

CICERO VLADIMIR DE ABREU CAVALCANTI

UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA ESTRATIFICAÇÃO:
DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO A SOLOS DO NORDESTE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Engenharia Elétrica da Universidade
Federal da Paraíba, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do Título de Mestre.

AREA DE CONCENTRAÇÃO : PROCESSAMENTO DA ENERGIA
ORIENTADOR : BENEMAR ALENCAR DE SOUZA
CO-ORIENTADOR: WELLINGTON SANTOS MOTA

CAMPINA GRANDE
OUTUBRO -- 1991



C376r Cavalcanti, Cicero Vladimir de Abreu
Uma rotina computacional para estratificacao :
desenvolvimento e aplicacao a solos do Nordeste / Cicero
Vladimir de Abreu Cavalcanti. - Campina Grande, 1991.
134 f.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Eletrica) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.


1. Sistema Eletrico de Potencia 2. Computacao - 3.
Processamento de Energia - 4. Dissertacao I. Souza, Benemar
Alencar de, M.Sc. II. Mota, Wellington Santos, Dr. III.
Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB)


CDU 621.3.016.2(043)

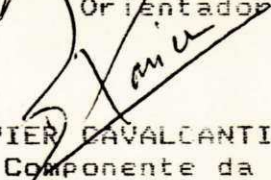
UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA ESTRATIFICACAO:
DESENVOLVIMENTO E APLICACAO A SOLOS DO NORDESTE


CICERO VLADIMIR DE ABREU CAVALCANTI

DISSERTACAO APROVADA EM 30.10.91


WELLINGTON SANTOS MORAES, Ph.D., UFPB
Orientador


BENEMAR ALESCAR DE SOUSA, Mestre, UFPB
Orientador


DRUMOND XAVIER CAVALCANTI LIMA, Dr., UFPB
Componente da Banca


WASHINGTON EVANGELISTA DE MACEDO, Mestre, UFPB
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB
OUTUBRO - 1991

Dedico este trabalho

a minha mãe, minha avó Guilhermina,
minha esposa e nosso(a) filho(a)
que está para nascer.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Benemar Alencar de Souza pelo bom relacionamento e constante orientação na elaboração deste trabalho.

Ao Engo Alírio Gomes da Cunha pelas sugestões, compreensão e apoio durante todo o Curso de Mestrado.

A Ezequiel Caetano e Elizete Filizola pela acolhida e hospitalidade durante a minha estada em Campina Grande.

Ao Engo Jackson Pacheco pelo apoio e empenho quando diretor, para que eu recomeçasse o curso de Mestrado.

Estendo meus agradecimentos a todas as pessoas que através de apoio, incentivo ou trabalhos técnicos, contribuíram para a realização desta pesquisa. Entre elas destaco:

Engo Elias de Jesus da CEAL ;

Engos Hermano Gouveia, Ricardo Melo e

Antônio Varejão da CHESF;

Engo Manuel Soares Duarte;

Prof. Francisco Moraes do DME/UFPb.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma estatística sobre a adequação dos modelos de duas, três e quatro camadas aos solos do Nordeste, a partir de medições disponíveis conseguidas na CHESF e Concessionárias da Região.

É feita a comparação entre a estratificação encontrada pelo melhor modelo de duas camadas, com a redução ao modelo equivalente de duas camadas obtido pela fórmula de *Hummel*, para todos os solos de três e quatro camadas.

Para se fazer a depuração das medições de campo, é proposto um novo critério de exclusão eventual de alguma medida, em substituição ao critério usual do afastamento máximo de 50% em relação à média.

As funções apresentadas por *SUNDE*(1969) para modelagem do solo em camadas, são rearranjadas de modo a se contornar alguns problemas numéricos de ordem prática e viabilizar sua implementação em computador. Uma revisão do método dos mínimos quadrados é feita com direcionamento para estratificação do solo.

Descreve-se o programa de computador desenvolvido para que sejam alcançados os objetivos acima expostos, mostrando-se seus recursos e as técnicas utilizadas.

Finalmente apresenta-se as características dos solos pesquisados, sob o ponto de vista de resistividade.

ABSTRACT

This work presents a statistics about the two, three and four layers model fitness to soil of Northeastern Brazil, using available measurements obtained from CHESF and Concessionaires of the region.

A comparison is performed between the stratification encountered by the best layers model with the two layers equivalent reduction model obtained by the Hummel formula, for all soils of three and four layers.

In order to make field measurements depuration, it is proposed a new eventual exclusion criterion of some measures in substitution to the usual criterion of maximum separation of 50% in relation to the average.

The functions presented by Sunde(1969) to soil modelling in layers, are arranged in the way to contour some numeric problems of practice order and to viabilite its computer implementation . One review of least square method is performed with emphasis to soil stratification.

It is make a description of the developed computer program, to obtain the purposes explained above showing its capacity and used techniques.

Finally it is shown the researched soils characteristics, under the optics of resistivity.

INDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
 Capítulo	
I - INTRODUÇÃO	
1.1 - Considerações Gerais	1 ✓
1.2 - Objetivos	2 ✓
1.3 - Conceitos Básicos de Um Sistema de Aterramento.....	3 ✓
1.3.1 - Limites de Correntes Permissíveis no Corpo Humano.....	3 ✓
1.3.2 - Tensões de Segurança.....	4 ✓
1.3.3 - Tensão de Transferência.....	8 ✓
1.3.4 - Resistência do Aterramento.....	8 ✓
1.4 - Algumas Considerações sobre os Métodos de Cálculo de uma Malha de Terra.....	11 ✓
1.5 - Apresentação do Trabalho	13 ✓
 II - LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO: AQUISIÇÃO E DEPURAÇÃO DOS DADOS.	
2.1 - Introdução.....	14 ✓
2.2 - Características do Solo.....	15 ✓
2.3 - Métodos de Medição de Resistividade do Solo.....	19 ✓

2.3.1 - Método da Variação da Profundidade ou Haste Sonda.....	19
2.3.2 - Método de <i>Wenner</i>	20
2.3.3 - Método de <i>Palmer</i>	21
2.3.4 - Método de <i>Schlumberger</i>	23
2.4 - Tratamento Estatístico dos Dados.....	23
2.4.1 - Medidas de Posição e Dispersão.....	24
2.4.2 - O Esquema dos Cinco Números.....	25

III - MODELOS DO SOLO EM CAMADAS: FUNDAMENTOS

TEÓRICOS.

3.1 - Introdução	28
3.2 - Equações Básicas de Estratificação Genérica do Solo.....	29
3.3 - Cálculo da Resistividade Aparente de um Solo de n camadas.....	35
3.4 - Resistividade Aparente de Solos de Duas Camadas.....	40

IV - TÉCNICA DE OTIMIZAÇÃO APLICADA A ESTRATIFICAÇÃO

4.1 - Introdução.....	42
4.2 - O Problema de Otimização Básico: Formulação e Considerações.....	43
4.3 - A Técnica dos Mínimos Quadrados na Modelagem do Solo.....	44
4.4 - O Método Least-sqth.....	49
4.5 - Otimização por Todos os Pontos.....	50

4.6 - Otimização com Restrição.....	51
4.7 - Dados Amostrais.....	53
4.8 - Determinação da Estimativa Inicial.....	54
 V - O PROGRAMA COMPUTACIONAL E SUA APLICAÇÃO	
5.1 - Introdução.....	62
5.2 - Descrição do Programa Principal e Subrotinas ...	64
5.3 - Análise e Depuração dos Dados.....	67
5.4 - Exemplos de Estratificações do Solo.....	70
5.5 - Resultado das Estratificações dos Dados Coletados.....	77
5.6 - Determinação e Validação do Modelo Matemático para os Solos.....	78
5.7 - Métodos de Determinação do Modelo de Duas Camadas.....	80
5.8 - Distribuição dos Solos em Classes de Resistividade.....	82
 VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	
6.1 - Conclusões.....	85
6.2 - Recomendações de Ordem Prática.....	87
6.3 - Sugestões de Pesquisas.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
 APÊNDICES	
1 - Solução da Integral Usada no Modelo de Duas Camadas.....	93
2 - Dados de Medição de Resistividades do Solo do Nordeste e suas Respectivas Estratificações pelo Programa TERRA.....	95

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
2.1 - Variação da Resistividade em Função do Tipo de Solo.....	16
2.2 - Período e Formação Geológica do Solo.....	17
3.1 - Comparação Entre as Resistividades Calculadas pelas eqs. 3.16 e 3.19, com $\rho_1 = [500; 8; 100]$	41
5.1 - Distribuição dos Solos Quanto ao Número de Camadas.....	79
5.2 - Comparação entre a Redução ao Modelo de Duas Camadas pela Fórmula de <i>Hummel</i> e Ajuste Direto.....	82
5.3 - Distribuição dos Valores das Camadas Superficial(ρ_1) e Infinita(ρ_2) por Faixa de Resistividade.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.1- Tensão de Passo Próximo a uma Estrutura Atterrada.....	7
1.2- Tensão de Toque em uma Estrutura Atterrada.....	7
1.3- Situações Básicas de Choque Elétrico em uma Subestação.....	10
2.1- Efeitos do Sal, Umidade e Temperatura na Resistividade do Solo.....	18
2.2- Método de Wenner.....	22
2.3- Método de Palmer.....	22
2.4- Método de Schulumberger.....	22
3.1- Medição pelo Método de Wenner da Resistividade de um Solo de n Camadas.....	30
3.2- Gráfico da Função de Bessel $J_0(\lambda)$ versus λ	38
3.3- Gráfico da Função $[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda)]$ versus λ , para $r = 1$	38
3.4- Gráfico da Função $K([P], \lambda)$ versus λ , para um Solo de Três Camadas com $[P]=[630; 2; 3150; 12; 820]$	38
3.5- Gráfico da Função $K([P], \lambda) - 1 [J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda)]$ com $[P]=[630; 2; 3150; 12; 820]$	38
4.1- Curvas Características de Solos de Duas Camadas.....	57
4.2- Curvas Características de Solos de Três Camadas.....	57

4.3- Curvas Características de Solos de Quatro Camadas.....	60
4.4- Curvas Típicas de Solos de Duas Camadas, com Pontos de Inflexão e Pontos de Máximo e Mínimo não Consideráveis.....	60
4.5- Curva Típica de Solo de Três Camadas, com Pontos de Máximos e Mínimos não Consideráveis.....	61
5.1- Diagrama de Blocos do Programa de Estratificação do Solo.....	63
5.2- Curva que Interpola os Pontos Médios Medidos.....	74
5.3- Estimativa Inicial para o Modelo de Três Camadas da SE Cabrobó - CHESF.....	74
5.4- Otimização dos Parâmetros de Três Camadas para a SE Cabrobó - CHESF.....	75
5.5- Equivalente de Duas Camadas Usando a Fórmula de Hummel.....	75
5.6- Gráfico da Curva Característica de Duas Camadas para o Solo da SE Cabrobó - CHESF.....	76
5.7- Gráfico da Curva Característica de Duas Camadas para o Solo da SE Maisa - COSERN.....	76
5.8- Distribuição de Frequência da Camada Superficial(ρ_1) por Faixa de Resistividade.....	84
5.9- Distribuição de Frequência da Camada Infinita(ρ_2) por Faixa de Resistividade	84

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com o aparecimento dos sistemas elétricos, surgiu também a necessidade de se usar o solo como dissipador das correntes de defeito, referencial de tensão, condutor de retorno para correntes de curto-circuito fase-terra, e até, para as correntes de carga nos sistemas monofásicos de retorno pela terra (MRT).

Seja qual for a função que o solo esteja desempenhando, sua facilidade natural de dispersão da corrente deve ser melhorada mediante o emprego de um sistema de aterramento adequado, para proteger todos os elementos constituintes do sistema elétrico, principalmente ao mais importante deles, o ser humano.

O conhecimento do modelo elétrico do solo não é necessário apenas para sua utilização no cálculo de aterramento de sistemas elétricos, mas também para se fazer a proteção catódica contra corrosão de qualquer estrutura metálica subterrânea. Este tipo de proteção tem sido muito usada em tubulações de gás, petróleo, etc...

O principal motivo que nos levou a optar pela linha

1.3 CONCEITOS BÁSICOS DE UM SISTEMA DE ATERRAMENTO

Os principais objetivos de um sistema de aterramento são dois:

- O primeiro é dispersar na terra as correntes de defeito e de impulso geradas por manobras ou descargas atmosféricas, sem exceder os limites de operação e dos equipamentos ou afetar a continuidade do serviço, além de possibilitar o funcionamento adequado das proteções.

- O segundo é garantir que uma pessoa nas proximidades de equipamentos aterrados não seja submetida a choques elétricos perigosos.

Um sistema de aterramento com baixa resistência, pode não ser seguro em determinadas condições, enquanto outro, com alta resistência pode se tornar seguro, dependendo do arranjo que se faça nos condutores que formam a malha de terra.

Para isto alguns parâmetros precisam ser observados no cálculo de uma malha de terra, os quais são descritos a seguir.

1.3.1 Limites de Corrente Permissíveis no Corpo Humano

Como mostra os estudos de *Dalziel* (IEEE-80, 1986), a corrente máxima admissível no corpo humano sem haver fibrilação ventricular, na faixa de 0,03 a 3,00 s, obedece a seguinte equação:

$$(I_B)^2 t_S = S_B \quad (1.1)$$

onde

I_B = Valor rms da corrente através do corpo

t_S = Duração em segundos da exposição a corrente

S_B = Constante empírica relativa a energia do choque elétrico tolerável por determinada percentagem de população.

Dalziel em seus estudos concluiu que para 99,5% das pessoas pesando aproximadamente 50 e 70 kg, a constante S_B é 0,0135 e 0,0246, respectivamente. O que fornece as seguintes correntes máximas permissíveis:

$$I_B = 0,116 / \sqrt{t_S} \quad (A); \text{ para pessoas de 50 kg} \quad (1.2)$$

$$I_B = 0,157 / \sqrt{t_S} \quad (A); \text{ para pessoas de 70 kg} \quad (1.3)$$

As equações acima são de fundamental importância no cálculo de malha de terra, pois as tensões admissíveis são limitadas pela corrente I_B e pelas condições de contato do homem no circuito acidental. Como apresenta-se a seguir.

1.3.2 - Tensões de Segurança

Tensão de Passo

Tensão de Passo é a diferença de potencial na superfície do solo, a que fica submetida uma pessoa que está

no interior da área coberta pela malha, próxima ao ponto de maior gradiente de potencial, com afastamento de 1m entre seus pés e sem contato com qualquer outro objeto aterrado (Fig. 1.1).

A máxima tensão de passo em qualquer circuito accidental (Fig. 1.1) não deve exceder o seguinte limite:

$$E_{\text{passo}} = (R_B + R_{2FS}) I_B \quad (1.4)$$

onde

R_B = Resistência do corpo humano, assumida como 1000 Ω .

R_{2FS} = Resistência dos dois pés em série

I_B = Corrente máxima admissível no corpo humano.

$$R_{2FS} = 6C_S (h_S, K) \rho_S \quad (1.5)$$

Combinando as eqs 1.2, 1.4 e 1.5, temos:

$$E_{\text{passo}} = (1000 + 6C_S (h_S, K) \rho_S) 0,116 / \sqrt{t_S} \quad (1.6)$$

onde

$$K = \frac{\rho - \rho_S}{\rho + \rho_S}$$

ρ = Resistividade do solo em $\Omega.m$

ρ_S = Resistividade do material de superfície (geralmente brita) em $\Omega.m$

h_S = Largura da camada do material de superfície em m.

C_s = Fator de redução para ajustar o valor nominal da resistividade da camada do material de superfície (IEEE 80, 1986).

t_s = Duração da corrente de choque em s.

Tensão de Toque

Tensão de Toque é a diferença de potencial a que uma pessoa fica submetida quando toca em uma estrutura aterrada, durante um curto-circuito envolvendo a terra (Fig. 1.2).

O valor desta tensão também não deverá exceder o seguinte limite:

$$E_{\text{toque}} = (R_B + R_{2FP}) I_B \quad (1.7)$$

R_{2FP} = Resistência dos dois pés em paralelo

$$R_{2FP} = 1,5C_s (h_s, K) \rho_s \quad (1.8)$$

Combinando as eqs 1.2, 1.7 e 1.8, temos

$$E_{\text{toque}} = (1000 + 1,5C_s (h_s, K) \rho_s) 0,116 / \sqrt{t_s} \quad (1.9)$$

Os parâmetros da eq. 1.9 são os mesmos que constam na eq. 1.6. Estas equações são válidas para pessoas de 50 kg. Como se evidencia pela constante 0,116.

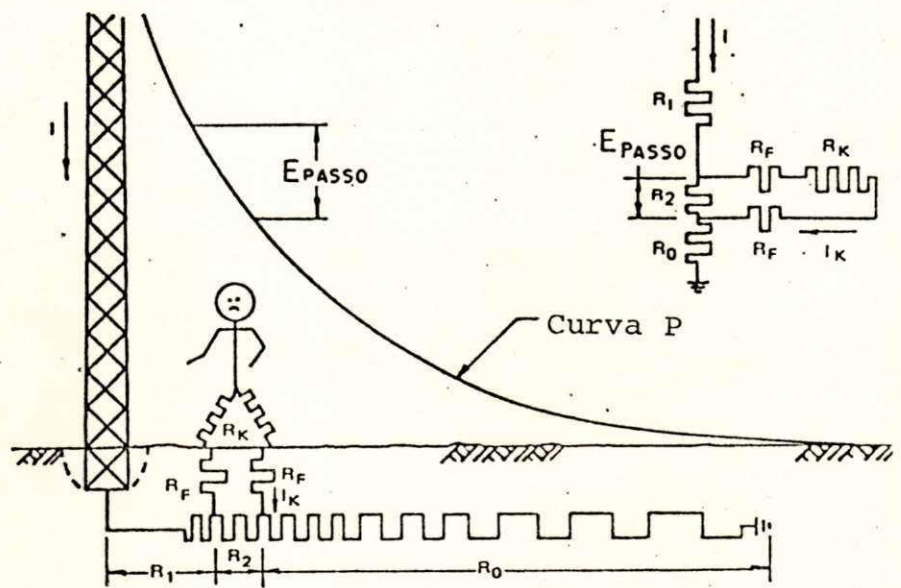


Fig. 1.1-Tensão de Passo Próximo a uma estrutura Aterrada.

Curva P- Curva de Potencial em Relação a um Terra Remoto Durante um Curto-Circuito.

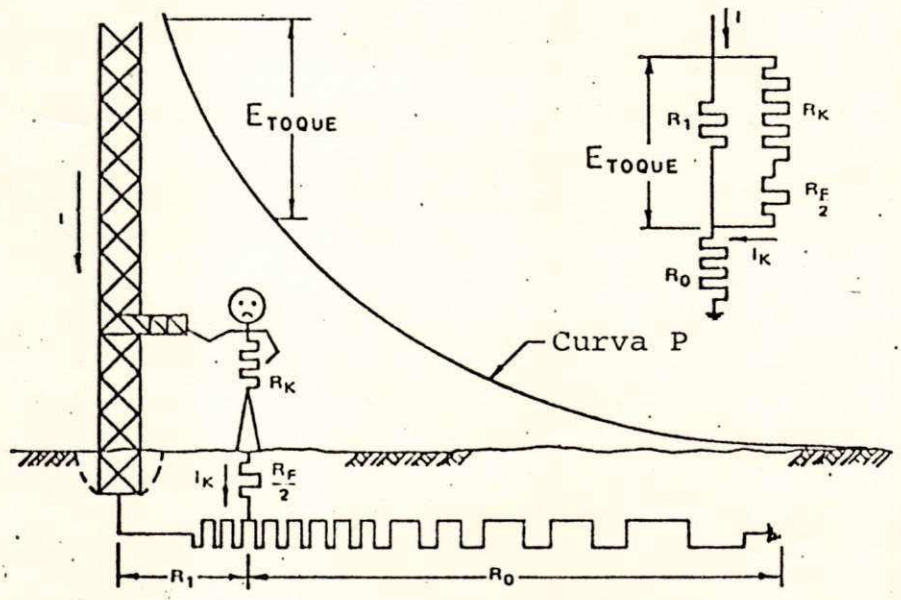


Fig. 1.2-Tensão de Toque em uma estrutura Aterrada.

1.3.3 Tensão de Transferência

É um caso particular da tensão de toque, onde uma tensão é transferida para um ponto mais distante, dentro ou fora da subestação, através de um contato indireto com alguma estrutura ou equipamento aterrado na malha (Fig. 1.3).

Se uma pessoa for submetida a uma tensão de toque ou transferência, o caminho da corrente inclui o coração, sendo mais perigoso do que a tensão de passo.

As malhas não são dimensionadas para proteger as pessoas contra a tensão de transferência, que normalmente é fatal até para equipamentos. Logo, situações em que isto possa acontecer devem ser evitadas a todo custo.

1.3.4 Resistência do Aterramento

Outro parâmetro usado no cálculo de uma malha de terra é a resistência elétrica da mesma em relação a um terra remoto. Este valor deve ser o mais baixo possível, dependendo da finalidade do aterramento e das condições do local onde o mesmo é implantado.

Várias fórmulas são apresentadas na bibliografia para o cálculo da resistência do aterramento. É mostrada aqui a fórmula de Schwarz (IEEE 80, 1986), por abordar um sistema misto de malha e hastes e apresentar bons resultados quando comparada com valores medidos.

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2R_{12}}$$

onde

R_1 - Resistência da malha de condutores

R_2 - Resistência do conjunto de hastes

R_{12} - Resistência mútua entre a malha e as hastes

$$R_1 = \left[\rho_1 / \pi l_1 \right] \left[\ln (2l_1 / h') + K_1 (l_1 / \sqrt{A}) - K_2 \right]$$

$$R_2 = \left[\rho_a / 2n\pi l_2 \right] \left[\ln (8l_2 / d_2) - 1 + 2K_1 (l_2 / \sqrt{A}) (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$$

$$R_{12} = \left[\rho_a / \pi l_1 \right] \left[\ln (2l_1 / l_2) + K_1 (l_1 / \sqrt{A}) - K_2 + 1 \right]$$

onde

ρ_1 - Resistividade da primeira camada do solo em $\Omega.m$

ρ_a - Resistividade aparente vista pelo conjunto de hastes em $\Omega.m$

l_1 - comprimento total dos condutores da malha em m.

l_2 - comprimento de uma haste em m.

h' - $\sqrt{d_1 h}$

h - profundidade da malha em m.

d_1 - diâmetro do condutor da malha em m.

d_2 - diâmetro das hastes em m.

