

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DO SOLO DE
ALTERAÇÃO DE ROCHA NOS DIFERENTES NÍVEIS
TOPOGRÁFICOS DO PLANALTO DE CAMPOS DO
JORDÃO ATRAVÉS DE ELETRORRESISTIVIDADE**

Alexandre de Silvio Russo

Orientador: Prof. Dr. Fabio Taioli

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF - 2004/01)

TF
R969
AS.d

SÃO PAULO
2004

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900016374

**Determinação da espessura do Solo de Alteração de
Rocha nos diferentes Níveis Topográficos do
Planalto de Campos do Jordão através de
Eletrorresistividade**

Alexandre de Silvio Russo



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Fabio Taioli _____

Prof. Dr. Vagner Ellis _____

Prof. Dr. Marcelo Monteiro da Rocha _____

São Paulo

2004

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DO SOLO DE ALTERAÇÃO DE
ROCHA NOS DIFERENTES NÍVEIS TOPOGRÁFICOS DO PLANALTO
DE CAMPOS DO JORDÃO ATRAVÉS DE ELETRORRESISTIVIDADE**

Alexandre de Silvio Russo



Orientador: Prf. Dr. Fabio Taioli

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO – 2004/01

SÃO PAULO 2004

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Governo do Estado de São Paulo pelo ótimo nível de educação e aprendizado oferecido pelo Instituto de Geociências àqueles dispostos a aprenderem e se dedicarem.

Agradeço aos meus colegas de turma por tantos momentos juntos e inesquecíveis dias de campo. Sem esquecer o agradecimento aos professores que por muitas vezes se dedicaram de corpo e alma à uma ótima condição de aprendizado a ser proporcionado pelos mesmos.

Agradeço ao meu orientador pela amizade dentro e fora do Instituto, pela paciência em me ensinar, por algumas vezes, aquilo que eu já deveria estar consciente.

Ao time de handball que proporcionou momentos inesquecíveis, incontáveis e memoráveis “vitórias”.

Aos meus pais Carlos Russo e Lisete Lidia pelo apoio irrestrito a todas minhas opções de vida e por me sustentarem por tantos anos, os quais no máximo fui estagiário ganhando uma minharia.

Ao meu querido irmão pela constante busca por um contato mais íntimo e aproximado de mim garantindo assim uma melhor condição ao relacionamento familiar.

E por fim, a minha amada noiva Hellen Sheila, que tanto me apoio, auxiliou, aconselhou e me amou durante nosso inesquecível relacionamento.

E todos aqueles que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente por quem eu sou hoje.



DOAÇÃO

IGC-USP

Data: 27/06/05

RESUMO

Esta monografia de conclusão do curso de Geologia teve como meta primária a determinação da espessura do solo de alteração de rocha nas cimeiras (cotas) de 1600, 1700, 1800 e 1900m no Planalto de Campos do Jordão, nordeste do Estado de São Paulo, através do método de eletrorresistividade. Os valores de resistividade foram obtidos utilizando Sondagens Elétricas Verticais, com o arranjo Schulmberger, e Caminhamentos Elétricos com o arranjo Dipolo-Dipolo.

O estudo Geofísico encontrou severas dificuldades para sua execução em campo, pois diversos fatores como a limitação da extensão horizontal, variação vertical abrupta, presença de sistemas de captação de água subterrânea e diversos postes de distribuição de energia elétrica em alguns perfis. Estas dificuldades acarretaram a obtenção de dados incompletos e dificultaram uma interpretação correta dos mesmos.

A cimeira de 1600m apresentou uma espessura de solo de alteração de rocha superior a 35m, e uma fisiografia do topo rochoso bem homogêneo, horizontal e retilíneo a partir desta profundidade.

A cimeira de 1700m apresentou uma espessura do solo de alteração de rocha que pode vir a atingir máximo de 35m e mínimo de 17m, dependendo do ponto onde será feita a sondagem mecânica.

A cimeira de 1800m apresentou uma diferença de espessura do solo de alteração de rocha entre 24 e 40m de espessura. E na cimeira mais superior, a cimeira de 1900m, o corpo de rocha são encontra-se aflorante, mas também pode apresentar uma variação da espessura do solo de alteração de rocha entre 4 e 10m.

ABSTRACT

This monography of conclusion in Geology graduation had as primary goal the determination of the rock alteration soil thickness of 1600m, 1700m, 1800m and 1900m quota in the Campos do Jordão Plateau, northeast of the São Paulo State, through the eletrorrsistivity method. The resistivty value were obtained using the Vertical Elettric Survey with the Schulmberger array, and the Elettric Strolling with the Dipole-Dipole array.

The Geophysical study have found several difficulties for its field execution because many factores as the horizontal extension limitation, abrupt vertical variation , presence of groundwater caption system and many eletric energy distrbution pillars were presents in some outlines. Those difficulties gave rise to incomplete datas and made difficult the correct interpretation of the same ones.

The 1600m quota showed a rock alteration soil thickness higher than 35m, and a fisiography of the rock peak very homogeneous, horizontal and retilineous at this depth.

The 1700m quota showed a rock alteration soil thickness with a máximo of 35m depth and a minimum of 17m depth depending of where the survey point will be made.

The 1800m quota showed a difference of the rock alteration soil between 24m and 40m thickness. And at the higher quota, the 1900m one, the massive rock is almost at the ground surface soil but can also be found a rock alteration soil between 4m and 10m thickness.

ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO 6

1.1. OBJETIVO 6

1.2. RELEVÂNCIA DO PROJETO..... 7

2. METODOLOGIA E MATERIAIS 7

2.1. SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL (SEV)..... 8

2.2. CAMINHAMENTO ELÉTRICO (CE)..... 9

3. GEOLOGIA REGIONAL..... 10

4. GEOMORFOLOGIA 12

5. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES 14

5.1. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA 14

5.2. LOCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES..... 14

5.3. OBTENÇÃO DOS DADOS 17

5.4. EQUIPAMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO 17

6. GEOLOGIA LOCAL DESCRITA POR CIMEIRA..... 17

6.1. CIMEIRA DE 1600m 18

6.2. CIMEIRA DE 1700m 18

6.3. CIMEIRA DE 1800m 18

6.4. CIMEIRA DE 1900m 19

7. SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL 19

8. CAMINHAMENTO ELÉTRICO 20

9. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS 22

9.1. CIMEIRA DE 1600m 22

9.1.1. SEV 22

9.1.2. CE..... 24

9.1.3. Comparação com a Sondagem Mecânica..... 26

9.2. CIMEIRA DE 1700m 26

9.2.1. SEV 26

9.2.2. CE..... 29

9.2.3. Comparação com a Sondagem Mecânica..... 30

9.3. CIMEIRA DE 1800m 30

9.3.1. SEV 30

9.3.2. CE..... 33

9.3.3. Comparação com a Sondagem Mecânica..... 35

9.4. CIMEIRA DE 1900m 35

9.4.1. SEV 35

9.4.2. CE..... 39

10. CONCLUSÃO 40

11. BIBLIOGRAFIA..... 42

TABELAS

Tabela 1: Resistividade elétrica expressa em Ohms.m de diversas rochas (Parasnis 1986).

Tabela 2: Tabela apresentando a abertura máxima AB/2 das sondagens e o início de suas respectivas embreagens.

Tabela 3: Valores de profundidade da pseudo-seção de resistividade aparente medida.

Tabela 4: Tabela apresentando a abertura AB dos caminhamentos, extensão máxima e a quantidade de níveis explorados.

Tabela 1600: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade (camada) explorada para a cimeira de 1600m.

Tabela 1700: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade (camada) explorada para a cimeira de 1700m.

Tabela 1800: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade (camada) explorada para a cimeira de 1800m.

Tabela 1900: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade (camada) explorada para a cimeira de 1900m.

FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização de Campos do Jordão.

Figura 2: Configuração básica das Sondagens Elétricas Verticais.

Figura 3: Representação esquemática de um arranjo Dipolo-Dipolo usado para o Caminhamento Elétrico (Parasnis 1986), onde AB é a corrente e MN os eletrodos de recepção, os círculos vermelhos indicam o ponto prospectado, neste esquema estão representados 3 níveis exploratórios .

Figura 4: Mapa Geológico indicando a localização das SEVs e CES

Figura 1600-1: SEV MI-1

Figura 1600-2: SEV MI-2

Figura 1600-3: SEV MI-3

Figura 1600: 1600: Figura indicando o aumento da eletrorresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1600m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-3

Figura 1700-1: SEV MI-4A

Figura 1700-2: SEV MI-4B

Figura 1700: 1700: Figura indicando o aumento da eletrorresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1700m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-4A

Figura 1800-1: SEV MI-5

Figura 1800-2: SEV MI-6

Figura 1800-3: SEV MI-7A

Figura 1800-4: SEV MI-7B

Figura 1800: 1800: Figura indicando o aumento da eletrorresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1800m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-5.

Figura 1900-1: SEV MI-8

Figura 1900-2: SEV MI-9

Figura 1900-3: SEV MI-10

Figura 1900-4: SEV MI-11

Figura 1900-5: SEV MI-12

Figura 1900-6: SEV MI-13

Figura 1900: 1900: Figura indicando o aumento da eletrorresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1900m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-8.

ANEXOS

Anexo 1: Planilhas de Campo dos Caminhamentos Elétricos e Sondagens Elétricas Verticais.

1.0 INTRODUÇÃO

O Planalto de Campos do Jordão, situado no município de Campos do Jordão, São Paulo, tem sido objeto de diversos estudos nas diferentes áreas das Geociências. Trata-se de um planalto com relevo acidentado condicionado por eventos tectônicos associados a uma dinâmica superficial complexa. Acidentes devidos a escorregamentos de porte foram recentemente responsáveis por perdas de vidas humanas e por considerável prejuízo econômico. Estudos geomorfológicos apontam a compartimentação do planalto em quatro níveis de cimeiras, caracterizados, a grosso modo, pelas cotas 1600, 1700, 1800 e 1900 metros. A compreensão dos processos de intemperismo atuantes associada à espessura do manto intempérico presente em cada um destes níveis poderá trazer subsídios para o planejamento de uso e ocupação, assim como a prevenção de novos acidentes de origem geotécnica.

A aplicação de métodos geofísicos para determinação da espessura do manto de intemperismo em cada um dos compartimentos geomorfológicos objetiva contribuir com o entendimento da dinâmica presente no planalto, assim como para orientar investigações diretas que venham a ser efetuadas nos locais.



Figura 1: Mapa de localização de Campos do Jordão

1.1. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é a aplicação de métodos geofísicos de superfície para a determinação da espessura do manto de intemperismo (que inclui os sedimentos coluvionares e o solo de alteração de rocha) no Planalto de Campos do Jordão, visando determinar essas espessuras nas 4 (quatro) cimeiras (platôs) descritas em literatura, com altitudes de 1600m, 1700m, 1800m e 1900m acima do nível do mar.

Os resultados obtidos serviram de orientação para as sondagens mecânicas, realizadas nas áreas, com intuito de definir diretamente as espessuras da camada de

alteração de rocha, e estes foram utilizados para serem confrontados com os resultados obtidos por geofísica.

1.2. RELEVÂNCIA DO PROJETO

Este projeto está inserido no projeto FAPESP nº 03/00203-7, intitulado “O manto de intemperismo e os níveis escalonados do planalto de Campos do Jordão: Correlações e implicações na evolução da paisagem”, coordenado pela Dra. May Christine Modenesi do Instituto Geológico – SMA-SP, e que conta com a participação dos Profs. Drs. Maria Cristina Motta de Toledo e Fabio Taioli, ambos do Instituto de Geociências da USP.

No âmbito do projeto, o presente trabalho, buscou determinar as espessuras dos mantos de intemperismo nos diferentes compartimentos geomorfológicos visando orientar as investigações diretas, executadas no âmbito do projeto principal. Em adição, objetivou caracterizar a fisiografia do topo do embasamento cristalino para as diferentes cotas topográficas. A importância prática do estudo consiste na busca da compreensão da dinâmica atuante no Planalto que permitirá o melhor planejamento de uso e ocupação do município visando minimizar acidentes geológicos, como escorregamentos, relativamente comuns no município.

2. METODOLOGIA E MATERIAIS

A Geofísica aplicada se utiliza da medição de propriedades físicas dos materiais naturais presentes na Terra e, pelo contraste entre essas propriedades, busca descrever as heterogeneidades presentes no subsolo.

No método da eletrorresistividade insere-se no terreno uma corrente elétrica através de eletrodos conectados aos terminais de uma fonte elétrica portátil. Assim se estabelece no terreno uma distribuição de potencial que é medida em outros eletrodos não polarizados, em qual seu conhecimento e análise demonstram a distribuição da resistividade elétrica no subsolo. (Orellana 1970). A relação entre o fluxo de corrente e a diferença de potencial gerada permite calcular a resistividade aparente do material em subsolo. A geometria utilizada, definida pelas distâncias entre os pares de eletrodos, associa-se à relação com a profundidade de investigação (Gallas 2000).

Para a determinação das espessuras do sedimento coluvionar e do solo de alteração de rocha utilizou-se o método da eletrorresistividade por meio da técnica de

Sondagens Elétricas Verticais (SEVs), com o arranjo Schlumberger , enquanto para a técnica de Caminhamentos Elétricos (CE) o arranjo utilizado foi o Dipolo-Dipolo.

