnicas são (Figura 3.1): **Sondagem Elétrica Vertical** (SEV), caracterizada pela investigação vertical e pontual das variações do parâmetro físico com a profundidade; **Caminhamento Elétrico** (CE), que corresponde à investigação lateral das variações do parâmetro físico em uma ou em várias profundidades e **Perfilagem Elétrica** (PERF), referente à investigação lateral e vertical das variações do parâmetro físico efetuadas no interior de furos de sondagens e poços profundos. Já os arranjos correspondem à disposição dos eletrodos na superfície do terreno, podendo ser: *Schlumberger*, *Wenner*, *Dipolo-Dipolo*, etc.

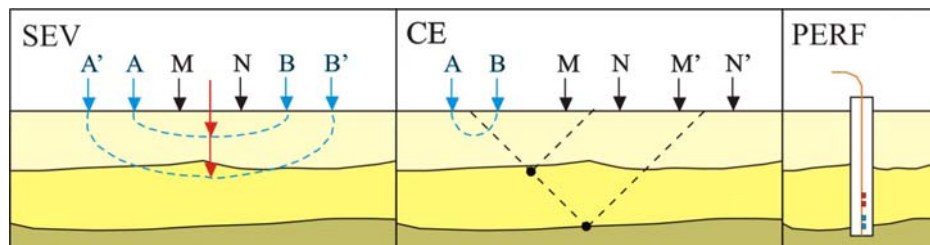


Figura 3.1 – Representação simplificada das técnicas referentes ao método da Eletrorresistividade.

3.1.1. Equações Básicas do Método Elétrico

Analisando o caso para um terreno homogêneo de resistividade ρ , se introduzirmos através de um eletrodo pontual **A**, uma corrente elétrica contínua de intensidade **i**, esta fluirá radialmente e as superfícies equipotenciais seriam semi-esferas concêntricas de raio **r** (Figura 3.2).

Aplicando a lei de Ohm no espaço compreendido entre duas equipotenciais, teremos uma diferença de potencial, ΔV , dada por:

$$- \Delta V = \rho \Delta r i / 2\pi r^2$$

integrando-se:

$$V = \rho i / 2\pi r$$

Na prática, a diferença de potencial é medida através de um arranjo de 4 eletrodos, sendo dois extremos (**A** e **B**) para o envio de corrente elétrica (**I**) e dois no centro do arranjo (**M** e **N**), para medição da diferença de potencial (ΔV) (Figura 3.3). Aplicando a fórmula de ΔV para um terreno homogêneo e isotrópico tem:

$$\Delta V = \frac{1}{2\pi} (1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN) \rho i$$

Fazendo:

$$K = 2\pi / (1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)$$

ou

$$K = \frac{(AM \times AN) \pi}{MN}$$

Desta forma, a equação da resistividade aparente fica simplificada como mostrado abaixo, sendo conhecida como **fórmula fundamental da eletrorresistividade**:

$$\rho = K \Delta V / I$$

onde **K** é uma constante que depende do arranjo geométrico dos eletrodos, ou seja, está baseada nas distâncias lineares entre os eletrodos de corrente elétrica e de potencial.

Para um terreno heterogêneo e anisotrópico, o valor calculado através da fórmula acima é chamado, por particularidades do meio geológico, de resistividade aparente (ρ_a) onde a unidade de medida é dada em ohm.m. Assim,

$$\rho_a = K \Delta V / I$$

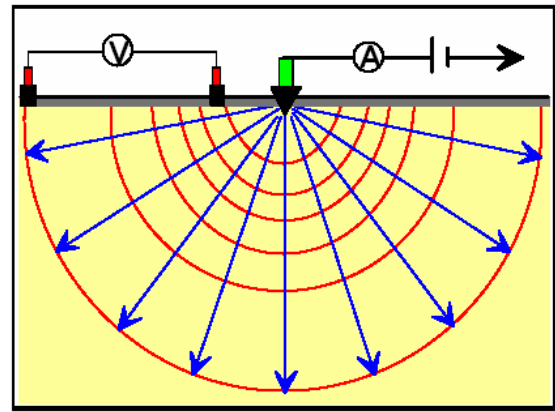
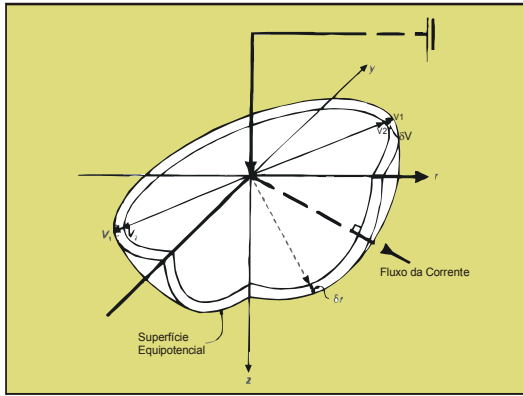


Figura 3.2 - Relação entre o fluxo de corrente elétrica e superfícies equipotenciais a partir de uma fonte pontual (Baseado em Reynolds, 1997).

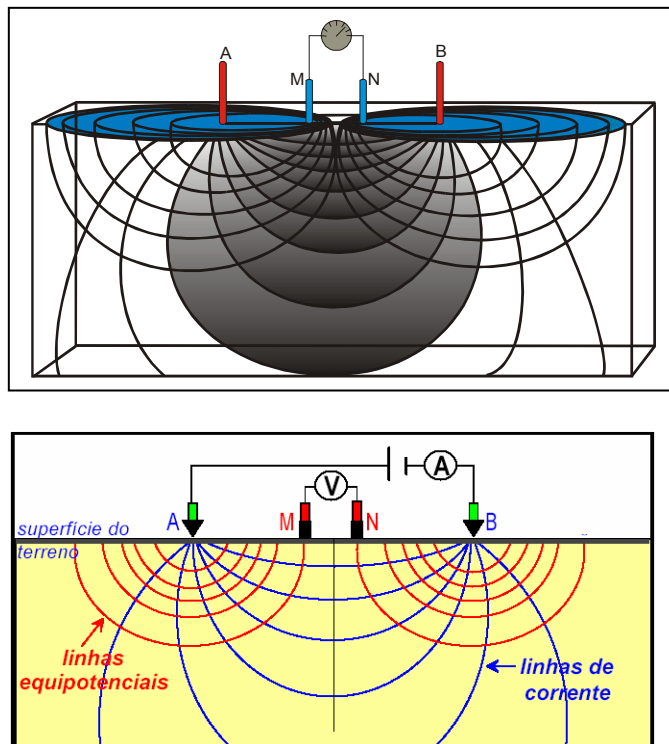


Figura 3.3 - Figuras ilustrativas para o arranjo *Schlumberger*, adotado neste trabalho e a relação entre as linhas de corrente e as superfícies equipotenciais. A e B representam os eletrodos de injeção de corrente elétrica; M e N representam os eletrodos de medição da diferença de potencial. Notar que um conjunto “eletrorresistivímetro” fica caracterizado por um amperímetro (A) e por um voltmetro (V).

3.1.2. Aquisição dos Dados Elétricos

Os dados de resistividade aparente foram adquiridos através das técnicas de Sondagem Elétrica Vertical e Perfil de Resistividade (Figura 3.4), por meio dos equipamentos (eletroresistivímetro) DER-500 (DPM Engenharia) e VT/VR-250 (Intergeo), respectivamente.

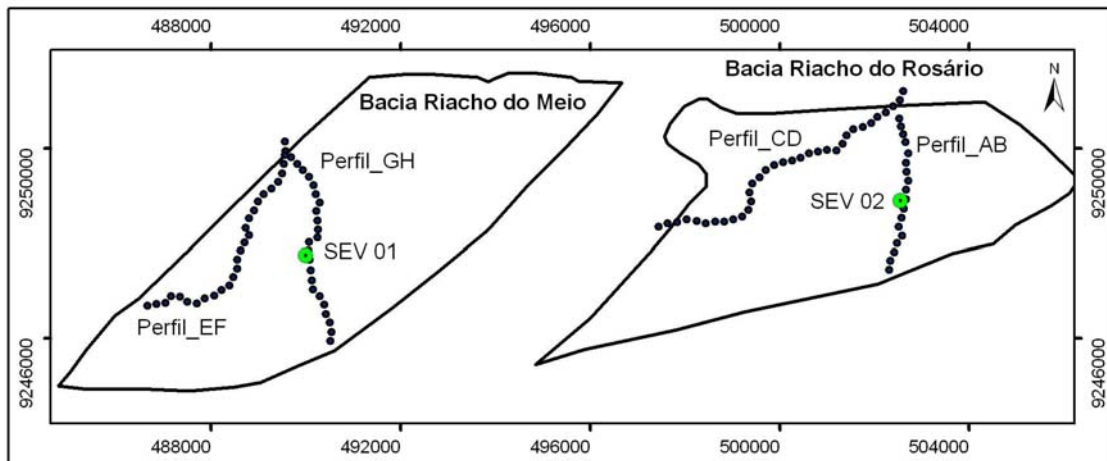


Figura 3.4 – Mapa simplificado da área exibindo o posicionamento dos Perfis de Resistividade e das SEV's.

O arranjo de eletrodos utilizado nas SEV's foi aquele proposto por *Schlumberger* (Orellana, 1972), onde o espaçamento entre os eletrodos externos (A e B) é aumentado progressivamente, sendo a profundidade de investigação diretamente proporcional. O espaçamento dos eletrodos internos (M e N) é aumentado a cada vez em que sua distância for 5 vezes menor do que à distância entre os eletrodos de corrente ($MN \leq AB/5$). Deste modo, é possível medir as variações de resistividade aparente do subsolo em diversos níveis de profundidade.

Utilizando uma abertura máxima (distância) de 2.000 metros entre os eletrodos de corrente AB, foram realizadas 2 SEV's na área de estudo, cujas fichas de campo, posicionamento em mapa e fotos ilustrativas da aquisição dos dados, encontram-se nos Anexos 01, 03 e 05, respectivamente.

Para os Perfis de Resistividade, adotou-se também o arranjo elétrico *Schlumberger*, com aquisição dos dados (resistividade aparente) em uma única profundidade de investigação, pois foi utilizada uma única abertura entre os eletrodos de corrente AB (200 metros) já entre os eletrodos de potencial MN a abertura foi de 20 metros. Desta forma, foram realizados quatro Perfis de Resistividade, totalizado 20 Km de extensão, com espaçamento entre as

estações de leitura de 200 metros (Tabela 3.1), cujas fichas de campo, mapa com a posição das estações de leitura (localização dos perfis) e pranchas de fotografias ilustrativas, estão apresentadas nos Anexos 01, 03 e 05 respectivamente.

Perfil	Dimensão (m)	Direção Aproximada	Sentido
A-B	3.400	N-S	N-S
C-D	6.600	NE-SW	NE-SW
E-F	5.200	NE-SW	SW-NE
G-H	4.800	N-S	N-S

Tabela 3.1 – Características gerais dos Perfis de Resistividade.

4. DISCUSSÃO DAS MEDIÇÕES ELÉTRICAS

Pesquisas geofísicas através do método da eletrorresistividade podem ser excelentes ferramentas na investigação de mudanças litológicas, sejam em profundidade, através de sondagens elétricas verticais, sejam lateralmente, através de perfis de resistividade. Não obstante, quantificar de forma elucidativa fácies internas dos pacotes geológicos e determinações precisas de espessuras, sobretudo, pela ausência de informações confiáveis de investigações diretas, seria por demais exigente. Os métodos geofísicos são métodos de investigações indiretas, baseadas em propriedades físicas da matéria, mas voltados para a investigação de um meio anisotrópico e heterogêneo. Por outro lado, tanto os métodos elétricos quanto os métodos eletromagnéticos têm uma capacidade de resolução limitada para determinações de resistividades/condutividades da estrutura interna da terra. Nem os métodos galvânicos nem aqueles indutivos isoladamente conseguem discernir ou resolver a anisotropia dos meios geológicos estratificados. Infelizmente, por problemas adversos, não são feitos investimentos na multidisciplinaridade das técnicas geofísicas. Somente os problemas de Inversão Matemática Conjunta de dados juntamente com os coeficientes de anisotropia poderiam minimizar em muito estes problemas.

Uma vez que a resistividade aparente medida em campo não é uma propriedade física da subsuperfície, foi necessário utilizar técnicas de interpretação que transforme os valores obtidos pelas sondagens verticais em resistividade “real”. No caso do CE, não é possível fazer essa transformação, desta forma, sua interpretação é qualitativa. Muito embora se procurou dar ênfase a uma visão interpretativa qualitativa das SEV's, nessa pesquisa foram realizados

procedimentos de modelagem, numa tentativa de incorporar o que pudesse ser adicionado em termos de interpretação.

Desta forma, as análises e interpretações finais tiveram as seguintes etapas:

- análise qualitativa dos dados de campo (sondagens e perfis elétricos);
- análise quantitativa dos dados apresentados dos processamentos de inversão e modelagem (SEV's);
- análises qualitativas dos dados obtidos destes processamentos.