A - área da malha em m^2 .

n - número de hastes

K_1, K_2 - constantes relativas a geometria do sistema. São

encontradas através de gráficos no IEEE 80-1986 .

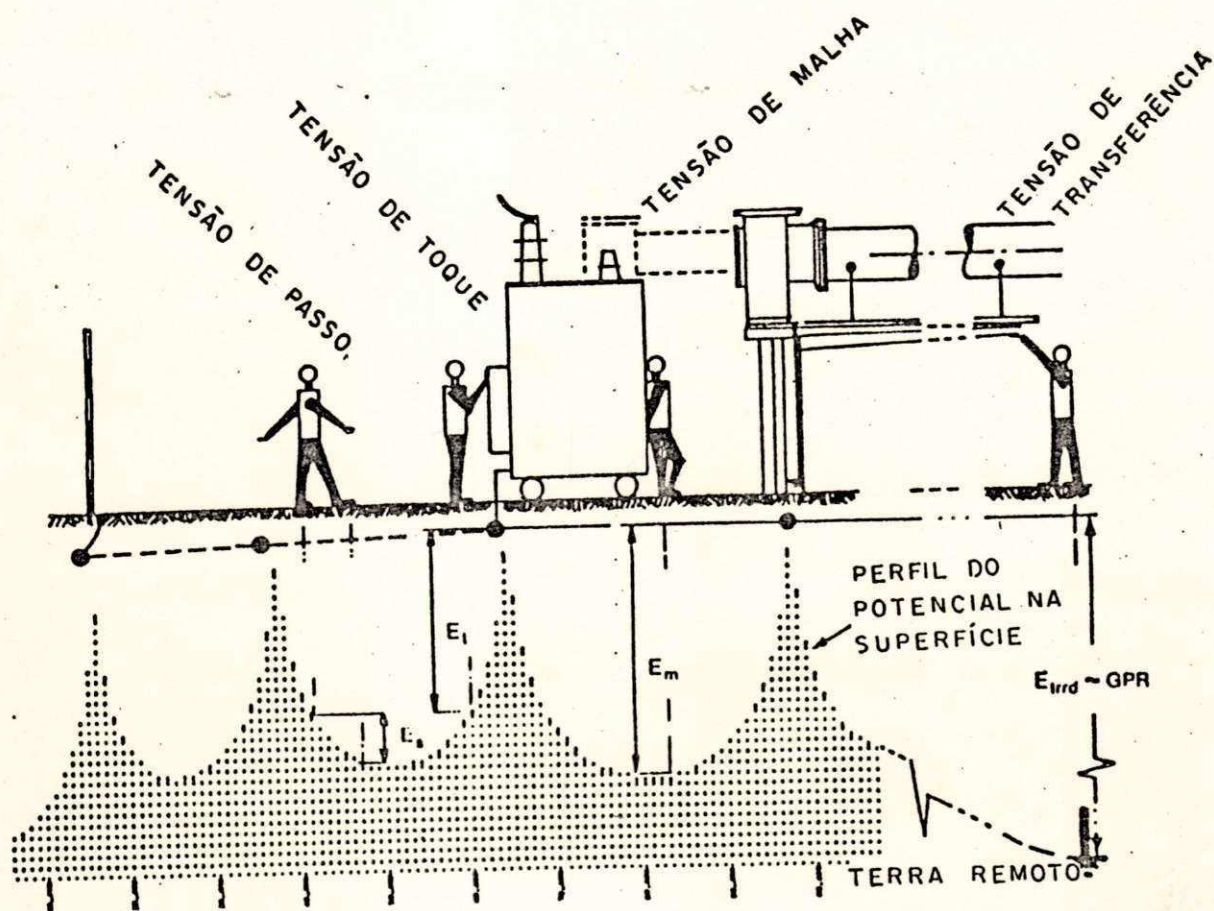


Fig. 1.3-Situações Básicas de Choque Elétrico em uma Subestação.

1.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS DE CÁLCULO DE UMA MALHA DE TERRA

O método mais usado atualmente para cálculo de malha de terra de subestações é apresentado pela norma norte-americana IEEE - 80 "Guide for Safety in AC Substation Grounding" na versão 1976. Poucos usam a versão 1986 que ainda não eliminou todas as falhas da anterior, principalmente por se tratar de um método simplificado.

O IEEE-80 utiliza o solo como sendo homogêneo através do conceito de resistividade aparente que é um equivalente do solo não homogêneo, formado por várias camadas, sendo também função das dimensões da malha ou do eletrodo utilizado.

Na realidade, a grande maioria dos solos são formados por camadas de diferentes valores de resistividade. Esta aproximação de solo homogêneo faz com que o cálculo da malha seja deficiente, com implicação direta na distribuição de corrente no solo e nos gradientes de potencial na superfície do mesmo.

Além disto as fórmulas apresentadas nesse Guia, para determinação das tensões de segurança, são desenvolvidas para resolver os problemas de tensão na periferia da malha. Com a consideração intrínseca desse método de espaçamento uniforme dos condutores, transfere-se assim para toda a malha uma solução particular da periferia, provocando com isto sobre-dimensionamento da região central da malha.

Outros problemas apresentados pelo IEEE-80 são os seguintes: consideração de dispersão linear de corrente uniforme em toda a malha; profundidade única dos condutores; deficiência de cálculo de malhas com geometrias irregulares; etc...

As considerações do IEEE-80 de solo homogêneo e espaçamento uniforme na malha fazem com que esta torne-se mais cara e insegura.

Para contornar todos estes problemas apresentados, existem métodos melhores para a determinação da geometria de uma malha de terra, como os apresentados por *Dawalibi*(1975) e *Heppe*(1979). Nestes, já pode ser utilizada a modelagem de duas camadas para o solo e adotado espaçamento não uniforme para os condutores da malha.

Começa-se a utilizar o método dos elementos finitos para se determinar a distribuição de potencial elétrico na área de influência da malha de terra de uma subestação. Este método apresenta certas vantagens: considera o solo em várias camadas; permite levar em consideração os efeitos de hastes profundas e outros aterramentos naturais nas proximidades da malha, como tubulações; considera espaçamentos não uniformes entre os condutores. As características deste método fazem com que o cálculo da malha de terra seja desenvolvido com mais precisão e economia, além de possibilitar o estudo de malhas com geometria complicada.

1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo II faz-se uma revisão bibliográfica no que se refere as características elétricas do solo, os métodos de medição da resistividade do solo e os principais procedimentos e critérios utilizados no cálculo de um sistema de aterramento. Este Capítulo também discorre sobre a necessidade de se fazer o tratamento estatístico dos dados de campo, apresenta as principais medidas de posição e dispersão e sugere novo método para a eliminação das medidas de resistividade que são inconsistentes.

O Capítulo III apresenta as equações básicas de estratificação genérica do solo e as modificações feitas nestas equações para calcular a resistividade aparente de um solo de n camadas, visando sua implementação em computador.

O Capítulo IV aborda técnicas de otimização e sua utilização no desenvolvimento de modelos matemáticos. Aborda também o método utilizado para a determinação da estimativa inicial durante o processo de otimização.

O Capítulo V apresenta o diagrama de bloco, características e discussão sobre o programa de estratificação do solo elaborado. Apresenta também um levantamento das características elétricas de solos da região Nordeste.

O Capítulo VI, finalmente, apresenta as conclusões tiradas desta pesquisa e dá sugestões para novos trabalhos na mesma linha.

CAPÍTULO II

LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO:

AQUISIÇÃO E DEPURAÇÃO DOS DADOS

2.1 INTRODUÇÃO

Estratificação do solo é a divisão do mesmo em camadas, determinando suas resistividades e respectivas profundidades. Para se conseguir isto é necessário se fazer medições de resistividade no local de interesse e encontrar um modelo matemático compatível com estas medições dentro de uma precisão pré-estabelecida.

O método de *Wenner* é o mais utilizado para medição de resistividade do solo. Há no entanto, outros métodos cuja aplicação depende das condições e natureza da medição, o que verifica-se nos itens subsequentes.

Nas medições de grandezas físicas, estão embutidos erros devido a vários fatores. No caso de resistividade do solo observa-se que as variações nas medições são muito acentuadas. Por isto é necessário se fazer a depuração dos dados de campo.

Neste capítulo descreve-se os fatores que influem na resistividade do solo e os principais métodos de sua medição.

Em seguida descreve-se um novo método de depuração dos dados, que é utilizado no programa TERRA produzido nesta dissertação.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O tipo de solo e a sua formação geológica são os principais fatores que determinam a sua resistividade elétrica, conforme mostra-se nas tabelas 2.1 e 2.2, segundo Leon(1980) e Sunde(1969), respectivamente. Porém, outros fatores também influem nesta resistividade, tais como:

- composição química e concentração dos sais dissolvidos na água retida;
- teor de umidade;
- temperatura;
- tamanho e distribuição das partículas (grãos) do material;
- compactação e pressão.

Duarte(1983) acrescenta a estes, outro fator que poderia passar despercebido: as alterações lentas e contínuas, resultantes da atividade do homem sobre a terra.

A Fig. 2.1 mostra a variação da resistividade com três destes fatores.

Tabela 2.1

Variação da Resistividade em Função do Tipo de Solo

TIPO DE SOLO	ρ ($\Omega \times m$)
limo	20 a 100
humus	10 a 150
lama	5 a 100
terra de jardim com 50% de umidade	140
terra de jardim com 20% de umidade	480
argila com 40% de umidade	80
argila com 20% de umidade	330
argila seca	1500 a 5000
areia com 90% de umidade	1300
areia comum	3000 a 1800
calcáreo fissurado	500 a 1000
calcáreo compacto	1000 a 5000
granito	1500 a 10000
basalto	10000 a 20000

Devido a influência da umidade na resistividade do solo, o procedimento mais adequado é sua medição no período seco, quando a resistividade é mais elevada, cobrindo assim a situação mais desfavorável em termos de umidade.

Tabela 2.2

Período e Formação Geológica do Solo

RESISTIV.		Quaternário	Quaternário Terciário Cretássico	Triássico Carbonífero	Devoniano Ordoviciano Câmbrico	Câmbrico Misto Pré-Câmbrico
Val. $\Omega.m$	Faixas					
1	ÁGUA DO MAR		BARROS ARGILOSOS GREDAS CÁLCICAS	MARGAS	PIÇARRAS CALCÁREOS ARENITOS	
10	BAIXÍSSIMA					
30	MUITO BAIXA					
100	BAIXA		DIÁBASES PIÇARRAS CALCÁREOS ARENITOS	DOLOMITES		
300	MÉDIA					
1000	ALTA					
3000	MUITO ALTA				ARENITOS QUATZITOS ARDÓSIAS	
10000	ALTÍSSIMA	AREIAS GROSSAS * ATÉ CASCALHOS MÉDIOS *	GRANITOS GNEISSES			

* Em camadas superficiais.

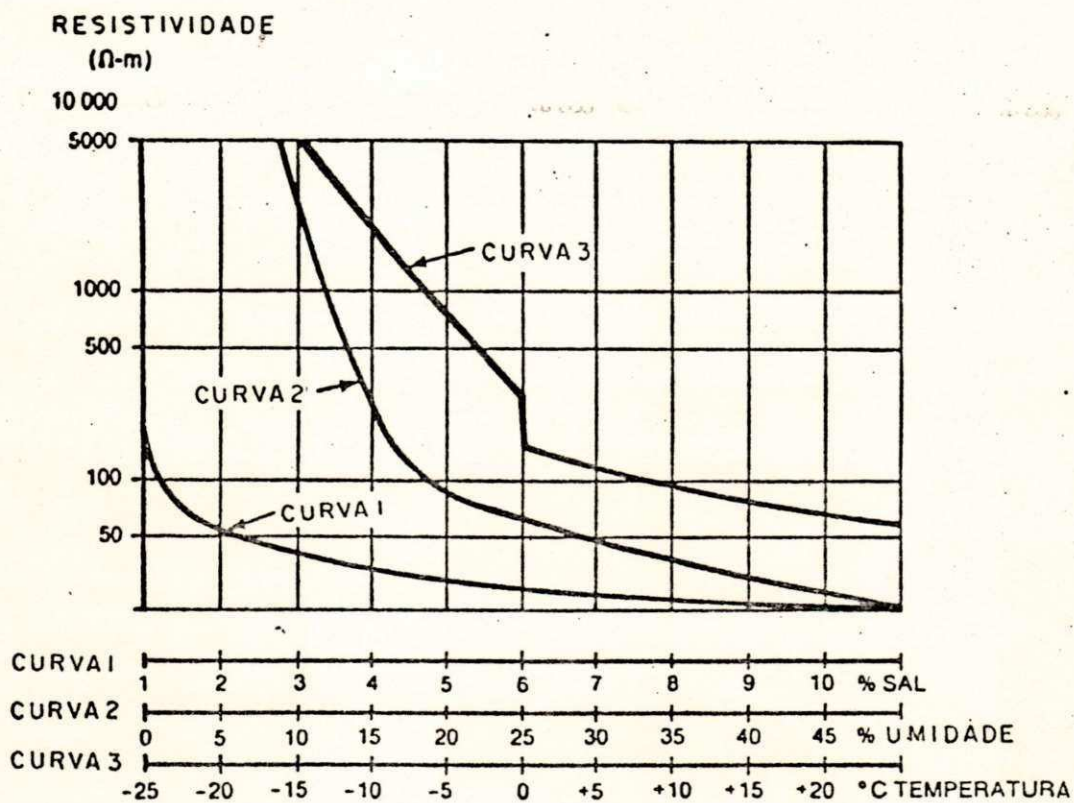


Fig. 2.1-Efeitos do Sal, Umidade e Temperatura na Resistividade do Solo.

2.3. MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO

2.3.1 Método da Variação da Profundidade ou Haste Sonda

Este método também chamado de Método dos Três Pontos, consiste no fincamento gradativo de uma haste no solo que se deseja investigar, medindo-se a resistência desta haste, a cada incremento no comprimento efetivamente enterrado.

Pode-se usar vários métodos para medição destas resistências, desde que se tenha precisão suficiente quando comparados com valores teóricos. O mais usado é o Método da Queda de Potencial.

O valor da resistividade é calculado através da eq. 2.1.

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln \frac{8L}{d} - 1} \quad (2.1)$$

onde

ρ = resistividade aparente do solo para a profundidade L
($\Omega \cdot m$)

L = comprimento da haste fincada em contato com a terra (m)

d = diâmetro da haste (m)

R = valor da Resistência medida (Ω)

O Método da Variação da Profundidade fornece informações sobre a natureza do solo na vizinhança da haste. Se um volume maior de solo necessita ser investigado, recomenda-se usar um dos métodos de quatro pontos que são

mostrados a seguir, já que a exploração à grandes profundidades não é prática, devido a necessidade de longas hastes.

2.3.2 Método de Wenner

Este método consiste no cravamento de quatro eletrodos em pontos igualmente espaçados entre si e posicionados em linha reta, todos fincados firmemente no solo a uma profundidade b (de 10 a 20 cm.) e intervalos a , Fig. 2.2(a).

Uma corrente de teste I circula pelos dois eletrodos externos C_1 e C_2 e a tensão V é medida entre os dois eletrodos internos P_1 e P_2 . Da relação V/I tem-se a resistência R do solo em uma profundidade igual ao espaçamento a entre os eletrodos.

A resistividade ρ na profundidade em questão, expressa em $\Omega \times$ Unidade de Comprimento, é dada pela seguinte equação (IEEE-81, 1983):

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (\Omega.m) \quad (2.1)$$

Na prática a profundidade de cravamento da haste b é bem menor do que o espaçamento a , desta forma pode-se fazer $b = 0$ na eq. 2.1, simplificando-a para,

$$\rho = 2\pi aR \quad (\Omega.m) \quad (2.2)$$

São feitas leituras para vários valores de a , o que fornece a resistividade do solo em diversas profundidades, quando plotados em um gráfico $\rho \times a$ tem-se a indicação do comportamento do solo naquele ponto em que se está fazendo as medições.

Para dar maior consistência estatística as medições e acompanhar possíveis variações do solo na horizontal, mede-se outros pontos na mesma área, cujo número e posicionamento vai depender da importância do projeto e precisão desejada.

2.3.3. Método de Palmer

O arranjo proposto por Palmer (1959) é uma modificação do Método de Wenner. É usado quando deseja-se fazer medições com grandes espaçamentos entre os eletrodos de corrente e a tensão entre os eletrodos de potencial é pequena a ponto de não sensibilizar o respectivo medidor. Para isto os eletrodos de potencial são colocados mais próximos dos de corrente, como mostrado na Fig. 2.3, aumentando assim a queda de potencial entre P_1 e P_2 para viabilizar sua medição.

Considerando que a profundidade de cravamento dos eletrodos b é pequena, comparada a suas separações d e c , a resistividade pode ser calculada através da seguinte fórmula (IEEE-81, 1983):

$$\rho = \pi c(c + d)R/d \quad (\Omega.m) \quad (2.3)$$

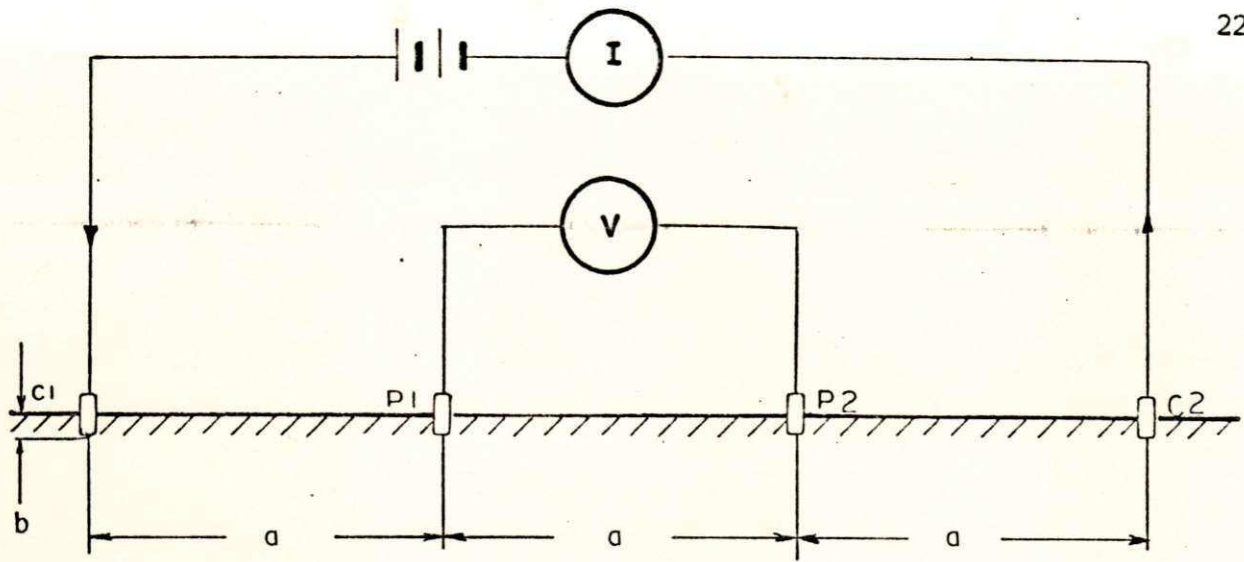


Fig. 2.2 - Método de WENNER.

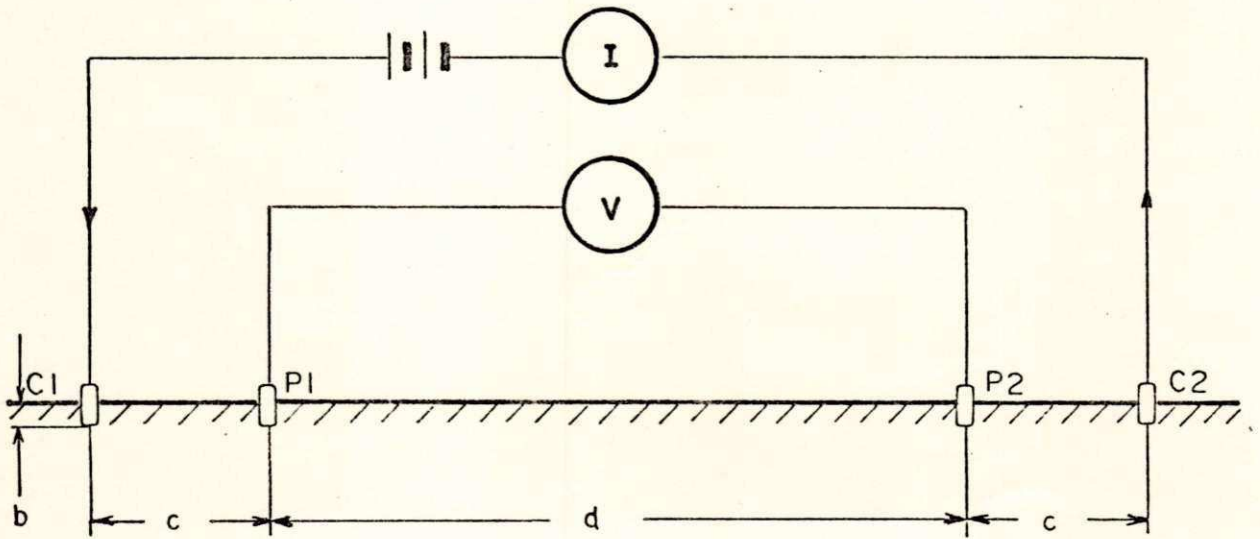


Fig. 2.3 - Método de PALMER.