A exigência fundamental para a aplicação desse método é que as formações ou camadas que se deseja distinguir apresentem um contraste suficiente de resistividade que permita sua discriminação; outra condição necessária para o correto uso do método é que a superfície do terreno seja relativamente plana (sendo esta condição menos restritiva às SEV profundas), devido ao fato de que os procedimentos para um ajuste topográfico causam complicações teóricas (Orellana 1970)

Como ilustração, apresenta-se a Tabela 1 que mostra a diferença de resistividades entre alguns tipos de rochas.

Tabela 1: Resistividade elétrica expressa em Ohms de diversas rochas (Parasnis 1986)

LITOTIPO	RESISTIVIDADE $\Omega.m$
Quartzito	$> 10^{10}$
Granito	$5000-10^6$
Arenito	35-4000
Solo Residual	120-400
Argilo Minerais (solo)	1-120

2.1. SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL (SEV)

A finalidade da SEV é a determinação da distribuição vertical das resistividades do subsolo abaixo do ponto estudado. Relacionando os resultados da SEV com o perfil, é possível estabelecer a existência no subsolo de diferentes “camadas geoeletricas” que representam outros estratos e formações geológicas (Orellana 1970).

Este método de prospecção geofísica é feito por intermédio de dois pares de eletrodos em contato galvânico com o solo, onde um dos pares é utilizado para a injeção de corrente elétrica no solo e o outro par é utilizado para se medir a diferença de potencial gerada pelo fluxo de corrente. A relação entre o fluxo de corrente e a diferença de potencial gerada permite calcular a resistividade aparente do material em subsolo. A geometria utilizada, definida pelas distâncias entre os pares de eletrodos, guarda relação com a profundidade de investigação (Gallas 2000).

No caso da aplicação da Sondagem Elétrica Vertical, que é utilizada para a investigação das variações de resistividades verticais (caso dos meios estratificados),

utilizar-se-á o arranjo Schlumberger, no qual vai-se aumentando gradativamente e simetricamente a abertura entre os eletrodos de emissão de corrente para se atingir níveis de investigação de horizontes cada vez mais profundos, e mantendo-se os eletrodos de potencial fixos no centro do arranjo (Gallas 2000).

A configuração básica das SEVs está demonstrada abaixo na Figura 2.

Sendo o **O** a linha onde se obterá as informações de eletrorresistividade

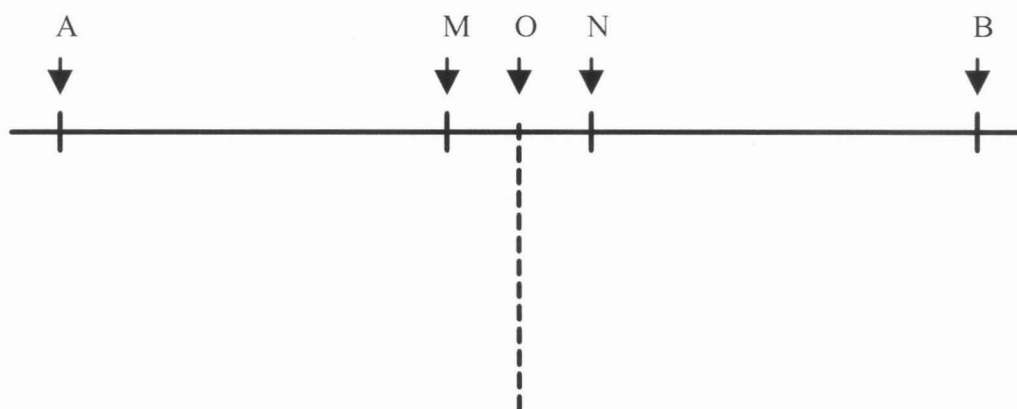


Figura 2: Configuração básica das Sondagens Elétricas Verticais

(sondagem), **MN** são os eletrodos utilizados para a medição da diferença de potencial gerada pelo fluxo de corrente e os eletrodos **AB** são os que receberão a injeção de corrente no sistema.

As principais vantagens desse método são sua flexibilidade, por ser capaz de se adaptar a problemas e condições muito diversos, sua possibilidade em trabalhar em profundidades tanto reduzidas quanto muito profundas e seu baixo custo de execução (Orellana 1970).

Já suas desvantagens são a difícil interpretação correta dos dados que devem ser efetuadas por profissionais com amplo conhecimento de Física e Geologia, além das perturbações produzidas por correntes telúricas de origem industrial (Orellana 1970).

2.2. CAMINHAMENTO ELÉTRICO (CE)

O caminhamento elétrico busca identificar estruturas verticais ou sub-verticais, uma vez que consiste na medição de contrastes de eletrorresistividade ao longo de uma seção. Esta técnica foi utilizada objetivando a definição da fisiografia do topo do embasamento cristalino não intemperizado nas cimeiras do estudo.

Para os caminhamentos elétricos utilizou-se o arranjo Dipolo-Dipolo, cuja configuração consiste em: dois eletrodos de transmissão de corrente A e B e dois eletrodos

de medida de potencial M e N dispostos em um mesmo alinhamento e posicionados externamente entre si. Faz-se o levantamento de um perfil com profundidade constante movendo-se o quadripólo ABMN a cada medida efetuada, sendo este deslocamento igual a l (distância entre as medianas dos dois pares de eletrodos) (Gallas 2000).

A Figura 3 mostra a configuração do arranjo Dipolo-Dipolo definindo sua forma de prospecção e níveis exploratórios, sendo que através da diferença entre resistividades torna-se possível determinar o “topo” rochoso e conseqüentemente a camada intemperizada de rocha alterada, além de determinar a profundidade do lençol freático, quando este houver, devido a diferença de resistividade entre o solo saturado e o seco.

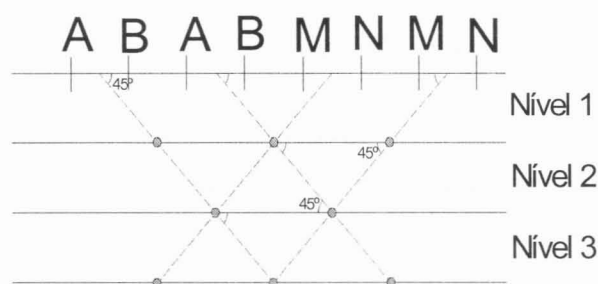


Figura 3: Representação esquemática de um arranjo Dipolo-Dipolo usado para o Caminhamento Elétrico (Parasnis 1986), onde AB são os eletrodos de corrente e MN os eletrodos de recepção, os círculos indicam o ponto prospectado, neste esquema estão representados 3 níveis exploratórios

Com essa configuração, determinada por estudos prévios, chega-se à conclusão de que as profundidades dos níveis de exploração variam de acordo com a abertura entre os eletrodos, sendo que quanto maior a distância entre os eletrodos maior a profundidade de exploração porém menor a definição obtida.

3. GEOLOGIA REGIONAL

O Planalto de Campos do Jordão está inserido na Região de Dobramentos Sudeste localizado na porção sudoeste do bloco principal da Serra da Mantiqueira. É composto principalmente por rochas formadas, em parte, durante o Ciclo Brasileiro, e rochas mais antigas que foram retrabalhadas durante esse período (Almeida 1964, 1976).

O embasamento cristalino pré-cambriano da região compreende rochas metamórficas, rochas ígneas e migmatitos com estruturas variadas, intrusões de diabásio,

sob forma de diques e soleiras são comuns, e marcam a primeira fase de magmatismo relacionada à Reativação Wealdeniana (Riccomini 1989 e 1993).

Duas grandes falhas transcorrentes reativadas de direção NE com idades pré-cambrianas a eopaleozóica delimitam o planalto; essas falhas são denominadas como Falha de Jundiuvira e Falha do Paiol Grande (Hasui et al 1978).

Uma análise de lineamentos e morfoestruturas indicaram as seguintes direções: NE – SW, ENE – WSW, N – S, NW – SE, sendo que as duas últimas coincidem com a estruturação pré-cambriana, representada pelas foliações metamórficas e bandamentos, e pelas zonas de cisalhamento de Jundiuvira, Paiol Grande e Buquira (Hiruma et. al 2001). As bordas do planalto acompanham as direções dos principais lineamentos de direções NE – SW, ENE – WSW e NW – SE (Hiruma et. al 2001).

As falhas recentes desenvolveram-se por reativação tectônica ao longo das zonas de fraquezas pré-existentes, gerando três tipos principais de estruturas rúpteis:

- 1 falha de arranjo aproximadamente ortogonal com direções ENE – WSW, WNW – ESE e NNW – SSE, com mergulhos subverticais e rejeitos centimétricos a decimétricos;
- 2 falhas normais de direção N – S e NE – SW / ENE – WSW, em parte paralelas à Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, com mergulhos elevados e rejeitos centimétricos;
- 3 juntas de cisalhamento neotectônicas, caracterizadas por mergulhos subverticais e espaçamentos decimétricos a métricos; estas juntas seccionam os mais recentes colúvios, inclusive o horizonte superficial A (Hiruma et al 2001).

A intersecção das falhas NE e NNW, freqüentemente marcada por soleiras, divisores baixos e prováveis shutter ridges, divide o planalto em blocos menores, compartimentando os campos de São Francisco (Planalto de Campos do Jordão) e setorizando o Ribeirão Galvão. Estas áreas de cruzamento são os sítios preferenciais para os fenômenos de captura de drenagem observados ao longo do divisor da Mantiqueira (Modenese et al 1997).

Os campos de São Francisco (Planalto de Campos do Jordão) são caracterizados por mamelonização generalizada, fraca amplitude topográfica (40-50m), presença de depressões rasas e nichos de movimentos de massa nas vertentes e várzeas relativamente amplas preenchidas por sedimentos turfosos. Os anfiteatros de erosão, feições típicas da paisagem de Campos do Jordão, nesta área são menos comuns, menores e geralmente

concentram-se ao longo dos lineamentos estruturais mais importantes (Modenesi et al 1997).

A evolução das vertentes dos altos campos do planalto reflete, a partir do Pleistoceno médio, uma sucessão de fases de maior ou menor atividade morfogenética. O caráter cíclico desta evolução sugere controle climático, com alternância de fases de maior ou menor atividade morfodinâmica nas vertentes, relacionadas a condições subtropicais de altitude, ora úmidas e quentes, ora relativamente secas e frias. Por outro lado, um condicionamento a estímulos tectônicos é indicado pelas evidências morfológicas encontradas ao longo dos lineamentos estruturais de Campos do Jordão com vales assimétricos e profundos com vertentes retilíneas e vales suspensos com facetas trapezoidais e triangulares (Modenesi et al 1997)

O quadro neotectônico observado no Planalto de Campos do Jordão assemelha-se ao de regiões vizinhas, como o vale do Rio Paraíba do Sul e o Maciço Alcalino de Itatiaia, onde são reconhecidos pulsos recorrentes de movimentações tectônicas (Modenesi et al 1997).

Em estudo feito na região do Planalto de Itatiaia, os colúvios das baixas vertentes do vale do Ribeirão das Flores foram analisados segundo diretrizes metodológicas descritas em trabalhos anteriores realizados na região de Campos do Jordão. Nesse estudo obteve-se as filiações mineralógicas, convergindo para gibbsita e caulinita, indicando uma tendência geral laterítica tanto nos materiais de colúvio (C1 e C2) como nos perfis in situ. O estudo micromorfológico mostra que, tanto em C1 como em C2, há a mistura de materiais com diferentes graus de alteração. O reconhecimento de apenas uma tendência de alteração em todas as formações superficiais das vertentes do planalto do Itatiaia sugere a permanência de condições ambientais semelhantes durante o período compreendido entre a alteração do regolito que originou C1 e a deposição da camada superficial C2. A tendência laterizante observada na rocha alterada in situ e nos colúvios refletiria as condições de ligeiro aquecimento e forte ampliação de umidade, que teriam persistido após o último máximo glacial (Modenesi e Motta 1993).

4. GEOMORFOLOGIA

Seu relevo tem sido associado freqüentemente à mais antiga superfície de aplainamento do Brasil de sudeste, a superfície dos campos, que se apresenta como cimeira subnivelada, degradada e desdobrada em níveis erosivos embutidos (Modenesi et al 1997). O desnível entre a superfície de erosão que nivela as montanhas das Serra da

Mantiqueira e da Bocaina e a base dos sedimentos que preenche a depressão é de até 1900m (Almeida 1976).

Análises morfométricas mostram valores de gradiente hidráulico ($< 0,1$) e de declividade ($< 10^\circ$) relativamente baixos e curvas de superfície de base bem espaçadas para esta área do planalto, definindo uma paisagem com baixo grau de dissecação do relevo. Esta área corresponde a uma zona anômala de alta densidade de drenagem, atingindo valores superiores a 6 km/km² nas áreas de cruzamento dos *trends* de lineamentos de direções NE-SW, NW-SE e N-S (Modenesi et al 1997).

Segundo Modenesi (1980), as formações superficiais do Planalto de Campos do Jordão são caracterizadas, em sua maioria, por solos pouco espessos e alteração profunda das rochas. Rocha alterada, depósitos e solos constituem materiais muito intemperizados, com mineralogia representada quase exclusivamente por quartzo, gibbsita, caulinita e argilo-minerais.

As relações entre o grau de alteração das formações superficiais e a compartimentação geomorfológica são mais perceptíveis na rocha alterada do que nos solos. Nos depósitos de vertente, em anfiteatros de erosão e rampas de colúvio, grau e seqüência de alteração relacionam-se à morfodinâmica e não à ação pedogenética ainda incipiente (Modenesi 1980).