No que se referem aos processamentos de inversão e modelagem as curvas de campo das SEV's foram interpretadas através da seguinte metodologia:

1. Inicialmente os dados de campo foram processados através do *software* ATO versão 1.82 (Zohdy & Bisdorf, 1989) onde, basicamente, cada ponto de medida é considerado como uma camada geoeétrica distinta com dois parâmetros associados, resistividade e espessura;
2. A segunda etapa consistiu no agrupamento de camadas que possuem comportamento geoeétrico semelhantes, utilizando as informações geológicas locais disponíveis. No caso específico deste trabalho, foram também utilizadas informações de perfis litológicos dos cinco poços tubulares profundos construídos na bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira (LAVMA 05, 06, 124, 125 e 126) (Figura 2.2). Esta etapa trata-se de uma parametrização dos estratos geoeétricos com informações litológicas;
3. Após as etapas 1 e 2, os dados foram novamente processados (modelados em 1-D) no *software* IX1D da Interpex Limited com a introdução de um modelo inicial de n-camadas com suas respectivas, resistividades e espessuras, obtido da primeira etapa de interpretação.

O método de inversão, segundo Ward (1990), consiste em calcular uma curva teórica e compará-la com a curva de campo. A comparação é feita, utilizando a técnica de mínimos-quadrados, entre os valores observados de p_a versus $AB/2$ (curva de campo) e os valores calculados de p_a devido a um arranjo geométrico determinado de 4 eletrodos sobre n-camadas (curva teórica). Este método possibilita que a cada tentativa de comparação, o erro convirja para valores menores até um limite aceitável, geralmente menor que 5%.

4.1. Sondagens Elétricas

Nesta pesquisa foram realizadas duas sondagens elétricas verticais: a SEV 01, localizada na Bacia do Riacho do Meio e a SEV 02, localizada na Bacia Riacho do Rosário (Figura 4.1).

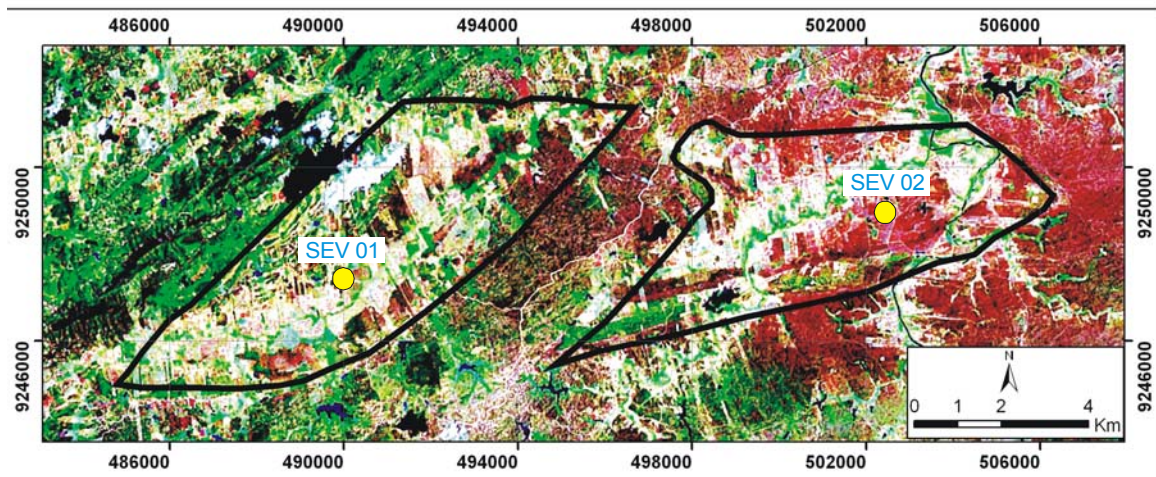


Figura 4.1 - Localização das SEV's realizadas nas Bacias de Lavras da Mangabeira (Bacia do Riacho do Meio – SEV 01, e Bacia Riacho do Rosário – SEV 02)

As interpretações destas duas SEV's se basearam na análise qualitativa das curvas de resistividade elétrica de campo e dos valores de resistividades elétricas obtidos dos processamentos de inversão e modelagem (Figura 4.2).

Na SEV 01 foram interpretados quatro horizontes geoeletricos, do topo para base, descritos a seguir:

- primeiro horizonte muito resistivo correspondendo aos sedimentos arenosos inconsolidados da cobertura sedimentar;
- segundo horizonte com resistividade mais baixa que o anterior, de natureza areno-argiloso, sugestivo da presença de um horizonte aquífero raso, que no campo é corroborado pelo posicionamento da SEV na margem de um rio, onde também foi observado uma cacimba com o nível estático apresentando-se em torno de 5 metros de profundidade;
- terceiro horizonte muito condutivo, indicando um espesso pacote sedimentar de natureza pelítica, podendo haver, pelo comportamento da curva de campo (com discretas variações de resistividades), intercalações com sedimentos arenosos e/ou argilosos;

- O quarto horizonte corresponde ao embasamento cristalino relativamente resistivo, que pela avaliação qualitativa da curva de campo talvez seja possível avaliar a presença de um inexpressível manto de alteração.

Com relativa concordância com os dados elétricos da SEV 01, o perfil do poço profundo 126 (Figura 2.2) (poço localizado na Bacia Riacho do Meio – Anexo 03) exibe um espesso pacote de argilito intercalado por uma lente de arenito com 5 metros de espessura.

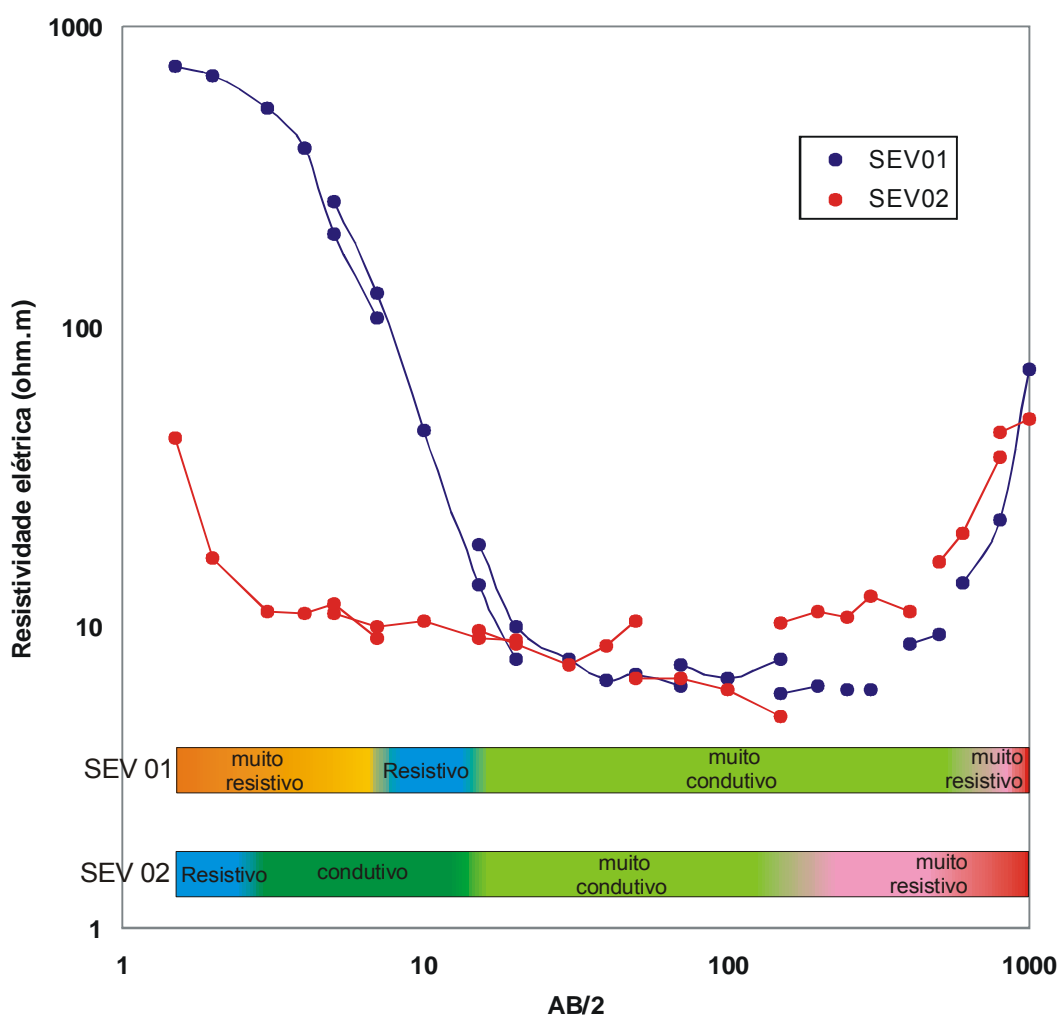


Figura 4.2 – Curvas de resistividade elétrica das SEV's 1 e 2, com as respectivas interpretações qualitativas.

Na SEV 02 também foram individualizados quatro horizontes geoeletricos, do topo para a base, apresentando as seguintes características:

- primeiro horizonte geométrico mais superficial (correspondente ao horizonte 2 da SEV 01), correspondendo a uma cobertura sedimentar composta por sedimentos areno-argilosos, neste caso, sem indicativo no campo da presença de um horizonte aquífero raso;
- segundo horizonte geométrico de pouca profundidade, correspondendo a sedimentos de composição mais argilosa que o anterior e por conseguinte mais condutivo;
- terceiro horizonte geométrico muito condutivo atingindo espessuras mais expressivas e composto por sedimentos essencialmente argilosos (conforme horizonte 3 da SEV 01);
- quarto horizonte geométrico muito resistivo, correspondente ao embasamento cristalino, no entanto, por comparação com a curva de resistividade da SEV 01, com sugestão de um manto de alteração mais pronunciado.

O poço profundo LAVMA 06 (Figura 2.2), localizado na Bacia Riacho do Rosário (Anexo 03), exibe um espesso pacote de argilito intercalado com lentes de siltito, reforçando assim, a interpretação quantitativa (modelagem) dos dados geofísicos elétricos para a SEV 02.

Com base nas interpretações descritas para as SEV's 1 e 2 elaboraram-se duas seções geométricas com indicações dos parâmetros de espessuras e de resistividades para cada um dos horizontes geométricos identificados (Figura 4.3).

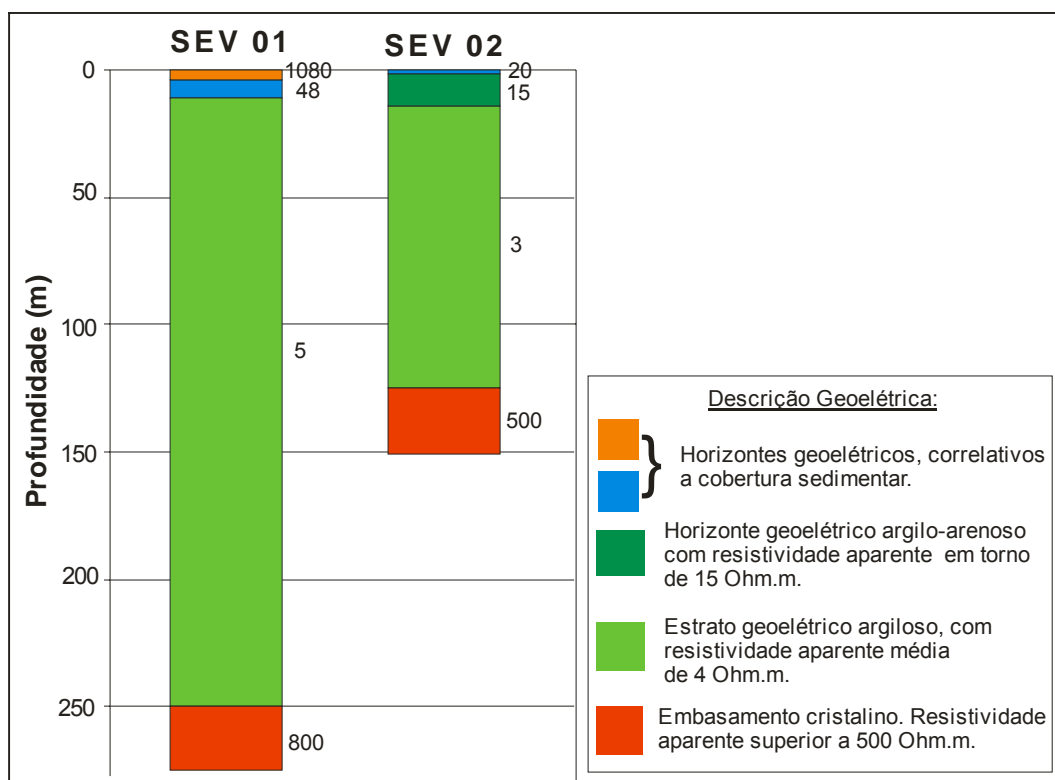


Figura 4.3 – Seções geoeletricas interpretadas para as SEV's, mostrando os horizontes geoeletricos com suas espessuras e resistividade eletrica.

4.1.1. Eleição da Linha AB para os Perfis de Resistividade

A eleição de um comprimento de linha AB de envio de corrente, para a realização dos perfis de resistividade levou em conta, basicamente, o conhecido princípio da herança tectônica, onde falhamentos antigos do embasamento cristalino de uma bacia sedimentar, e suas reativações comandariam toda a história geológica dessas bacias, afetando todas as formações que a constituem. Desta forma, a metodologia adotada no levantamento geofísico por meio de perfis de resistividade, deveu-se à possibilidade de se obter a configuração tectono-estrutural das bacias investigadas, bem como a cartografia dos sedimentos argilosos identificados nas sondagens elétricas verticais, de modo a caracterizar a sua distribuição espacial, contribuindo assim para o conhecimento do potencial hidrogeológico da área, uma vez que sedimentos desta natureza comportam-se como aquícluíde. Com base nestes propósitos, foi determinada uma linha AB de 200 metros para todos os perfis, a qual permite investigar um pacote sedimentar de aproximadamente 50 metros de espessura.