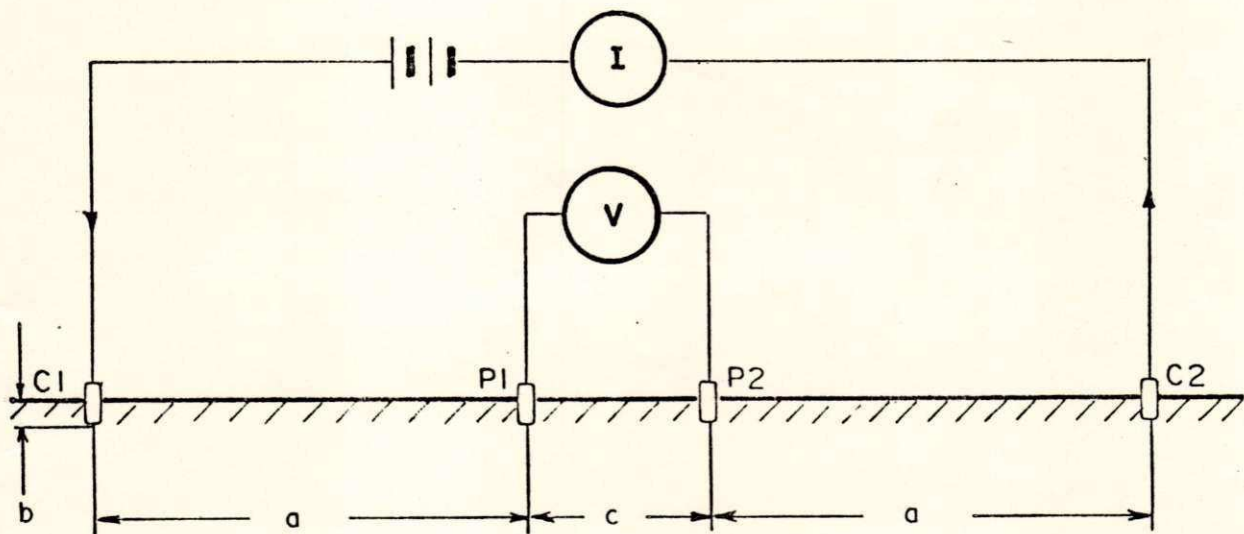


Fig. 2.4 - Método de SCHULUMBERGER.

2.3.4 Método de Schlumberger

Este método usa pequenos espaçamentos entre os eletrodos de potencial e mede o gradiente de potencial, enquanto o método de *Wenner* mede a diferença de potencial. É mais usado para prospecções geofísicas.

Faz-se necessário neste método que o espaçamento a entre os eletrodos de corrente e de potencial adjacentes seja bem maior do que a distância entre os eletrodos de potencial ($a > 5c$), conforme Fig. 2.4.

Injetando-se corrente no solo em um procedimento análogo ao método de *Wenner*, determina-se a resistência R do solo a uma profundidade igual a metade do espaçamento entre os eletrodos de corrente. A respectiva resistividade é dada pela seguinte expressão (COBEI/ABNT, 1985):

$$\rho = \pi a^2 R / c \quad (\Omega.m) \quad (2.4)$$

2.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Usualmente o critério que se adota, na depuração dos dados de campo, é a eliminação das medidas que se afastam em mais de 50% da média, na profundidade em questão.

Este critério tem o problema de considerar a mesma faixa aceitável para pontos que tem dispersões diferentes. Por isto nesta dissertação apresenta-se um novo critério de eliminação dos pontos discrepantes, onde a aceitação ou não de algum deles, depende da dispersão dos próprios dados.

2.4.1 Medidas de Posição e Dispersão

Para se representar um conjunto de dados por um único valor normalmente usa-se uma das seguintes medidas de posição central: Mediana, Moda ou Média aritmética.

Mediana - É o dado que ocupa a posição central de um grupo de dados, quando estes estão ordenados de forma crescente ou decrescente.

Moda - É a observação mais frequente do grupo de valores em questão.

Média aritmética - É a soma dos valores de cada dado, dividido pelo número deles.

A representação de um conjunto de valores por uma única medida de posição central, esconde toda informação sobre a variabilidade do conjunto de valores. Por isto aparecem as medidas de Desvio Médio e Variância, que tem a seguinte formulação matemática

$$DM(x) = \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| / n$$

$$Var(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n$$

Como a variância é uma medida que expressa um desvio quadrático médio, pode causar alguns problemas de interpretação. Para evitar isto e se ter uma medida de variabilidade na mesma unidade dos valores do conjunto de

dados, define-se o desvio padrão como sendo a raiz quadrada positiva da variância

$$DP(x) = \sqrt{\text{Var}(x)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n} \quad (2.5)$$

2.4.2 O Esquema dos Cinco Números

Nas medições de resistividade do solo aparecem alguns tipos de problemas e erros que produzem alguns pontos discrepantes e as vezes muito afastados do conjunto de dados. Não querendo utilizar critério independente da dispersão para eliminação daqueles pontos, este trabalho propõe a utilização do esquema dos cinco números pelas razões expostas a seguir.

Dependendo do conjunto de dados, a média e o desvio padrão podem não ser medidas adequadas para representá-lo, pelas seguintes razões:

-são bastante afetados pelos valores extremos, pois algum dado com erro exagerado influi significativamente nesses valores, podendo comprometer a depuração do conjunto de dados.

-não dá para se ter idéia da assimetria do conjunto de valores com apenas essas duas medidas.

Visando solucionar os problemas abordados acima, Tukey(1977) sugeriu estas cinco medidas:

.Mediana - Já definida no item 2.2;

.Extremos - São dois valores assumidos pelo menor e maior valor do conjunto de dados;

.Quartis ou Juntas - São dois valores assumidos pelo primeiro e terceiro quartil. O primeiro quartil (J_1) é um valor que deixa um quarto dos valores abaixo e três quartos acima dele. Já o terceiro quartil (J_3) deixa três quartos dos dados abaixo e um quarto acima dele.

A mediana e os quartis são medidas resistentes de posição de uma distribuição, já que uma medida de posição ou dispersão é considerada resistente quando for pouco afetada por mudanças em uma pequena porção dos dados.

A média e o desvio padrão não são medidas resistentes, pois acontecem casos em que se houver um erro significativo em apenas um dos dados, essas medidas podem se alterar bastante.

Pode-se usar então, o intervalo interquartil como medida de dispersão alternativa. Este intervalo é a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil, denotado por d_j .

$$d_j = J_3 - J_1, \quad (2.6)$$

sendo J_1 e J_3 , o primeiro e terceiro quartis respectivamente.

São consideradas observações discrepantes ou pontos não consistentes aqueles que estão muito acima de J_3 ou muito abaixo de J_1 . Para isto é definido o limite inferior.

$$DI = J_1 - \frac{3}{2} d_j \quad (2.7)$$

e o limite superior,

$$DS = J_3 + \frac{3}{2} d_j \quad (2.8)$$

A partir do vetor que contém a média das resistividades medidas em cada profundidade, $\hat{\rho} = [\rho(1), \rho(2), \dots, \rho(m)]$, determina-se o valor de J_1 e J_3 da seguinte forma:

$$J_1 = (\rho(N_1) + \rho(M_1))/2 \quad (2.9)$$

onde

N_1 - parte inteira de $(0,25m + 0,75)$?

M_1 - parte inteira de $(0,25m + 1)$?

m - número de profundidades medidas

$$J_3 = (\rho(N_3) + \rho(M_3))/2 \quad (2.10)$$

onde

N_3 - parte inteira de $(0,75m + 0,75)$?

M_3 - parte inteira de $(0,75m + 1)$?

CAPÍTULO III

MODELOS DO SOLO EM CAMADAS: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que quase na totalidade os solos não são homogêneos, o que significa que a resistividade não é constante. A maioria destes, porém, podem ser considerados como sendo formados por camadas de diferentes valores de resistividade e largura. Geralmente estas camadas são aproximadamente horizontais e paralelas a superfície do solo.

Há grande variação também com a localização e natureza do solo, como foi visto no Capítulo II. Devido a estas variações, é necessário se fazer medição no local onde se deseja construir o sistema de aterramento. Para o cálculo do aterramento, precisa-se de um modelo matemático que represente o solo em questão, adequadamente. Ou seja, que apresente valores suficientemente aproximados das medições feitas em campo.

Neste Capítulo mostra-se as equações clássicas apresentadas por *Sunde*(1969) para os modelos matemáticos do solo constituído de duas, três ou mais camadas.

No caso do solo estar sendo representado por um modelo de duas camadas, não há grandes problemas de

implementação em computador. Já quando procura-se representá-lo por três ou quatro camadas aparecem vários problemas de ordem prática durante essa implementação. Por isto é necessário se desenvolver fórmulas a partir das equações sugeridas por Sunde(1969), para o cálculo da resistividade aparente de um solo de n camadas, viabilizando assim sua utilização em computador.

3.2 EQUAÇÕES BÁSICAS DE ESTRATIFICAÇÃO GENÉRICA DO SOLO

De acordo com Sunde(1969), a resistência mútua entre os pontos B e C da superfície do solo de n camadas, separados por uma distância r , conforme Fig. 3.1, é:

$$R(r) = \frac{\rho_1}{2\pi} \int_0^{\infty} K_{123\dots n} J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3.1)$$

onde

$$K_{123\dots n} = \frac{1 - \mu_{123\dots n} e^{-2\lambda d_1}}{1 + \mu_{123\dots n} e^{-2\lambda d_1}} ; \quad (3.2)$$

$$\mu_{123\dots n} = \frac{\rho_1 - \rho_2 K_{23\dots n}}{\rho_1 + \rho_2 K_{23\dots n}} ;$$

$$K_{(m-1)m\dots n} = \frac{1 - \mu_{(m-1)m\dots n} e^{-2\lambda d(m-1)}}{1 + \mu_{(m-1)m\dots n} e^{-2\lambda d(m-1)}} ;$$

$$\mu_{(m-1)m\dots n} = \frac{\rho_{m-1} - \rho_m K_{m(m+1)\dots n}}{\rho_{m-1} + \rho_m K_{m(m+1)\dots n}} ;$$

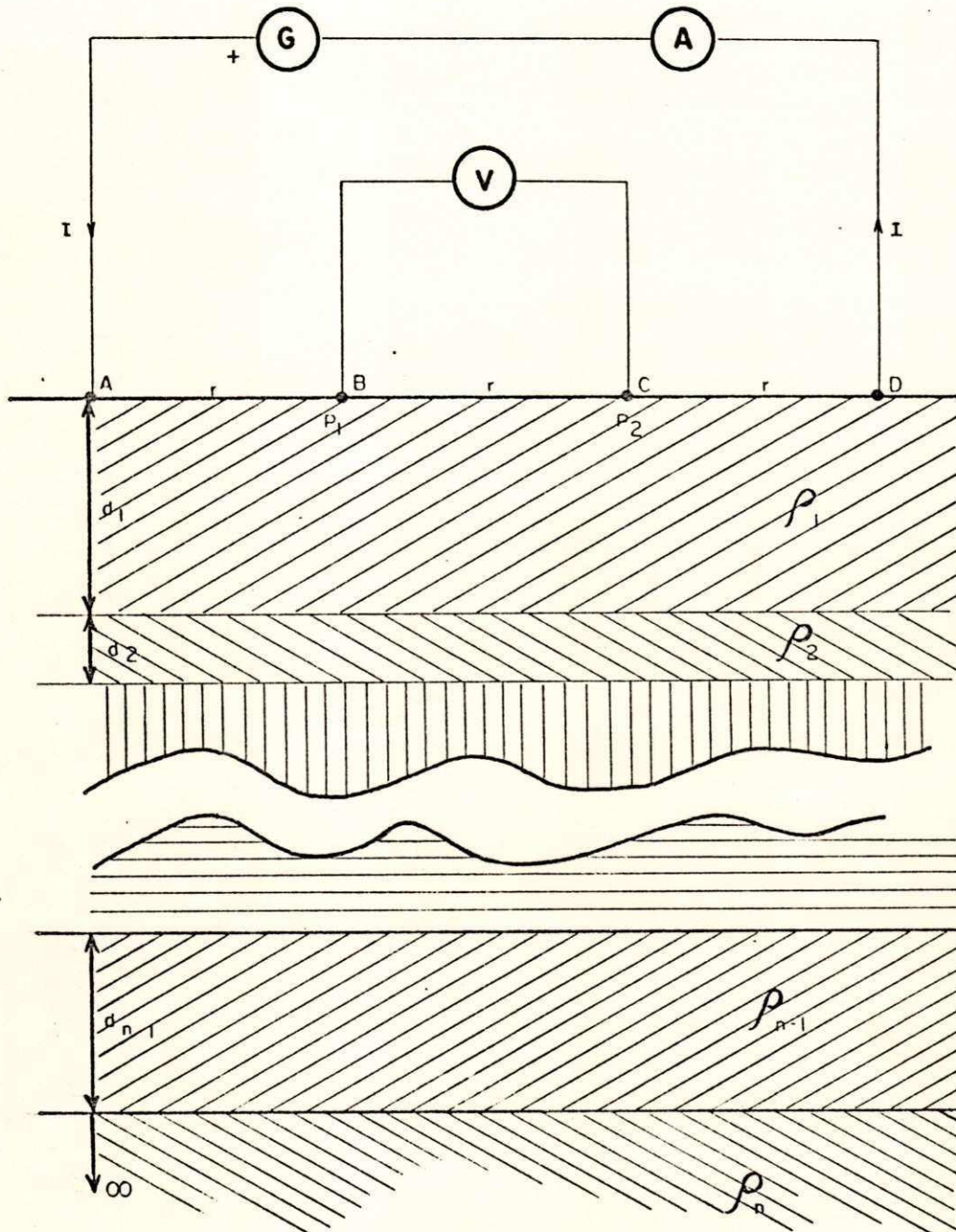


Fig. 3.1 - Medição pelo Método de WENNER da Resistividade de um Solo de n Camadas.

$$K_{(n-1)n} = \frac{1 - \mu_{(n-1)n} e^{-2\lambda d(n-1)}}{1 + \mu_{(n-1)n} e^{-2\lambda d(n-1)}}$$

$$\mu_{(n-1)n} = \frac{\rho_{n-1} - \rho_n}{\rho_{n-1} + \rho_n}$$

e

J_0 é a função de *Bessel* de primeira classe e ordem zero que se define como:

$$J_0(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (x/2)^{2k}}{(k!)^2}$$

Particularizando as eqs. 3.1 e 3.2 para os casos de 2, 3 e 4 camadas, encontra-se as seguintes equações:

$$R(r) = \frac{f}{2\pi \cdot x}$$

Dois Camadas

$$R(r) = \frac{\rho_1}{2\pi} \int_0^{\infty} K_{12}(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3.3)$$

$$K_{12} = \frac{1 - \mu_{12} e^{-2\lambda d_1}}{1 + \mu_{12} e^{-2\lambda d_1}}$$

$$\mu_{12} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$$

Três Camadas

$$R(r) = \frac{\rho_1}{2\pi} \int_0^{\infty} K_{123}(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3.4)$$

$$K_{123} = \frac{1 - \mu_{123} e^{-2\lambda d_1}}{1 + \mu_{123} e^{-2\lambda d_1}}$$

$$\mu_{123} = \frac{\rho_1 - \rho_2 K_{23}}{\rho_1 + \rho_2 K_{23}}$$

$$K_{23} = \frac{1 - \mu_{23} e^{-2\lambda d_2}}{1 + \mu_{23} e^{-2\lambda d_2}}$$

$$\mu_{23} = \frac{\rho_2 - \rho_3}{\rho_2 + \rho_3}$$

Quatro Camadas

$$R(r) = \frac{\rho_1}{2\pi} \int_0^{\infty} K_{1234}(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3.5)$$

$$K_{1234} = \frac{1 - \mu_{1234} e^{-2\lambda d_1}}{1 + \mu_{1234} e^{-2\lambda d_1}}$$

$$\mu_{1234} = \frac{\rho_1 - \rho_2 K_{234}}{\rho_1 + \rho_2 K_{234}}$$

$$K_{234} = \frac{1 - \mu_{234} e^{-2\lambda d_2}}{1 + \mu_{234} e^{-2\lambda d_2}}$$

$$\mu_{234} = \frac{\rho_2 - \rho_3 K_{34}}{\rho_2 + \rho_3 K_{34}}$$

$$K_{34} = \frac{1 - \mu_{34} e^{-2\lambda d_3}}{1 + \mu_{34} e^{-2\lambda d_3}}$$

$$\mu_{34} = \frac{\rho_3 - \rho_4}{\rho_3 + \rho_4}$$

Por outro lado a resistência mútua entre dois pontos da superfície de um solo homogêneo é simplesmente:

$$R(r) = \frac{\rho}{2\pi r} \quad (3.6)$$

comparando-se as eqs. 3.1 e 3.6, obtemos uma expressão para a resistividade aparente do solo de n camadas:

$$\frac{\rho_a}{2\pi r} = \frac{\rho_1}{2\pi} \int_0^{\infty} K_{123\dots n} J_0(\lambda r) d\lambda$$

$$\rho_a = \rho_1 r \int_0^{\infty} K_{123\dots n} J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3.7)$$

Esta resistividade aparente é função dos parâmetros do solo $[P] = [\rho_1, d_1, \rho_2, d_2, \dots, \rho_{(n-1)}, d_{(n-1)}, \rho_n]$ e da profundidade r . Para se ter isto evidente a eq. 3.7 é reescrita como:

$$\rho_a(r, [P]) = \rho_1 M(r, [P]) \quad (3.8)$$

onde

$$M(r, [P]) = r \int_0^{\infty} K_1 J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3.9)$$

e K_1 é uma notação mais simples da função-núcleo $K_{123\dots n}$ da integral expressa pelas equações recursivas 3.2.

Se a prospecção do solo é feita mediante o emprego do método de *Wenner* (Fig.3.1), apresentado no Capítulo II, e supondo-se os eletrodos pontuais, tem-se as superposições de tensões induzidas nos pontos B e C:

$$V_B = \frac{\rho_a(r, [P]) I}{2\pi r} - \frac{\rho_a(2r, [P]) I}{2\pi(2r)}$$

$$V_C = \frac{\rho_a(2r, [P]) I}{2\pi(2r)} - \frac{\rho_a(r, [P]) I}{2\pi r}$$

logo a tensão indicada no voltímetro é

$$V = V_{BC} = \frac{2\rho_a(r, [P]) I}{2\pi r} - \frac{2\rho_a(2r, [P]) I}{2\pi(2r)}$$

$$\frac{V}{I} 2\pi r = 2\rho_a(r, [P]) - \rho_a(2r, [P])$$

como a resistividade medida $\rho_{am} = \frac{V}{I} 2\pi r$, temos

$$\rho_{am} = 2\rho_a(r, [P]) - \rho_a(2r, [P])$$

ou

$$\rho_{am} = \rho_1 \{ 2M(r, [P]) - M(2r, [P]) \}$$

que numa forma semelhante a eq. 3.8 fica

$$\rho_{am} = \rho_1 M_0(r, [P]) \quad (3.10)$$

onde

$$M_0(r, [P]) = \{ 2M(r, [P]) - M(2r, [P]) \} \quad (3.11)$$

3.3 CÁLCULO DA RESISTIVIDADE APARENTE DE UM SOLO DE N CAMADAS

Como K_1 na eq. 3.9 é sempre função dos parâmetros do solo, esta equação será reescrita da seguinte forma:

$$M(r, \rho_1) = r \int_0^{\infty} K(\rho_1, \lambda) J_0(\lambda r) d\lambda$$

A função M_0 na eq. 3.11 é na verdade uma combinação de valores da função M nas profundidades r e $2r$.

$$M_0(r, \rho_1) = 2r \int_0^{\infty} K(\rho_1, \lambda) J_0(r\lambda) d\lambda - 2r \int_0^{\infty} K(\rho_1, \lambda) J_0(2r\lambda) d\lambda$$

$$M_0(r, \rho_1) = 2r \int_0^{\infty} K(\rho_1, \lambda) \cdot [J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda)] d\lambda \quad (3.12)$$

O integrando da função M_0 é formado pelo produto de duas funções. A função $[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda)]$ é completamente independente dos parâmetros do solo; esta função é periódica de amplitude ligeiramente amortecida como se vê na Fig. 3.3.

O outro fator do integrando, que é $K(\rho_1, \lambda)$ é função dos parâmetros do solo e não da profundidade.

A função $K(\rho_1, \lambda)$ converge para 1, quase sempre muito rapidamente, conforme ilustrado na Fig. 3.4. Sendo assim, existirá sempre um valor finito de λ , λ_m , tal que para $\lambda > \lambda_m$, $K(\rho_1, \lambda) = 1$ qualquer que seja ρ_1 . Deste modo a integral imprópria na eq. 3.12 pode se desdobrar:

$$\frac{M_0(r, \rho)}{2r} = \int_0^{\lambda_m} K(\rho, \lambda) \left[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda) \right] d\lambda + \int_{\lambda_m}^{\infty} \left[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda) \right] d\lambda$$

Esta segunda integral, de λ_m a ∞ , por sua vez, pode ser transformada em outra de 0 a ∞ , menos a parcela a mais que está sendo integrada que é de 0 a λ_m , assim temos:

$$\frac{M_0(r, \rho)}{2r} = \int_0^{\lambda_m} K(\rho, \lambda) \left[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda) \right] d\lambda - \int_0^{\lambda_m} \left[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda) \right] d\lambda + \int_0^{\infty} \left[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda) \right] d\lambda \quad (3.13)$$

Utilizando-se o fato demonstrado por *Watson*(1966), de que

$$\int_0^{\infty} J_0(\alpha x) dx = \frac{1}{\alpha}$$

temos a seguinte solução para a terceira integral da eq. 3.13:

$$\int_0^{\infty} \left[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda) \right] d\lambda = \frac{1}{r} - \frac{1}{2r} = \frac{1}{2r}$$

Substituindo este resultado e reorganizando a eq. 3.13, temos que:

$$M_o(r, \rho) = 2r \int_0^{\lambda_m} (K(\rho, \lambda) - 1) [J_o(r\lambda) - J_o(2r\lambda)] d\lambda + 1 \quad (3.14)$$

O limite λ_m da integral na eq. 3.14 é função dos parâmetros ρ e poderia ser estabelecido a priori pesquisando-se preliminarmente a função $K(\rho, \lambda)$. Mais eficiente porém, é substituir a integral da eq. 3.14, no intervalo de 0 a λ_m , por uma série de integrais em subintervalos. Isto é,

$$M_o(r, \rho) = 1 + 2r \sum_{i=1}^m \int_{\lambda_{(i-1)}}^{\lambda_i} (K(\rho, \lambda) - 1) [J_o(r\lambda) - J_o(2r\lambda)] d\lambda \quad (3.15)$$

onde $\lambda_0 = 0$, e m é tal que

$$\left| \int_{\lambda_{(m-1)}}^{\lambda_m} (K(\rho, \lambda) - 1) [J_o(r\lambda) - J_o(2r\lambda)] d\lambda \right| < \tau$$

τ é uma tolerância previamente escolhida, por exemplo $\tau = 1 \times 10^{-5}$.