Características morfológicas e grau de intemperismo das formações superficiais são importantes fatores da organização do mosaico de vegetação típico dos altos campos do planalto. As matas instalam-se nos anfiteatros e nas áreas das vertentes onde os solos são mais profundos e o regolito incoerente permite a penetração das raízes, onde os solos e, principalmente, a rocha alterada ainda apresentam uma relativa reserva de minerais primários (Modenesi 1980).

As feições morfotectônicas como capturas de drenagem, vales assimétricos com escarpas retilíneas, facetadas triangulares a trapezoidais, vales e anfiteatros suspensos estão associados diretamente a falhamentos recentes (Hiruma 1999).

5. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

5.1. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo bibliográfico foi focalizado em duas áreas principais:

1. na análise da evolução geológica do Sudeste Brasileiro, particularmente ligado à evolução e ascensão da Serra da Mantiqueira, onde se encontra o Planalto de Campos do Jordão;

2. na área de geofísica aplicada, particularmente nos métodos geoeletricos, suas diversas configurações e arranjos, métodos de processamento e interpretação dos dados.

5.2. LOCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

As localizações das Sondagens e Perfis foram selecionadas tanto de acordo com os critérios acima descritos quanto com a necessidade do projeto que visava determinar a camada de manto de intemperismo e rocha alterada, nas cotas de 1600m, 1700m, 1800m e posteriormente 1900m, visando sempre a cota de topo das cimeiras citadas. Porém dificilmente obteve-se uma área ideal, obrigando a se utilizar áreas ligeiramente inclinadas ou restringidas pela ocupação humana.

As SEVs foram distribuídas como segue:

- 3 para a cota de 1600m (MI-1, MI-2 e MI-3);
- 2 para a cota de 1700m (MI-4A e MI-4B);
- 4 para a cota de 1800m (MI-5, MI-6, MI-7A e MI-7B);
- 6 para a cota de 1900m (MI-8, MI-9, MI-10, MI-11, MI-12, MI-13).

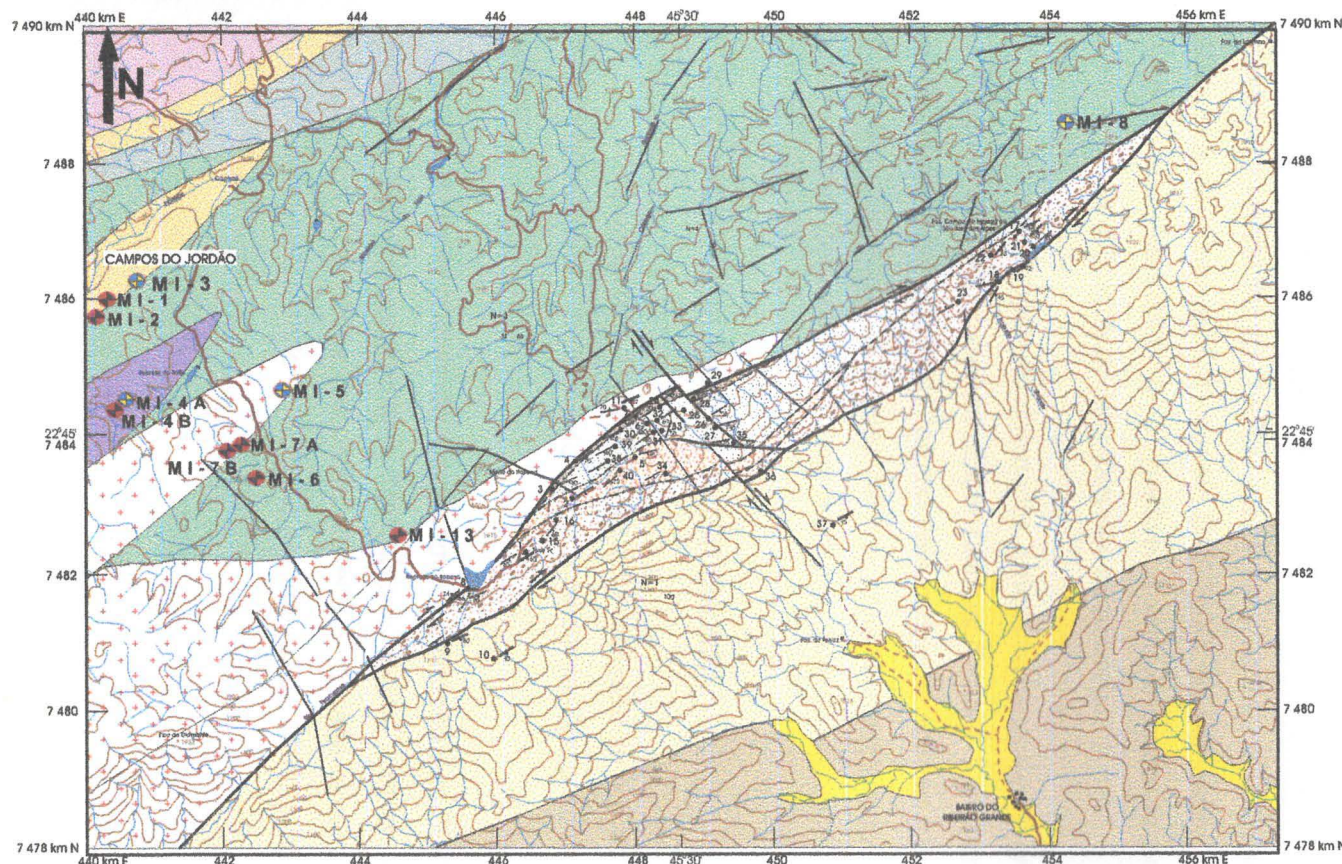
Os CEs foram realizados um em cada cimeira distribuídos deste modo:

- 1 para a cota de 1600m (MI-3);
- 1 para a cota de 1700m (MI-4A);

- 1 para a cota de 1800m (MI-5);
- 1 para a cota de 1900m (MI-8).

A distribuição das SEVs mostrou uma variação quanto à litologia nas diferentes cimeiras estudadas, sendo assim a definição do litotipo em que se encontra cada Sondagem e Caminhamento foi realizado segundo o mapa geológico desenvolvido através da Base Planialtimétrica: Folhas Topográficas, parciais, do IBGE, na escala 1:50 000, Campos do Jordão (1971), Tremembé (1974), Delfim Moreira (1971) e Pindamonhangaba (1974), modificadas e disposta na Figura 4 com escala gráfica.

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE CAMPO DOS JODÃO COM A LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS



LEGENDA

Aluviões recentes

BACIA DO PICO DE ITAPEVA

- Metaconglomerados grossos porfíricos: conglomerados clasto-sustentados com blocos, canchais, seixos e grânulos de granitoides, gnaisse bandados, milonitos diversos, metabasitos, quartzitos, xistos aluminosos e felsípatos, com matriz arenosa fílica mal selecionada ocupando interfícies entre clastos. São frequentes a interbedding dos clastos, gradacionais normais nos estratos e interbedding de areias grossas e médias com estratificações plano-paralela, cruzada de baixo ângulo e cruzada de pequeno porte.
- Metaconglomerados finos porfíricos: conglomerados porfíricos clasto-sustentados na base e areias sustentadas para o topo, gradacionais a areias mal selecionadas e a areias médias a finas e silteosas. Predominam seixos sobre canchais e espaços de granitoides, gnaisse, quartzitos, milonitos e xistos. É comum a implicação de clastos na base dos estratos e estratificações cruzadas de pequeno porte nas porções areia sustentadas.
- Metarenitos felsípatos a arcáceos com predomínio de estratificação cruzada de baixo ângulo; Estratos tabulares com o desenvolvimento da laminação em areias, predominantemente, médias a finas laminadas, com estratificações plano-horizontais a cruzadas de baixo ângulo, localmente sugestivas de se associarem a ondas de tempestades (turbidocólicas). Ocorrem, frequentemente, interbedding de areias mal selecionadas com lentes de minerais opacos.
- Metarenitos com metaconglomerados e metarenitos intercalados: A base é constituída por conglomerados quase monomíticos com o predomínio de seixos sobre canchais de granitos porfíricos, de milonitos e quartzitos em matriz arenosa. Para o topo desenvolve sequência gradacional com sucessivas interbedding de conglomerados, areias finas silteosas e de finos siltos-argilosos com interbedding miloníticos a desmólicas de areias mal selecionadas. Os limites predominam no topo da sequência. Apresentam blocos arredondados de areias finas a médias com seixos argilosos, com marcas onduladas assimétricas com padrão de interferência de ondas e estruturas de escape de fluidos.

EMBASAMENTO

Domínio Embu

- (Silimanita)-granada: biotita gnaisse bandados, miloníticos; subordinadamente protomylonitoides e anfibolito-biotita gnaisse; biotita gnaisse com interbedding de xistos felsípatos.
- (Granada)-biotita gnaisse porfíricos e migmatitos com estruturas diversas; (silimanita)-granada-biotita gnaisse, interbedding de (biotita)-granada; hornblenda gnaisse tonalíticos, biotita anfibolitos, quartzitos e calcossilicáticos. Localmente ocorrem ortogneisses.

Domínio Socorro-Guaçupe

- Granitos tipo Itaipava Paulista (Sul de Serra Preta): Biotita granitos (So e 3b), porfíricos (megacrastos de k-feldspatos centimétricos), metabasitos, miloníticos e protomylonitoides. Enclaves de biotita gnaisse bandados, biotita xistos com granada e/ou silimanita, raras biotita anfibolitos e anfibolitos.
- Granada-silimanita-biotita xistos que passam a migmatitos estromatólicos e intercalam, ora granada-biotita gnaisse e/ou biotita gnaisse bandados, ora quartzitos, calcossilicáticos e, subordinadamente, anfibolitos e hornblenda gnaisse.
- (Muscovita)-magnetita quartzitos, por vezes felsípatos, miloníticos.
- (Silimanita)-biotita gnaisse bandados e migmatizados com interbedding de quartzitos, mármores e calcossilicáticos.
- Magnetita-biotita gnaisse com interbedding de calcossilicáticos e biotita xisto.
- (Granada)-biotita gnaisse protomylonitoides, por vezes migmatizados ou porfíricos, com interbedding de anfibolitos e hornblenda gnaisse, metabasitos e calcossilicáticos.

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato geológico, Interfido, onde traçado
- Contato geológico transicional
- Acamamento tectônico (S), com o rumo e valor do mergulho
- Clivagem arcossiana ou foliação metamórfica (S), com o rumo e valor do mergulho
- Foliação calcossilicática ou milonítica, com rumo e valor do mergulho
- Falha comprovada ou inferida, quando traçada
- Lineamento litogeológico

- Localização da SEV
- Localização da CE e a respectiva SEV
- MI-5 identificação da SEV ou CE

Figura 4 - Mapa Geológico indicando a localização das SEVs e CEs

5.3. OBTENÇÃO DOS DADOS

Como foi descrito anteriormente, o estudo foi desenvolvido nas cimeiras de 1600m, 1700m, 1800m e 1900m e para estas foram realizadas um total de 15 SEVs e 4 CE.

5.4. EQUIPAMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO

O trabalho de campo utilizou equipamentos do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas – CEPAS, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Tais equipamentos consistem em: trena, eletrodos metálicos, cabos elétricos de 1 mm, carretilhas, resistivímetro, rádios intercomunicadores e calculadora. O resistivímetro utilizado é da marca ABEM, modelo SAS-200B, de fabricação sueca, que fornece um pulso de corrente constante e ajustável e com inversão de polaridade, evitando-se, desta forma, a utilização de eletrodos não polarizáveis.

Para a compilação dos dados e desenvolvimento de gráficos foram utilizados os programas computacionais Excel (Microsoft) para a elaboração de planilhas de dados de campo, RESIXIP (Interpex) para o processamento e interpretação das SEVs, RES2DINV (Geotomo Software) para o processamento e interpretação dos CEs e Surfer (Golden Software) para a apresentação gráfica dos caminhamentos elétricos.

6. GEOLOGIA LOCAL DESCRITA POR CIMEIRA

A determinação da geologia local foi realizada de acordo com a localização das SEVs e relacionadas diretamente sobre o mapa geológico da Figura 4, este em escala gráfica.

A partir da análise do mapa com a localização das SEVs, observou-se que as diferentes altitudes apresentam diferentes litologias; desse modo, a definição da geologia local fica melhor percorrida se feita para cada cimeira, ou seja, a descrição será apresentada tomando como base as cimeiras de 1600, 1700, 1800 e 1900m.

6.1. CIMEIRA DE 1600m

Como dito anteriormente no capítulo de Localização das Atividades, a cimeira de 1600m foi estudada por meio das SEVs MI-1, MI-2 e MI-3.

As localizações destas SEVs indicam que a litologia presente nesta cota é composta por rochas do embasamento pertencentes ao Domínio Socorro – Guaxupé, de idade Pré-Cambriana, composto essencialmente por quartzitos, muscovita-magnetita quartzitos, por vezes feldspáticos e miloníticos.

6.2. CIMEIRA DE 1700m

As sondagens elétricas verticais referentes à cimeira de 1700 são as MI-4A e MI-4B. Os dados de geologia indicam que as rochas pertencem ao embasamento cristalino, Domínio Socorro – Guaxupé, porém, mais basais que os da cota de 1600m.

Esta cimeira contém basicamente biotita gnaisses protomiloníticos, por vezes migmatizados ou porfiroclásticos, com intercalações de anfibolitos e hornblenda gnaisses, metabásicas e calciossilicáticas.

6.3. CIMEIRA DE 1800m

Esta cimeira, contrariando as anteriores, apresenta para uma única elevação (1800 m) dois diferentes complexos litológicos, sendo ambos pertencentes ao Domínio Socorro – Guaxupé.