4.2. Perfis de Resistividade

Nesta pesquisa foram realizados 4 perfis de resistividade (AB, CD, EF e GH – Figura 4.4) totalizando 20 quilômetros de extensão, conforme exigências do Termo de Referência. Os Anexos 02 e 03 correspondem respectivamente, as fichas de campo e ao posicionamento das estações de aquisição dos dados de resistividade aparente.

4.2.1. Perfil AB

Este perfil foi realizado na sub-bacia Riacho do Rosário, possui 3.400 metros de comprimento e direção aproximada norte-sul (Figura 4.4 e 5.1; Anexo 02 e 03). Na porção inicial do Perfil AB e entre as estações de leitura 11 e 14, observa-se um patamar de resistividade aparente com valor da ordem de 20 Ohm.m, correspondendo provavelmente a litotipos arenosos. Entre as estações de leitura 06 e 11 observa-se um outro patamar mais condutivo (10 Ohm.m) correspondente ao fácies mais argiloso da Formação Serrote do Limoeiro. Do ponto 15 (2.800 metros) até o final deste perfil, os valores de resistividades aparentes são bem elevados (100 – 300 Ohm.m) e foram adquiridos próximos a borda sul da referida bacia sedimentar, correspondendo portanto, aos litotipos do embasamento cristalino.

4.2.2. Perfil CD

O Perfil CD também foi realizado na sub-bacia Riacho do Rosário, com 6.600 metros de comprimento e orientação preferencial NE-SW (Figura 4.4 e 5.2; Anexo 02 e 03). Do início deste perfil até a estação de leitura 09 observa-se um patamar de resistividade aparente em torno de 20 Ohm.m, correspondendo a lentes de litotipos arenosos da Formação Serrote do Limoeiro. Em seguida, até o ponto de leitura 31, destaca-se um patamar mais condutivo, com valores de resistividade aparente de 10 Ohm.m (estrato geoelétrico argiloso). A partir da estação 31, os valores de resistividade são relativamente elevados (> 100 Ohm.m) correspondendo aos litotipos do embasamento cristalino, conforme observado também nos afloramentos em campo, próximo a parte final do perfil em apreço.

4.2.3. Perfil EF

O perfil EF foi realizado paralelamente a borda oeste da sub-bacia Riacho do Meio, possui 5.200 metros de extensão e está orientado na direção SW-NE (Figura 4.4 e 5.3; Anexo 02 e 03). Do início deste perfil até a estação de leitura 14 observa-se um patamar de resistividade aparente de 15 Ohm.m, correspondendo aos litotipos areno-argilosos da Formação Serrote do Limoeiro. Em seguida, ocorre um patamar mais resistivo

(correspondente a sedimentos psamíticos) com três picos de resistividade nas estações de leitura 16, 21 e 25.

4.2.4. Perfil GH

O perfil GH, também realizado na sub-bacia Riacho do Meio, possui 4.800 metros de extensão e direção aproximada N-S (Figura 4.4 e 5.4; Anexo 02 e 03). Do início do perfil até a estação de leitura 10, o valor médio de resistividade aparente é de aproximadamente 30 Ohm.m, correspondendo a litotipos de natureza psamítica (arenitos). Em seguida, até o final do perfil, ocorre um patamar com resistividade aparente de 10 Ohm.m, correspondendo aos litotipos pelíticos da Formação Serrote do Limoeiro.

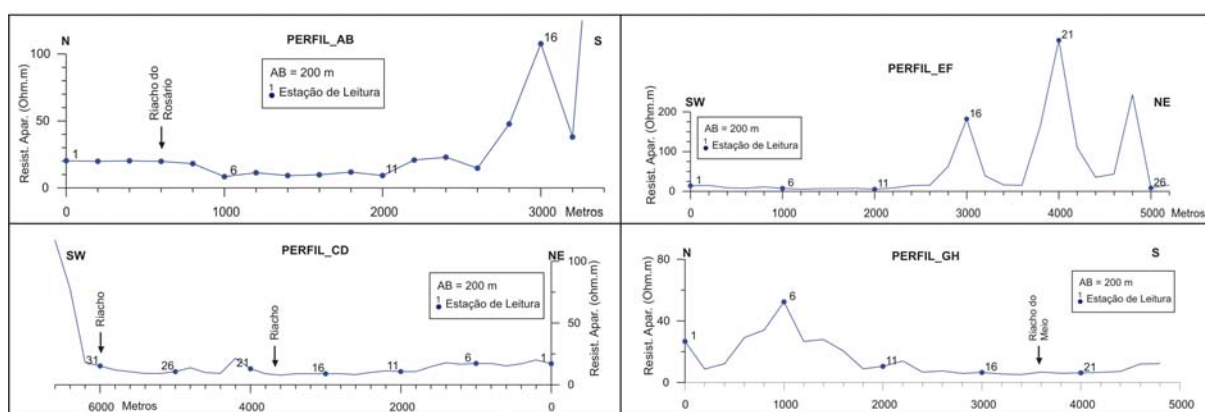


Figura 4.4 – Gráfico dos Perfis de Resistividades AB, CD, EF e GH.

4.3. Mapa de Resistividades Aparentes para AB 200 m

A distribuição dos perfis de resistividade nas sub-bacias Riacho do Rosário e Riacho do meio, permitiu a geração de um mapa de resistividade aparente conforme apresentado no Anexo 04. Este mapa é resultado da geração de um *grid* regular (utilizando como dados as coordenadas e os valores de resistividade de cada estação de leitura) seguido de uma interpolação dos dados por meio do método da *Krigagem* e apresentação do resultado na forma de curvas de iso-valores. Este processamento foi realizado com o uso do *software* Surfer 8 e, em seguida, adicionado ao banco de dados em ambiente SIG do pacote ARCMAP.

Na porção centro-norte da sub-bacia Riacho do Rosário, as curvas de iso-resistividade correspondem aos sedimentos da Formação Serrote do Limoeiro (10 – 20 Ohm.m), indicando assim que a borda desta bacia está mais a norte do que apresentado no mapa geológico da CPRM, soma-se ainda o fato de que valores de resistividades aparentes representativos de litotipos cristalinos não foram medidos neste trecho. Em direção a borda sul desta bacia, os

valores de resistividade aparente crescem constantemente até valores da ordem de 200 a 300 Ohm.m, correspondendo assim aos litotipos do embasamento cristalino.

Para a bacia Riacho do Meio, os limites da área de interpolação dos dados concorda com os limites do levantamento geofísico. Desta forma, por não possuir dados, a porção norte desta bacia não foi inserida no processo de interpolação. Com base no mapa do Anexo 04, observa-se que os valores de resistividade aparente da porção centro sul da bacia em apreço, são da ordem de 10 Ohm.m, referentes aos sedimentos pelíticos já tratados. Na borda centro-oeste da mesma, os valores de resistividades aparentes representados por iso-linhas, correspondem aos sedimentos psamíticos e indicam também que o limite oeste desta bacia não corresponde ao representado no mapa geológico da CPRM tomado como base (Cavalcante *et. al.*, 2003).

5. INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

Os perfis de resistividade foram realizados na Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira (sub-bacias Riacho do Rosário e Riacho do Meio) com o objetivo principal de mapear possíveis lineamentos estruturais e, por conseguinte, caracterizar a existência de blocos soerguidos e rebaixados (*horts e grabens*). Para tanto, vamos destacar as seguintes premissas:

- A investigação elétrica foi rasa, envolvendo uma camada superficial do terreno com espessura não superior a 50 metros. Neste caso, se apostou no princípio da herança tectônica, segundo o qual, a estruturação do embasamento cristalino da bacia, se refletiria em toda a seqüência sedimentar, por reativações dos antigos falhamentos, que possam existir.
- Os perfis foram programados e realizados de forma a adquirir os dados de resistividade aparente, ao longo de toda a extensão das duas bacias investigadas. Foram aqui, desconsiderados os sedimentos de cobertura.
- A interpretação dos dados de resistividade aparente ocorreu de forma qualitativa, onde a caracterização de lineamentos estruturais e definição de blocos litológicos alçados ou rebaixados, devem-se a detecção de descontinuidades elétricas. Acreditamos que estas descontinuidades correspondam à existência de litologias diferentes em contato lateral, devido à atuação de movimentos tectônicos.

- As interpretações geológicas descritas a seguir tiveram como base os dados elétricos laterais (perfis de resistividade), o contexto geológico regional (bibliografia), observações geológicas em campo, mapa geológico base da CPRM (Cavalcante *et.al.*, 2003) e perfis litológicos de poços profundos.
- Os perfis topográficos utilizados na elaboração dos perfis geológicos, correspondem a dados orbitais de satélite (Projeto SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*), que foram extraídos com a utilização do *software* Global Mapper.
- A abordagem deste levantamento, principalmente no que diz respeito à interpretação dos dados e geração de modelos geológicos, tiveram um caráter regional em virtude dos propósitos desta pesquisa e, no caso especial desta bacia, corresponde a trabalhos pioneiros desta natureza. Desta forma, os resultados aqui apresentados servirão de base para outras atividades de pesquisa, bem como nortear estudos geofísicos de detalhe.

5.1. Bacia Riacho do Rosário

Analisando os perfis de resistividade AB e CD (Figuras 5.1 e 5.2, respectivamente) realizados nesta bacia, verifica-se que não ocorrem descontinuidades elétricas correspondentes a falhamentos geológicos. As principais características que podemos destacar a partir dos modelos geológicos gerados, são:

- Os sedimentos pelíticos diversos (argilito, siltito e folhelho) possuem uma grande distribuição espacial e apresentam variações faciológicas para sedimentos arenosos, assinalados por valores de resistividades aparentes da ordem de 20 Ohm.m.
- O dique observado em campo e apresentado no mapa geológico da CPRM (Cavalcante *et.al.*, 2003) é bem cartografado pelo perfil de resistividade AB, onde ocorre um aumento nos valores de resistividade aparente, na região que aflora o dique.
- As duas primeiras estações de leitura do Perfil CD estão, conforme o mapa geológico base, sobrepostas ao embasamento cristalino. No entanto, os valores de resistividades aparentes adquiridos (20 Ohm.m) correspondem a litotipos argilo-arenosos, indicando que o limite norte desta bacia não corresponde ao apresentado no mapa geológico da CPRM, devendo-se portanto, realizar estudos geológicos e geofísicos de detalhe, de modo a obter subsídios para realizar as devidas modificações neste mapa.

- No extremo sul dos perfis considerados, os valores de resistividade são bem elevados (> 200 Ohm.m), caracterizando os litotipos do embasamento cristalino e delimitando assim a borda sul da Bacia Riacho do Rosário.

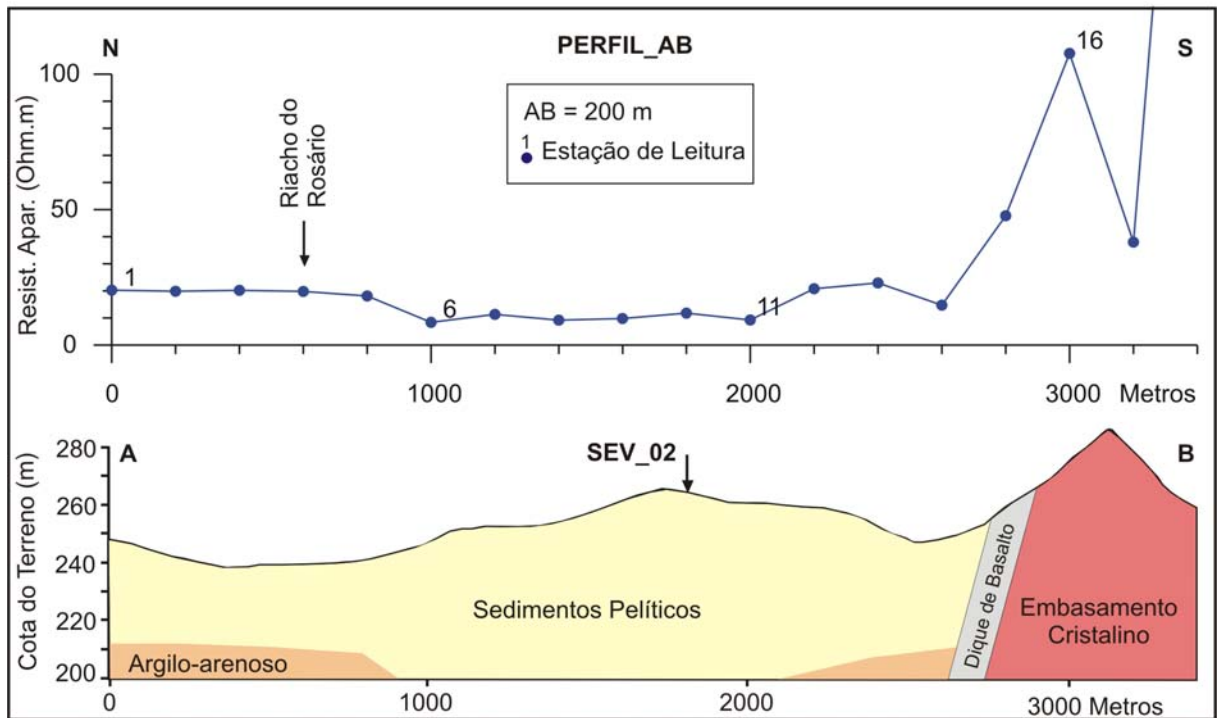


Figura 5.1 – Perfil de Resistividade AB e uma possível seção geológica esquemática.