Finalmente, a eq. 3.10 pode ser escrita da seguinte forma:

$$\rho_a = \rho_1 \left\{ 1 + 2r \sum_{i=1}^m \int_{\lambda_{(i-1)}}^{\lambda_i} (K(\rho, \lambda) - 1) [J_o(r\lambda) - J_o(2r\lambda)] d\lambda \right\} \quad (3.16)$$

Na solução da eq. 3.16 é utilizado o método de Romberg (Gerald, 1978) de integração numérica que apresentou bons resultados, mesmo para funções periódicas.

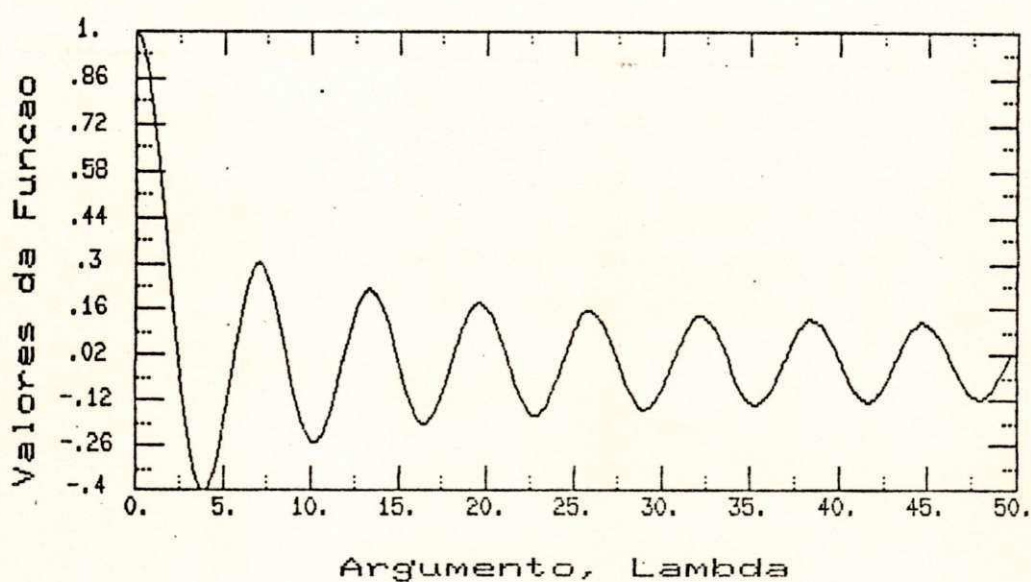


Fig. 3.2 - Gráfico da função $J_0(\lambda)$ versus λ , onde λ é a variável de integração da eq. 3.12.

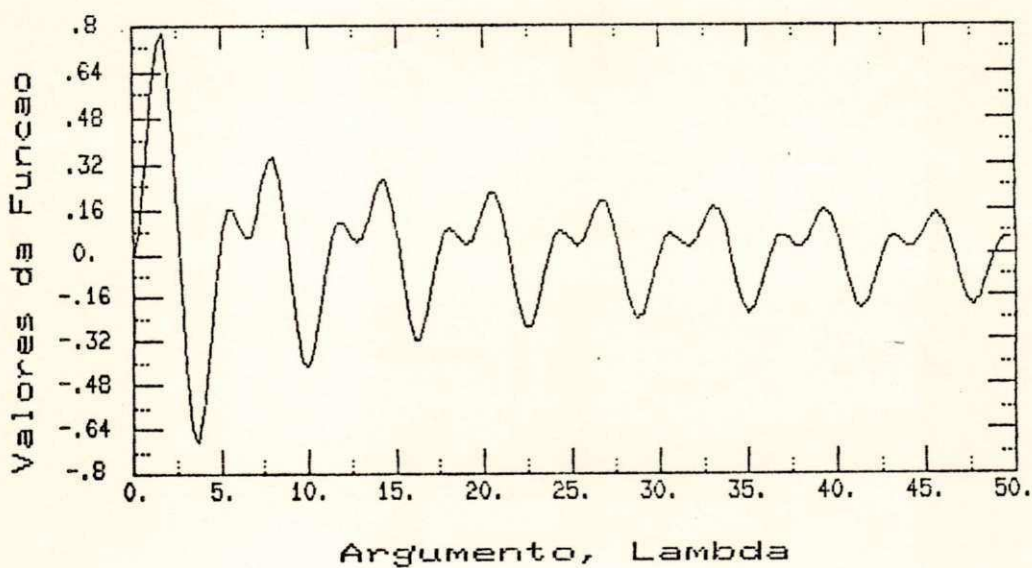


Fig. 3.3 - Gráfico da Função $[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda)]$ versus λ , para $r = 1$.

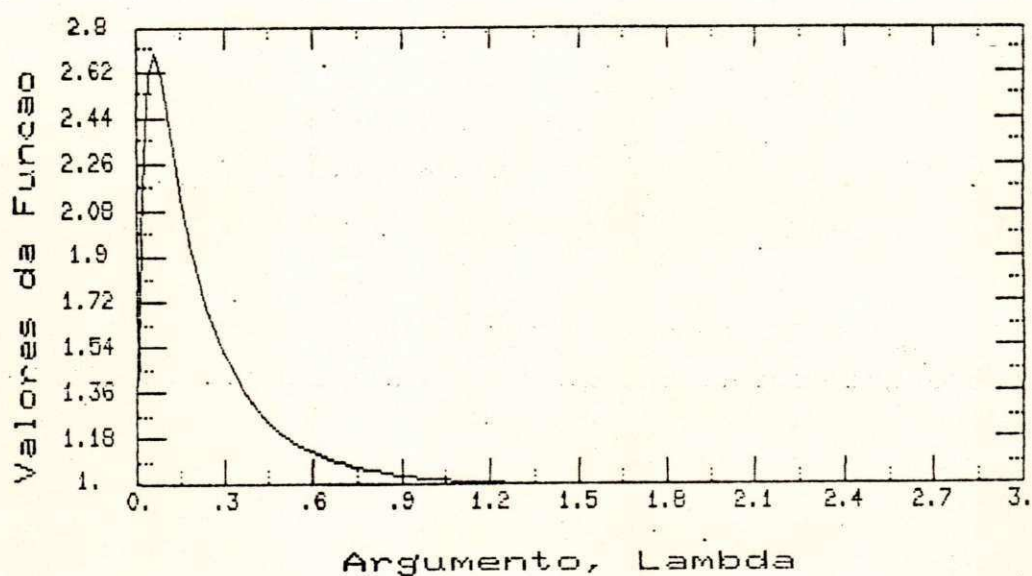


Fig. 3.4 - Gráfico da Função $K(\rho, \lambda)$ versus λ ,
para um Solo de Três Camadas com
 $\rho = [630; 2; 3150; 12; 820]$

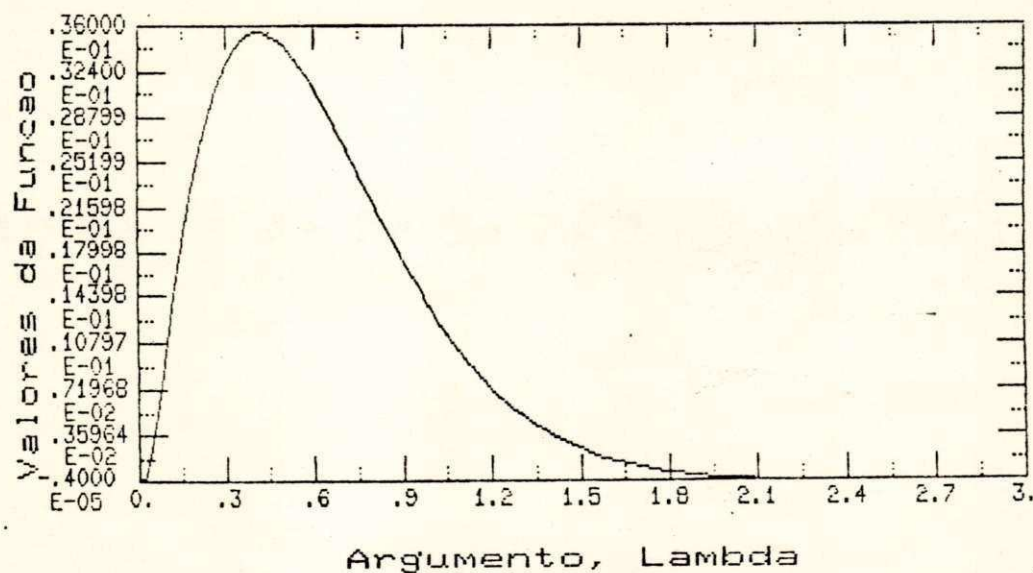


Fig. 3.5 - Gráfico da Função $(K(\rho, \lambda) - 1)[J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda)]$
com $\rho = [630; 2; 3150; 12; 820]$.

3.4 RESISTIVIDADE APARENTE DE SOLOS DE DUAS CAMADAS

Para o caso do solo de duas camadas, a integral da eq. 3.9 pode ser resolvida analiticamente. Fazendo $\mu_{12} = \mu$ e $d_1 = d$, tem-se:

$$M(r, \rho_1) = r \int_0^{\infty} \frac{1 - \mu e^{-2d\lambda}}{1 + \mu e^{-2d\lambda}} J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3.17)$$

Como demonstrado no apêndice 1, a solução da eq. 3.17 é:

$$* M(r, \rho_1) = \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{1 + \left[\frac{2n \cdot d}{r} \right]^2}} \right] \quad (3.18)$$

* ver apêndice 1

Para a utilização do Método de Wenner, as eqs. 3.10 e 3.11 mostram que,

$$\rho_a(r) = \rho_1 \left[2 M(r, \rho_1) - M(2r, \rho_1) \right]$$

$$\rho_a(r) = \rho_1 \left[2 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{1 + \left[\frac{2n \cdot d}{r} \right]^2}} - 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{1 + \left[\frac{2n \cdot d}{2r} \right]^2}} \right]$$

$$\rho_a(r) = \rho_1 \left[1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{1 + \left[\frac{2n \cdot d}{r} \right]^2}} - 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{4 + \left[\frac{2n \cdot d}{r} \right]^2}} \right]$$

$$\rho_a(r) = \rho_1 \left[1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{1 + \left[2n \frac{d}{r} \right]^2}} - \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{4 + \left[2n \frac{d}{r} \right]^2}} \right] \quad (3.19)$$

onde $\mu = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$

Na tabela 3.1 mostra-se os valores de resistividade calculados para várias profundidades utilizando-se a equação genérica 3.16 e a eq. 3.19, que é bastante conhecida e específica para o cálculo em duas camadas. Os parâmetros utilizados foram $\rho_1=500 \Omega.m$; $d_1=8 \text{ m}$ e $\rho_2=100 \Omega.m$.

Tabela 3.1

Comparação Entre as Resistividades Calculadas pelas eqs. 3.16 e 3.19, com $\tau = 10^{-5}$ e $[P]=[500; 8; 100]$

Profundidade r (m)	Resistiv. $\rho(r)$ em $\Omega.m$ Eq. 3.19	Resistiv. $\rho(r)$ em $\Omega.m$ Eq. 3.16	Variação %
1	499,554	499,552	-0,0004
2	496,582	496,570	-0,0024
4	476,828	476,827	-0,0002
8	389,037	389,047	0,0026
16	219,201	219,198	-0,0014
32	119,686	119,607	-0,0660
64	102,966	102,447	-0,5040

Verifica-se nos dados da Tabela 3.1 que a diferença na aplicação das eqs. 3.16 e 3.19 é mínima, viabilizando assim o uso da eq. 3.16 que ainda tem a vantagem de poder ser usada em solos estratificáveis em mais camadas.

CAPÍTULO IV

TÉCNICA DE OTIMIZAÇÃO APLICADA A ESTRATIFICAÇÃO

4.1 - INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as técnicas de otimização não-linear emergiram como importante instrumento de pesquisa e suas aplicações têm sido progressivamente estimuladas pela crescente disponibilidade de computadores digitais maiores e mais eficientes.

A procura por métodos de otimização surge da complexidade matemática na teoria de sistemas, processos e dispositivos existentes na prática. Muitas vezes sistemas físicos precisam ser representados por modelos matemáticos mais simples, como ocorre com o solo quando suposto constituído de camadas horizontais e homogêneas. Sendo assim, o sistema pode vir a ser descrito por uma teoria que contenha aproximações, por parâmetros que mudam com o tempo ou outra variável independente ou que variam de modo aleatório. A teoria, mesmo imperfeita, precisa ser empregada para estimar o comportamento do sistema. Uma técnica adequada de otimização, a partir de uma estimativa inicial e perseguindo um critério pré-estabelecido, pode chegar a um ponto, do qual a teoria só pode se aproximar.

4.2 O PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO BÁSICO: FORMULAÇÃO E CONSIDERAÇÕES

O problema de otimização básico abordado neste trabalho consiste em minimizar uma quantidade escalar ε que é o valor de uma função de n parâmetros do solo, agora definidos como p_1, p_2, \dots, p_n .

A função ε é denominada "função objetiva ou "função erro". O processo de otimização consiste em se fazer ajustes sucessivos nos parâmetros $[p] = [p_1, p_2, \dots, p_n]^t$ para se obter o mínimo desejado. Este é um processo iterativo e como tal compreende:

i) Uma estimativa inicial $[p^{(0)}] = [p_1^{(0)}, p_2^{(0)}, \dots, p_n^{(0)}]^t$

ii) Um critério de variação, com a qual se determina

$$[\Delta p] = [\Delta p_1, \Delta p_2, \dots, \Delta p_n]^t \quad (4.1)$$

tal que

$$[p^{(i+1)}] = [p^{(i)}] + [\Delta p] \quad (4.2)$$

e

$$\varepsilon([p^{(i+1)}]) < \varepsilon([p^{(i)}]) \quad (4.3)$$

iii) Um critério de parada.

Um ponto $[p_{\min}]$ que dá o menor valor possível da função objetivo é denominado mínimo global. Este ponto cuja determinação é o alvo da otimização, nem sempre é alcançado.

Como reconhece *Adby, P.R. & Dempster (1978)*, na prática é muito difícil saber se um mínimo obtido por processo numérico é ou não um mínimo global. Em geral só se pode dizer que este é um mínimo numa área local explorada ("mínimo local"). Uma função pode ter muitos mínimos locais, e a menos que todos estes sejam encontrados e confrontados é impossível afirmar qual é o mínimo global.

4.3 A TÉCNICA DOS MÍNIMOS QUADRÁTICOS NA MODELAGEM DO SOLO

Suponha-se que resultados experimentais disponíveis de resistividade sejam descritos pela eq. 3.16 com n parâmetros do solo. Se os resultados fossem completamente isentos de erros, n medições seriam suficientes para determinar os n parâmetros. Não sendo assim, se toma um número m maior de medições ($m > n$).

Considere-se que as medições foram realizadas nas profundidades r_1, r_2, \dots, r_m tendo como resultados as resistividades medidas (ρ), respectivamente, $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m$. Deseja-se ajustar por este conjunto de dados a curva expressa pela eq. 3.16.

$$\rho_o = \rho_1 \left\{ 1 + 2r \sum_{i=1}^m \int_{\lambda(i-1)}^{\lambda i} (K(|P|, \lambda) - 1) [J_0(r\lambda) - J_0(2r\lambda)] d\lambda \right\} \quad (4.4)$$

com os parâmetros do solo $[P]$, agora definidos como:

$$[P] = [\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_{(n-1)}, \rho_n]$$

O erro, ou seja, a diferença entre os valores experimental e teórico no ponto r_i , é

$$e_i = \rho_i - \rho_a(r_i) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.5)$$

Deseja-se escolher os parâmetros [P] na eq. 4.4 para minimizar o erro, já que é impossível eliminá-lo. O critério do erro quadrático mínimo (least-squares error) procura minimizar a soma dos erros individuais ou locais elevados ao quadrado (para evitar que erros positivos e negativos sejam mutuamente cancelados). Ou seja, ele minimiza

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^m e_i^2 \quad (4.6)$$

A função erro que se quer minimizar (eq. 4.6) é função dos n parâmetros da função ρ_a que se procura ajustar aos m dados ($m > n$). Isto é,

$$\varepsilon = \varepsilon(r_1, r_2, \dots, r_m, \rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)$$

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^m e_i^2 = \sum_{i=1}^m [\rho_i - \rho_a(r, [P])]^2 \quad (4.7)$$

Em notação vetorial, a eq. 4.7 toma a forma:

$$\varepsilon = \varepsilon(\hat{r}, \hat{\rho}, \hat{P}) = \sum_{i=1}^m e_i^2 \quad (4.8)$$

onde,

$$\hat{r} = [r_1, r_2, \dots, r_m]^t = \text{vetor das profundidades em que são feitas as medições}$$

$$\hat{\rho} = [\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m]^t = \text{vetor da média das resistividades medidas em cada profundidade.}$$

$\hat{P} = [P_1, P_2, \dots, P_n]^t$ = vetor dos parâmetros do solo a serem ajustados

$\hat{e}^2 = [e_1^2, e_2^2, \dots, e_m^2]$ = vetor dos erros locais ao quadrado.

A função de uma única variável é mínima onde sua derivada é zero. O mínimo de uma função de várias variáveis ocorre onde seu gradiente é nulo. O procedimento iterativo que se explicará a seguir, pode se aproximar de zero tanto quanto se queira.

Observando-se que as variáveis da função ϵ que se quer minimizar, expressa pela eq. 4.8, são os parâmetros \hat{P} da função ρ_a que se quer ajustar, o gradiente de ϵ é

$$\nabla_{\hat{P}} \hat{\epsilon}(\hat{P}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial \epsilon}{\partial P_1} \\ \frac{\partial \epsilon}{\partial P_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial \epsilon}{\partial P_n} \end{bmatrix} = 2 \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m \left(e_i \frac{\partial e_i}{\partial P_1} \right) \\ \sum_{i=1}^m \left(e_i \frac{\partial e_i}{\partial P_2} \right) \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^m \left(e_i \frac{\partial e_i}{\partial P_n} \right) \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

ou numa forma mais condensada,

$$\nabla_{\hat{P}} \hat{\epsilon}(\hat{P}) = 2J^t(\hat{P})\hat{e}(\hat{P}) \quad (4.10)$$

onde,

$$\hat{J}(\hat{P}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial P_1} & \frac{\partial e_1}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial P_n} \\ \frac{\partial e_2}{\partial P_1} & \frac{\partial e_2}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial P_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial e_m}{\partial P_1} & \frac{\partial e_m}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial e_m}{\partial P_n} \end{bmatrix} = \left[\frac{\partial e_i}{\partial P_k} \right] \begin{matrix} i=1,2,\dots,m \\ k=1,2,\dots,n \\ m>n \end{matrix} \quad (4.11)$$

é a matriz jacobiana da função $\varepsilon(\hat{P})$.

Uma estimativa inicial dos parâmetros \hat{P} nunca corresponderá ao mínimo, assim $\nabla \varepsilon(\hat{P})$ não será zero. Contudo, a eq. 4.10 pode ser usada para se obter uma variação $\hat{\delta P}$ que reduza o gradiente. De acordo com a eq. 4.11,

$$\nabla \varepsilon(\hat{P} + \hat{\delta P}) = 2 \hat{J}^t(\hat{P} + \hat{\delta P}) \hat{e}(\hat{P} + \hat{\delta P}) \quad (4.12)$$

O gradiente não varia demais com os parâmetros, pelo menos quando já se está próximo do mínimo. Portanto é válida a aproximação

$$\nabla \varepsilon(\hat{P} + \hat{\delta P}) \approx 2 \hat{J}^t(\hat{P}) \hat{e}(\hat{P} + \hat{\delta P}) \quad (4.13)$$

Expandindo-se $\hat{e}(\hat{P} + \hat{\delta P})$ na eq.4.13, em série de Taylor e truncando-se os termos de ordem superior à primeira se tem:

$$\hat{e}(\hat{P} + \delta\hat{P}) \approx \hat{e}(\hat{P}) + \sum_{k=1}^n \frac{\partial \hat{e}}{\partial P_k} \delta P_k \quad (4.14)$$

ou numa forma ainda mais simples

$$\hat{e}(\hat{P} + \delta\hat{P}) = \hat{e}(\hat{P}) + \hat{J}(\hat{P})\delta\hat{P} \quad (4.15)$$

Combinando-se as equações aproximadas 4.13 e 4.15 se obtém:

$$\hat{J}^t(\hat{P}) \hat{J}(\hat{P})\delta\hat{P} \approx -\hat{J}^t(\hat{P})\hat{e}(\hat{P}) \quad (4.16)$$

que pode ser usada para se determinar as variações dos parâmetros, $\delta\hat{P}$, que reduzirá o gradiente em $\hat{P} + \delta\hat{P}$.

Por conta das aproximações (eqs. 4.13 e 4.15) introduzidas na equação exata 4.12, o gradiente não pode ser zerado, mas apenas reduzido com a variação $\delta\hat{P}$ resultante da eq. 4.16. Contudo, um procedimento iterativo centrado na eq. 4.16 pode ser adotado para aproximar (o gradiente de zero) a função ε do mínimo "tanto quanto se queira".