As MI-5, 7A e 7B estão localizadas sobre granitos tipo Bragança Paulista (Suíte Serra Preta): biotita granitos, porfiríticos (megacristais de k-feldspatos centimétricos), mesocráticos, miloníticos e protomiloníticos.

Já a SEV MI-6, em cota levemente superior, localiza-se sobre rochas classificadas como granada-sillimanita-biotita xistos que passam a migmatitos estromáticos e intercalam, ora granada-biotita gnaisses e/ou biotita gnaisses bandados,

ora quartzitos, calciossilicáticas e, subordinadamente, anfibolitos e hornblenda gnaisses.

6.4. CIMEIRA DE 1900m

A denominação litológica para todos os pontos sondados dessa cimeira fica um pouco comprometida pois o mapa obtido não possui a dimensão necessária para que as SEV MI-9, 10, 11 e 12 .

As SEVs MI-8 e 13, apesar da distância entre elas, estão sobre o mesmo litotipo, e este é representado por granada-sillimanita-biotita xistos que passam a migmatitos estromáticos e intercalam, ora granada-biotita gnaisses e/ou biotita gnaisses bandados, ora quartzitos, calciossilicáticas e, subordinadamente, anfibolitos e hornblenda gnaisses.

7. SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL

A configuração das aberturas utilizadas para as SEVs foi constante para as 15 sondagens realizadas, onde a distância MN/2 ficou em 0,5m e a 2m. Já para os eletrodos de injeção de corrente, as aberturas AB/2 foram de 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,5; 15,0; 18,0; 20,0; 25,0; 30,0; 40,0; 50,0; 60,0; 80,0; 100,0 e 130,0m.

Na Tabela 2 estão descritas as aberturas entre os eletrodos AB/2, a abertura em que ocorreram as embreagens (quando ocorreram) e suas localizações (em coordenadas UTM).

Tabela 2: Tabela apresentando a abertura máxima AB/2 das sondagens e o início de suas respectivas embreagens

SEV	AB/2 MÁXIMO (m)	EMBREAGEM (m)	LOCALIZAÇÃO
MI-1	30,0	15,0	440250 / 7486000
MI-2	50,0	20,0	440052 / 7485559
MI-3	60,0	20,0	440891 / 7486320
MI-4A	50,0	18,0	440534 / 7484652
MI-4B	60,0	40,0	440506 / 7484505
MI-5	130,0	20,0	443093 / 7484483

SEV	AB/2 MÁXIMO (m)	EMBREAGEM (m)	LOCALIZAÇÃO
MI-6	50,0	Não foi feita	442813 / 7483391
MI-7A	20,0	Não foi feita	442504 / 7483922
MI-7B	10,0	Não foi feita	442393 / 7483858
MI-8	15,0	Não foi feita	454128 / 7488345
MI-9	15,0	Não foi feita	457285 / 7490290
MI-10	15,0	Não foi feita	457727 / 7490614
MI-11	20,0	Não foi feita	458029 / 7490788
MI-12	18,0	Não foi feita	458587 / 7491620
MI-13	10,0	Não foi feita	444853 / 7482246

8. CAMINHAMENTO ELÉTRICO

A realização dos Caminhamentos Elétricos dependeu em parte dos dados obtidos com as SEVs, devido ao fato de que as sondagens serviram como guia para se determinar as configurações dos arranjos dos eletrodos para o CE utilizando o arranjo Dipolo-Dipolo.

Diferentemente das sondagens, foi realizado somente um caminhamento para cada cimeira; estes foram realizados nas mesmas localizações das SEVs MI-3, MI-4A e MI-5 e MI-8 variando entre si quanto à abertura entre os eletrodos, a extensão máxima dos caminhamentos e conseqüentemente dos níveis de exploração atingidos.

Quanto maior a profundidade do topo rochoso determinado pelas SEVs, maior a distância entre os eletrodos no caminhamento elétrico, para que com isso fosse possível conseguir determinar a fisiografia do contato do solo de alteração com a rocha sã.

De acordo com a Figura 3, foi possível determinar a diferença de profundidade entre os níveis, deste modo, os níveis assim como suas profundidades de acordo com as aberturas ficam expostas na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Valores de profundidade da pseudo-seção de resistividade aparente medida

ABERTURA (m)	NÍVEL	PROFUNDIDADE (m)
10	Nível 1	10
	Nível 2	15
	Nível 3	20
	Nível 4	30
	Nível 5	40
	Nível 6	50
20	Nível 1	20
	Nível 2	30
	Nível 3	40
	Nível 4	50
	Nível 5	60
	Nível 6	70
30	Nível 1	40
	Nível 2	55
	Nível 3	70
	Nível 4	85
	Nível 5	100
	Nível 6	115

Abaixo está representada na Tabela 4, a abertura dos CEs, a extensão de cada um, a quantidade de níveis e suas respectivas localizações em UTM.

Tabela 4: Tabela apresentando a abertura AB dos caminhamentos, extensão máxima e a quantidade de níveis explorados.

	ABERTURA	EXTENSÃO	NÍVEIS	LOCALIZAÇÃO DO PRIMEIRO PONTO	LOCALIZAÇÃO DO ÚLTIMO PONTO
MI-3	20	180m	6	440780/7486200	440910/7486380
MI-4	20	180m	5	440572/7484536	440504/7484690
MI-5	30	450m	6	442975/7484370	443055/7484703
MI-8	10	340m	6	454088/7488340	454220/7488539

9. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

O processamento dos dados das SEVs relativas às cimeiras de 1600, 1700, 1800 e 1900m foi desenvolvido com a utilização do programa computacional RESIXIP (Interpex). Alguns aspectos como o conhecimento geológico da área, as análises de campo e conceitos de geofísica aplicada foram necessários para a elaboração das conclusões pertinentes. Todos os resultados processados obtiveram erro inferior a 5%.

Os dados dos CEs foram processados com a utilização do programa RES2DINV e posteriormente, foram interpolados com a utilização do programa SURFER, afim de obter uma melhor visualização dos perfis. Os erros obtidos com os caminhamentos foram minimizados por meio de várias interações, contudo não foram atingidos valores inferiores a 8% de erro.

9.1. CIMEIRA DE 1600m

9.1.1. SEV

As Figuras 1600/ 1, 2 e 3, mostram as curvas de resistividade aparente (“RESISTIVIDADE APARENTE”) rom relação à abertura dos eletrodos (“AB/2”), e um gráfico (produto da inversão dos dados) que indica a relação entre o resultado da resistividade (“RESISTIVIDADE”) e a profundidade (“PROFUNDIDADE”) para cada cimeira estudada.

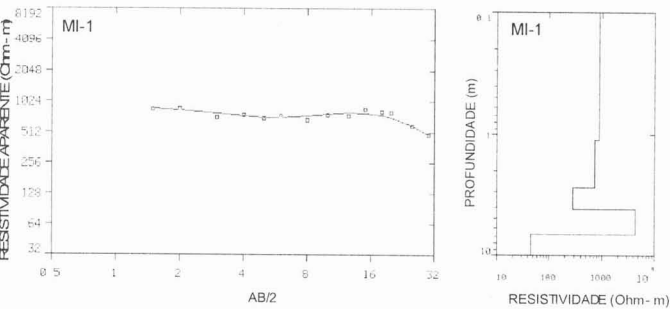


Fig. 1600-1: SEV MI-1

Fig. 1600-3: SEV MI-3

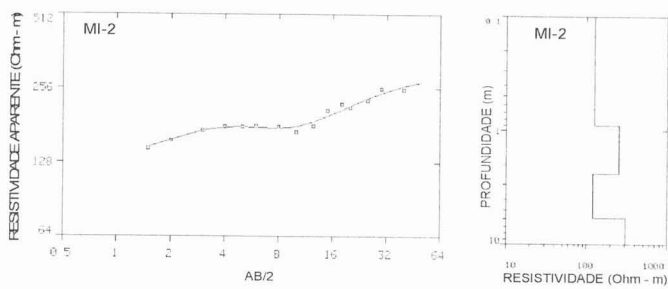
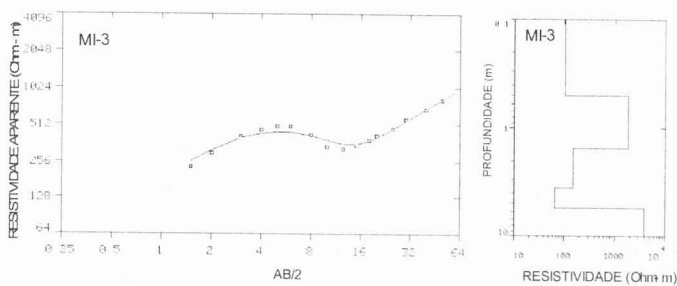


Fig. 1600-2: SEV MI-2



. 1600-3: SEV MI-3

A Tabela 1600, foi elaborada a partir dos resultados obtidos pelo processamento dos dados das SEVs MI-1, MI-2 e MI-3, realizadas para o estudo da cota de 1600m.

Tabela 1600: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade (camada) explorada para a cimeira de 1600m.

	MI-1		MI-2		MI-3	
CAMADAS	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE
1	899,3478	1,1086	125,833	0,9062	102,992	0,496
2	735,9017	2,7363	253,0772	2,4	505,20	1,5214
3	282,1136	4,1487	118,791	5,9166	148,9832	3,5783
4	433,7124	6,7214	302,05	INF	65,462	5,5389
5	454,6	INF			1015,55	INF

Através das interpretações do processamento de dados chegou-se a algumas conclusões:

- A primeira observação pertinente ao se analisar os gráficos de resistividade aparente, é de que a curva que mais indica a sondagem ter atingido o embasamento rochoso (rocha sã) é a SEV MI-3.
- Para as 3 (três) SEVs a primeira camada ocorre a uma profundidade que atinge 1,1m de profundidade, destacado, por apresentar uma baixa resistividade, indicando assim um solo úmido superficial coluvionar;
- A segunda camada diferenciada de solo ocorre mais visivelmente na SEV MI-3, por apresentar um ligeiro aumento da resistividade que vai de 0,5 à 1,5m, indicando um solo coluvionar também úmido(505,20 Ω m).
- O terceiro nível a se discriminar também ocorre nas três sondagens, caracterizado por uma queda abrupta da resistividade. Essa queda inicia-se entre 1,5 e 2,8m de profundidade e atinge valor máximo de 5,9m. Esse nível representa possivelmente uma camada de solo saturado, indicado por uma baixa resistividade (118 a 282 Ω m). Na MI-3 ocorre ainda um mínimo de 65 Ω m entre 3,5 e 5,5m, indicando uma zona extremamente saturada;
- O último nível atingido nas três SEVs, apresenta uma resistividade máxima de 1010 Ω m a uma profundidade mínima de 5,5m e máxima de 6,7m. Esses valores indicam possivelmente um solo residual talvez abaixo do nível freático.
- Apesar de que em campo a plotagem manual dos dados obtidos em uma folha bi-logarítmica, apresentasse já ter sido atingido o topo rochoso nesse último nível descrito, os valores processados apresentaram resistividade ainda inferior ao esperado para um quartzito não alterado (rocha sã) que é da ordem de 10^{10} Ω m (Parasnis, 1986).

9.1.2. CE

O caminhamento elétrico CJ-MI3, seguiu o mesmo perfil da SEV MI-3 (Figura 1600).

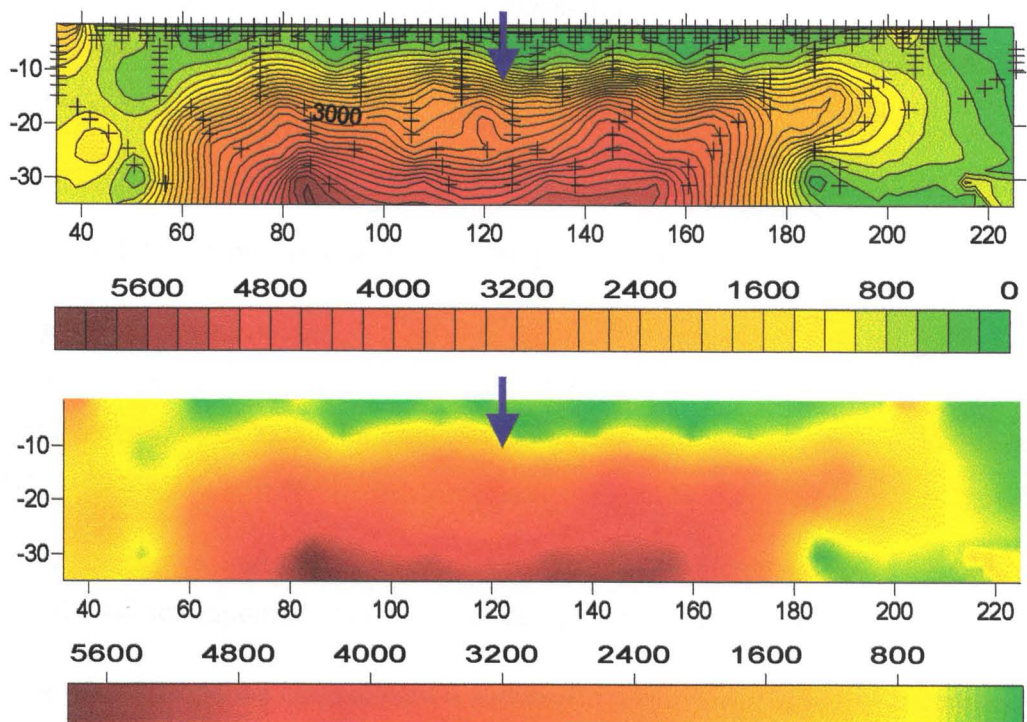


Figura 1600: Figura indicando o aumento da eletroresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1600m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-3.