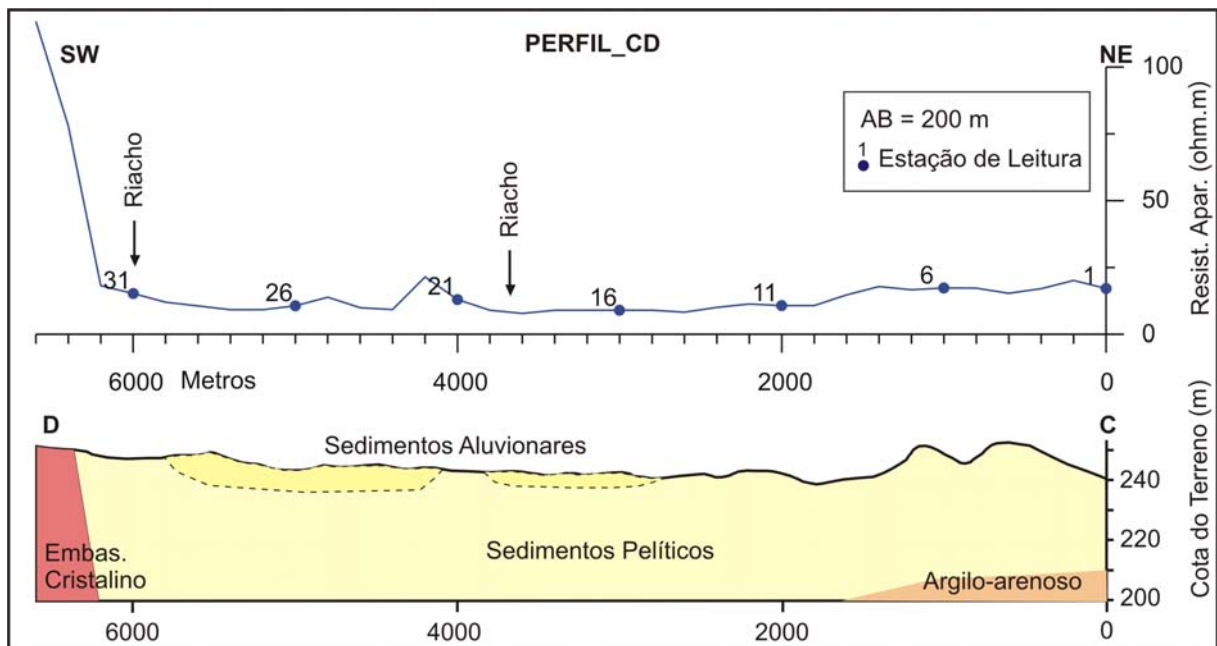


Figura 5.2 – Perfil de Resistividade CD e uma possível seção geológica esquemática.

5.2. Bacia Riacho do Meio

Os Perfis EF e GH, realizados na bacia Riacho do Meio, não exibem descontinuidades elétricas que caracterizem a existência de falhamentos geológicos. Os modelos geológicos oriundos da interpretação dos dados geofísicos elétricos (Figura 5.3 e 5.4), mostram apenas uma variação faciológica dos sedimentos identificados. Desta forma, foi identificado na borda oeste da referente bacia, a existência de sedimentos psamíticos, gradando na direção sul, para sedimentos pelíticos. Outras características correspondem:

- Os sedimentos pelíticos diversos (argilito, siltito e folhelho) possuem uma grande distribuição espacial.
- As estações de leitura 01 e 02 do Perfil EF e 27 do Perfil GH foram realizadas, conforme mapa geológico base, sobre os litotipos do embasamento cristalino. Porém, os valores medidos nestas estações correspondem aos sedimentos psamíticos da Formação Serrote do Limoeiro, indicando que o limite oeste desta bacia não condiz com o apresentado no mapa geológico base. Corroborando está afirmativa, têm-se o poço profundo 125, que possui um perfil litológico constituído por rochas sedimentares, no entanto, segundo o mapa geológico base, está posicionado sobre litotipos cristalinos.

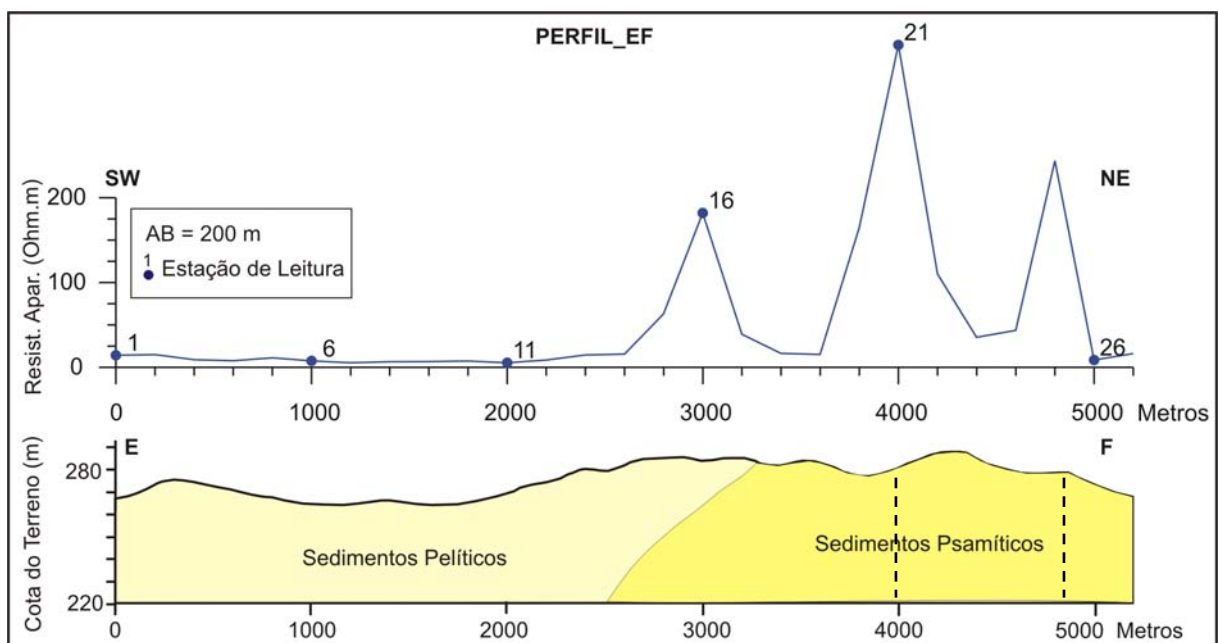


Figura 5.3 – Perfil de Resistividade EF e uma possível seção geológica esquemática.

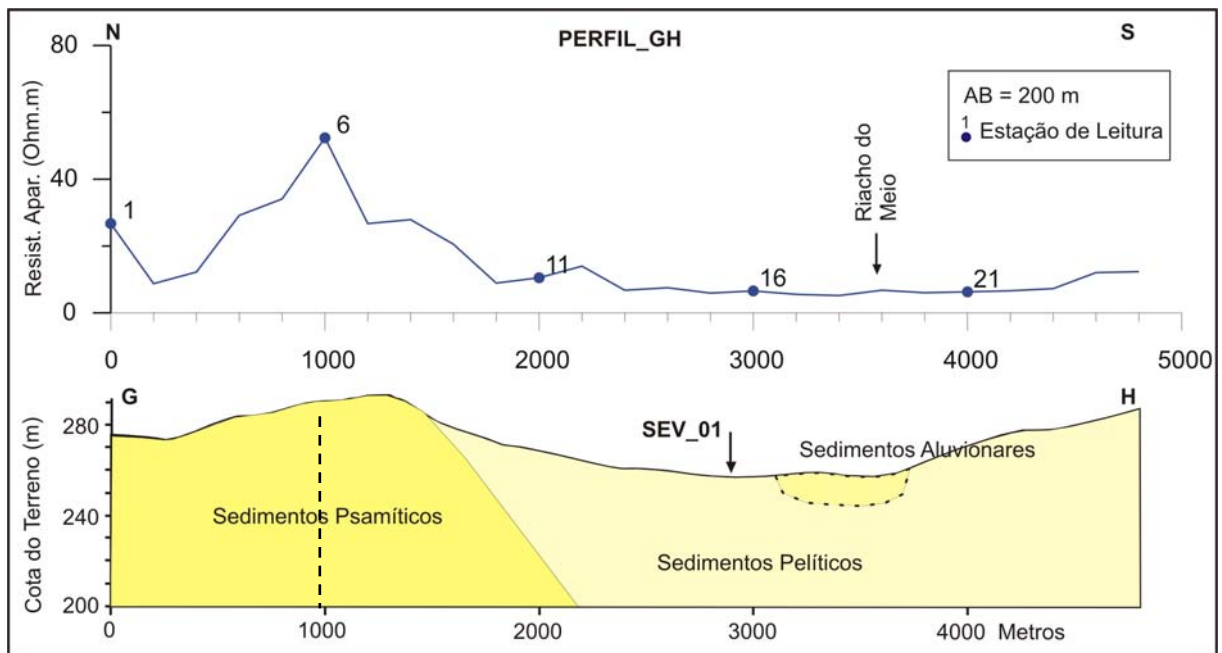


Figura 5.4 – Perfil de Resistividade GH e uma possível seção geológica esquemática.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos objetivos propostos para esta pesquisa e nos resultados obtidos podemos tecer as seguintes considerações, conclusões e recomendações:

- Esta pesquisa justificou-se devido à escassez de trabalhos geofísicos na região. Estes novos dados, de natureza elétrica, aqui adquiridos e tratados, consolidam-se como de suma importância para a caracterização geológica como base de conhecimentos para a realização de futuras pesquisas para a avaliação da potencialidade hídrica subterrânea, bem como a definição de locais mais favoráveis à captação deste recurso, além de favorecer a tomadas de decisões por órgãos e/ou instituições competentes.
- Quatro estratos geoeletricos foram determinados a partir da inversão das sondagens elétricas verticais: (1) Horizonte geoeletrico pouco espesso correspondente à cobertura sedimentar; (2) Estrato geoeletrico argilo-arenoso com resistividade média de 10 Ohm.m e espessura máxima de 140 Ohm.m; (3) Estrato geoeletrico argiloso, com resistividade aparente em torno de 6 Ohm.m e espessura da ordem de 250 metros; (4) Horizonte geoeletrico resistivo (> 500 Ohm.m) correspondente a litotipos do embasamento cristalino.
- A espessura total do pacote sedimentar, determinada com base na inversão das SEV's, é de aproximadamente 250 metros para a sub-bacia Riacho do Meio e de 240 metros

para a sub-bacia Riacho do Rosário. Vale ressaltar que está informação é pontual, não devendo ser extrapolada para toda a extensão das bacias pesquisada.

- O estrato geoeletrico mais importante (250 metros de espessura), por apresentar uma natureza pelítica, possui um baixo potencial hidrogeológico, correspondendo portanto, a um aquíclode. Como agravante, estes litotipos predominam dentro da formação geológica Serrote do Limoeiro e, por conseguinte, no interior das bacias estudadas.
- Com base nos dados provenientes dos perfis de resistividade verificou-se que os litotipos da Formação Serrote do Limoeiro não exibem descontinuidades geológicas e, por conseguinte, não foram identificados blocos estruturais alçado e rebaixados (*horts e grabens*). A possibilidade de algumas estruturas verticais é mostrada nas seções geofísicas esquemáticas.
- A continuidade desta pesquisa é imprescindível, principalmente para a caracterização das dimensões dos sedimentos pelíticos da Formação Serrote do Limoeiro, a partir da qual, tornar-se-á possível uma definição mais concreta e plausível acerca da potencialidade hídrica subterrânea da região. Esta caracterização é possível, por meio de uma maior quantidade de sondagens elétricas verticais bem distribuídas ao longo das bacias que compõem a Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira.
- As interpretações aqui levantadas sugerem que perfis elétricos com aberturas maiores de AB possivelmente não trariam avanços de interpretações. Por outro lado fica sugerido inicialmente um maior número de SEV's.