Cálculo da Matriz Jacobiana

Os elementos da matriz jacobiana $\hat{J}(\hat{P})$ (eq. 4.11) são derivadas parciais primeiras dos erros locais em relação aos parâmetros a serem ajustados.

Ao se implementar a eq. 4.16 no computador se deve também implementar uma das duas opções abaixo:

- i) Expressão dos elementos da matriz jacobiana, os quais serão obtidos por derivação analítica.

ii) Rotinas que calculam os elementos da jacobiana efetivando numericamente as derivadas parciais.

A alternativa (i) pode ser inviável, a menos que se tenha expressões bem simples dos erros locais em relação aos parâmetros. A alternativa (ii) é mais genérica em termos práticos e para se efetivar basta observar o seguinte

Um elemento de \hat{J} é

$$J_{ik} = \frac{\partial e_i}{\partial p_k} = \lim_{\delta p_k \rightarrow 0} \frac{e_i(\hat{p} + \hat{\delta p}) - e_i(\hat{p})}{\delta p_k} \quad (4.17)$$

onde

$$\hat{\delta p} = [0, 0, \dots, 0, \delta p_k, 0, 0, \dots, 0]$$

A equação 4.17 pode ser aproximada por

$$J_{ik} \approx \frac{e_i[p_1, p_2, \dots, (1+\Delta)p_k, \dots, p_n] - e_i(p_1, p_2, \dots, p_n)}{\Delta p_k} \quad (4.18)$$

onde Δ é uma constante de proporcionalidade pequena. Por exemplo $\Delta = 10^{-6}$.

4.4. O MÉTODO LEAST-PTH

No método least-squares, os erros locais foram elevados ao quadrado para evitar cancelamento mútuo de erros positivos e negativos. O mesmo objetivo se alcançaria com outro número positivo par q , que não 2, no expoente.

Generalizando-se o critério se tem

$$\varepsilon(\hat{P}) = \sum_{i=1}^m e_i^q \quad (4.19)$$

Seguindo procedimento análogo àquele da seção 4.3 se chega à fórmula de cálculo de variação dos parâmetros $\hat{\delta P}$ para redução do gradiente.

$$\hat{A} \hat{\delta P} = \hat{C} \quad (4.20)$$

onde

$$\hat{C} = - \frac{1}{p-1} \hat{J}^t e^{q-1}(\hat{P})$$

e

$$\hat{A} = \hat{J}^t \hat{D} \hat{J}$$

sendo \hat{D} uma matriz diagonal cujos elementos não-nulos são $e_1^{q-1}, e_2^{q-1}, \dots, e_m^{q-1}$.

4.5 - OTIMIZAÇÃO POR TODOS OS PONTOS

Na eq. 4.7 a função ε é calculada usando-se o valor da resistividade média para cada profundidade (r), o que pode diminuir a precisão dos cálculos principalmente quando se tem poucos pontos medidos para um mesmo valor de r . O procedimento recomendado é a utilização de todos os pontos medidos no cálculo de ε . Assim a eq. 4.7 passa a ter a seguinte forma:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} e_{ij}^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} [\rho_{ij} - \rho_a(r, [P])]^2 \quad (4.21)$$

n_i = Número de pontos válidos de resistividade na profundidade i ;

ρ_{ij} = Valor da resistividade medida no j -ésimo ponto para a profundidade i ;

e_{ij} = Erro local associado ao respectivo valor de ρ_{ij} .

O programa TERRA elaborado dispõe de recurso para fazer este tipo de otimização por todos os pontos, a critério do usuário.

4.6 OTIMIZAÇÃO COM RESTRIÇÃO

Em muitos problemas práticos de otimização há restrições dos valores de pelo menos algum(ns) do(s) parâmetro(s). De forma geral estas restrições se expressam por:

$$g(x_1, x_2, \dots, x_n) :: 0 \quad (4.22)$$

onde $::$ é =, \neq , $>$, \geq , $<$ ou \leq e g é uma função que relaciona os parâmetros envolvidos na restrição.

Um tipo comum de restrição é

$$x_{Li} \leq x_i \leq x_{Ui} \quad (4.23)$$

que pode ser desdobrada em duas:

$$x_i - x_{ui} \leq 0 \quad (4.24a)$$

$$x_{Li} - x_i \leq 0 \quad (4.24b)$$

Restrições assim subdividem a região de busca em duas: uma "região viável", onde as restrições são satisfeitas e uma "região inviável" onde elas não são.

Otimização com restrição é muito mais difícil. Bastante esforço é exigido para reformular o problema de modo que as restrições sejam eliminadas.

Diferentes técnicas de otimização adotam métodos distintos para garantirem que os parâmetros se mantenham sempre dentro da região viável.

No problema específico de determinação do modelo do solo, apresentado no Capítulo III, é evidente que todos os parâmetros devem ser não-negativos. Estas restrições são do tipo mais simples e para eliminá-las se empregou a técnica da transformação paramétrica (Box, 1966) que se processa como se explica a seguir.

Os parâmetros restritos do solo $[P] = [P_1, P_2, \dots, P_n]^t$ são transformados noutros, irrestritos, $[z] = [z_1, z_2, \dots, z_n]^t$ que se relacionam via a restrição. Sendo P_{Li} o limite inferior do parâmetro do solo P_i , temos,

$$P_i \geq P_{Li}$$

então

$$P_i = P_{Li} + z_i^2 \quad (4.25)$$

com

$$-\infty < z_i < \infty$$

Da equação 4.25 se tira

$$z_i = \sqrt{P_i - P_{Li}} \quad (4.26)$$

pela qual se determina o valor de $[z]$ equivalente a qualquer valor de $[P]$.

Como por enquanto os parâmetros devem apenas ser ≥ 0 , a eq. 4.26 passa a ser,

$$z_i = \sqrt{P_i} \quad (4.27)$$

Quando no final ou durante todo o processo de otimização são necessários os valores dos parâmetros originais faz-se a transformação inversa.

$$P_i = z_i^2 \quad (4.28)$$

4.7 DADOS AMOSTRAIS

Em muitos problemas científicos e de engenharia a quantidade a ser otimizada é função não apenas dos parâmetros P_1, P_2, \dots, P_n , mas também de uma ou mais variável independente. É justamente isto que ocorre no problema da modelagem do solo, no qual o erro é função das resistividades e espessuras das

— variáveis independentes — valores de "a"

camadas e também das profundidades nas quais se realizou a prospecção. Deste modo, apenas alguns valores da função objetivo são disponíveis. O tamanho da amostra pode ser limitado por diversos motivos, tal como dificuldade prática de se realizarem as medições. O número de pontos amostrais depende da função aos quais se procura ajustar e devem ser suficientes para descrever o gráfico da função. Para alguns solos se modelarem em mais de duas camadas, as amostras originais precisam ser aumentadas artificialmente, apenas para determinação da estimativa inicial.

Para isto se cogitou usar interpolação cúbica ou ajuste por funções racionais, mas, por fim se empregou "cubic spline" (Liou, 1976). A experiência contra-indicou esta técnica, pois para diversos solos o programa não teve o sucesso esperado. O problema do cubic spline é sua tendência natural de introduzir pontos de inflexão indesejáveis, dependendo da disposição dos pontos aos quais deve se ajustar. A "cubic spline" convencional foi substituída por "cubic spline" sob tensão desenvolvido por Cline (1974) que apresentou resultados excelentes, inclusive para os solos com os quais não se havia tido sucesso anteriormente.

4.8 DETERMINAÇÃO DA ESTIMATIVA INICIAL

Todo método de otimização é iterativo e portanto necessita de uma estimativa inicial para a partir daí evoluir

para o ótimo (mínimo ou máximo). A estratificação em duas camadas, onde o número de parâmetros é o mais reduzido, apresenta uma convergência fácil para o mínimo global com dependência da estimativa inicial muito baixa. Já nas estratificações em mais camadas estas vantagens não existem. Nestas, o número de parâmetros é maior e são muitos os mínimos locais. Conviveu-se com este problema durante o desenvolvimento da rotina de estratificação do solo.

Para solucioná-lo dotou-se o programa de uma rotina que gera a curva característica do solo, interpolando um "cubic spline" sob tensão pela média dos pontos válidos. A partir desta curva o solo é classificado:

Solo de Duas Camadas

A curva característica é monotônica (Fig. 4.1). Neste caso a resistividade inicial da primeira camada é estimada pelo prolongamento da curva até $h=0$. A resistividade da segunda camada é tomada pelo prolongamento da curva até a profundidade igual a 130% da profundidade amostral máxima. De fato a resistividade da segunda camada seria dada pela assíntota à curva característica verdadeira do modelo de duas camadas, neste estágio, ainda desconhecida. A espessura da primeira camada é escolhida arbitrariamente como sendo a abscissa do segundo ponto medido, o que não acarreta problema devido a boa estabilidade do método para duas camadas.

Solo de Três Camadas

A curva característica apresenta ponto de máximo ou de mínimo. Ela é dividida por este ponto em dois trechos que devem ter pelo menos cinco pontos, mesmo que tenham que ser completados com pontos artificiais obtidos por interpolação. Por cada um destes trechos, ajusta-se um modelo de duas camadas usando-se o método de otimização já descrito neste capítulo.

Assim encontra-se os seguintes parâmetros:

-primeiro trecho $\Rightarrow \rho_{1PT} ; d_{1PT} ; \rho_{2PT}$

-segundo trecho $\Rightarrow \rho_{1ST} ; d_{1ST} ; \rho_{2ST}$

onde

ρ_{1PT} - Resistividade da primeira camada do primeiro trecho;

d_{1PT} - Profundidade da primeira camada do primeiro trecho;

ρ_{2PT} - Resistividade da segunda camada do primeiro trecho;

ρ_{1ST} - Resistividade da primeira camada do segundo trecho;

d_{1ST} - Profundidade da primeira camada do segundo trecho;

ρ_{2ST} - Resistividade da segunda camada do segundo trecho;

Desta forma a estimativa inicial dos parâmetros para o modelo de três camadas são dados por:

$$\rho_1 = \rho_{1PT} ; d_1 = d_{1PT} ; \rho_2 = \rho_{2PT}$$

$$d_2 = d_{1ST} - d_{1PT} ; \rho_3 = \rho_{2ST}$$

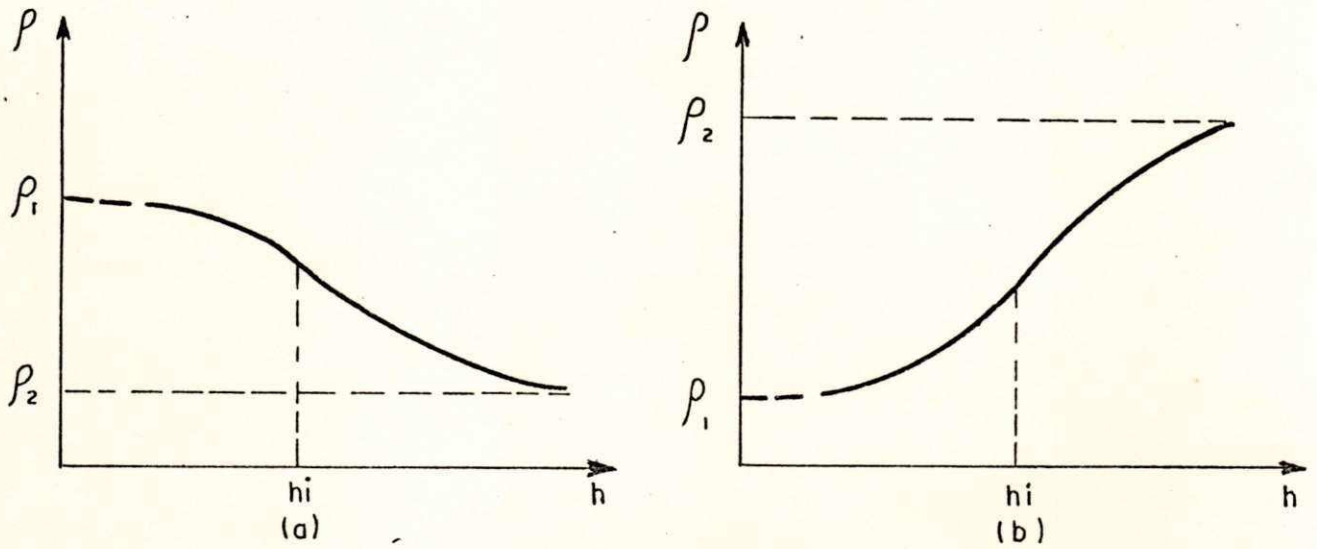


Fig. 4.1 - Curvas Características de Solos de Duas Camadas
(h - Profundidade; h_i - Ponto de Inflexão)

- a) Solo Positivo
- b) Solo Negativo

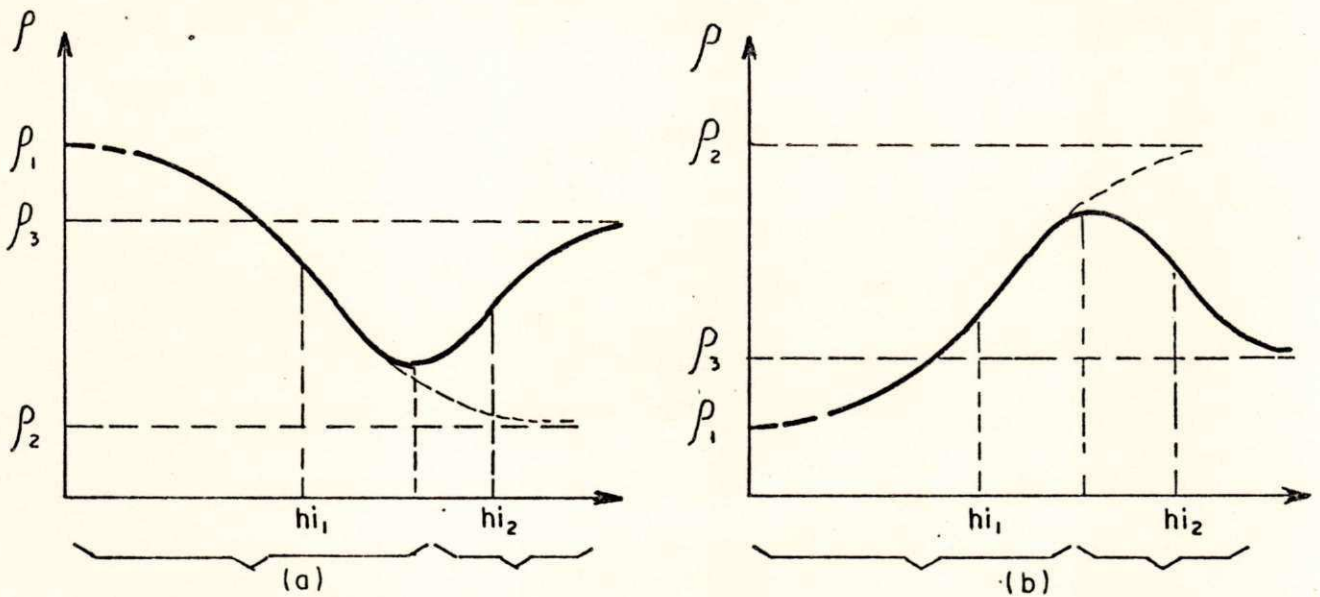


Fig. 4.2 - Curvas Características de Solos de Três Camadas

- a) Com ponto de mínimo
- b) Com ponto de máximo

Solo de Quatro Camadas

A curva característica apresenta pontos de máximo e de mínimo. Neste caso ela é dividida em três trechos (Fig. 4.3) e a estimativa dos parâmetros é conduzida por procedimento análogo ao anterior, complementado da seguinte forma:

$$\text{-terceiro trecho} \Rightarrow \rho_{1TT} ; d_{1TT} ; \rho_{2TT}$$

onde

ρ_{1TT} - Resistividade da primeira camada do terceiro trecho;

d_{1TT} - Profundidade da primeira camada do terceiro trecho;

ρ_{2TT} - Resistividade da segunda camada do terceiro trecho;

Estimativa dos parâmetros:

$$\rho_1 = \rho_{1PT} ; d_1 = d_{1PT} ; \rho_2 = \rho_{2PT}$$

$$d_2 = d_{1ST} - d_{1PT} ; \rho_3 = \rho_{2ST}$$

$$d_3 = d_{1TT} - d_{1ST} - d_{1PT} ; \rho_4 = \rho_{2TT}$$

Dependendo da posição dos pontos amostrais, a curva característica do solo pode apresentar algumas pequenas dificuldades. Na Fig. 4.4a por exemplo, a curva é monotônica mas com três pontos de inflexão. Na Fig. 4.4b a curva apresenta pontos de mínimo e máximo, mas de valores bastante parecidos e as profundidades muito próximas. O usuário do programa deve estratificar estes solos em duas camadas, interpretando os pontos como consequência da dispersão normal da média amostral em relação a média verdadeira.

Pontos estranhos de máximo e mínimo podem ocorrer também na curva de solos estratificáveis em três camadas como é ilustrado na Fig. 4.5.

As vezes curvas mesmo monotônicas, sem pontos de máximo e/ou mínimo, são melhor estratificáveis em três camadas do que em duas, dependendo da não suavidade da mesma.

Outras dificuldades não são de todo descartadas, contudo podem ser contornadas por intervenção do usuário mediante observação da curva característica gerada.

As medições padronizadas ainda são feitas hoje em apenas cinco ou seis profundidades e isto é menos que o necessário para estratificação em quatro camadas. Neste caso, pontos artificiais, obtidos da curva característica por interpolação, são acrescentados de modo a se ter pelo menos dois pontos a mais que o número de parâmetros.

5.2 - DESCRIÇÃO DO PROGRAMA PRINCIPAL E SUB-ROTINAS

PROGRAMA TERRA

Este é o programa principal que lê os dados de entrada, gerencia todo processo, chama as sub-rotinas que fazem a depuração dos dados e a otimização dos parâmetros do solo. Se os dados de entrada forem as resistências medidas, é feito a conversão para resistividade.

Caso deseje-se apenas verificar os erros locais e global de um modelo de estratificação já conhecido, isto pode ser feito através da mudança de uma variável lógica no arquivo de dados, que fará o programa principal chamar diretamente a sub-rotina ERRO.

Após a otimização do modelo, se desejado, o programa fornece o gráfico da curva característica por três saídas opcionais: vídeo, plotter ou impressora.

SUB-ROTINA DEPURA

Nesta sub-rotina é feito o tratamento estatístico dos dados de campo, através de dois critérios alternativos disponíveis para o usuário, já definidos no Capítulo II. Também faz retornar ao programa principal uma matriz com os dados não nulos e consistentes, além de um vetor com a média dos pontos medidos aceitáveis.

SUB-ROTINA SORT

Durante a aplicação do método dos cinco pontos para

a depuração dos dados é necessário que estes estejam classificados em ordem crescente, o que é feito por esta sub-rotina, possibilitando assim a determinação do primeiro e terceiro quartis.

SUB-ROTINA ESTINI

Esta sub-rotina gerencia o processo de elaboração de uma curva que passa pelos pontos medidos. Após isto, divide a curva em trechos ascendentes e descendentes e por cada um deles faz a otimização de modelos de duas camadas. Cria pontos artificiais em cada trecho para completar um número mínimo de pontos desejados pelo usuário. Finalmente, faz a composição dos diversos parâmetros encontrados em cada trecho, para fornecer ao programa principal uma estimativa inicial dos parâmetros do solo a serem otimizados.

SUB-ROTINA MAXMIN

Para que o espaço destinado ao gráfico seja aproveitado da melhor forma possível, é necessário que a escala do eixo das ordenadas, seja definida em função dos valores máximos e mínimos de resistividade, dentro do conjunto de pontos calculados. Esta sub-rotina armazena esses valores que foram encontrados entre aqueles pesquisados até então.

SUB-ROTINA SPLINT

Esta sub-rotina determina os parâmetros necessários para computar um "spline" sob tensão que interpola uma

seqüência de valores funcionais (Cline, 1974).

SUB-ROTINA CURVE

Esta sub-rotina interpola uma curva em um dado ponto usando um "spline" sob tensão. A sub-rotina SPLINT deve ter sido chamada previamente para calcular os parâmetros necessários (Cline, 1974).

SUB-ROTINA LPS

Esta sub-rotina faz a otimização dos parâmetros do solo, utilizando a técnica "Least-Pth". Nesta pesquisa usa-se "2" como potência que eleva os erros locais, tornando-se desta forma a técnica dos mínimos quadrados.

SUB-ROTINA ERRO

Esta sub-rotina fornece os erros locais entre o valor calculado da resistividade e a média dos pontos medidos em cada profundidade, ou em relação a todos os pontos consistentes, dependendo do tipo de ajuste que se deseja fazer, pela média ou por todos os pontos aceitáveis.

FUNÇÃO ROULG

Esta função calcula o valor da resistividade numa determinada profundidade utilizando os parâmetros do solo que lhe são fornecidos. Se o modelo do solo que está sendo otimizado for de duas camadas, usa a eq.3.19, caso contrário usa a eq.3.16. Além do mais, este subprograma administra a

convergência destas equações.

SUB-ROTINA ROMBERG

Nesta sub-rotina é feita a integração necessária na eq.3.16 usando o método de *Romberg* de integração numérica (*Gerald, 1978*).

FUNÇÃO FCN

Durante o processo de integração da sub-rotina ROMBERG, é necessário o valor do integrando da eq. 3.16 em diversos pontos, o que é fornecido pela função FCN.

FUNÇÃO BESSJO

Nesta etapa é fornecido o valor da função de *Bessel* de primeira classe e ordem zero, que faz parte do integrando da equação acima mencionada.

SUB-ROTINA PLOT

Esta sub-rotina traça até três curvas sobrepostas. Aqui ela é usada para traçar a curva característica do modelo encontrado e marcar os pontos correspondentes às médias dos valores medidos.