A análise da seção obtida para este caminhamento (Figura 1600) permite concluir:

- É possível visualizar um aumento contínuo da resistividade principalmente a partir dos 10m de profundidade porém com valores de resistividade inferiores a 1.000 Ωm ;
- A camada de solo saturado ocorre a até aproximadamente 20 metros de profundidade quando começa, como o aumento da resistividade, um solo de alteração seco;
- O pico de resistividade obtido é superior a 3500 Ωm a partir dos 25m , contudo esse valor não indica ainda, ter atingido o topo rochoso que possivelmente está presente a partir dos 35-40m;

- A alteração de rocha é bem uniforme nesta cimeira, e possivelmente apresenta uma fisiografia de topo rochoso relativamente regular, plano e horizontal.

9.1.3. Comparação com a Sondagem Mecânica

Após as etapas de campo e de uma prévia interpretação dos dados geofísicos, foram realizadas as sondagens mecânicas em dois pontos na cota de 1600m (Mi-2b e 3b) orientadas pelos resultados da geofísica que indicavam uma espessura de solo de alteração de rocha de no mínimo 7m.

A sondagem mecânica indicou uma profundidade de solo de alteração de rocha de 46m na sondagem Mi-2b e superior de 50m na sondagem Mi-3b.

A partir dos dados obtidos com a sondagem mecânica, chegou-se à conclusão de que tanto as SEVs quanto o CE para a cota de 1600m, ainda não haviam atingido o limite do solo de alteração de rocha.

A descrição litológica de campo das sondagens indicou um “granito gnaissado, bastante fraturado e oxidação inter fraturas”.

9.2. CIMEIRA DE 1700m

9.2.1. SEV

As Figuras 1700-1 e 2 mostram a curva de resistividade aparente (“RESISTIVIDADE APARENTE”) em relação à abertura dos eletrodos (“AB/2”), e um gráfico indicando a relação entre o resultado da resistividade “RESISTIVIDADE”) e a profundidade (“PROFUNDIDADE”) para cada cimeira estudada.

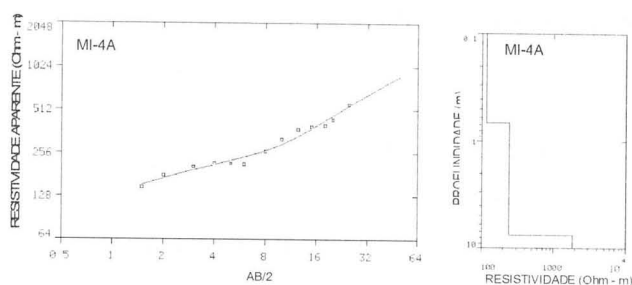


Fig. 1700-1: SEV MI-4A

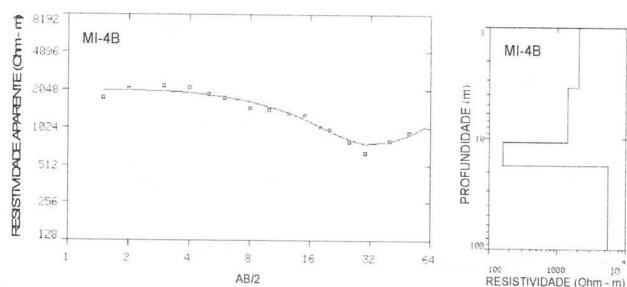


Fig. 1700-2: SEV MI-4B

A Tabela 1700 foi elaborada segundo os resultados obtidos com o processamento dos dados das SEVs MI-4A e MI-4B, estas realizadas para o estudo da cota de 1700m.

Tabela 1700: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade explorada para a cimeira de 1700m.

CAMADAS	MI-4A		MI-4B	
	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE
1	117,2826	0,6758	2036,16	3,4916
2	241,9026	7,576	1406,777	10,908
3	1822,6776	INF	1060,09	17,652
4			5525,44	INF

A partir das análises dos dados, figuras e tabela é possível elaborar algumas interpretações pertinentes como :

- As duas curvas obtidas com os resultados da resistividade aparente são diferentes entre si, tal fato pode ter sido devido à presença de uma caixa d'água da SABESP no meio do deslocamento dos eletrodos na SEV MI-4B e também às restrições quanto à extensão horizontal para ambas as SEVs. Em adição, na

área onde a SEV MI-4B foi executada ocorre um desnível da ordem de 10 metros.

- O primeiro nível de solo, é de origem coluvionar e úmido, apresentado uma resistividade para a MI-4A de 117 Ωm a uma profundidade de 0,67m. Este mesmo nível apresenta, na MI-4B, uma resistividade muito alta, superior a 2000 Ωm e uma profundidade de até 3,5m podendo ser um solo residual seco;
- O segundo nível, para a MI-4A apresentou uma resposta que indica ser representada por solo residual menos saturado, e que possui uma resistividade um pouco superior à anterior, atingindo 241 Ωm a uma profundidade máxima de 7,5m; quando já começa um outro nível de rocha alterada com uma resistividade de 1822 Ωm ;
- Na MI-4B, essa segunda camada, também apresenta uma resistividade elevada chegando a 1406 Ωm e uma profundidade de até 10m;
- O quarto nível, presente na região onde foi realizada a MI-4B, é do topo rochoso, que neste local ocorre a 17 m de profundidade com uma resistividade superior a 5.500 Ωm .

9.2.2. CE

O caminhamento elétrico CJ-MI4, seguiu o mesmo perfil da SEV MI-4A.

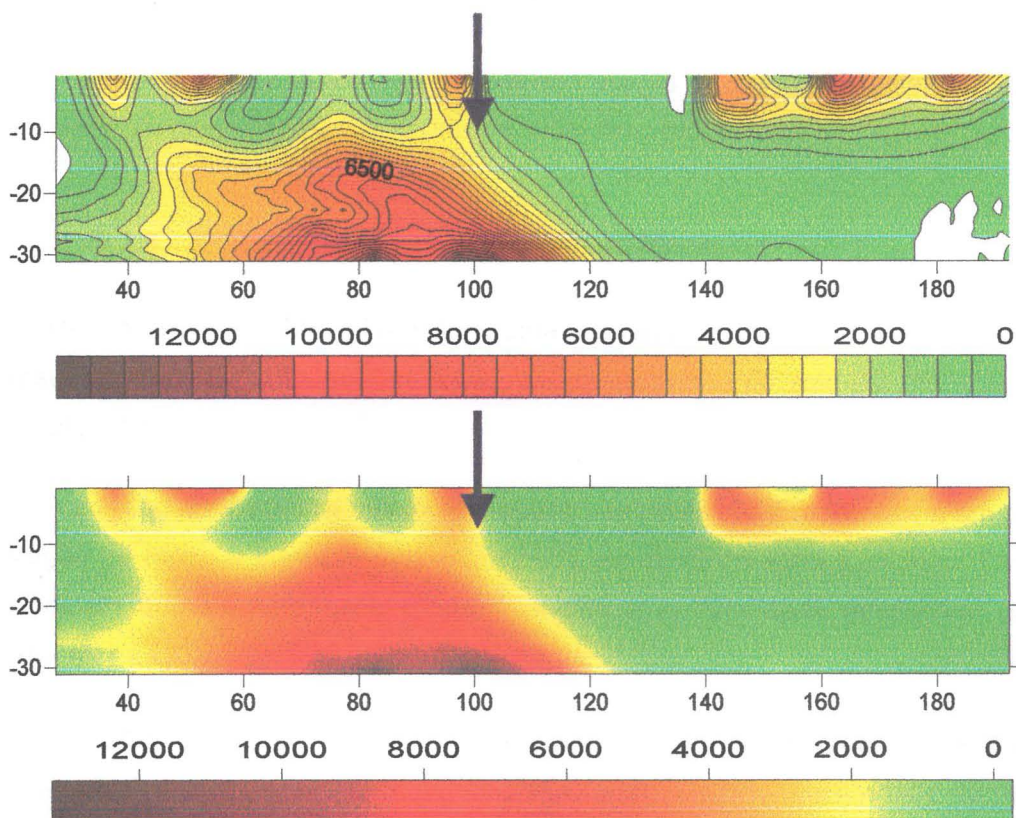


Figura 1700: Figura indicando o aumento da eletrorresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1700m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-4A.

As observações pertinentes a serem descritas para o CE MI-4 (Figura 1700) são:

- Ocorreram alguns problemas relacionados ao processo para a obtenção dos dados deste caminhamento em campo, dentre as dificuldades encontradas e que possivelmente influenciaram na qualidade dos dados foram: perfil com limite de extensão devido à ocupação antrópica, e postes de energia elétrica distribuídos ao longo de todo o caminhamento elétrico;

- A fisiografia do que parece ser um solo de alteração de rocha (resistividade superior a 1.000 Ω m) é muito irregular, ocorrendo em locais próximos à superfície (10 à 15m) até em locais com profundidade superior a 30 m;
- O CE indica que a SEV MI-4A não atingiu o topo rochoso, e sim atingiu somente um possível solo residual a 7,5m de profundidade.

9.2.3. Comparação com a Sondagem Mecânica

Para a cota de 1700m foi realizada uma sondagem mecânica (Mi-4c) orientada pelos resultados da geofísica que indicava uma profundidade de solo de alteração de rocha de até 17m.

A sondagem mecânica indicou um aterro nos primeiros 2m de solo, e um solo de alteração de rocha a até 32m de profundidade e o nível de água a 30,55m. Esses dados indicam que as SEVs não haviam atingido a profundidade necessária para alcançar a rocha sã.

As disparidades entre os valores obtidos com os estudos geofísicos e geotécnicos podem ser explicadas pelo comportamento da eletrorresistividade do perfil obtido com o caminhamento elétrico (Figura 1700) que apresenta uma profundidades do topo rochoso variando entre 17m e superior à 33m. Fazendo com que, dependendo de onde a sondagem mecânica for realizada, espessuras de solo de alteração de rocha diferentes serão obtidas.

A equipe de sondagem descreveu em campo a rocha como sendo um “granito gnaisse bandado com fraturas verticais”.

9.3. CIMEIRA DE 1800m

9.3.1. SEV

As Figuras 1800-1, 2, 3 e 4, mostram a curva de resistividade aparente (“RESISTIVIDADE APARENTE”) com relação à abertura dos eletrodos (“AB/2”), e um gráfico que indica a relação entre o resultado da resistividade “RESISTIVIDADE”) e a profundidade (“PROFUNDIDADE”) para cada cimeira estudada.

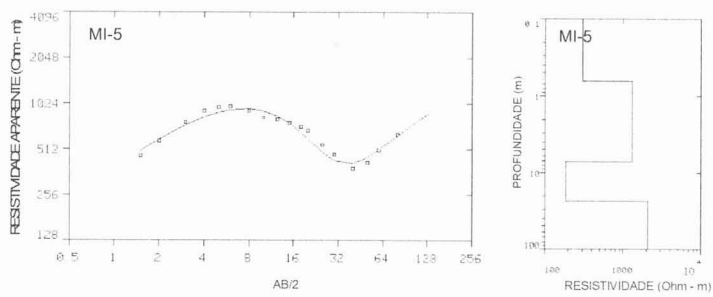


Fig. 1800-1: SEV MI-5

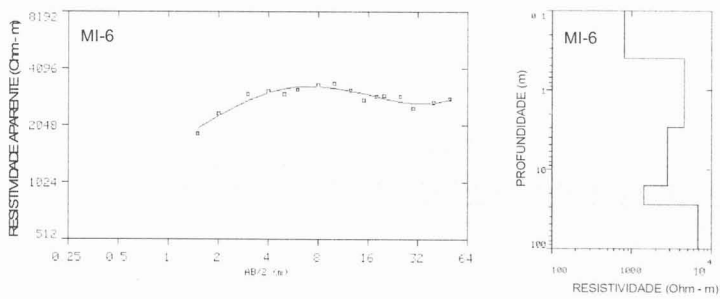


Fig. 1800-2: SEV MI-6

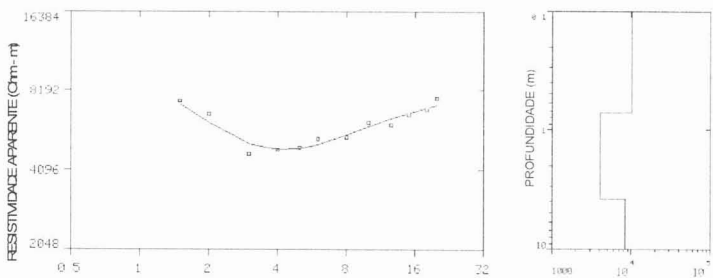


Fig. 1800-3: SEV MI-7A

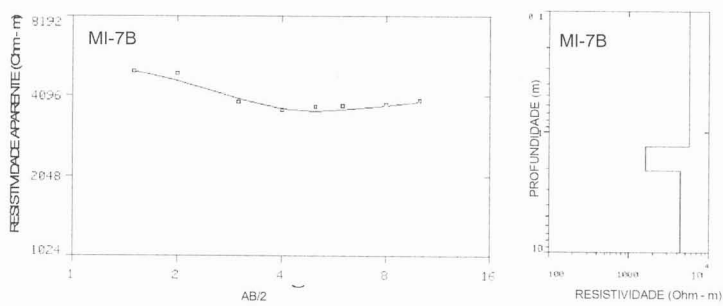


Fig. 1800-4: SEV MI-7B

A Tabela 1800, foi elaborada a partir dos resultados obtidos pelo processamento dos dados das SEVs MI-5, MI-6 e MI-7A e MI-7B , realizadas para o estudo da cota de 1600m.