7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

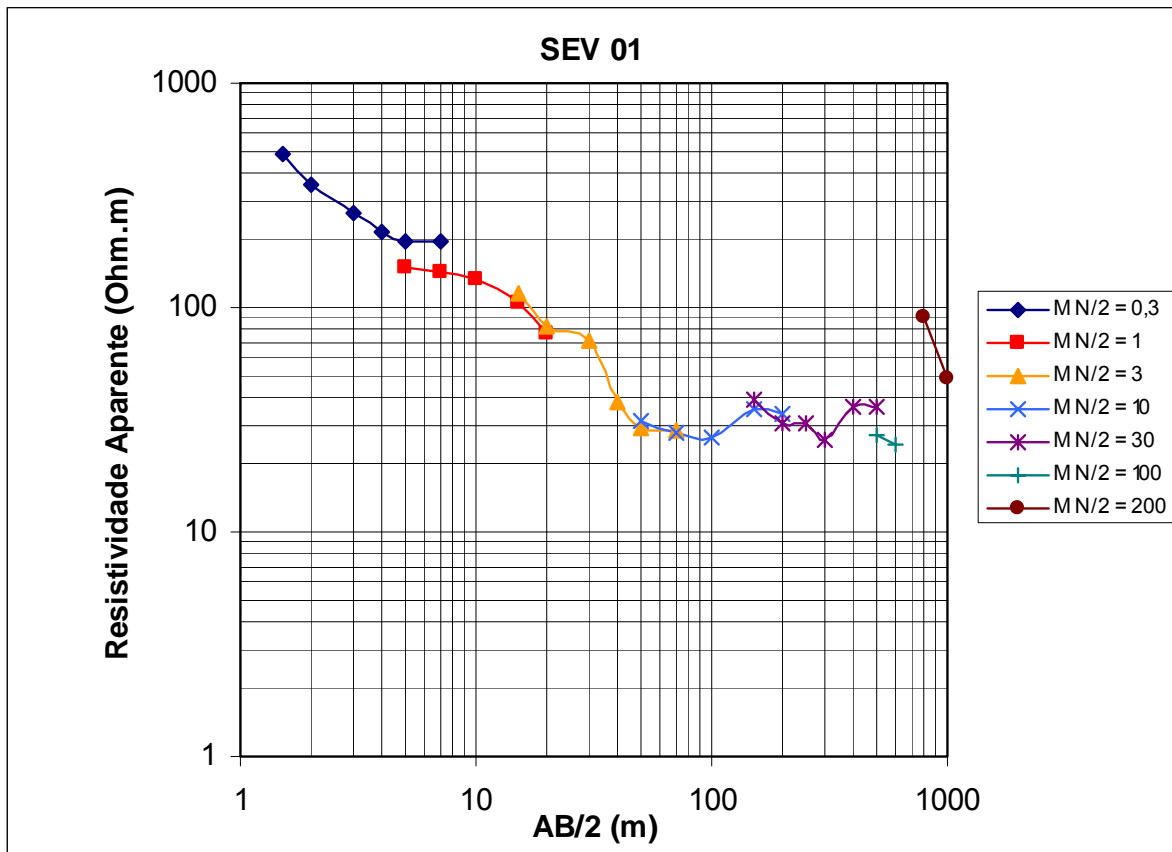
- BARROS, J. G. Do C. – 1969 – Estudo Geofísico dos Aluviões de Lavras da Mangabeira e Várzea Alegre – Ceará. Recife. Sudene. Relatório Interno.
- Braga, A. C. O. – Métodos Geoeletricos Aplicados. Disponível em <http://ns.rc.unesp.br/igce/aplicada/geoeletricos-V3>. Acesso em 04/03/2006.
- CAVALCANTE, J. C. – 2003 – Mapa Geológico do Estado do Ceará. (1:500.000). Ministério de Minas e Energia, CPRM – Fortaleza/CE.
- ORELLANA, E. – 1972 – Prospeccion Geoeletrica en Corriente Continua, Ed. Paraninfo, Madri. 523p.


- PONTE, F. C., DINO, R., ARAI, M. & SILVA-TELLES Jr. A. C. da. -1990 - Geologia das bacias sedimentares de Lavras da Mangabeira e do remanescente sedimentar do Rio dos Bastiões, no Estado do Ceará, Petrópolis, - RJ. PETROBRAS-CENPES-DIVEX-SEBIPE.
- Reynolds, J. M. – 1997 – An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons. Inglaterra. 796p.
- WARD, S. H. – 1990 – Resistivity and Induced Polarization Methods. USA. Investigaions in Gophysics no 5. Geotechnical and Environmental Geophysics. Editora Stanley H. Ward, v.I, p147-189.
- Zohdy, A. A. R. & Bisdorf, R. J. – 1989 – Programs for the Automatic Processing and Interpretation of Schlumberger Sounding Curves in Quick Basic. U. S. Geological Survey Open File Report, 89-137-2, 64pp.

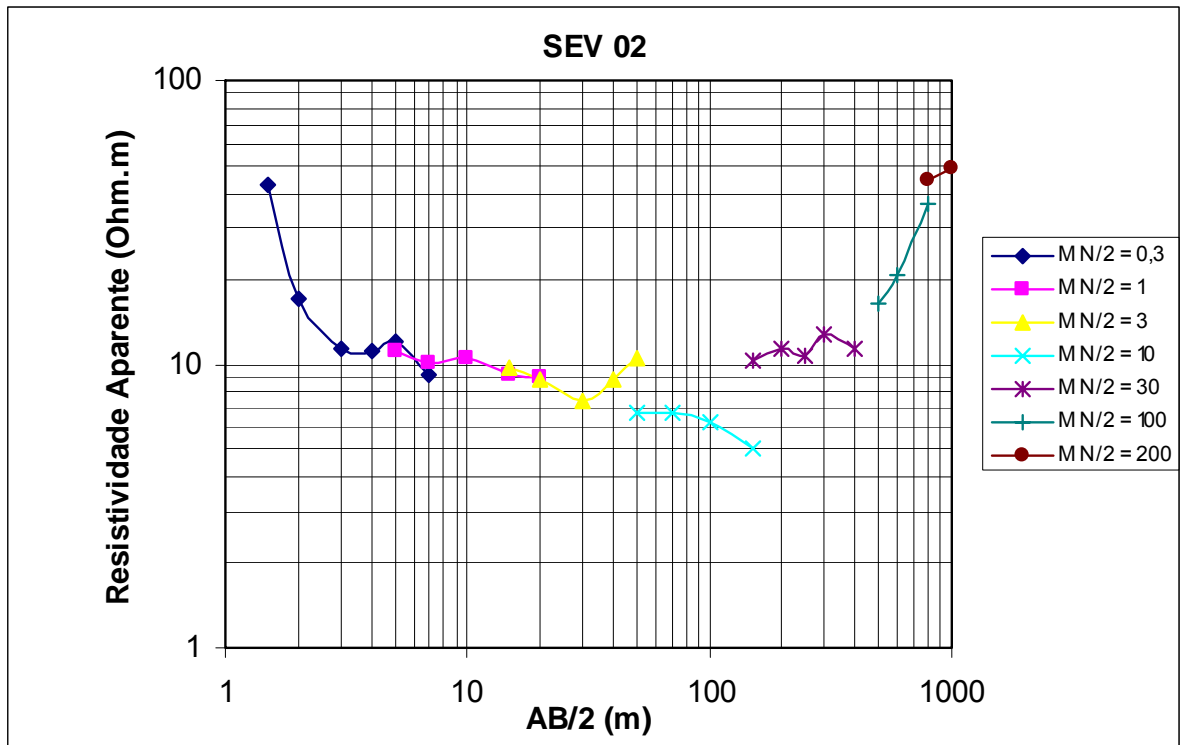
ANEXO 01

Sondagem Elétrica Vertical (Fichas de Campo e Curvas de Resistividade)

			PROJETO DE GEOFÍSICA DAS BACIAS SEDIMENTARES DO ARARIPE/CE, POTIGUAR/RN E LAVRAS DA MANGABEIRA/CE Contrato nº 088/PR/05						
ELETRORRESISTIVIDADE - SEV									
Data: 14/11/2005			Estado/Município/Localidade: Ceará / Lavras da Mangabeira						
SEV nº: 01			Rumo (Az): 45°		Coord. UTM: 490021 N / 9247754 E				
Equipamento: DER-500					Cota Altimétrica: 264m				
Equipe: Mauro Lisboa, Tercyo Pinéo, Eduardo Santos e Jackson Alves									
OBS.:									
AB/2 (m)	MN/2 (m)	K (m)	ΔV (mv)	I (mA)	ρ_a (1) (ohm/m)	ΔV (mv)	I (mA)	ρ_a (2) (ohm/m)	ρ_a (média) (ohm/m)
1,5	0,3	11,31	646	10	730,61	644	10	728,35	729,48
2	0,3	20,47	534	16	683,28	536	16	685,84	684,56
3	0,3	46,65	910	80	530,68	915	80	533,59	532,13
4	0,3	83,30	330	70	392,72	420	90	388,76	390,74
5	0,3	130,43	220	140	204,96	180	120	195,64	200,30
7	0,3	256,09	41,7	100	106,79	40	100	102,44	104,61
5	1	37,70	975	140	262,55	1100	160	259,18	260,87
7	1	75,40	171,5	100	129,31	170	100	128,18	128,74
10	1	155,51	11,1	38	45,43	12,3	40	47,82	46,62
15	1	351,86	11,1	280	13,95	10,9	280	13,70	13,82
20	1	626,75	3,5	280	7,83	4	300	8,36	8,10
15	3	113,10	39,7	240	18,71	40	240	18,85	18,78
20	3	204,73	13,2	270	10,01	14	300	9,55	9,78
30	3	466,53	4,7	280	7,83	5,02	290	8,08	7,95
40	3	833,05	1,6	200	6,66	1,6	200	6,66	6,66
50	3	1304,29	0,8	150	6,96	1	200	6,52	6,74
70	3	2560,93	0,3	120	6,40	0,5	200	6,40	6,40
70	10	753,98	1,2	120	7,54	1,4	125	8,44	7,99
100	10	1555,09	0,7	160	6,80	1	220	7,07	6,94
150	10	3518,59	0,4	180	7,82	0,5	190	9,26	8,54
150	30	1130,98	0,9	170	5,99	1	180	6,28	6,14
200	30	2047,28	0,5	160	6,40	0,5	160	6,40	6,40
250	60	1542,00	0,4	100	6,17	0,5	100	7,71	6,94
300	60	2261,95	0,6	220	6,17	0,4	160	5,65	5,91
400	100	2356,20	0,6	160	8,84	0,8	220	8,57	8,70
500	100	3769,92	0,6	240	9,42	0,5	200	9,42	9,42
600	150	3534,30	0,8	200	14,14	1	240	14,73	14,43
800	150	6466,46	0,7	200	22,63	0,7	200	22,63	22,63
1000	150	10236,38	1,4	200	71,65	1,2	180	68,24	69,95




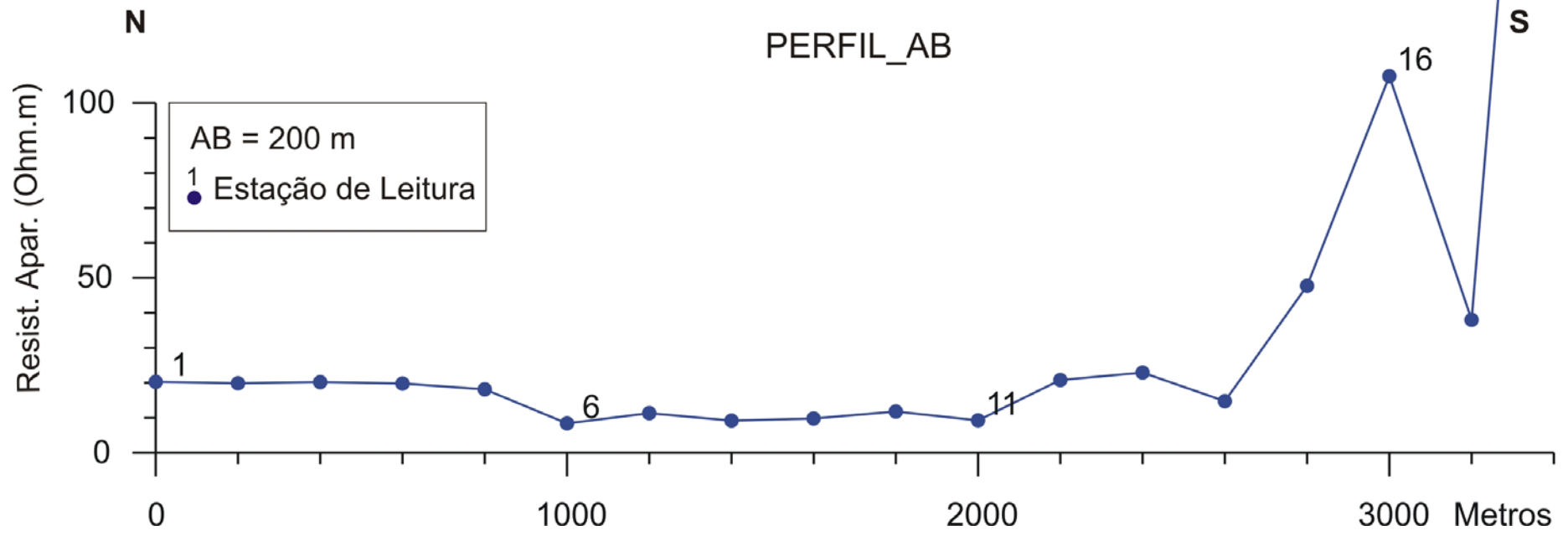
			PROJETO DE GEOFÍSICA DAS BACIAS SEDIMENTARES DO ARARIPE/CE, POTIGUAR/RN E LAVRAS DA MANGABEIRA/CE Contrato n° 088/PR/05						
ELETORRESISTIVIDADE - SEV									
Data: 15/11/2005			Estado/Município/Localidade: Ceará / Lavras da Mangabeira						
SEV n°: 02			Rumo (Az): 190°		Coord. UTM: 502530 N /		9248900 E		
Equipamento: DER-500					Cota Altimétrica:				
Equipe: Mauro Lisboa, Tercyo Pinéo, Eduardo Santos e Jackson Alves									
OBS.:									
AB/2 (m)	MN/2 (m)	K (m)	ΔV (mv)	I (mA)	ρ_a (1) (ohm/m)	ΔV (mv)	I (mA)	ρ_a (2) (ohm/m)	ρ_a (média) (ohm/m)
1,5	0,3	11,31	378	100	42,75	380	100	42,98	42,86
2	0,3	20,47	82,5	100	16,89	90,3	120	15,41	16,15
3	0,3	46,65	24,2	100	11,29	26,8	120	10,42	10,85
4	0,3	83,30	16,1	120	11,18	14	100	11,66	11,42
5	0,3	130,43	5,5	60	11,96	6,2	70	11,55	11,75
7	0,3	256,09	6,5	180	9,25	7,2	200	9,22	9,23
5	1	37,70	29,4	100	11,08	28,6	90	11,98	11,53
7	1	75,40	13,3	100	10,03	15,2	120	9,55	9,79
10	1	155,51	13,6	200	10,57	12	160	11,66	11,12
15	1	351,86	5,2	200	9,15	5	200	8,80	8,97
20	1	626,75	2,6	180	9,05	2,9	200	9,09	9,07
15	3	113,10	17,2	200	9,73	17	200	9,61	9,67
20	3	204,73	7,8	180	8,87	8,1	200	8,29	8,58
30	3	466,53	3,2	200	7,46	2,5	150	7,78	7,62
40	3	833,05	2,1	200	8,75	1,6	150	8,89	8,82
50	3	1304,29	0,8	100	10,43	1,2	150	10,43	10,43
50	10	376,99	1,8	100	6,79	2,2	120	6,91	6,85
70	10	753,98	1,8	200	6,79	1,4	150	7,04	6,91
100	10	1555,09	0,8	200	6,22	0,8	200	6,22	6,22
150	10	3518,59	0,3	210	5,03	0,3	210	5,03	5,03
150	30	1130,98	2	220	10,28	1,8	200	10,18	10,23
200	30	2047,28	1,1	200	11,26	1	200	10,24	10,75
250	30	3225,38	1	300	10,75	0,8	260	9,92	10,34
300	30	4665,28	0,6	220	12,72	0,6	220	12,72	12,72
400	30	8330,48	0,3	220	11,36	0,3	220	11,36	11,36
500	100	3769,92	0,2	46	16,39	0,6	120	18,85	17,62
600	100	5497,80	0,9	240	20,62	1	240	22,91	21,76
800	100	9896,04	0,2	54	36,65	0,5	110	44,98	40,82
800	200	4712,40	0,7	74	44,58	1	100	47,12	45,85
1000	200	7539,84	1,3	200	49,01	1,2	200	45,24	47,12