5.3 - ANÁLISE E DEPURAÇÃO DOS DADOS

Antes de começar a análise dos dados é necessário se fazer a conceituação de algumas nomenclaturas usadas nesta

dissertação, tais como:

Conjunto de dados - É o resultado de todas as medições de resistividade do solo feitas em vários pontos de medição de uma mesma área ou subestação.

Pontos de medição - São os pontos na superfície do solo da área em estudo, escolhidos como referência para se medir a resistividade deste solo em várias profundidades abaixo do mesmo. Estas profundidades são iguais ao espaçamento entre cada par de hastes quando se utiliza o método de *Wenner* descrito no Capítulo II.

Erro médio - É a média dos erros locais obtidos em cada profundidade, que são tomados como sendo a diferença relativa entre o valor calculado e o valor medido da resistividade do solo, na profundidade em questão.

Erro global - É a soma dos erros locais elevados ao quadrado.

Analisando o banco de dados de resistividades de solos da região Nordeste, conseguidos na CHESF e Concessionárias, verifica-se que na maioria dos conjuntos de medições existem pontos dispersos e em vários casos bastante afastados, justificando assim a necessidade de se usar medidas resistentes de posição, como os quartis, no critério de tratamento estatístico.

A todos os 137 solos pesquisados foram aplicados ambos os critérios de depuração dos dados: o usual, que

elimina os valores afastados em mais de 50% da média, e o alternativo proposto neste trabalho, que é o método dos cinco pontos e se baseia no intervalo interquartil, conforme é descrito no Capítulo II.

De modo geral, o critério usual se mostrou mais rigoroso, eliminando mais pontos do que o critério alternativo em 73,7% dos casos, e em 6,6% (9 subestações) chega a eliminar todos os pontos de uma determinada profundidade. Esta rigorosidade faz com que seja desprezada uma grande quantidade de medidas realizadas e não seja considerada a dispersão dos dados, que é natural quando se trata de medição de resistividade do solo.

O método alternativo no entanto, é mais flexível, permitindo que a dispersão dos próprios dados determine o grau de rigorosidade que será aplicado na depuração dos mesmos.

Deve-se ficar atento ao fato de que, os pontos refugados por qualquer dos critérios, podem não corresponder a dados falsos, mas sim apontarem irregularidade (variação horizontal da resistividade) no solo. Isto se confirmado por repetição ainda mais criteriosa das medições, exige projeto diferenciado em áreas de uma mesma malha.

O número de pontos de medição na superfície do solo de cada subestação é geralmente satisfatório. Já o número de profundidades medidas, cinco na média, é menor que o necessário para se fazer a otimização dos parâmetros do solo por qualquer método computacional e até mesmo pelo método gráfico. Esta média de cinco profundidades é baixa,

principalmente quando se está trabalhando com os modelos de três e quatro camadas, que tem cinco e sete parâmetros respectivamente. Como foi visto no Capítulo IV, deve-se ter um número m de medições maior do que os n parâmetros da função $\rho_a(r, [P])$.

Este baixo número de profundidades deve-se principalmente a existência de espaçamentos padrões entre as hastes (2,4,8,16,32 e 64m). Quando não se conseguem as medições nos espaçamentos padrões de 32 e 64m, por causa de limitações do terreno ou por falta de sensibilidade do aparelho de medição, não se fazem outras medidas intermediárias.

5.4 - EXEMPLOS DE ESTRATIFICAÇÕES DO SOLO

Descreve-se a seguir, apenas as principais etapas de estratificação de um solo de três camadas e outro de duas, utilizando-se o programa TERRA que é a ferramenta final resultante deste trabalho.

Inicialmente o programa faz a depuração dos dados de campo seguindo um dos dois critérios descritos no Capítulo II, a escolha do usuário. Em seguida fornece uma curva que interpola os pontos médios medidos conforme Fig. 5.2.

Utilizando esta curva e o método da estimativa inicial abordado no item 4.8, fornece a curva determinada pelos parâmetros da estimativa inicial (Fig. 5.3).

A partir da estimativa inicial e seguindo o método de otimização descrito no Capítulo IV, calcula os parâmetros finais que representam o solo em estudo e plota sua curva característica segundo estes parâmetros (Fig. 5.4).

Usando os parâmetros finais e a fórmula de *Hummel*, que será melhor explicada no item 5.7, o programa calcula o modelo equivalente de duas camadas, que normalmente não apresenta bons resultados (Fig. 5.5).

Finalmente, partindo-se do equivalente de *Hummel* ou outra estimativa inicial qualquer, calcula-se o melhor modelo de duas camadas, usando o método de otimização já descrito, e plota o gráfico da respectiva curva característica (Fig. 5.6 e 5.7).

Além das curvas acima o programa fornece, através de um arquivo de saída, os resultados numéricos para cada uma das etapas descritas neste item, conforme exemplo de listagem de resultados mostrada a seguir.

.. EXEMPLOS DE LISTAGENS DE RESULTADOS

* - Ponto eliminado durante a depuração dos dados.
0.0 - Valor não medido neste ponto a esta profundidade.

SE CABROBO - PERNAMBUCO - CHESF

Estratificação em Três Camadas

Parâmetro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Estimativa inicial: 47.3 2.2 26.8 18.8 372.4
 Valores Finais: 47.1 2.5 23.9 10.3 101.9
 Redução 2 camadas: 26.4 12.8 101.9
 Número de iterações: 7
 Erro global: 9.88E-04
 Raiz Média Quadrática: 1.28E-02
 Erro Médio: 9.88E-03
 Tempo execução (s): 50.9

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	média	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-1.5E-02	46.5	45.8	53.4	18.2	32.7	46.5	109.3	27.6
				23.9	72.9	829.4*	27.6		
2.0	2.4E-02	43.8	44.9	60.3	33.9	55.3	51.5	56.5	47.8
				23.9	57.8	31.4	30.2		
4.0	-1.2E-02	36.4	35.9	47.8	22.6	52.8	42.7	30.2	57.8
				17.6	25.1	37.7	25.1		
8.0	5.0E-03	30.5	30.7	30.2	25.1	45.2	40.2	25.1	35.2
				25.1	25.1	35.2	20.1		
16.0	-2.3E-03	36.3	36.2	40.2	30.2	40.2	40.2	40.2	40.2
				30.2	30.2	40.2	30.2		
24.0	8.2E-04	45.2	45.2	45.2	45.2	60.3*	0.0	0.0	0.0
				0.0	30.2*	45.2	45.2		

SE CABROBO - PERNAMBUCO - CHESF

Estratificação em Duas Camadas (Usando Hummel)

Parâmetro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Estimativa inicial: 26.4 12.8 101.9
 Valores Finais: 26.4 12.8 101.9
 Número de iterações: 0
 Erro global: 4.15E-01
 Raiz Média Quadrática: 2.63E-01
 Erro Médio: 1.95E-01
 Tempo execução (s): 0.0

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	média	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	4.2E-01	26.5	45.8	53.4	18.2	32.7	46.5	109.3	27.6
				23.9	72.9	829.4*	27.6		
2.0	4.1E-01	26.5	44.9	60.3	33.9	55.3	51.5	56.5	47.8
				23.9	57.8	31.4	30.2		
4.0	2.5E-01	26.8	35.9	47.8	22.6	52.8	42.7	30.2	57.8
				17.6	25.1	37.7	25.1		
8.0	6.2E-02	28.8	30.7	30.2	25.1	45.2	40.2	25.1	35.2
				25.1	25.1	35.2	20.1		
16.0	-1.3E-02	36.7	36.2	40.2	30.2	40.2	40.2	40.2	40.2
				30.2	30.2	40.2	30.2		
24.0	-6.9E-03	45.6	45.2	45.2	45.2	60.3*	0.0	0.0	0.0
				0.0	30.2*	45.2	45.2		

SE CABROBO - PERNAMBUCO - CHESF

Estratificação em Duas Camadas (Ajuste direto)

Parâmetro:	rou1	d1	rou2
Estimativa inicial:	49.6	1.1	35.2
Valores Finais:	49.6	1.0	35.2
Número de iterações:	1		
Erro global:	8.35E-02		
Raiz Média Quadrática:	1.18E-01		
Erro Médio:	9.03E-02		
Tempo execução (s):	0.1		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	média	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-2.3E-02	46.8	45.8	53.4	18.2	32.7	46.5	109.3	27.6
				23.9	72.9	829.4*	27.6		
2.0	6.9E-02	41.8	44.9	60.3	33.9	55.3	51.5	56.5	47.8
				23.9	57.8	31.4	30.2		
4.0	-4.0E-02	37.4	35.9	47.8	22.6	52.8	42.7	30.2	57.8
				17.6	25.1	37.7	25.1		
8.0	-1.7E-01	35.8	30.7	30.2	25.1	45.2	40.2	25.1	35.2
				25.1	25.1	35.2	20.1		
16.0	2.3E-02	35.4	36.2	40.2	30.2	40.2	40.2	40.2	40.2
				30.2	30.2	40.2	30.2		
24.0	2.2E-01	35.3	45.2	45.2	45.2	60.3*	0.0	0.0	0.0
				0.0	30.2*	45.2	45.2		

SE MAISA-RIO GRANDE DO NORTE

Estratificação em Duas Camadas

Parâmetro:	rou1	d1	rou2
Estimativa inicial:	1203.3	7.9	140.3
Valores Finais:	1203.3	7.9	140.3
Número de iterações:	1		
Erro global:	6.20E-03		
Raiz Média Quadrática:	3.52E-02		
Erro Médio:	2.92E-02		
Tempo execução (s):	0.2		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	média	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.3E-02	1193.2	1166.0	1558.2	574.3	458.7	1771.9	785.4	1847.3
4.0	5.9E-02	1135.4	1206.8	1397.4	884.7	593.1	2128.7	816.8	1420.0
8.0	-4.3E-02	883.5	847.0	1110.9	633.3	749.0	1161.1	623.3	804.2
16.0	1.7E-02	418.7	425.9	552.9	296.6	462.4	428.3	367.9	447.4
32.0	-3.4E-03	175.2	174.6	247.3	98.5	106.6	281.5	92.5	221.2

SE CABROBO - PERNAMBUCO - CHESF

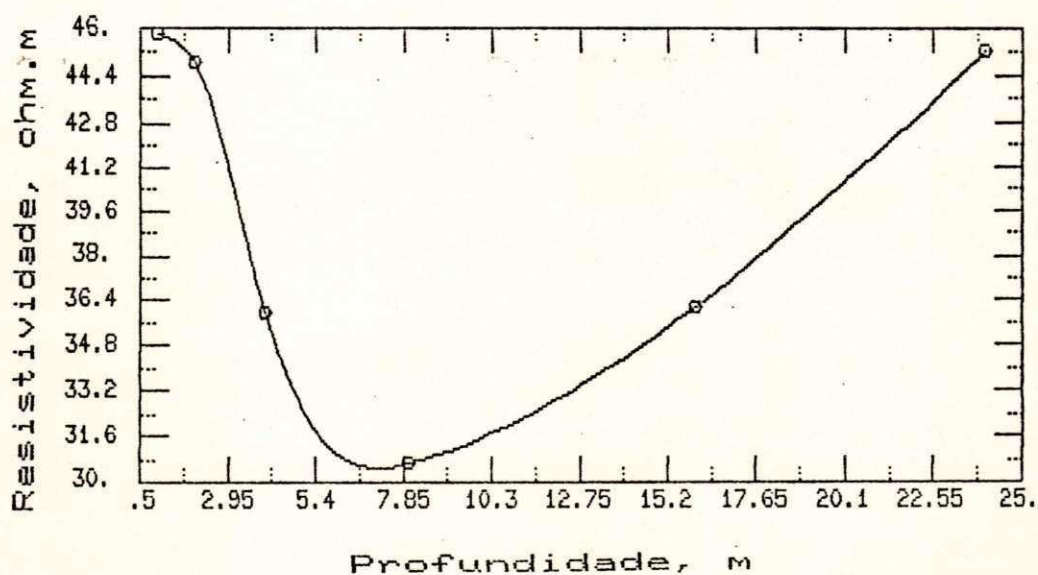


Fig. 5.2 - Curva que Interpola os Pontos Médios Medidos.

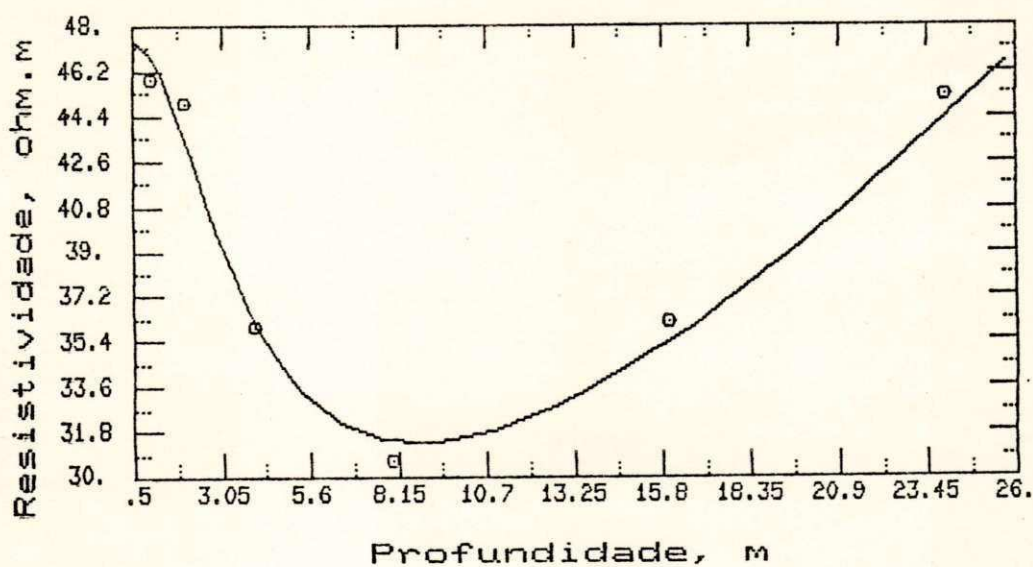


Fig. 5.3 - Estimativa Inicial para o Modelo de Três Camadas da SE Cabrobó - CHESF.

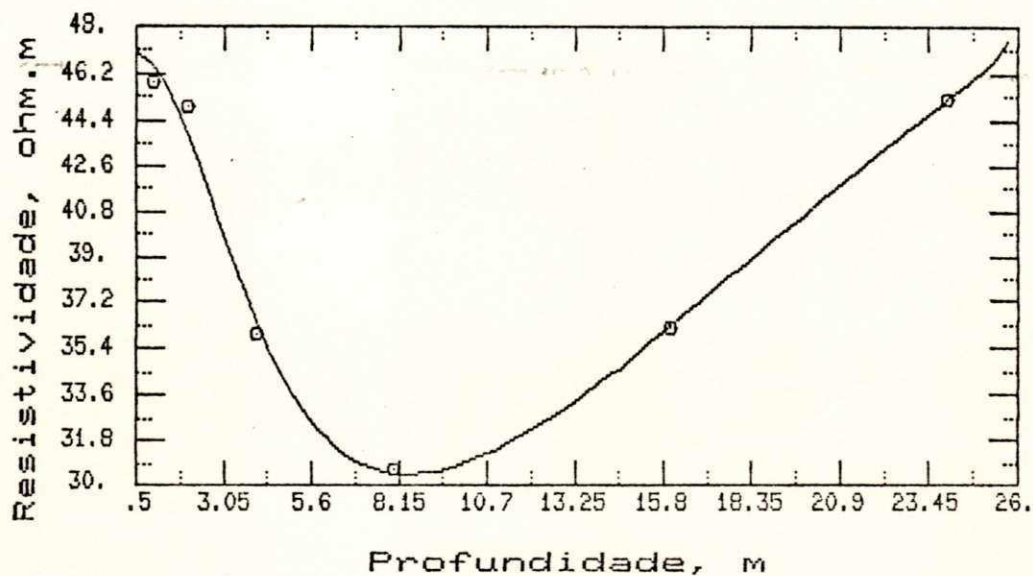


Fig. 5.4 - Otimização dos Parâmetros de Três Camadas para a SE Cabrobó - CHESF.

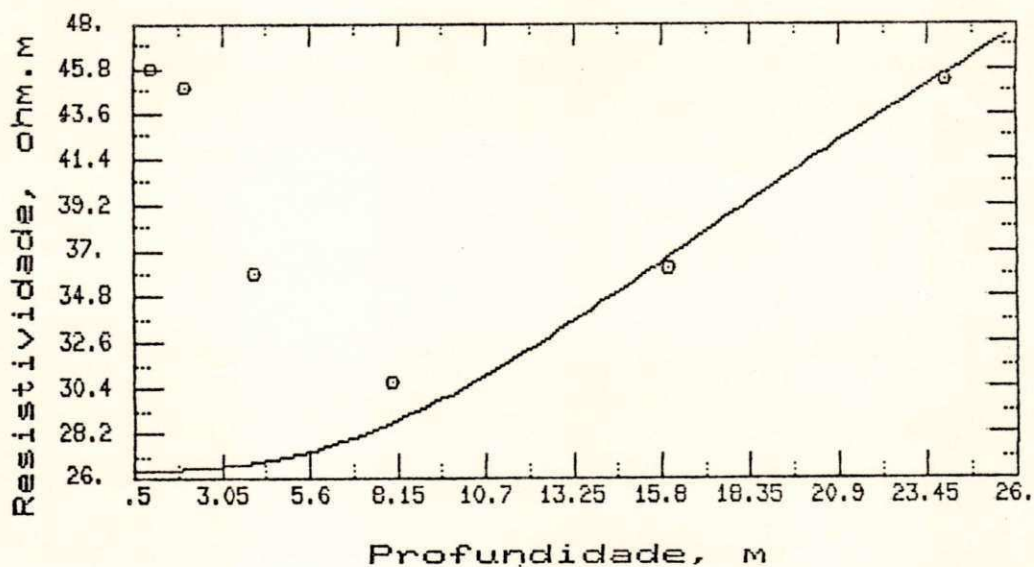


Fig. 5.5 - Equivalente de Duas Camadas Usando a Fórmula de Hummel.

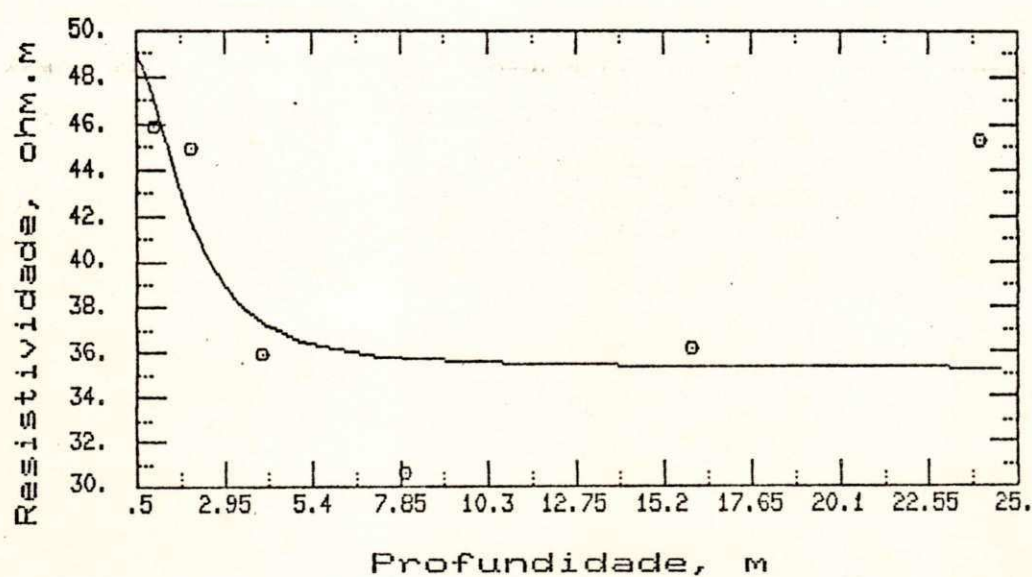


Fig. 5.6 - Gráfico da Curva Característica de Duas Camadas para o Solo da SE Cabrobó-CHESEF.

SE MAISA-RIO GRANDE DO NORTE

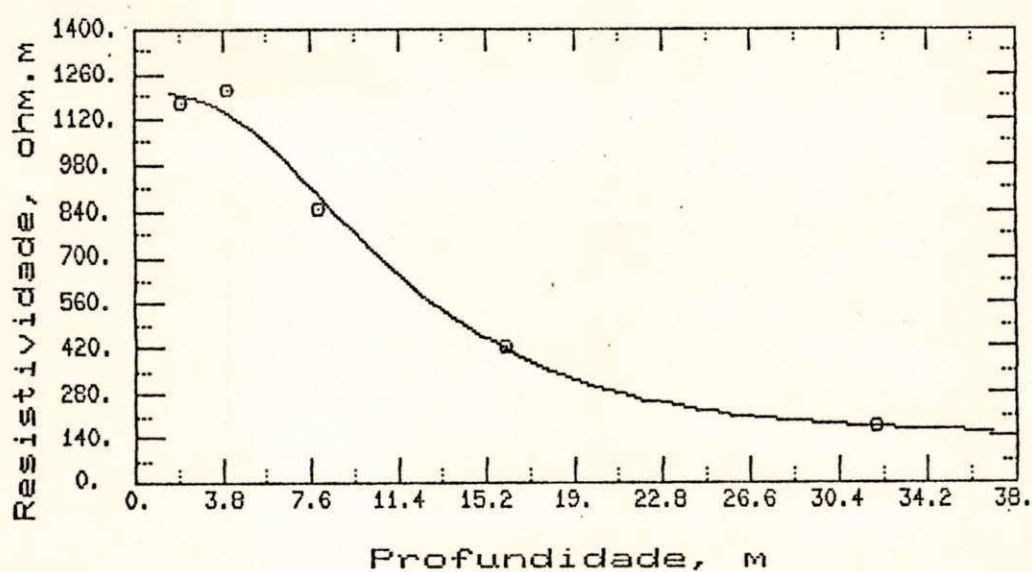


Fig. 5.7 - Gráfico da Curva Característica de Duas Camadas para o Solo da SE Maisa-COSERN.