Tabela 1800: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade (camadas) explorada para a cimeira de 1800m.

	MI-5		MI-6	
CAMADAS	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE
1	300,034	0,64	801,93	0,4
2	1301,3	7,03	4520,74	2,98
3	187,66	23,5	2784,67	15,9
4	2094,83	INF	1407,08	27,81
5			6780,66	INF

	MI-7A		MI-7B	
CAMADAS	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE
1	10198,6	0,72	5654,21	1,315
2	4051,14	3,8	4010,14	2,06
3	8337,61	INF	4320,57	INF

Derivado deste processamento de dados chegou-se a algumas conclusões:

- As SEV MI-7A e MI-7B, localizadas muito próximas uma da outra, apresentaram resistividade muito elevada logo nos primeiros centímetros de profundidade, com valores superiores à 5500 Ω m (MI-7B) e 10000 Ω m (MI-7A) indicando que logo na superfície já existem porções de rocha não alterada.
- O segundo e terceiro nível detectado para as SEVs MI-7A e 7B indicam uma sutil queda da resistividade a partir dos 2m de profundidade e após os 3,8m de profundidade ocorre um aumento brusco na resistividade (MI-7A) chegando à 8337,6 Ω m.
- Nas outras SEVs (MI-5 e 6) ocorre um primeiro nível comum a ambas, de um possível solo coluvionar seco, com resistividade inferior a 800 Ω m e profundidade máxima de 0,6m;

- Após esse primeiro nível comum às duas SEVs, ocorre um aumento de resistividade até 7m (MI-5) e 3m (MI-6) indicando possivelmente um solo de alteração de rocha seco;
- Na MI-5, ocorre um terceiro nível de um solo de alteração de rocha saturado a partir dos 7m a até 23m de profundidade, com resistividade de 187 Ωm . Após esse, inicia-se a partir dos 23m, um solo residual seco com resistividade superior a 2000 Ωm
- A SEV MI-6, apresentou uma queda na resistividade a partir dos 3m a até 15m de profundidade e acentua-se a até 23m. Esse nível pode ser considerado um solo de alteração de rocha que de acordo com a profundidade vai ficando cada vez mais saturado.
- A partir dos 27m de profundidade, ocorre um aumento de resistividade com valor superior a 6000 Ωm , indicando possivelmente ter atingido enfim, o topo rochoso.

9.3.2. CE

O caminhamento elétrico CJ-MI5, seguiu o mesmo perfil da SEV MI-5. Para uma melhor interpretação, foi realizado o ajuste topográfico como é possível visualizar na Figura 1700.

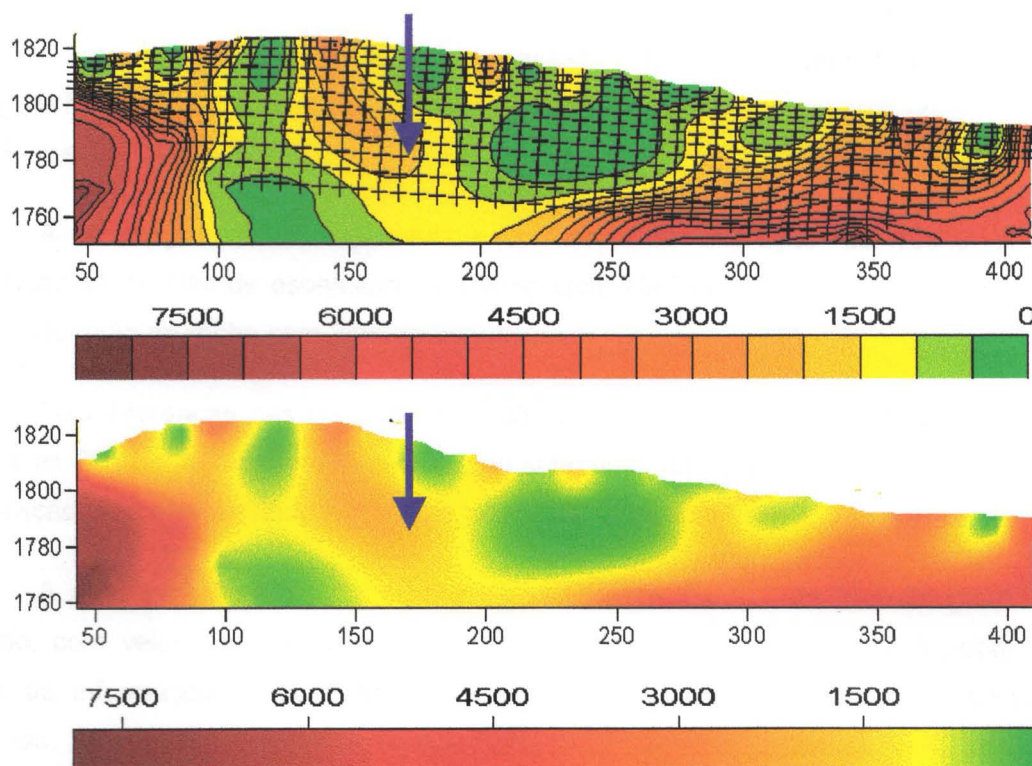


Figura 1800: Figura indicando o aumento da eletrorresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1800m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-5.

As observações pertinentes a serem descritas para o CE MI-8 (Figura 1800) são:

- Na linha onde foi realizada a SEV MI-5 (190m) a rocha sã encontra-se a profundidade inferior a 30m, indicando assim, que a SEV não havia atingido a rocha sã;
- A fisiografia do topo rochoso da cimeira de 1800m é muito irregular, Existem locais onde a rocha sã está a 20m de profundidade e locais onde a rocha sã encontra-se a profundidades superiores a 40m.
- Assim como o topo rochoso, a água subterrânea também encontra-se muito irregular nesta cimeira, pois existem faixas onde o solo residual saturado

apresenta espessura superior a 30m e locais onde o solo residual não se encontra saturado.

9.3.3. Comparação com a Sondagem Mecânica

Para a cimeira de 1800m foram realizadas duas Sondagens Mecânicas, a sondagem Mi-5b e Mi-6b, sendo esta última realizada em um ponto próximo ao perfil do Caminhamento Elétrico MI-5.

A sondagem Mi-5b apresentou um solo de alteração de rocha com aproximadamente 40m de espessura, já a sondagem Mi-6b indicou uma espessura de solo de alteração de rocha com 24m de espessura.

Tais diferenças nas sondagens mecânicas refletem as observações relativas ao CE e às SEVs realizadas nesta cimeira, ou seja, uma variação de espessura do solo de alteração de rocha variando entre 20 e >40 m de espessura.

A descrição litológica da equipe de sondagem indicou um “granito gnaisse bandado, com veios de quartzo e fraturas sub-verticais” o que mostra uma pobreza quanto às informações descritivas da rocha para todas as sondagens mecânicas realizadas.

9.4. CIMEIRA DE 1900m

9.4.1. SEV

A cimeira com a cota mais elevada (1900m) foi estudada a partir das conclusões obtidas dos resultados processados das SEVs (MI-8 até MI-13). As Figuras de 1900-1 a 1900-6 indicam as curvas obtidas para as respectivas SEVs. A Tabela 1900 indica em valores quantitativos os comportamentos da eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade explorada.

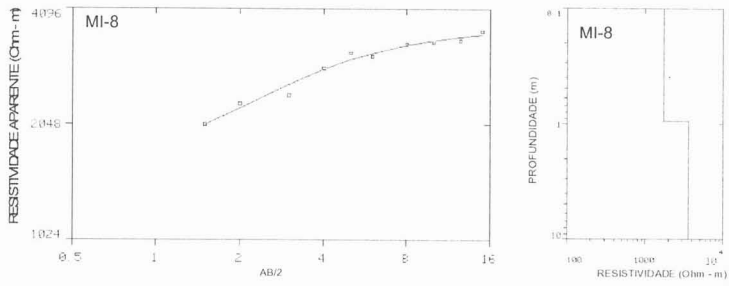


Fig. 1900-1: SEV MI-8

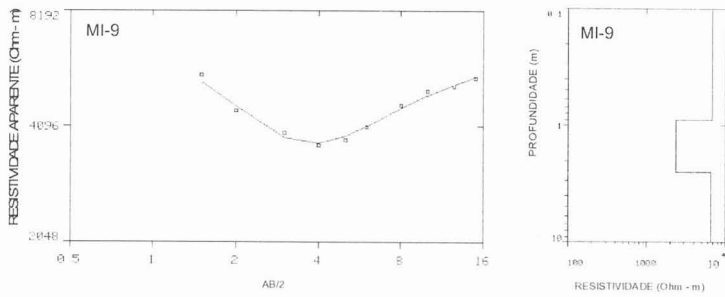


Fig. 1900-2: SEV MI-9

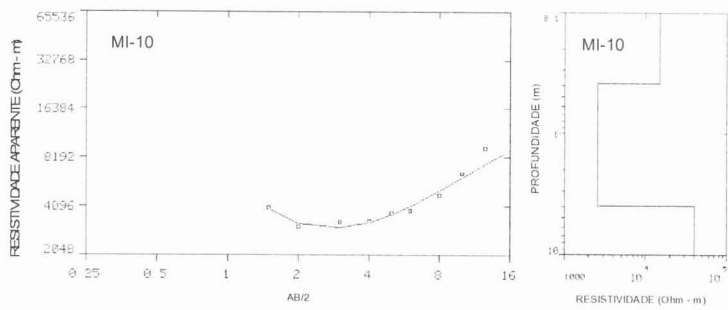


Fig. 1900-3: SEV MI-10

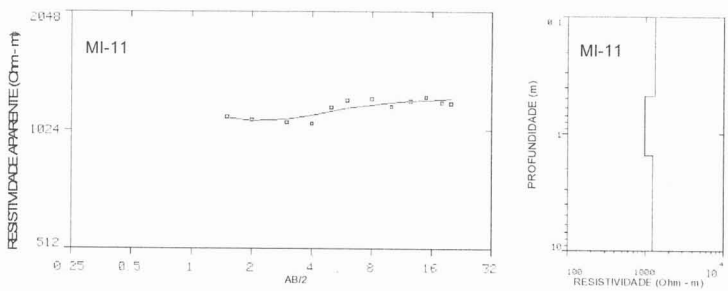


Fig. 1900-4: SEV MI-11

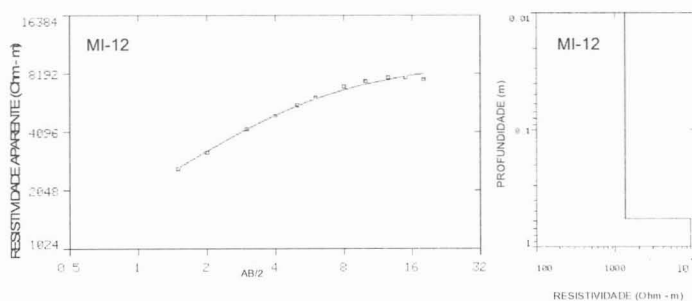


Fig. 1900-5: SEV MI-12

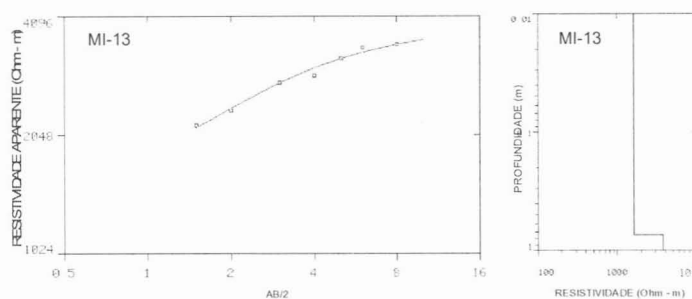


Fig. 1900-6: SEV MI-13

Tabela 1900: Tabela indicando os valores de eletrorresistividade para cada SEV relativos ao avanço da profundidade explorada para a cimeira de 1900m.