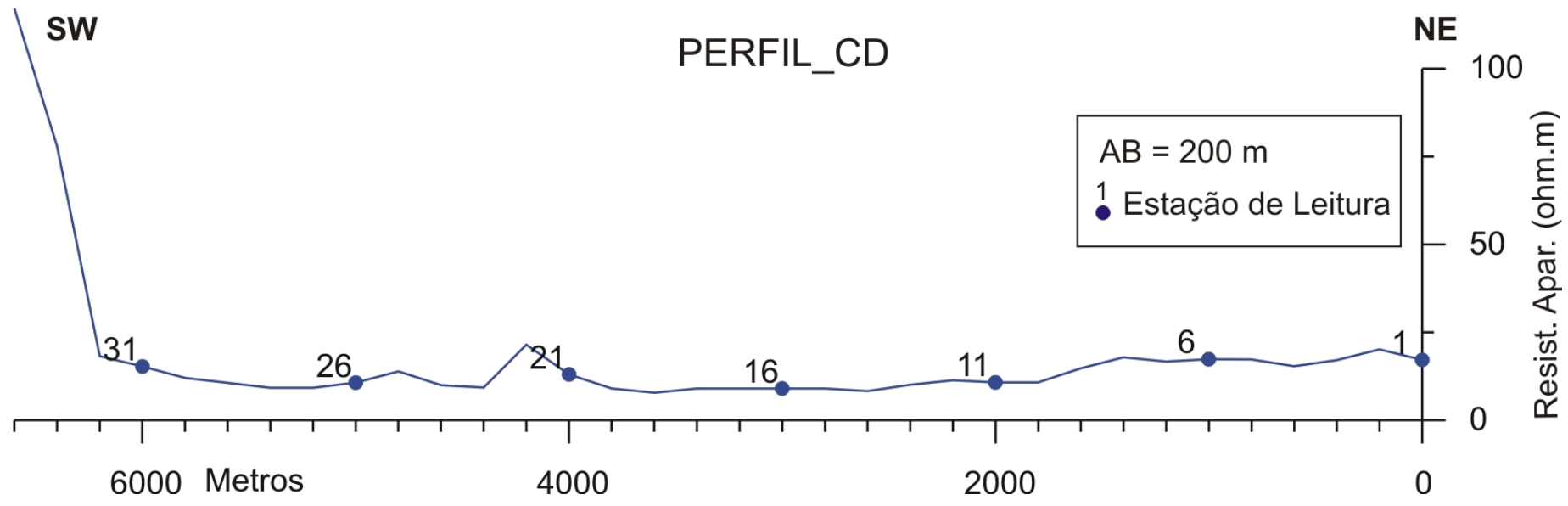
ANEXO 02


Perfis de Resistividade (Fichas de Campo e Perfis Elétricos)

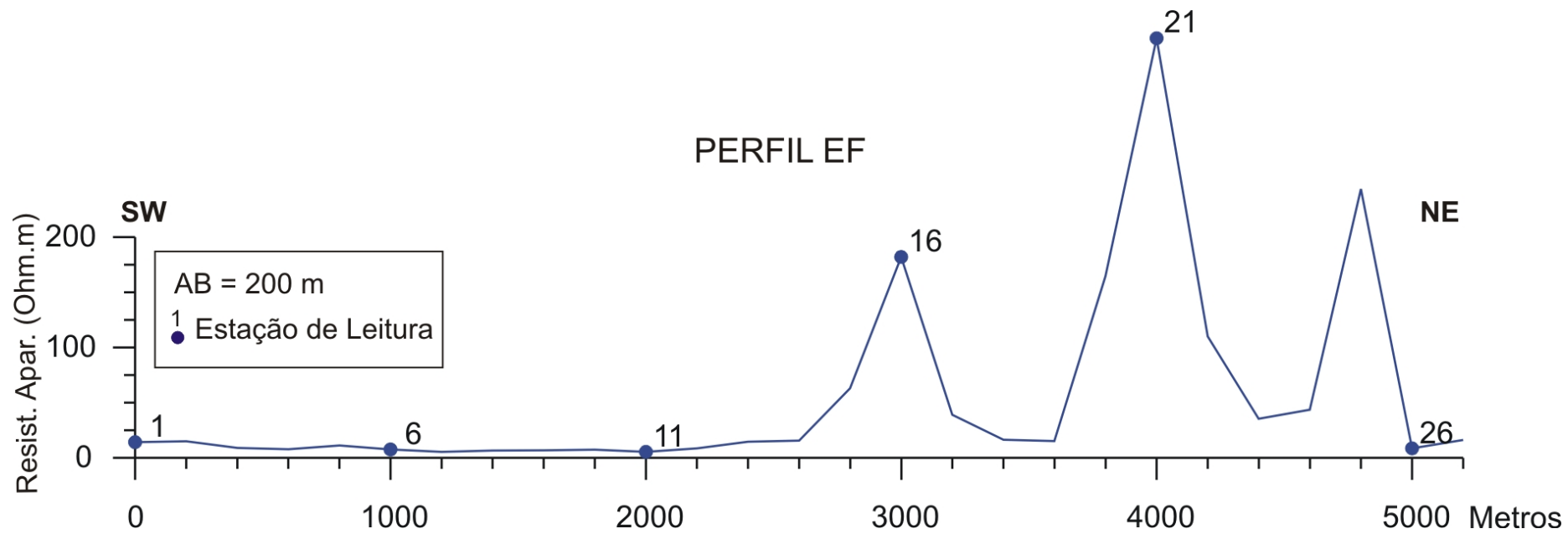
							PROJETO GEOFISICA DE BACIAS SEDIMENTARES DO NORDESTE BRASILEIRO						
PERFIL DE RESISTIVIDADE - AB													
LOCAL: BACIA LAVRAS DA MANGABEIRA - CEARÁ													
Pt.	Dist. (m)	UTM E	UTM N	AB/2 (m)	MN/2 (m)	k	DV (mv)	I (mA)	$\rho a (1)$ (ohm/m)	DV (mv)	I (mA)	$\rho a (2)$ (ohm/m)	ρa (média)
1	0	502499	9250616	100	10	1555,09	10,2	780	20,34	10,1	780	20,14	20,24
2	200	502545	9250452	100	10	1555,09	3,1	245	19,68	3,15	245	19,99	19,84
3	400	502591	9250288	100	10	1555,09	6,73	520	20,13	6,76	520	20,22	20,17
4	600	502637	9250124	100	10	1555,09	3,04	240	19,70	3,07	240	19,89	19,79
5	800	502691	9249886	100	10	1555,09	7,37	630	18,19	7,32	630	18,07	18,13
6	1000	502651	9249692	100	10	1555,09	4,2	780	8,37	4,22	780	8,41	8,39
7	1200	502664	9249498	100	10	1555,09	1,23	170	11,25	1,85	255	11,28	11,27
8	1400	502689	9249310	100	10	1555,09	1,18	200	9,18	1,17	200	9,10	9,14
9	1600	502645	9249122	100	10	1555,09	2,84	450	9,81	2,83	450	9,78	9,80
10	1800	502646	9248916	100	10	1555,09	2,88	380	11,79	2,87	380	11,75	11,77
11	2000	502603	9248726	100	10	1555,09	2,79	470	9,23	2,81	470	9,30	9,26
12	2200	502549	9248534	100	10	1555,09	6,19	465	20,70	6,23	465	20,83	20,77
13	2400	502495	9248340	100	10	1555,09	7,43	505	22,88	7,45	505	22,94	22,91
14	2600	502566	9248152	100	10	1555,09	1,42	150	14,72	1,42	150	14,72	14,72
15	2800	502453	9248002	100	10	1555,09	4,43	145	47,51	4,47	145	47,94	47,73
16	3000	502396	9247812	100	10	1555,09	5,39	78	107,46	5,41	78	107,86	107,66
17	3200	502318	9247638	100	20	753,98	8,3	170	36,81	7	135	39,10	37,95
18	3400	502289	9247444	100	10	1555,09	45,6	220	322,33	33,2	160	322,68	322,50




							PROJETO GEOFISICA DE BACIAS SEDIMENTARES DO NORDESTE BRASILEIRO						
PERFIL DE RESISTIVIDADE - CD													
LOCAL: BACIA LAVRAS DA MANGABEIRA - CEARÁ													
Pt.	Dist. (m)	UTM E	UTM N	AB/2 (m)	MN/2 (m)	k	DV (mv)	I (mA)	$\rho_a (1)$ (ohm/m)	DV (mv)	I (mA)	$\rho_a (2)$ (ohm/m)	ρ_a (média)
1	0	502592	9251200	100	10	1555,09	8,3	740	17,44	7,95	740	16,71	17,07
2	200	502513	9251014	100	10	1555,09	10,1	780	20,14	10,07	780	20,08	20,11
3	400	502371	9250878	100	10	1555,09	6,8	620	17,06	6,78	620	17,01	17,03
4	600	502216	9250754	100	10	1555,09	6,22	630	15,35	6,17	630	15,23	15,29
5	800	502048	9250660	100	10	1555,09	7,66	690	17,26	7,61	690	17,15	17,21
6	1000	501914	9250522	100	10	1555,09	9,28	830	17,39	9,21	830	17,26	17,32
7	1200	501733	9250442	100	10	1555,09	7,41	690	16,70	7,36	690	16,59	16,64
8	1400	501538	9250392	100	10	1555,09	7,71	670	17,90	7,68	670	17,83	17,86
9	1600	501393	9250264	100	10	1555,09	2,73	290	14,64	2,76	290	14,80	14,72
10	1800	501317	9250092	100	10	1555,09	1,92	280	10,66	1,94	280	10,77	10,72
11	2000	501181	9249950	100	10	1555,09	3,87	560	10,75	3,84	560	10,66	10,71
12	2200	500986	9249958	100	10	1555,09	5,7	780	11,36	5,64	780	11,24	11,30
13	2400	500796	9249920	100	10	1555,09	3,28	510	10,00	3,28	510	10,00	10,00
14	2600	500601	9249884	100	10	1555,09	3,62	670	8,40	3,5	670	8,12	8,26
15	2800	500433	9249796	100	10	1555,09	3,36	580	9,01	3,34	580	8,96	8,98
16	3000	500250	9249738	100	10	1555,09	3,92	680	8,96	3,93	680	8,99	8,98
17	3200	500056	9249698	100	10	1555,09	4,81	830	9,01	4,76	830	8,92	8,97
18	3400	499867	9249636	100	10	1555,09	4,11	710	9,00	4,09	710	8,96	8,98
19	3600	499694	9249538	100	10	1555,09	2,48	500	7,71	2,5	500	7,78	7,74
20	3800	499567	9249386	100	10	1555,09	2,73	470	9,03	2,71	470	8,97	9,00
21	4000	499418	9249254	100	10	1555,09	2,03	240	13,15	1,98	240	12,83	12,99
22	4200	499351	9249068	100	10	1555,09	6,36	460	21,50	6,33	460	21,40	21,45
23	4400	499387	9248874	100	10	1555,09	2,92	490	9,27	2,89	490	9,17	9,22
24	4600	499335	9248692	100	10	1555,09	2,93	460	9,91	2,92	460	9,87	9,89
25	4800	499196	9248552	100	10	1555,09	3,2	360	13,82	3,22	360	13,91	13,87
26	5000	499014	9248496	100	10	1555,09	2,34	340	10,70	2,31	340	10,57	10,63
27	5200	498827	9248448	100	10	1555,09	1,37	230	9,26	1,35	230	9,13	9,20
28	5400	498629	9248444	100	10	1555,09	2,01	340	9,19	2	340	9,15	9,17
29	5600	498432	9248414	100	10	1555,09	5,26	770	10,62	5,19	770	10,48	10,55
30	5800	498241	9248460	100	10	1555,09	5,81	750	12,05	5,75	750	11,92	11,98
31	6000	498035	9248492	100	10	1555,09	6,97	710	15,27	6,93	710	15,18	15,22
32	6200	497832	9248442	100	10	1555,09	10,1	860	18,26	10	860	18,08	18,17
33	6400	497635	9248410	100	10	1555,09	26,2	520	78,35	25,9	520	77,46	77,90
34	6600	497447	9248340	100	10	1555,09	12,8	170	117,09	12,8	170	117,09	117,09