5.5 - RESULTADO DAS ESTRATIFICAÇÕES DOS DADOS COLETADOS

Segundo observação gráfica de todos os conjuntos de dados estudados, usando a curva que interpola a média dos pontos medidos, os solos foram classificados quanto ao número de camadas como sendo de duas (curva monotônica), de três (curva com ponto de máximo ou mínimo) e de quatro camadas (com ponto de máximo e mínimo); tudo conforme item 4.8. Os resultados estão na tabela 5.1.

Utilizando o programa TERRA com o critério estatístico dos cinco pontos, foram feitas estratificações de todos os 137 solos disponíveis. Os valores finais dos parâmetros encontrados em cada estratificação, juntamente com as medidas conseguidas nas empresas estão no apêndice 2.

Após a utilização do programa, uma nova classificação dos solos, segundo a estratificação final escolhida, é feita e apresentada na tabela 5.1.

Tabela 5.1

Distribuição dos Solos Quanto ao Número de Camadas

Número de Camadas	DUAS		TRÊS		QUATRO		TOTAL	
Classificação do Solo segundo observação gráfica	74	54,0%	54	39,4%	9	6,6%	137	100%
Estratificação final escolhida	103	75,2%	31	22,6%	3	2,2%	137	100%

A diferença entre os resultados dos dois tipos de classificação dos solos mostrados na tabela 5.1, deve-se basicamente aos seguintes motivos:

a) Número de profundidades insuficientes para modelagem em três ou quatro camadas em relação ao número de parâmetros exigidos para cada caso.

b) Vários solos quando estratificados em três ou quatro camadas, conforme orientação gráfica, apresentavam erros entre os valores de resistividade calculados e medidos, muito próximos dos erros encontrados quando os mesmos solos eram estratificados em duas camadas. Nestes casos esta última passou a ser a estratificação final escolhida, pois fornece o modelo mais simples.

c) Dificuldade do programa em fornecer uma boa estimativa inicial, quando algum trecho da curva característica do modelo de três ou quatro camadas tem inclinação muito acentuada.

5.6 - DETERMINAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO PARA OS SOLOS

Os modelos matemáticos que pretendem representar os solos em estudo, são funções de parâmetros específicos, que são as resistividades e espessuras das camadas. Para se afirmar que o solo é representado por determinado modelo, é necessário se fazer a validação do mesmo. Precisa-se portanto definir critérios para isto. Neste trabalho foram usadas duas

formas diferentes para determinação de dois tipos de faixa aceitável de resistividade em cada profundidade.

A primeira é definida pelos limites de $\pm 30\%$ em relação a média das medições em cada profundidade. Esta definição de algum modo foi inspirada numa recomendação do IEEE-80(1986) para classificação de solo uniforme, onde isto acontece quando o afastamento entre os valores máximo e mínimo dos dados de campo em profundidades diferentes, for menor do que 30%; neste caso a resistividade representativa deste solo pode ser a média dos diferentes valores.

A segunda forma de determinar a outra faixa aceitável é definida pelos valores de resistividade compreendidos entre os limites inferior e superior, conforme as eqs. 2.7 e 2.8, que são baseadas nos quartis e intervalo interquartil.

São considerados válidos os modelos em que todos os valores de resistividade calculados para cada profundidade estejam dentro da respectiva faixa aceitável.

Partindo deste princípio pode-se encontrar para solos com características de três ou quatro camadas, modelos de duas camadas válidos segundo os critérios acima estabelecidos. Assim sendo todos os 137 conjunto de dados foram estratificados em duas camadas.

Os resultados destas estratificações foram submetidos aos dois critérios de validação do modelo aqui estabelecido. Verificou-se que 23 solos (16,8%) não foram considerados válidos segundo o critério do afastamento máximo

de 30%; o mesmo acontecendo para 13 solos (9,5%) quando foi usado o critério baseado nos quartis.

Estes resultados comprovam a existência de solos que devem ser estratificados usando modelos a partir de três camadas.

5.7 - MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO MODELO DE DUAS CAMADAS

Como foi dito na introdução deste Capítulo, a maioria dos métodos de cálculo de malha de terra disponíveis atualmente, foram concebidos para solos modelados em duas camadas. Por outro lado os métodos de estratificação usuais têm a tendência de estratificar o solo em várias camadas, uma vez que guiam-se por uma curva "pseudo-característica" gerada por simples interpolação dos pontos amostrais, como foi discutido no Capítulo IV. Para compatibilizar as duas metodologias, a de estratificação e a de cálculo da malha, o solo originalmente estratificado em várias camadas é reduzido à duas .

Esta modelagem em duas camadas pode ser feita de duas maneiras . A primeira é através da fórmula de *Hummel* (*Tag*, 1964), que será descrita no parágrafo seguinte. A segunda é a determinação direta do melhor modelo de duas camadas utilizando-se a técnica de otimização apresentada no Capítulo IV.

Considerando o solo de n camadas do Capítulo III, Fig. 3.1, as $n-1$ primeiras camadas podem ser reduzidas a

apenas uma através da seguinte fórmula:

$$\frac{d_1 + d_2 + \dots + d_{n-1}}{\rho_{eq(n-1)}} = \frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d_2}{\rho_2} + \dots + \frac{d_{n-1}}{\rho_{n-1}}$$

Um dos resultados esperados deste trabalho é a constatação da superioridade da estratificação direta em duas camadas, usando técnica de otimização, sobre a redução de *Hummel*. Por isto ambas foram aplicadas para todos os solos cuja estratificação escolhida foi de três ou quatro.

Constatou-se que em todos os casos a modelagem direta do solo em duas camadas apresentou menor erro, caracterizando-se assim, como a melhor forma de se encontrar o modelo de duas camadas, para solos originalmente estratificáveis em três ou quatro camadas.

É mostrado na tabela 5.2 dois exemplos desta comparação.

Tabela 5.2

Comparação entre a Redução ao Modelo de Duas Camadas pela Fórmula de *Hummel* e Ajuste Direto.

Arquivo de Dados	TE	ρ_1 $\Omega.m$	d_1 m	ρ_2 $\Omega.m$	d_2 m	ρ_3 $\Omega.m$	Erro Global	Erro Médio
SE MESSEJANA COELCE	EO	340,7	2,3	1384,6	2,2	138,4	2,8%	6,2%
	OD	453,9	10,1	119,9	—	—	11,5%	13,2%
	FH	539,6	4,5	138,4	—	—	45,7%	27,1%
SE MASCOTE COELBA	EO	195,0	3,5	696,6	13,6	115,6	0,0%	0,0%
	OD	156,3	1,4	379,4	—	—	3,9%	7,7%
	FH	454,9	17,1	115,6	—	—	221,0%	52,8%

TE - Tipo de Estratificação

EO - Estratificação Original

OD - Otimização Direta

FH - Fórmula de *Hummel*

5.8 - DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS EM CLASSES DE RESISTIVIDADE

Como apenas o modelo de duas camadas é usado no cálculo dos potenciais na superfície do solo, na maioria dos métodos usados atualmente, foi considerado também este tipo de modelo para todos os conjuntos de dados. Com estes resultados

é feita a distribuição da frequência dos parâmetros de resistividade (ρ_1, ρ_2) por faixa de variação, que é mostrada na tabela 5.3.

Tabela 5.3

Distribuição dos Valores das Camadas Superficial(ρ_1) e Infinita(ρ_2) por Faixa de Resistividade.

Classes de Resistividades $\Omega.m$	Primeira Camada ou Superficial - ρ_1			Segunda Camada ou Infinita - ρ_2		
	Num.	Percentual %	Distrib Acumul. %	Num.	Percentual %	Distrib Acumul. %
0 - 100	31	22,63	22,63	43	31,39	31,39
100 - 200	25	18,25	40,88	24	17,52	48,91
200 - 300	14	10,22	51,09	13	9,49	58,39
300 - 400	13	9,49	60,58	6	4,38	62,77
400 - 500	14	10,22	70,80	10	7,30	70,07
500 - 600	7	5,11	75,91	4	2,92	72,99
600 - 700	3	2,19	78,10	4	2,92	75,91
700 - 800	1	0,73	78,83	4	2,92	78,83
800 - 900	8	5,84	84,67	4	2,92	81,75
900 - 1000	2	1,46	86,13	2	1,46	83,21
1000 - 1500	5	3,65	89,78	8	5,84	89,05
1500 - 2000	2	1,46	91,24	5	3,65	92,70
2000 - 3000	5	3,65	94,89	4	2,92	95,62
3000 - 5000	3	2,19	97,08	4	2,92	98,54
5000 - 10000	4	2,92	100,00	2	1,46	100,00

Os resultados apresentados na tabela 5.3 indicam uma predominância dos valores de resistividade dos solos pesquisados estarem abaixo de 600 $\Omega.m$; para a camada superficial 75,91% e para a segunda camada (infinita) 72,99%.

Para melhor visualização dos resultados, as distribuições de frequência são apresentadas em forma de histograma através das Figs. 5.8 e 5.9.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 - CONCLUSÕES

Foi verificado neste trabalho e através de pesquisa bibliográfica, que nenhum método garante uma otimização dos parâmetros do solo que leve a função erro para o mínimo absoluto, independentemente da estimativa inicial. Sendo assim necessário, nesta dissertação, a elaboração de um método para fornecer os parâmetros iniciais, que já estejam próximos da solução, conforme descrito no Capítulo V.

Quando se está otimizando um modelo de duas camadas, a técnica "Least-Pth" usada no programa TERRA, quase sempre converge para um único modelo matemático que representa aquele solo. O mesmo não acontece quando trata-se de modelagem de três e quatro camadas, porque aumenta o número de parâmetros a serem otimizados, resultando em mais de um modelo matemático que possa representar aquele conjunto de medições.

Analisando os dados do Apêndice 2, verifica-se realmente que há dispersão entre eles e em alguns casos com

pontos extremos bastante afastados, justificando assim a necessidade de se fazer depuração nos mesmos e usar medidas resistentes de posição conforme explicado no Capítulo II.

Através da comparação entre os dois critérios de depuração das medidas de campo, contidas no programa, conclui-se que existe diferença significativa na aplicação dos mesmos. O método do afastamento a mais 50% em relação a média é mais rigoroso do que o método dos cinco pontos (Tukey, 1977). O primeiro chega a eliminar mais pontos do que o segundo em 73,7% dos casos.

Conforme foi verificado no Capítulo V, nos casos de estratificação em três e quatro camadas, a redução para duas, utilizando a fórmula de Hummel, apresentou em todos os casos, erro global mais elevado do que a otimização direta de um modelo de duas camadas. Podemos assim concluir que, este segundo procedimento é o mais adequado, quando é necessário a utilização de um modelo de duas camadas para o solo em estudo.

Do conjunto de estratificações feitas, observa-se que a maioria dos solos apresentam resistividades abaixo de 600 Ω .m., como verifica-se em 75,81% para a Camada Superficial(ρ_1) e 72,98% para a Segunda Camada(ρ_2). Isto quando todos os solos são modelados em duas camadas

Foi comprovada a existência de solos que devem ser

estratificados usando modelos a partir de três camadas. Pois o modelo de duas camadas não foi considerado válido em 23 solos(18,16%), segundo o critério do afastamento máximo de 30%; o mesmo acontecendo para 13 solos(9,5%) quando foi usado o critério baseado nos quartis.

Concluimos também que há necessidade de se desenvolver rotina computacional para calcular os potenciais na superfície , usando o melhor modelo do solo em estudo. Pois a maioria dos métodos atuais de cálculo de malha usam o modelo simplificado de duas camadas, que pode não ser válido.

Partindo da premissa de que os recursos destinados ao setor elétrico estão escassos e que a convivência com essa escassez exige otimização dos projetos e aumento da produtividade em geral, conclui-se que este trabalho colabora neste sentido, quando aborda a estratificação do solo através de métodos computacionais que são mais rápidos e precisos.

6.2 - RECOMENDAÇÕES DE ORDEM PRÁTICA

Para viabilizar melhor utilização dos resultados deste trabalho, recomenda-se que seja adotado o procedimento de se fazer medições de resistividade para mais profundidades, pelo menos sete. Da forma que é feito atualmente, na média cinco pontos, dificulta o processo de otimização seja qual for

o método utilizado. Estes pontos devem ser escolhidos de forma a se ter o conhecimento do solo em um espectro razoável, para não prejudicar a modelagem do mesmo.

6.3 - SUGESTÕES DE PESQUISAS

Os métodos atuais de cálculo de malhas de terra empregam o modelo de duas camadas apenas. A rotina de estratificação resultante desta dissertação vai além, e encontra modelos de duas, três ou quatro camadas. Sendo assim este trabalho incentiva o desenvolvimento de novos métodos mais sofisticados de cálculo de sistemas de aterramento, que representem o solo de modo realista. * Entre estas novas técnicas se destaca aquela que aplica o "método dos elementos finitos" (Cardoso, 1987, 1991). * Sugere-se então maiores incursões nesta técnica, utilizando-a na determinação da ordem de grandeza dos erros cometidos no cálculo dos potenciais, quando se utiliza o modelo mais simples de duas camadas.

* Este trabalho não fez maiores investimentos na técnica de otimização, preferindo a mais simples, que calcula as derivadas através da equação de diferença. Outras técnicas de otimização podem ser testadas em trabalhos futuros, no sentido de melhorar a eficiência do programa. * O método dos "mínimos quadrados modificados" desenvolvido por Power (Box, 1966) dispensa o cálculo das derivadas e pode ser

incluído no programa TERRA para comparação com o método agora empregado.*

Para a modelagem de solos em três e quatro camadas, recomenda-se a determinação de expressões matemáticas semelhantes a eq. 3.19, que é específica para o solo de duas camadas, e que possibilitem maior rapidez computacional no cálculo dos parâmetros desses solos.

Sugere-se ainda a elaboração de um roteiro que enfoque técnicas de medição e cálculo da resistividade do solo, quando este é formado também por camadas inclinadas e não só paralelas, como os modelos usualmente adotados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaby, P.R. & Dempster, M.A.H. Introduction to Optimization Methods. Chapman and Hall Ltda. London, 1974.
- ANSI/IEEE Std 80-1986. Guide for Safety in AC Substation Grounding. New York: IEEE, 1986.
- ANSI/IEEE Std 81-1983. Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System - Part I: Normal Measurements. New York: IEEE, 1983.
- Blattner, C.J. Study of Driven Ground Rods and Four Point Soil Resistivity Tests. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS - 101, No. 8, Aug 1982, pp 2837 - 2850.
- Box, M.J. A Comparison of Several Current Optimization Methods and the Use of Transformations in Constrained Problems, Computer Journal, No. 1, pp 67, 1966.
- Bussab, W.O. & Morettin, P.A. Métodos Quantitativos - Estatística Básica. São Paulo: Atual, 1987.
- Cardoso, J.R., Ribeiro, F.S. & Gambirasio, G. O Método dos Elementos Finitos no Modelamento de Sistemas de Aterramento em Solos de Múltiplas Camadas. IX SNPTEE, Grupo VIII, Belo Horizonte: 1987.
- Cardoso, J.R., Ground-3D: Um Sistema CAD/CAE para Análise de Sistemas de Aterramento. XI SNPTEE, Grupo VIII, Rio de Janeiro: 1991.
- Cline, A.K. Scalar - and Planar - Valued Curve Fitting Using Splines Under Tension. Communications of ACM. Vol 17, No 4, April 1974.

COBEI/ABNT. Curso de Aterramento em Sistemas de Potência. Salvador: COBEI/ABNT, 1985.

Daniels, R.W. An Introduction to Numerical Methods and Optimization Techniques. Elsevier North-Holland, Inc. New York, 1978.

•Duarte, M.S. Comportamento Elétrico do Solo. Recife: Copperico, 1983.

Gerald, C.F. Applied Numerical Analysis. Addison-Wesley Publishing Co. Inc. Massachusetts, 1978.

Gottfried, B.S. & Weisman, J. Introduction to Optimization Theory, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1973.

GTA/ELETROBRÁS. Primeiro Relatório para Debate pelas Concessionárias de Energia Elétrica. Rio de Janeiro: Setembro 1987.

Hamming, R.W. Numerical Methods for Scientists and Engineers, Mc Graw-Hill, New York, 1973.

•Leon, J.A.M. Sistemas de Aterramento. São Paulo: Erico do Brasil, 1980.

Lima, D.X.C. Curso de Aterramento. Recife: 1981.

Liou, M.L. Spline Fit Made Easy, IEEE Transaction on Computers, pp. 522-527, May 1976.

Meliopoulos, A.P., Papalexopoulos, A.D., Webb, R.P. & Blattner, C.J. Estimation of Soil Parameters from Driven Rod Measurements. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems Vol. PAS-103, No 9, Sept 1984, pp 2579-2587

Polar, E. Computational Methods in Optimization, Academic Press, New York, 1971.

Schwarz, S.J. Analytical Expressions for the Resistance of Grounding Systems. AIIE Transactions, Vol 73, parte III-B, 1954, pp 1011-1016.

• Souza, B.A. Sistemas de Aterramento. Campina Grande: CCT/UFPb, 1985.

Sunde, E.D. Earth Conduction Effects in Transmission System New York: McMillan, 1968.

Tagg, G. F. Earth Resistances . New York: Pitman, 1964.

Tukey, J.W. Exploratory Data Analysis. Massachusetts: Addison Wesley, 1977.

Watson, G.N. A Treatise on the Theory of Bessel Functions . Cambridge: University Press, 1966.

APÊNDICE 1

SOLUÇÃO DA INTEGRAL USADA
NO MODELO DE DUAS CAMADAS

$$M(r, \rho) = r \int_0^{\infty} \frac{1 - \mu e^{-2d\lambda}}{1 + \mu e^{-2d\lambda}} J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1)$$

Sabe-se que

$$\frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4 - x^5 + \dots = \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m x^m = \sum_{m=0}^{\infty} (-x)^m$$

então

$$\frac{1}{1 + \mu e^{-a\lambda}} = \sum_{m=0}^{\infty} (-\mu e^{-a\lambda})^m = \sum_{m=0}^{\infty} (-\mu)^m e^{-ma\lambda} \quad (2)$$

De WATSON(1966) temos que:

$$\int_0^{\infty} e^{-at} J_0(bt) dt = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (3.a)$$

$$\int_0^{\infty} J_0(bt) dt = \frac{1}{b} \quad (3.b)$$

Fazendo $a = 2d$ e $b = r$ e substituindo na eq. 1, temos

$$M = b \int_0^{\infty} \frac{1 - \mu e^{-a\lambda} + \mu e^{-a\lambda} - \mu e^{-a\lambda}}{1 + \mu e^{-a\lambda}} J_0(b\lambda) d\lambda$$

$$M = b \int_0^{\infty} \left[1 - \frac{2\mu e^{-a\lambda}}{1 + \mu e^{-a\lambda}} \right] J_0(b\lambda) d\lambda$$

$$M = b \int_0^{\infty} J_0(b\lambda) d\lambda - 2b \int_0^{\infty} \mu e^{-a\lambda} \frac{1}{1 + \mu e^{-a\lambda}} J_0(b\lambda) d\lambda$$

Usando as eqs. 2 e 3.b

$$M = b \cdot \frac{1}{b} + 2b \int_0^{\infty} (-\mu) e^{-a\lambda} \left[\sum_{m=0}^{\infty} (-\mu)^m e^{-ma\lambda} \right] J_0(b\lambda) d\lambda$$

$$M = 1 + 2b \int_0^{\infty} \left[\sum_{m=0}^{\infty} (-\mu)^{m+1} e^{-(m+1)a\lambda} \right] J_0(b\lambda) d\lambda$$

$$M = 1 + 2b \sum_{m=0}^{\infty} (-\mu)^{m+1} \int_0^{\infty} e^{-(m+1)a\lambda} J_0(b\lambda) d\lambda$$

$$M = 1 + 2b \sum_{m=0}^{\infty} (-\mu)^{m+1} \frac{1}{\sqrt{(m+1)^2 a^2 + b^2}}$$

Fazendo $m+1 = n$ e rearrumando

$$M = 1 + 2b \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{b^2 \left(\frac{n^2 a^2}{b^2} + 1 \right)}} = 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{1 + \left(\frac{na}{b} \right)^2}}$$

Substituindo $a = 2d$ e $b = r$

$$M(r, \mu) = \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\mu)^n}{\sqrt{1 + \left(\frac{2nd}{r} \right)^2}} \right]$$

APÊNDICE 2

DADOS DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO DO NORDESTE
E SUAS RESPECTIVAS ESTRATIFICAÇÕES PELO PROGRAMA TERRA

LEGENDA

* - Dado discrepante que nao foi usado no calculo da media.
0.0 - Valor nao medido neste ponto a esta profundidade.