	MI-8		MI-9		MI-10	
CAMADAS	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE
1	1733,73	0,945	6835,74	0,9	14859,99	0,38
2	3620,76	INF	2338,6	2,53	2577,1	3,98
3			6549,7	INF	40266,17	INF

	MI-11		MI-12		MI-13	
CAMADAS	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE	RESISTIVIDADE	PROFUNDIDADE
1	1295,99	0,47	1328,35	0,57	1606,48	0,74
2	963,07	1,54	8996,46	INF	3776,7	INF
3	1235,66	INF				

As interpretações pertinentes às figuras e as tabelas obtidas para a cimeira de 1900m estão expostas a seguir:

- A primeira característica a ser salientada é a diferença entre a curva de eletrorresistividade aparente do grupo 1 (SEVs MI-8, 12 e 13), do grupo 2 (SEVs MI-9 e 10) e a SEV MI-11;
- A SEVs do grupo 1 apresentam:
 - nos primeiros 0,5m e 1,0m de profundidade um solo de alteração de rocha com resistividade variando entre 1300 e 1700 Ω m;
 - e um segundo nível com profundidade máxima não determinada e valores superiores a 3600 Ω m com um pico de 8990 Ω m na SEV MI-12 indicando assim terem atingido a rocha sã com menos de 1m de profundidade;
- As SEVs do grupo 2 apresentam:
 - 3 (três) níveis diferentes, o primeiro com uma resistividade muito elevada, valores superiores a 6800 Ω m e pico de 14850 Ω m na SEV MI-10, indicando ou uma rocha sã aflorante ou solo arenoso seco;
 - o segundo nível apresenta uma queda muito brusca de resistividade (aproximadamente 1500 Ω m) variando a espessura entre 1,6m (MI-9) e 3,6m (MI-10), por se tratar de uma zona milonítica é possível que essa região esteja circulando mais fluidos (água superficial) dentro da própria rocha;
 - no terceiro nível a resistividade aparente eleva-se muito, chegando a valores superiores a 6500 Ω m com pico de 40266 Ω m (MI-10) indicando terem atingido a rocha sã entre 2,5 e 3,8m de profundidade;
- A SEV MI-11 apresentou um comportamento parecido com as SEVs do grupo 2 porém, com valores bem inferiores:
 - a primeira camada possui 1295 Ω m a até 0,47m de profundidade;

- a segunda camada apresentou resistividade de $960\Omega\text{m}$ a até 1,5m;
- a última camada (3ª) apresentou um ligeiro acréscimo de resistividade atingindo $1230\Omega\text{m}$ indicando não ter atingido a rocha sã;
- esses valores de eletrorresistividade baixos indicam que a SEV MI-11 havia atingido somente o solo de alteração de rocha;

9.4.2. CE

O caminhamento elétrico MI-8 foi feito no mesmo perfil percorrido para a realização da SEV de mesmo nome e o CE possui 340 m e extensão.

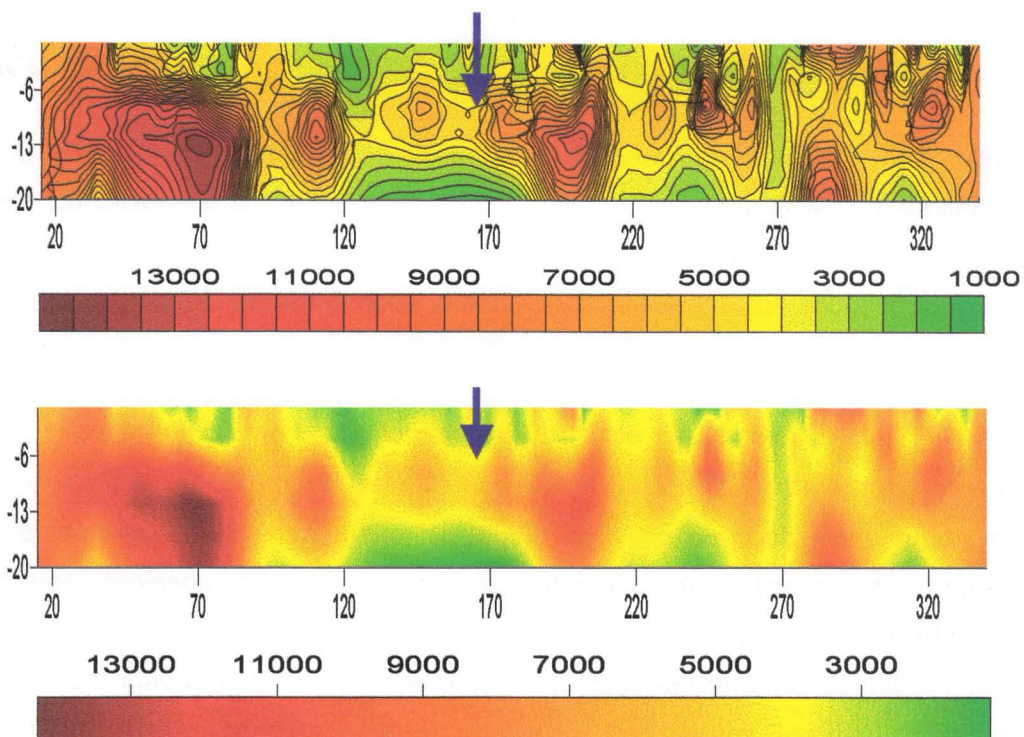


Figura 1900: Figura indicando o aumento da eletrorresistividade com o avanço da profundidade no perfil percorrido pelo CE 1900m. A seta azul indica a localização e a profundidade atingida pela SEV MI-8.

A comparação entre o comportamento da resistividade obtida no perfil do CE e os resultados obtidos com as SEVs na mesma cimeira são as seguintes:

- O perfil do caminhamento elétrico indica uma irregularidade na espessura do solo de alteração de rocha variando entre 4m e 10m;
- Há locais onde ocorre uma camada superficial com uma resistividade muito alta, seguido por uma queda brusca de resistividade e;
- Esse comportamento irregular obtido com o caminhamento corroborou com os resultados obtidos das SEVs, e mostrou que o comportamento da resistividade elétrica em uma rocha milonítica é muito diferente da resistividade de outro tipo de rocha; fato passível de explicação devido à percolação de água, ocorrência plausível a uma rocha desta classificação.

Nesta cimeira não foram realizadas sondagens mecânicas.

10. CONCLUSÃO

O Planalto de Campos do Jordão trata-se de um planalto com relevo acidentado, condicionado por eventos tectônicos associados a uma dinâmica superficial complexa. Estudos geomorfológicos apontam a compartimentação do planalto em quatro níveis de cimeiras, caracterizados, a grosso modo, pelas cotas 1600, 1700, 1800 e 1900 metros.

O Planalto de Campos do Jordão está inserido na Região de Dobramentos Sudeste localizado na porção sudoeste do bloco principal da Serra da Mantiqueira. O embasamento cristalino pré-cambriano da região compreende rochas metamórficas, rochas ígneas, gnaisses, migmatitos e milonitos; intrusões de diabásio, sob forma de diques e soleiras são comuns. Duas grandes falhas transcorrentes reativadas de direção NE com idades Pré-Cambrianas a Eopaleozóica delimitam o planalto; essas falhas são denominadas como Falha de Jundiuvira e Falha do Paiol Grande

Para a determinação das espessuras do solo de alteração de rocha, foram utilizados o método da eletrorresistividade com o arranjo Schlumberger para as Sondagens Elétricas Verticais (SEVs) e o arranjo Dipolo-Dipolo para os Caminhamentos Elétricos (CE).

A finalidade das SEVs foi a determinação da distribuição vertical das resistividades do subsolo abaixo do ponto estudado. O CE, por sua vez, buscou identificar estruturas verticais ou sub-verticais, objetivando a definição da morfologia do topo do embasamento cristalino nas áreas de estudo.

A cimeira de 1600m apresentou uma espessura de solo de alteração de rocha superior a 35m, e uma fisiografia do topo rochoso bem homogêneo, relativamente horizontal. No entanto, a espessura do solo de alteração de rocha foi obtida a partir da sondagem mecânica realizada na área.

A cimeira de 1700m apresentou valores de resistividade que indicam uma variação do solo de alteração de rocha variando entre 17m e superiores à 35m. A sondagem mecânica por sua vez, indicou que a rocha sã encontra-se naquele ponto explorado à 35m de profundidade.

A cimeira de 1800m apresentou uma diferença de espessura do solo de alteração de rocha nas sondagens mecânicas praticamente iguais às esperadas com as interpretações geofísicas, ou seja variando entre 17 e 25m de espessura.

Em alguns pontos na cimeira de 1900m o corpo de rocha sã encontra-se aflorante, contudo, pode apresentar uma variação de profundidade de ocorrência da rocha sã entre 4 e 10m. O comportamento da eletrorresistividade em uma rocha milonítica é muito diferente do comportamento em qualquer outro tipo de rocha pois, apesar da rocha ainda poder ser considerada sã (alta resistência mecânica), ocorre muita percolação de água inter-poros fazendo com que ocorram repentinas e abruptas quedas na resistividade.

A conclusão final sobre esta monografia é que para ser possível a execução de um estudo geofísico aplicando a metodologia de eletrorresistividade, é de extrema importância a seleção de locais onde a interferência antrópica seja a mínima e de que esta (quando ocorra) não limite a extensão dos CE e/ou das SEVs.

A dificuldade na realização dos perfis dos CEs e das SEVs, acarretou em uma série de interpretações prévias quanto aos resultados obtidos, que em alguns casos, ao orientar as sondagens mecânicas, sub-estimaram a profundidade do solo de alteração de rocha.

11. BIBLIOGRAFIA

- Almeida F.F.M. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, **41**:169-263.
- Almeida F.F.M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **48** (Suplem.): 15-26.
- Gallas, J.D.F. 2000. *Principais Métodos Geoelétricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental*. Curso de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro 2000. 174p.
- Hasui Y., Ponçano W.L., Bistrichi C.A, Stein D.P., Galvão C.A.C.F., Gimenez A.F., Almeida M.A., Pires Neto A.G., Melo M.S., Santos M.C.S.R. 1978. *Geologia da Região Administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da Região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 78p (Publicação 1106).
- Hiruma S.T. 1999. *Neotectônica no Planalto de Campos do Jordão, SP*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 106p.
- Hiruma S.T., Riccomini C., Modenesi M.C. 2001. Neotectônica no Planalto de Campos do Jordão, SP. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(3):375-384.
- Modenesi M.C., 1980. Intemperismo e morfogênese no Planalto de Campos do Jordão, São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, **10**(3):213-225.
- Modenesi M.C., Motta M. C. 1992 Morfogênese Quaternária e Intemperismo : Colúvios do Planalto do Itatiaia. *Revista do Instituto Geológico*, **14-15**(1-2)45-53.
- Modenesi M.C., Hiruma S. T., Riccomini C. 1997. Morfotectônica dos Altos Campos de São Francisco (Planalto de Campos do Jordão –SP). *V Simpósio de Geologia do Sudeste – Penedo, Itatiaia RJ*. p77-79.
- Modenesi M.C.; Hiruma S.T.; Riccomini C. 2002 – Morphotectonics of a High Plateau on the Northwestern flank of the Continental Rift os Southeastern Brazil, *Geomorphology* **43** (2002):257-271.
- Orellana E., 1972. *Prospeccion Geoelétrica en Corriente Continua*, ed Paraninfo – Madrid, 523p
- Parasnis D.S., 1986. *Principles of Applied Geophysics*, ed. Chapman and Hall-London/New York, p.104-169

- Riccomini C. 1989. *O rift continental do sudeste do Brasil*. Instituto de Geociências, USP. São Paulo, Tese de Doutorado, 256p.
- Riccomini C. 1993. Origem, evolução e inversão da Bacia do Pico de Itapeva, Neoproterozóico – Cambriano, São Paulo, Brasil. In: Dinamige – Facultad de Agronomia, Simpósio Internacional Del Neoproterozóico – Cambriano de la Cuenca Del Plata, 1, La Paloma – Minas (Uruguai), *Resumenes Extensos*, 1(16), s/p.

ANEXO 1

Planilhas de Campo dos Caminhamentos Elétricos e Sondagens Elétricas Verticais

MI-3 (Caminhamento Elétrico)

A	B	M	N	Ohm	Resist.
0	20	40	60	0,913	344,2
		60	80	0,22	331,8
		80	100	0,067	252,6
		100	120	0,0457	344,6
		120	140	0,0371	489,5
20	40	60	80	1,194	450,14
		80	100	0,341	514,23
		100	120	0,261	983,97
		120	140	0,1966	1482,4
		140	160	0,1018	1343,25
40	60	80	100	0,566	213,38
		100	120	0,378	570,02
		120	140	0,294	1108,38
		140	160	0,1457	1098,57
		160	180	0,1096	1446,17
60	80	100	120	0,543	204,71
		120	140	0,372	560,98
		140	160	0,1763	664,65
		160	180	0,1329	1002,07
		180	200	0,1019	1334,6
80	100	120	140	0,6	226,2
		140	160	0,268	404,14
		160	180	0,1846	695,94
		180	200	0,1385	1044,29
		200	220	0,0899	1186,23
100	120	140	160	0,902	340,05
		160	180	0,412	621,3
		180	200	0,301	1134,8
		200	220	0,1944	1465,8
		220	240	0,0674	889,3
120	140	160	180	0,101	380,77
		180	200	0,548	826,4
		200	220	0,371	1398,7
		220	240	0,1299	979,5
140	160	180	200	0,1284	484,1
		200	220	0,738	1112,9
		220	240	0,227	855,8
160	180	200	220	1,385	522,15
		220	240	0,28	422,2

MI-4 (Caminhamento Elétrico)

A	B	M	N	Ohm	Resist.
0	20	40	60	0,932	351,364
		60	80	0,204	307,632
		80	100	0,131	493,87
		100	120	0,0091	68,61
		120	140	0,0017	22,43
20	40	60	80	1,41	531,57
		80	100	1,658	2500,26
		100	120	0,1912	720,82
		120	140	0,0876	660,5
		140	160	0,203	267,58
40	60	80	100	5,99	2258,23
		100	120	0,468	705,744
		120	140	0,085	320,45
		140	160	0,274	2065,96
		160	180	0,1014	1337,973
60	80	100	120	1,533	577,94
		120	140	0,206	310,648
		140	160	0,405	1526,85
		160	180	0,1439	1085
		180	200	0,1197	1579,44
80	100	120	140	1,601	603,57
		140	160	1,491	2248
		160	180	0,472	1779,44
		180	200	0,101	761,54
		200	220	0,279	3681,9
100	120	140	160	1,084	408,66
		160	180	0,146	220,16
		180	200	0,0701	264,277
		200	220	0,0226	170,404
120	140	160	180	0,48	180,96
		180	200	0,0378	57
		200	220	0,013	49,01
140	160	180	200	2,21	833,17
		200	220	0,245	369,46
160	180	200	220	1,641	618,65