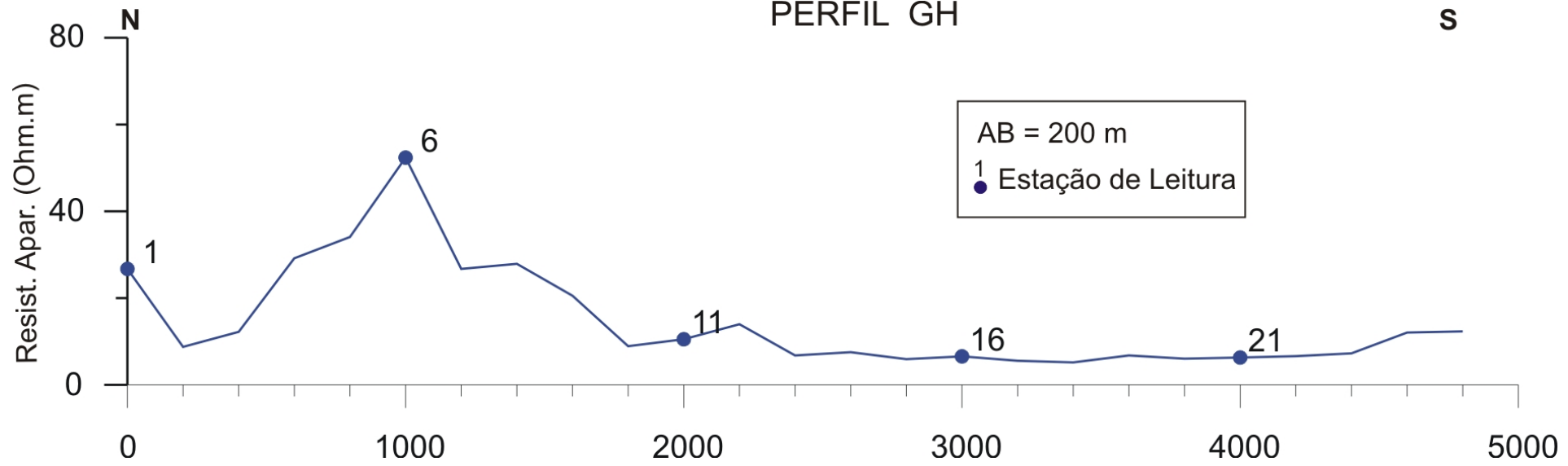
							PROJETO GEOFISICA DE BACIAS SEDIMENTARES DO NORDESTE BRASILEIRO						
PERFIL DE RESISTIVIDADE - EF													
LOCAL: BACIA LAVRAS DA MANGABEIRA - CEARÁ													
Pt.	Dist. (m)	UTM E	UTM N	AB/2 (m)	MN/2 (m)	k	DV (mv)	I (mA)	$\rho_a (1)$ (ohm/m)	DV (mv)	I (mA)	$\rho_a (2)$ (ohm/m)	ρ_a (média)
1	0	486683	9246692	100	10	1555,09	3,34	365	14,23	3,32	365	14,14	14,19
2	200	486872	9246722	100	10	1555,09	5,98	620	15,00	5,96	620	14,95	14,97
3	400	487069	9246750	100	10	1555,09	0,68	120	8,81	0,68	120	8,81	8,81
4	600	487179	9246886	100	10	1555,09	0,39	78	7,78	0,39	78	7,78	7,78
5	800	487377	9246874	100	10	1555,09	1,43	200	11,12	1,44	200	11,20	11,16
6	1000	487530	9246776	100	10	1555,09	1,99	410	7,55	1,68	345	7,57	7,56
7	1200	487722	9246744	100	10	1555,09	1,23	355	5,39	1,23	355	5,39	5,39
8	1400	487889	9246850	100	10	1555,09	1,06	260	6,34	1,09	260	6,52	6,43
9	1600	488090	9246902	100	10	1555,09	2,25	525	6,66	2,31	530	6,78	6,72
10	1800	488242	9247020	100	10	1555,09	1,63	350	7,24	1,63	350	7,24	7,24
11	2000	488415	9247112	100	10	1555,09	0,67	200	5,21	0,69	200	5,37	5,29
12	2200	488498	9247292	100	10	1555,09	1,11	200	8,63	1,1	200	8,55	8,59
13	2400	488580	9247470	100	10	1555,09	0,63	68	14,41	0,64	68	14,64	14,52
14	2600	488573	9247660	100	10	1555,09	0,66	67	15,32	0,68	67	15,78	15,55
15	2800	488650	9247842	100	10	1555,09	1,79	44	63,26	1,77	44	62,56	62,91
16	3000	488727	9248012	100	10	1555,09	9,38	80	182,33	9,33	80	181,36	181,85
17	3200	488829	9248164	100	10	1555,09	6,04	240	39,14	5,96	240	38,62	38,88
18	3400	488750	9248320	100	10	1555,09	2,45	235	16,21	2,45	235	16,21	16,21
19	3600	488823	9248526	100	10	1555,09	4,35	450	15,03	4,35	450	15,03	15,03
20	3800	488933	9248688	100	10	1555,09	4,51	42	166,99	4,38	42	162,17	164,58
21	4000	489009	9248872	100	10	1555,09	3,22	13	385,18	3,86	16	375,17	380,17
22	4200	489134	9249024	100	10	1555,09	1,98	30	102,64	2,64	35	117,30	109,97
23	4400	489299	9249144	100	10	1555,09	0,7	34	32,02	0,79	32	38,39	35,20
24	4600	489434	9249288	100	10	1555,09	1,98	70	43,99	1,94	70	43,10	43,54
25	4800	489517	9249462	100	10	1555,09	4,14	26	247,62	4	26	239,24	243,43
26	5000	489555	9249660	100	10	1555,09	0,27	49	8,57	0,27	49	8,57	8,57
27	5200	489575	9249852	100	10	1555,09	0,76	73	16,19	0,75	73	15,98	16,08



							PROJETO GEOFISICA DE BACIAS SEDIMENTARES DO NORDESTE BRASILEIRO						
PERFIL DE RESISTIVIDADE - GH													
LOCAL: BACIA LAVRAS DA MANGABEIRA - CEARÁ													
Pt.	Dist. (m)	UTM E	UTM N	AB/2 (m)	MN/2 (m)	k	DV (mv)	I (mA)	$\rho a (1)$ (ohm/m)	DV (mv)	I (mA)	$\rho a (2)$ (ohm/m)	ρa (média)
1	0	489581	9250138	100	10	1555,09	7,74	450	26,75	7,72	450	26,68	26,71
2	200	489592	9249938	100	10	1555,09	1,98	350	8,80	1,95	350	8,66	8,73
3	400	489712	9249810	100	10	1555,09	2,36	300	12,23	2,35	300	12,18	12,21
4	600	489843	9249668	100	10	1555,09	4,32	230	29,21	4,3	230	29,07	29,14
5	800	489960	9249536	100	10	1555,09	4,78	220	33,79	4,85	220	34,28	34,04
6	1000	490088	9249390	100	10	1555,09	1,87	56	51,93	1,9	56	52,76	52,35
7	1200	490181	9249216	100	10	1555,09	0,88	53	25,82	0,94	53	27,58	26,70
8	1400	490234	9249024	100	10	1555,09	1,13	62	28,34	1,09	62	27,34	27,84
9	1600	490310	9248848	100	10	1555,09	3,55	270	20,45	3,58	270	20,62	20,53
10	1800	490242	9248670	100	10	1555,09	0,96	170	8,78	0,98	170	8,96	8,87
11	2000	490268	9248476	100	10	1555,09	0,56	80	10,89	0,52	80	10,11	10,50
12	2200	490274	9248282	100	10	1555,09	0,59	67	13,69	0,61	67	14,16	13,93
13	2400	490263	9248118	100	10	1555,09	1,21	280	6,72	1,21	280	6,72	6,72
14	2600	490085	9248022	100	10	1555,09	2,53	530	7,42	2,48	510	7,56	7,49
15	2800	490074	9247844	100	10	1555,09	1,17	310	5,87	1,18	310	5,92	5,89
16	3000	490097	9247664	100	10	1555,09	0,67	160	6,51	0,67	160	6,51	6,51
17	3200	490125	9247429	100	10	1555,09	0,7	200	5,44	0,72	200	5,60	5,52
18	3400	490150	9247222	100	10	1555,09	0,78	235	5,16	0,78	235	5,16	5,16
19	3600	490171	9247032	100	10	1555,09	2,28	525	6,75	2,27	525	6,72	6,74
20	3800	490313	9246896	100	10	1555,09	1	260	5,98	1	260	5,98	5,98
21	4000	490401	9246714	100	10	1555,09	1,22	300	6,32	1,2	300	6,22	6,27
22	4200	490438	9246519	100	10	1555,09	0,84	200	6,53	0,86	200	6,69	6,61
23	4400	490527	9246337	100	10	1555,09	1,4	300	7,26	1,38	300	7,15	7,21
24	4600	490559	9246142	100	10	1555,09	0,62	80	12,05	0,62	80	12,05	12,05
25	4800	490536	9245942	100	10	1555,09	0,78	100	12,13	0,8	100	12,44	12,29

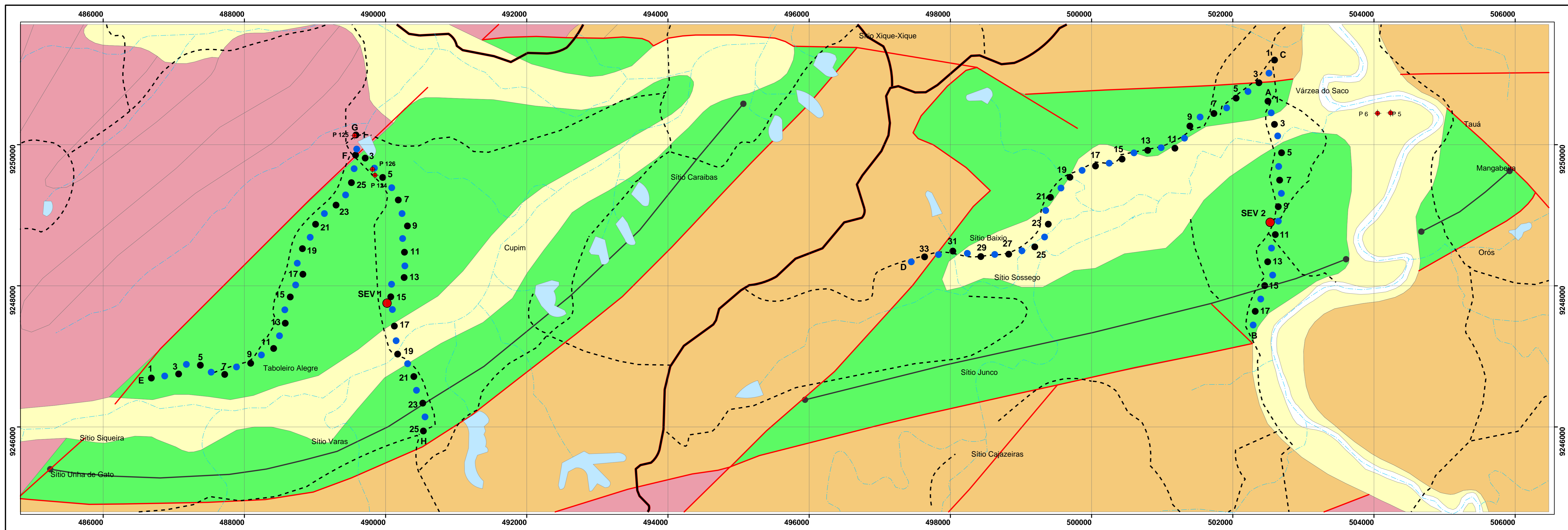
PERFIL GH

S



ANEXO 03

Mapa Geológico com Localização das SEV's e Perfis de Resistividade



CONVENÇÕES

CARTOGRÁFICAS

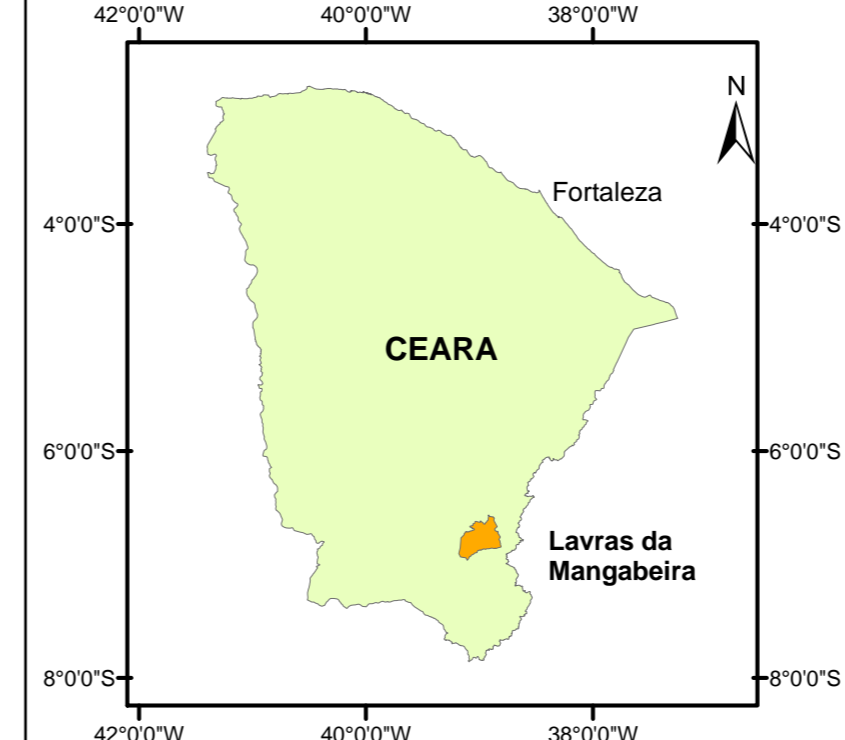
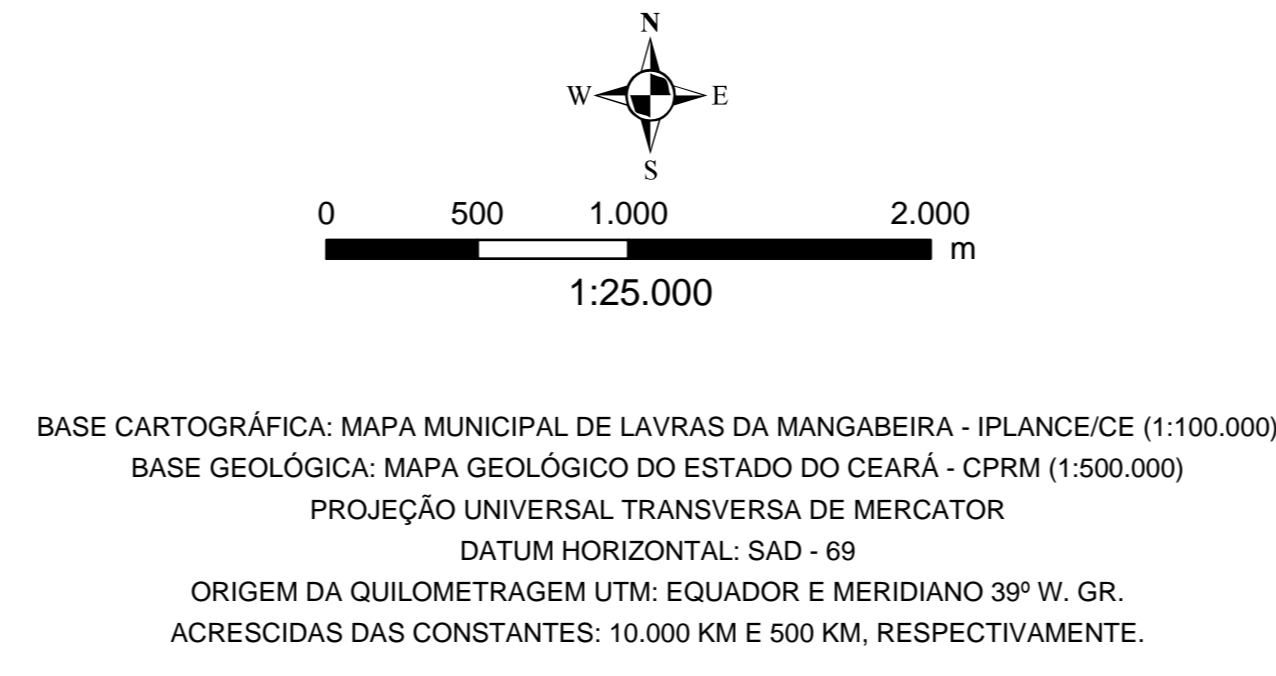
- Sondagem Elétrica Vertical - SEV
- Perfil de Resistividade (AB; CD; EF; GH)
- Rodovia de Revestimento Sólido
- - Estrada de Revestimento Sólito
- Drenagem
- Açudes e Lagos
- P 5 ● Poço Profundo

GEOLOGICAS

- Falha Geológica
- Dique
- Contato Geológico

COLUNA LITO-ESTRATIGÁFICA

Quaternário	Dep. Aluviais	Argila, areia argilosa, quartzosa e quartzo-feldspática, conglomeráticos ou não, cascalhos e argilas orgânicas de origem fluvial.
Mesozóico	Fm. Serrote do Limoeiro	Arenitos vermelhos e roxos, finos a médios, friáveis, bem classificados, cauliniticos com boa estratificação, intercalados com siltitos e argilitos, além de folhelhos.
Neoproterozóico	Fm. Lavras da Mangabeira	Filitos, micaxistos, quartzitos, metaconglomerados e, subordinadamente, metavulcanitos e rochas calciossilicáticas.
Paleoproterozóico	Compl. Granjeiro	Micaxistos (com ou sem cordierita), quartzitos, metacherts, BIF's, metacarbonatos, e rochas calciossilicáticas e metabasaltos e/ou metagabros, metaultramáficas (serpentinito, talcoxisto, e raros peridotitos) e granada anfibolito.



MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
 FINEP - FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS
 MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
 CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
 UFC - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 FCPC - FUNDAÇÃO CEARENSE DE PESQUISA E CULTURA
 LGPSR - LABORATÓRIO DE GEOFÍSICA DE PROSPECÇÃO E SENSORIAMENTO REMOTO

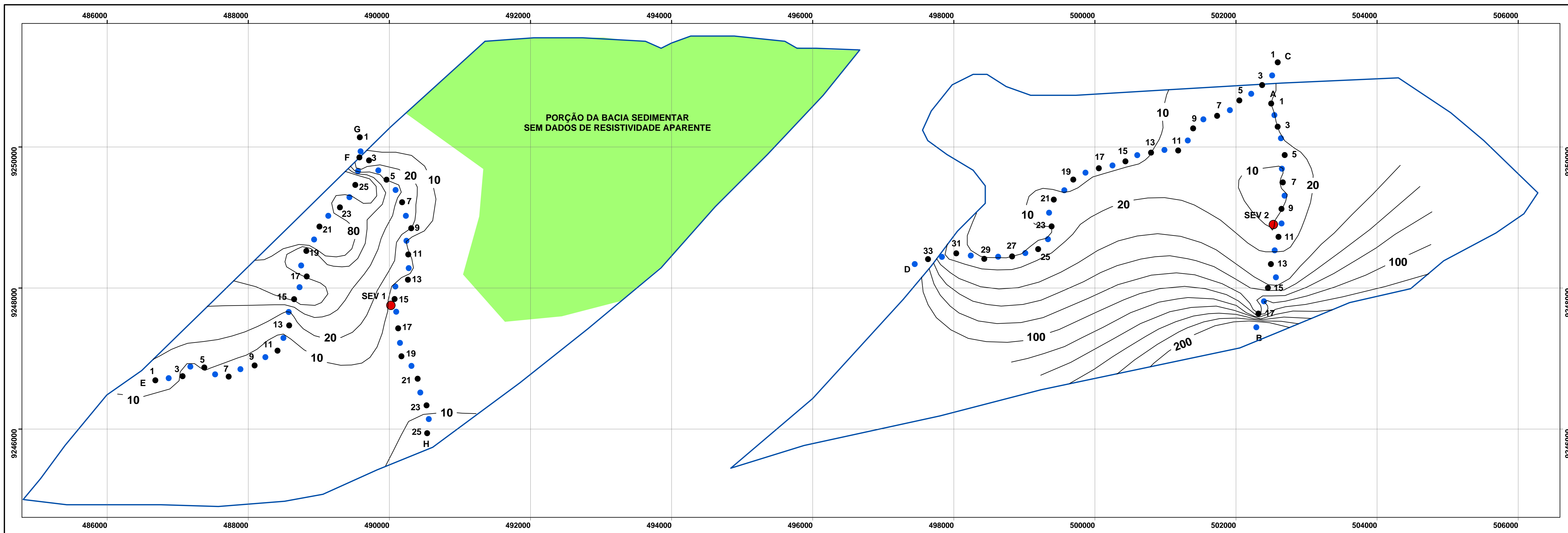
PROJETO DE PESQUISA:
 COMPORTAMENTO DE BACIAS SEDIMENTARES DA
 REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

MAPA DE POSICIONAMENTO DAS ESTAÇÕES DE ELETRORRESISTIVIDADE (SEVs E PERFIS DE RESISTIVIDADE) NA BACIA SEDIMENTAR DE LAVRAS DA MANGABEIRA/CE.

LOCAL: FORTALEZA - CE DATA: NOVEMBRO - 2006

ANEXO 04

Mapa de Resistividades Aparentes – Linha AB de 200 metros



MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
 FINEP - FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS
 MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
 CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
 UFC - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 FCPC - FUNDAÇÃO CEARENSE DE PESQUISA E CULTURA
 LGPSR - LABORATÓRIO DE GEOFÍSICA DE PROSPECÇÃO E SENSORIAMENTO REMOTO

PROJETO DE PESQUISA:
 COMPORTAMENTO DE BACIAS SEDIMENTARES DA
 REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO
**MAPA DE RESISTIVIDADES APARENTES DA BACIA SEDIMENTAR
 DE LAVRAS DA MANGABEIRA/CE (LINHA AB = 200 METROS).**
 Fortaleza - Agosto/2006

CONVENÇÕES

CARTOGRÁFICAS

- Sondagem Elétrica Vertical - SEV
- Perfil de Resistividade (AB, CD, EF, GH)
- 10 Iso-linha de Resistividade Aparente

GEOLÓGICAS

- Contorno das Bacias Sedimentares (limites)

0 500 1.000 2.000 m
 1:25.000

Mapa de iso-valores de resistividade aparente, exibindo a variação dos valores de resistividade para uma linha AB de 200 metros. O intervalo entre as curvas é de 20 Ohm.m, porém também é apresentada, a iso-linha de valor 10 Ohm.m.

ANEXO 05

Pranchas de Fotografias



Vista geral do Local onde foi realizada a Sondagem Elétrica Vertical 01, na bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira - Ceará (bacia Riacho do Meio).



Detalhe do centro da Sondagem Elétrica Vertical 01, com linha AB de 2000 metros. Equipamento utilizado corresponde a um Eletrorresistivímetro PER-500, fabricado pela DPM engenharia.



Fotografia exibindo o local onde foi realizada a Sondagem Elétrica Vertical 02, na bacia de Lavras da Mangabeira - Ceará (bacia Riacho do Rosário). O centro da SEV está posicionado após o carro.



Perfil de Resistividade (AB) realizado na bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira - Ceará (bacia Riacho do Rosário).



Detalhe da aquisição dos dados ao longo do Perfil de Resistividade (AB). O equipamento utilizado corresponde a um VT-250 (transmissor) e VR-250 (receptor).



Fotografia obtida na estação de leitura 18 do Perfil de Resistividade (AB), exibindo afloramento de litotipos constituintes do embasamento cristalino.



Vista geral do Local onde foi realizado o Perfil de Resistividade (CD), na bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira - Ceará (bacia Riacho do Rosário).



Fotografia exibindo com detalhe, a leitura realizada no início do Perfil de Resistividade (CD).



Estação 02 do Perfil de Resistividade (EF) realizado na bacia Riacho do Meio. Do lado esquerdo da fotografia afloram os arenitos (serrote) da Fm. Serrote do Limoeiro.



Perfil de Resistividade (EF) onde observa-se nas proximidades, afloramentos expressivos de arenito pertencente a Fm. Serrote do Limoeiro.



Estação 01 do Perfil de Resistividade (GH), bacia Riacho do Meio. Como visto na fotografia, esta estação foi realizada próxima a um poço profundo produtor.



Perfil de Resistividade (GH), esta leitura foi obtida sobre os sedimentos aluvionares, correspondente a estação 18.