MI-5 (Caminhamento Elétrico)

A	B	M	N	Ohm	Resist.
0	30	60	90	4,9	2768,5
		90	120	1,869	4227,678
		120	150	0,49	2770,95
		150	180	0,021	237,51
		180	210	0,039	693,88
30	60	90	120	1,783	1007,39
		120	150	0,255	576,81
		150	180	0,189	1068,79
		180	210	0,106	1198,86
		210	240	0,022	391,42
60	90	120	150	0,916	517,54
		150	180	0,364	823,368
		180	210	0,17	961,35
		210	240	0,0308	348,34
		240	270	0,021	373,632
90	120	150	180	1,701	961,065
		180	210	0,277	626,574
		210	240	0,0978	553,059
		240	270	0,0196	221,676
		270	300	0,0117	208,166
120	150	180	210	1,725	974,625
		210	240	0,574	1298,388
		240	270	0,085	480,675
		270	300	0,0762	861,82
		300	330	0,102	1814,78
150	180	210	240	0,794	448,61
		240	270	0,15	339,3
		270	300	0,0835	472,192
		300	330	0,1105	1249,75
		330	360	0,1047	1862,822
180	210	240	270	1,09	615,85
		270	300	0,1566	354,229
		300	330	0,117	661,635
		330	360	0,191	2160,21
		360	390	0,1882	3348,45
210	240	270	300	0,708	400,02
		300	330	0,349	789,435
		330	360	0,184	1040,52
		360	390	0,155	1753,05
		390	420	0,0411	731,25
240	270	300	330	1,907	1077,45
		330	360	0,317	717,054
		360	390	0,326	1843,53
		390	420	0,0847	957,957
		420	450	0,0889	1581,708
270	300	330	360	1,356	766,14
		360	390	1,124	2542,48
		390	420	0,267	1509,88
		420	450	0,272	3076,32
300	330	360	390	3,93	2220,45
		390	420	0,653	1477,086
		420	450	0,574	3245,97

MI-5 (Caminhamento Elétrico) continuação

A	B	M	N	Ohm	Resist.
330	360	390	420	1,727	975,755
		420	450	1,225	2770,95
360	390	420	450	3,86	2180,9

MI-8 (Caminhamento Elétrico)

A	B	M	N	Ohm	Resist.
-20	-10	0	10	38	7151,6
		10	20	11,65	8799,01
		20	30	3,81	7194,05
		30	40	2,06	7779,4
		40	50	0,96	6338,59
		50	60	0,607	6418,3
-10	0	10	20	44,5	8402,49
		20	30	9,71	733,7
		30	40	4,24	8005,96
		40	50	1,844	6963,68
		50	60	1,05	6932,9
		60	70	0,749	7919,8
0	10	20	30	38,3	7231,8
		30	40	12,19	9206,86
		40	50	4,48	8459,186
		50	60	2,25	8496,9
		60	70	1,498	9890,84
		70	80	0,903	9548,23
10	20	30	40	43,7	8251,48
		40	50	12,17	9191,75
		50	60	5,33	10064,1
		60	70	3,12	11782,363
		70	80	1,73	11422,671
		80	90	0,924	9770,3
20	30	40	50	30,9	5834,6
		50	60	10,26	7749,17
		60	70	5,34	10082,98
		70	80	2,75	10385,1
		80	90	1,282	8464,66
		90	100	0,704	7444,03
30	40	50	60	26,6	5022,61
		60	70	10,4	7354,9
		70	80	4,77	9006,71
		80	90	2,05	7741,6
		90	100	1,079	7124,32
		100	110	0,456	4821,71
40	50	60	70	20,6	3389,69
		110	120	0,421	4451,62
50	60	70	80	19,16	3617,79
		80	90	4,97	3753,74
		90	100	2,17	4097,39
		100	110	0,828	3126,86
		110	120	0,565	3730,52
		120	130	0,362	3827,75
60	70	80	90	25,1	4739,4
		90	100	6,63	5007,51
		100	110	2,05	3870,81
		110	120	1,22	4607,21

MI-8 (Caminhamento Elétrico) continuação

A	B	M	N	Ohm	Resist.
		120	130	0,714	4714,33
		130	140	0,369	3901,76
70	80	90	100	25,7	4352,67
		100	110	5,62	4244,68
		110	120	2,77	5230,31
		120	130	1,408	5317,17
		130	140	0,658	4344,57
		140	150	0,373	3944,06
80	90	100	110	15,55	2936,15
		110	120	5,82	4395,73
		120	130	2,54	4796,03
		130	140	1,096	4138,94
		140	150	0,54	3565,46
		150	160	0,307	3246,19
90	100	110	120	12,98	2450,88
		120	130	4,33	3270,36
		130	140	1,595	3011,68
		140	150	0,749	2828,52
		150	160	0,36	2876,97
		160	170	0,233	2463,72
100	110	120	130	17,03	3205,05
		130	140	4,37	3300,58
		140	150	1,624	3066,43
		150	160	0,679	2564,1756
		160	170	0,379	2502,42
		170	180	0,252	2664,62
110	120	130	140	21,1	3984,1
		140	150	5,59	4222,06
		150	160	1,932	3648
		160	170	0,967	3651,78
		170	180	0,599	3955,02
		180	190	0,349	3690,29
120	130	140	150	22,6	4267,38
		150	160	5,4	4078,71
		160	170	2,31	4361,74
		170	180	1,304	4924,42
		180	190	0,71	4687,92
		190	200	0,382	4039,23
130	140	150	160	15,73	2970,14
		160	170	4,72	3564,92
		170	180	2,3	4342,86
		180	190	1,14	4305,1
		190	200	0,57	3763,6
		200	210	0,29	3066,2
140	150	160	170	19,45	3672,54
		170	180	6,37	4811,14
		180	190	2,65	5003,14
		190	200	1,18	5003,73
		200	210	0,54	4456,152
		210	220	0,38	3565,46
150	160	170	180	25,6	4018,08
		180	190	7,55	4333,79

MI-8 (Caminhamento Elétrico) continuação

A	B	M	N	Ohm	Resist.
		190	200	2,81	5702,364
		200	210	1,11	5305,84
		210	220	0,665	4191,8
		220	230	0,352	4390,79
160	170	180	190	31,6	3722,01
		190	200	8,95	5966,71
		200	210	2,93	6759,75
		210	220	1,42	5532,43
		220	230	0,703	4641,41
		230	240	0,544	5752,2
170	180	190	200	30,8	5815,66
		200	210	7,67	5792,99
		210	220	3,06	5777,1
		220	230	1,381	2515,21
		230	240	0,942	5215,2
		240	250	0,473	6219,75
180	190	200	210	23,9	5001,46
		210	220	6,39	4512,8
		220	230	2,41	4826,24
		230	240	1,535	4550,56
		240	250	0,576	5796,77
		250	260	0,322	3404,5
190	200	210	220	19,22	3629,12
		220	230	4,92	3715,97
		230	240	2,62	4947,08
		240	250	0,976	3635,76
		250	260	0,452	2934,4
		260	270	0,464	4905,9
200	210	220	230	20,9	3946,39
		230	240	7,25	6475,8
		240	250	2,1	8965,2
		250	260	0,77	2907,83
		260	270	0,961	6345,2
		270	280	0,49	5181,21
210	220	230	240	38,4	7250,7
		240	250	6,79	5128,35
		250	260	2,08	3927,46
		260	270	1,966	3175,95
		270	280	0,841	5103,88
		280	290	0,773	4828,4
220	230	240	250	21	3965,2
		250	260	4,38	3308,13
		260	270	3,12	5391,18
		270	280	1,411	5328,5
		280	290	0,883	5830,2
		290	300	0,45	4758,2
230	240	250	260	19,45	3672,5
		260	270	9,46	7144,9
		270	280	3,6	6797,5
		280	290	1,534	5793
		290	300	1,281	5265,8
		300	310	0,498	4588,3

MI-8 (Caminhamento Elétrico) continuação

A	B	M	N	Ohm	Resist.
240	250	260	270	24,3	4667,6
		270	280	6,18	4909,82
		280	290	2,6	4663,85
		290	300	1,235	4701,12
		300	310	0,712	3688,25
		310	320	0,35	3160,84
250	260	270	280	16,74	3580,03
		280	290	4,74	3612,37
		290	300	1,713	3284,48
		300	310	0,954	3602,68
		310	320	0,31	2046,88
		320	330	0,388	4102,3
260	270	280	290	27,9	5268,08
		290	300	6,71	5067,92
		300	310	3,08	5815,66
		310	320	1,028	3882,14
		320	330	0,854	5688,76
270	280	290	300	24,8	5638,75
		300	310	7,47	4682,78
		310	320	2,48	5641,94
		320	330	1,245	4682,78
280	290	300	310	31,1	4701,62
		310	320	7,77	5868,52
		320	330	3,37	6363,23
290	300	310	320	30,8	5834,58
		320	330	9,82	7416,84
300	310	320	330	34	6419,88

		MI-1 (SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V/ / I	Resistividade
1,5	1	6,28	135,6	852
2	1	11,78	74,1	873
3	1	27,49	25,7	706
4	1	49,48	15,17	751
5	1	77,75	8,97	697
6	1	112,3	6,57	738
8	1	200,27	3,37	675
10	1	313,34	2,39	749
12,5	1	490,09	1,502	736
15	1	706,07	1,197	845
15	4	173,37	5,09	882
18	1	1017,09	0,794	808
18	4	251,33	3,35	842
20	1	1255,05	0,637	799
20	4	311,02	2,67	830
25	4	487,73	1,292	630
30	4	703,72	0,746	525
		MI-2 (SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V/ / I	Resistividade
1,5	0,5	6,28	23,2	146
2	0,5	11,78	13,35	157
3	0,5	27,49	6,27	172
4	0,5	49,48	3,61	179
5	0,5	77,75	2,3	179
6	0,5	112,3	1,604	180
8	0,5	200,27	0,89	178
10	0,5	313,34	0,544	170
12,5	0,5	490,09	0,366	179
15	0,5	706,07	0,294	208
18	0,5	1017,09	0,217	221
20	0,5	1255,05	0,17	213
20	2	311,02	0,69	215
25	0,5	1962,71	0,1164	228
25	2	487,73	0,47	229
30	0,5	2826,65	0,0886	250
30	2	703,72	0,363	255
40	2	1253,5	0,203	254
50	2	1960,36	0,0988	194

[illegible]

[illegible]

[illegible]

		MI-8(SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V / I	Resistividade
1,5	0,5	6,28	326	2.047
2	0,5	11,78	196,5	2.315
3	0,5	27,49	88,7	2.438
4	0,5	49,48	57,8	2.860
5	0,5	77,75	40,3	3.133
6	0,5	112,3	27,3	3.066
8	0,5	200,27	16,45	3.294
10	0,5	313,34	10,68	3.346
12,5	0,5	490,9	6,9	3.387
15	0,5	706,7	5,06	3.576
		MI-9(SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V / I	Resistividade
1,5	0,5	6,28	885	5.558
2	0,5	11,78	380	4.476
3	0,5	27,49	143,2	3.937
4	0,5	49,48	73,8	3.652
5	0,5	77,75	48,5	3.771
6	0,5	112,3	36,3	4.076
8	0,5	200,27	23,1	4.626
10	0,5	313,34	16,12	5.051
12,5	0,5	490,9	10,6	5.204
15	0,5	706,7	7,73	5.463
		MI-10(SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V / I	Resistividade
1,5	0,5	6,28	641	4.025
2	0,5	11,78	259	3.051
3	0,5	27,49	118,5	3.258
4	0,5	49,48	67,3	3.330
5	0,5	77,75	47,9	3.724
6	0,5	112,3	34,2	3.841
8	0,5	200,27	23,7	4.746
10	0,5	313,34	20,8	6.517
12,5	0,5	490,9	18,94	9.298
15	0,5	706,7	11,2	7.915
		MI-11(SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V / I	Resistividade
1,5	0,5	6,28	176,9	1.111
2	0,5	11,78	92,4	1.088
3	0,5	27,49	38,9	1.069
4	0,5	49,48	21,5	1.064
5	0,5	77,75	15,04	1.169
6	0,5	112,3	10,85	1.218
8	0,5	200,27	6,24	1.250
10	0,5	313,34	3,75	1.175
12,5	0,5	490,9	2,47	1.213
15	0,5	706,7	1,751	1.237
18	0,5	1017,09	1,182	1.202
20	0,5	1255	0,951	1.194

		MI-12 (SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V / I	Resistividade
1,5	0,5	6,28	421	2.644
2	0,5	11,78	272	3.204
3	0,5	27,49	154	4.233
4	0,5	49,48	100,6	4.978
5	0,5	77,75	72,6	5.645
6	0,5	112,3	54,8	6.154
8	0,5	200,27	34,9	6.989
10	0,5	313,34	23,8	7.457
12,5	0,5	490,09	15,98	7.832
15	0,5	706,07	11,09	7.830
18	0,5	1017,09	7,51	7.638
		MI-13(SEV)		
AB/2	MN/2	K	delta V / I	Resistividade
1,5	0,5	6,28	344	2.160
2	0,5	11,78	200	2.356
3	0,5	27,49	100,9	2.774
4	0,5	49,48	58,4	2.890
5	0,5	77,75	41,1	3.196
6	0,5	112,3	30,4	3.414
8	0,5	200,27	17,31	3.467
10	0,5	313,34	9,56	2.996