CHESF

SE ACU - RIO GRANDE DO NORTE - CHESF

Parametro:	Estratificacao em		Tres Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	534.3	2.2	130.2	32.7	5.2
Erro Medio:	1.54E-04				
	4.11E-03				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.5E-03	443.0	441.9	204.8	212.4	847.0	187.2	414.7	351.9
				551.7	199.8	716.3	388.3	929.9	299.1
4.0	5.5E-03	278.4	280.0	273.9	175.9	0.0	88.0	301.6	211.1
				477.5	268.9	537.8	299.1	1508.0*	165.9
8.0	-8.3E-03	159.0	157.7	246.3	70.4	0.0	35.2	206.1	55.3
				201.1	216.1	165.9	196.0	281.5	60.3
16.0	6.8E-03	127.1	127.9	120.6	100.5	0.0	30.2	281.5	10.1
				100.5	90.5	100.5	170.9	351.9	50.3
32.0	-1.4E-03	95.6	95.5	120.6	603.2*	0.0	60.3	402.1*	0.0
				140.7	80.4	20.1	80.4	100.5	160.8
64.0	7.9E-05	40.2	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				40.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

SE CABROBO - PERNAMBUCO - CHESF

Parametro:	Estratificacao em		Tres Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	47.1	2.5	23.9	10.3	101.9
Erro Medio:	9.88E-04				
	9.88E-03				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-1.5E-02	46.5	45.8	53.4	18.2	32.7	46.5	109.3	27.6
				23.9	72.9	829.4*	27.6		
2.0	2.4E-02	43.8	44.9	60.3	33.9	55.3	51.5	56.5	47.8
				23.9	57.8	31.4	30.2		
4.0	-1.2E-02	36.4	35.9	47.8	22.6	52.8	42.7	30.2	57.8
				17.6	25.1	37.7	25.1		
8.0	5.0E-03	30.5	30.7	30.2	25.1	45.2	40.2	25.1	35.2
				25.1	25.1	35.2	20.1		
16.0	-2.3E-03	36.3	36.2	40.2	30.2	40.2	40.2	40.2	40.2
				30.2	30.2	40.2	30.2		
24.0	8.2E-04	45.2	45.2	45.2	45.2	60.3*	0.0	0.0	0.0
				0.0	30.2*	45.2	45.2		

SE COREMAS - PARAIBA - CHESF

Parametro:	Estratificacao em		Duas Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	93.3	12.6	1378.7	
Erro Medio:	3.39E-02			
	6.50E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-1.4E-01	93.3	82.1	45.2	122.5	49.0	56.5	155.8	113.1
				33.3	51.5	81.7	105.6	147.0	23.9
2.0	6.8E-02	93.5	100.3	65.3	147.0	109.3	94.2	74.1	123.2
				50.3	59.1	104.3	135.7	193.5	47.8
4.0	7.1E-02	95.3	102.6	65.3	150.8	128.2	138.2	70.4	90.5
				72.9	60.3	103.0	95.5	201.1	55.3
8.0	6.2E-02	106.9	113.9	70.4	140.7	105.6	135.7	70.4	95.5
				100.5	85.5	150.8	115.6	216.1	80.4
16.0	-4.2E-02	155.4	149.1	80.4	110.6	90.5	110.6	100.5	231.2
				160.8	160.8	191.0	181.0	201.1	170.9
32.0	1.1E-02	271.7	274.8	160.8	0.0	181.0	160.8	0.0	241.3
				301.6	0.0	321.7	321.7	422.2	361.9

SE CAMPINA GRANDE - PARAIBA - CHESF

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 178.9 0.3 50.3 5.1 146.6
 Erro global: 2.66E-02
 Erro Medio: 6.75E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	6.6E-02	60.6	64.9	148.9 19.5 23.9	70.4 44.0	224.3* 47.1	155.2 101.8	44.0 20.1	17.0 86.7
2.0	-2.4E-02	53.0	51.8	77.9 28.9 35.2	27.6 52.8	168.4* 51.5	154.6* 100.5	56.5 39.0	30.2 69.1
4.0	1.0E-01	56.8	63.2	72.9 40.2 47.8	22.6 75.4	103.0 72.9	103.0 55.3	70.4 67.9	42.7 47.8
8.0	6.8E-02	72.2	77.5	80.4 65.3 75.4	25.1* 80.4	85.5 95.5	65.3 60.3	90.5 115.6	50.3 65.3
16.0	-5.4E-02	98.2	93.2	80.4 90.5 90.5	10.1* 120.6	80.4 100.5	100.5 80.4	90.5 160.8*	80.4 110.6
32.0	9.2E-02	118.6	130.7	0.0 0.0 120.6	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 80.4	0.0 181.0	0.0 140.7

SE IRECE - BAHIA - CHESF

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 13.1 1.0 93.5
 Erro global: 6.83E-02
 Erro Medio: 8.73E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-1.5E-02	17.3	17.0	17.6 11.3 20.7	18.8 15.1 17.6	21.4 27.6 13.8	14.5 40.8* 15.1	12.6 14.5 18.8	17.6 17.0 13.2
2.0	1.1E-01	26.8	30.2	15.7 30.2 15.1	23.9 28.9 25.1	39.6* 41.5 45.2	13.2 22.6 56.5	27.6 17.6 28.9	26.4 31.4 17.6
4.0	-5.5E-03	42.6	42.4	31.4 22.6 45.2	37.7 42.7 40.2	23.9 49.0 55.3	26.4 16.3 30.2	28.9 47.8 22.6	17.6 42.7 67.9
8.0	-9.6E-02	61.1	55.7	42.7 30.2 85.5	52.8 70.4 50.3	27.6 52.8 85.5	45.2 25.1 35.2	45.2 60.3 35.2	17.6 75.4 80.4
16.0	-1.1E-01	77.2	69.5	50.3 30.2 100.5	75.4 85.5 90.5	35.2 40.2 90.5	65.3 40.2 30.2	90.5 120.6 40.2	15.1 20.1 120.6
32.0	1.8E-01	87.2	106.9	70.4 30.2 181.0	90.5 100.5 120.6	40.2 20.1 140.7	80.4 50.3 60.3	120.6 201.1 80.4	20.1 201.1 181.0
				20.1 100.5 40.2	80.4 160.8 140.7	140.7 60.3 40.2	40.2 120.6 100.5	80.4 201.1	181.0 20.1

SE MESSIAS - ALAGOAS - CHESF

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 217.9 1.2 638.0 128.2 4.3
 Erro global: 4.45E-03
 Erro Medio: 2.03E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-4.7E-03	250.7	249.5	166.5	211.7	211.7	205.5	238.1	238.1
				239.4	233.7	335.5	429.8	330.5	172.8
				172.8	108.7	248.8	166.5	372.0	409.7
2.0	2.1E-02	330.3	337.3	255.1	356.9	277.7	333.0	346.8	407.2
				228.7	223.7	477.5	511.5	407.2	346.8
				230.0	179.7	273.9	218.7	473.8	522.8
4.0	-1.4E-02	446.2	440.1	417.2	542.9	449.9	404.6	439.8	462.4
				281.5	289.0	557.9	470.0	505.2	379.5
				397.1	279.0	535.3	344.3	515.2	650.9
8.0	-1.6E-02	545.8	537.0	583.1	603.2	497.6	573.0	341.8	563.0
				377.0	442.3	568.0	512.7	552.9	603.2
				482.5	452.4	613.2	537.8	668.5	693.7
16.0	4.0E-03	603.1	605.6	693.7	623.3	633.3	532.8	613.2	623.3
				563.0	512.7	593.1	603.2	542.9	532.8
				623.3	563.0	703.7	613.2	723.8	784.1*
32.0	2.2E-02	621.8	635.9	643.4	683.6	603.2	502.7*	663.5	663.5
				643.4	643.4	563.0	603.2	482.5*	623.3
				663.5	563.0	623.3	703.7	643.4	643.4
64.0	-6.0E-02	596.8	563.0	522.8	643.4	563.0	643.4	563.0	603.2
				603.2	603.2	522.8	442.3	522.8	522.8
				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

SE RIBEIRAO - PERNAMBUCO - CHESF
Estratificacao em Duas Camadas
Parametro: rou1 d1 rou2
Valores Finais: 402.1 0.6 3308.8
Erro global: 2.77E-02
Erro Medio: 5.19E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-1.5E-02	783.8	772.0	659.7	1614.8	431.7	1885.0*	2940.5*	854.5
				716.3	672.3	785.4	772.8	873.4	1124.7
				634.6	760.3	754.0	165.2	534.7	330.5
2.0	9.7E-02	1282.9	1420.7	1438.9	2086.0	1054.3	3568.9*	3015.9	1822.1
				1432.6	1245.3	1319.5	1281.8	1357.2	1972.9
				1256.6	1187.5	1332.0	575.5	502.7	436.1
4.0	-5.4E-02	1921.5	1822.3	2337.4	2764.6	1794.5	2990.8	3041.1	2163.9
				439.8	1683.9	1935.2	1817.1	1505.5	2915.4
				1867.4	1595.9	1731.6	877.1	625.8	608.2
8.0	-7.0E-02	2545.1	2378.4	2334.8	3694.5	2865.1	3398.0	3000.9	2845.0
				2508.3	2447.9	2251.9	2669.1	1905.1	3161.7
				2116.2	2156.4	2251.9	1070.7	970.1	940.0
16.0	-3.9E-03	2984.6	2973.1	1809.6	3991.1	3227.1	4272.6	4021.2	3126.5
				3217.0	2744.5	3387.9	2694.2	2412.7	3639.2
				3599.0	2925.5	3217.0	1588.4	1729.1	1628.6
32.0	9.7E-02	3200.5	3546.1	1930.2	3820.2	4443.5	4423.4	3116.5	3538.7
				3076.3	4282.6	3659.3	3599.0	3418.1	4061.5
				4262.5	4021.2	2814.9	2533.4	3196.9	2453.0
64.0	-2.5E-02	3277.2	3196.9	2694.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				0.0	3217.0	0.0	3176.8	0.0	0.0
				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

SE ITAPARICA - BAHIA - CHESF
Estratificacao em Duas Camadas
Parametro: rou1 d1 rou2
Valores Finais: 13.4 2.3 419.9
Erro global: 2.81E-03
Erro Medio: 1.67E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-8.1E-03	14.2	14.1	14.1	18.7	16.0	20.4	15.4	15.9
				14.3	15.4	9.5	16.8	13.0	11.9
				10.7	13.2	7.9	30.1*	17.0	11.2
2.0	1.1E-02	17.8	18.0	11.9	33.8*				
				15.3	22.1	19.6	25.6	19.6	16.6
				19.4	18.6	14.6	19.4	18.8	14.8
4.0	1.9E-02	30.0	30.6	15.5	16.8	17.5	41.8*	21.4	13.4
				14.7	41.3*				
				25.1	35.9	31.9	41.0	31.7	30.7
8.0	-2.3E-04	55.7	55.7	30.9	28.9	26.4	37.2	34.4	26.1
				29.7	30.9	33.2	65.3*	35.4	22.9
				18.3	69.4*				
16.0	-1.4E-02	99.6	98.2	47.8	56.8	60.8	62.8	58.8	51.8
				50.8	48.3	54.3	64.8	58.8	45.7
				60.3	55.8	56.3	89.0*	70.4	41.2
32.0	-3.5E-02	164.7	159.2	18.6*	115.1*				
				83.4	100.5	103.5	93.5	109.6	98.5
				83.4	70.4	109.6	118.6	104.6	69.4
64.0	2.9E-02	242.9	250.1	124.7	92.5	104.6	129.7	180.0*	73.4
				21.1*	205.1*				
				142.8	181.0	189.0	181.0	189.0	146.8
				110.6	118.6	203.1	158.8	132.7	130.7
				233.2	142.8	44.2	243.3	0.0	0.0
				34.2*	335.8*				
				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	237.3
				197.0*	0.0	0.0	273.4	241.3	0.0
				0.0	245.3	253.3	0.0	0.0	0.0
				0.0	0.0				

C R H A R

SE ALCANTARA - MARANHAO

Estratificacao em Duas Camadas

Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	138.5	5.6	12.1
Erro global:	1.59E-01		
Erro Medio:	1.61E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	2.9E-01	135.4	189.7	198.0	190.0	176.0	194.0	180.0	200.0
4.0	-1.0E-01	120.0	108.8	96.0	110.0	120.0	96.0	120.0	110.6
8.0	-1.6E-01	73.2	63.2	64.0	82.0*	62.0	60.0	62.0	68.0
16.0	1.9E-01	24.9	30.9	28.0	36.0	32.6	26.0	32.2	30.8
32.0	-6.0E-02	13.1	12.3	9.4	14.2	13.4	9.8	14.2	13.0

SE PINHEIRO - MARANHAO

Estratificacao em Duas Camadas

Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	278.6	1.6	26.1
Erro global:	4.18E-02		
Erro Medio:	8.80E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.3E-02	171.4	167.6	226.2	263.9	216.1	62.8	113.1	123.2
4.0	5.1E-02	65.2	68.7	88.0	113.1	130.7	20.1	35.2	25.1
8.0	-1.3E-01	29.6	26.1	30.2	30.2	25.1	24.1	55.3*	21.1
16.0	1.5E-01	26.6	31.2	28.1	48.3	10.1	62.3	18.1	20.1

SE GODOFREDO VIANA - MARANHAO

Estratificacao em Duas Camadas

Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	341.1	8.1	6.2
Erro global:	3.95E-01		
Erro Medio:	2.25E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.7E-01	337.9	538.3	440.0	600.0	540.0	530.0	600.0	520.0
4.0	8.8E-02	319.5	350.3	258.0	374.0	402.0	408.0	340.0	320.0
8.0	-1.6E-01	238.2	206.0	150.0*	220.0	200.0	206.0	192.0	212.0
16.0	-1.9E-01	87.0	73.0	65.0	72.0	68.0	85.0	70.0	78.0
32.0	4.1E-01	12.5	21.3	21.6	21.0	20.5	22.4	20.0	22.0
64.0	-1.3E-01	7.1	6.3	540.0*	7.0	6.5	6.3	5.5	6.0

SE BACABEIRA - MARANHAO

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	506.0	4.5	52.0
Erro Medio:	4.41E-02		8.50E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-6.1E-02	484.8	456.8	402.1	511.5				
4.0	1.9E-02	397.1	404.6	394.6	414.7				
8.0	1.1E-01	202.8	228.7	241.3	216.1				
16.0	-1.3E-01	73.8	65.3	90.5	40.2				
32.0	1.0E-01	54.1	60.3	80.4	40.2				

SE FORQUILHA - MARANHAO

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	800.2	2.8	19.8
Erro Medio:	1.47E-01		1.58E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	4.0E-02	674.0	702.0	710.0	407.0*	700.0	710.0	720.0	670.0
4.0	-1.7E-01	369.2	315.3	342.0	250.0	275.0	390.0	315.0	320.0
8.0	1.8E-01	79.5	96.8	98.0	78.0	80.0	97.0	108.0	120.0
16.0	-1.5E-01	22.4	19.5	16.0	0.0	17.0	17.0	28.0	46.0*
32.0	2.5E-01	23.3	31.0	0.0	60.0	0.0	25.0	8.0	0.0

SE GRAJAU - MARANHAO

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	495.1	4.0	62.2
Erro Medio:	2.28E-02		6.13E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	5.3E-02	469.0	495.0	800.0*	480.0	500.0	420.0	580.0	
4.0	-4.0E-02	370.1	356.0	420.0	360.0	320.0	380.0	300.0	
8.0	-3.3E-02	181.8	176.0	200.0	180.0	150.0	200.0	150.0	
16.0	1.1E-01	78.1	88.0	100.0	80.0	60.0	100.0	100.0	
32.0	-7.0E-02	64.2	60.0	60.0	40.0*	60.0	60.0	120.0*	

CEPISA

SE JOCKEY CLUB - CEPISA

Parametro:	Estratificacao em Tres Camadas				
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	450.7	0.3	13294.1	1.1	2302.3
Erro Medio:	1.13E-02				4.46E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.7E-02	2808.8	2735.2	2557.0	3431.0	1929.0	2513.0	3179.0	2802.0
4.0	5.2E-02	3595.2	3790.8	2752.0	5781.0	3443.0	2626.0	4524.0	3619.0
8.0	-1.2E-02	3366.9	3327.5	2222.0	3996.0	3493.0	2815.0	4524.0	2915.0
16.0	-8.8E-02	2674.0	2457.8	1860.0	2513.0	2589.0	2171.0	2689.0	2925.0

SE MARQUES DE PARANAGUA-CEPISA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 2754.4 1.8 722.9
 Erro global: 9.18E-03
 Erro Medio: 4.23E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.1E-02	2086.8	2063.8	641.0	3292.0	1495.0	2827.0		
4.0	3.1E-02	1237.0	1276.8	505.0	3041.0	757.0	804.0		
8.0	-6.9E-02	811.4	759.3	855.0	814.0	488.0	880.0		
16.0	5.8E-02	738.8	784.3	754.0	905.0	764.0	714.0		

SE MARAMBAIA - CEPISA - Estratificacao em Duas Camadas

Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 151.9 5.7 4.5
 Erro global: 1.35E-01
 Erro Medio: 1.40E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	2.6E-01	148.2	201.4	244.0	297.0	69.5	195.0		
4.0	-5.9E-02	129.8	122.5	123.5	197.0	69.5	100.0		
8.0	-1.9E-01	73.9	61.9	56.5	98.0	34.1	59.0		
16.0	1.5E-01	17.3	20.4	19.3	29.9	14.1	18.5		
32.0	-2.9E-02	5.1	4.9	6.3	4.8	3.0	5.6		

SE BOM LUGAR - CEPISA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 160.0 5.0 6.5
 Erro global: 1.30E-02
 Erro Medio: 4.64E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	8.1E-02	154.4	168.0	194.5	119.0	333.0*	137.0	209.5	180.0
4.0	-5.5E-02	129.2	122.5	147.0	105.5	150.0	78.0	149.0	105.5
8.0	-3.8E-02	65.1	62.7	57.0	98.0	74.0	38.6	59.0	49.5
16.0	4.1E-02	14.9	15.5	14.4	15.6	14.5	16.2	15.8	16.8
32.0	-1.6E-02	7.0	6.8	5.8	8.1	6.3	7.4	7.5	6.0

SE CAMURUPIM - CEPISA

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 262.7 0.2 1174.2 15.5 340.6
 Erro global: 1.25E-03
 Erro Medio: 1.39E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.1E-02	1014.0	993.6	682.2	1186.4	1038.1	1334.7	726.7	
4.0	5.1E-03	1110.4	1116.1	858.3	845.1	1320.5	1584.6	971.9	
8.0	6.1E-03	1113.6	1120.5	1120.5	916.7*	1120.5	1426.0*	1120.5	
16.0	-1.3E-02	957.5	945.6	1412.0*	857.3	907.7	1008.6	1008.6	
32.0	-2.5E-02	618.8	603.7	804.9	603.7	402.4	422.6	784.8	

COELCE

SE ACARAPE-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 41.4 8.1 421.7
 Erro global: 3.56E-02
 Erro Medio: 6.36E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.3E-01	41.8	48.1	20.2	12.4	116.1	65.6	52.7	21.4
4.0	-1.3E-01	44.3	39.1	16.1	13.8	57.8	56.3	64.8	25.9
8.0	2.7E-02	56.7	58.3	18.6	21.1	61.3	83.9	121.6	43.2
16.0	1.9E-02	92.5	94.3	43.2	46.2	96.5	117.6	185.0	77.4
32.0	-9.6E-03	154.3	152.8	106.6	122.6	199.1	189.0	197.0	102.5

SE ARARIPE-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 1285.2 0.6 34.6
 Erro global: 2.16E-04
 Erro Medio: 6.06E-03

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	9.4E-04	101.3	101.4	49.0	248.2	22.0	49.6	138.2	
4.0	-8.8E-03	37.9	37.5	28.9	61.6	20.1	30.7	46.5	
8.0	1.1E-02	40.9	41.3	45.2	79.4	19.1	21.1	41.7	
16.0	-3.2E-03	67.0	66.8	90.5	80.4	42.2	65.3	55.3	

SE BONSUCESSO-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 474.1 15.3 0.0
 Erro global: 2.31E-03
 Erro Medio: 1.98E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.2E-03	473.4	471.9	232.5	399.6	578.1	590.6	540.4	490.1
4.0	2.0E-02	468.8	478.4	258.9	364.4	686.1	703.7	447.4	409.7
8.0	4.1E-02	438.7	457.4	316.7	301.6	517.7	718.8	452.4	437.3
16.0	-1.5E-02	312.3	307.6	170.9	442.3	351.9	251.3	804.2*	321.7

SE CAMOCIM-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 1769.6 3.3 491.0
 Erro global: 5.14E-02
 Erro Medio: 8.01E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	4.4E-02	1651.1	1727.9	1445.1	5177.4*	1885.0	2224.3	1357.2	
4.0	-5.2E-02	1286.3	1222.5	997.8	1558.2	1332.0	1382.3	841.9	
8.0	-5.2E-03	763.0	759.0	658.5	728.9	754.0	894.7	507.7*	
16.0	1.8E-01	536.8	656.0	392.1*	613.2	703.7	693.7	613.2	
32.0	-1.2E-01	499.8	447.4	201.1	663.5	1146.1*	402.1	522.8	

SE CAUCAIA-COELCE

Estratificacao em Quatro Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3 d3 rou4
 Valores Finais: 260.8 1.1 625.8 3.4 151.5 26.7 20000.0
 Erro global: 5.56E-02
 Erro Medio: 8.24E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	4.1E-02	366.2	382.0	407.2	319.2	427.3	374.5	904.8*	
4.0	1.5E-01	418.0	490.1	578.1	427.3	377.0	434.8	633.3	
8.0	-3.2E-03	343.9	342.8	261.4	387.0	502.7	251.3	311.6	
16.0	-4.7E-02	228.0	217.8	110.6*	231.2	2010.6*	201.1	221.2	
32.0	1.7E-01	256.0	309.6	140.7	422.2	482.5	301.6	201.1	

SE COLUNA-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas			
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	580.9	5.4	56.3
Erro global:	3.46E-03		
Erro Medio:	2.38E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.1E-02	566.0	548.7	590.6	552.9	502.7			
4.0	4.8E-02	495.5	520.2	560.5	593.1	407.2			
8.0	-1.4E-02	294.0	289.9	311.6	286.5	271.4			
16.0	1.7E-03	103.0	103.2	106.6	100.5	102.5			

SE CRATEUS-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas			
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	829.6	14.4	15031.1
Erro global:	4.18E-02		
Erro Medio:	7.55E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	5.2E-02	831.3	877.1	1256.6	351.9	1445.1	502.7	829.4	
4.0	2.1E-03	842.7	844.5	1281.8	477.5	3267.3*	663.5	955.0	
8.0	-5.9E-02	918.6	867.1	1206.4	653.5	2865.1*	703.7	904.8	
16.0	1.9E-01	1272.8	1568.3	1709.0	1306.9	2010.6	1608.5	1206.4	

SE IGUATU-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas			
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	13.0	2.7	23.2
Erro global:	8.74E-03		
Erro Medio:	3.36E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.6E-02	13.7	13.9	12.6	11.3	15.7	16.3	13.8	
4.0	-5.0E-02	15.8	15.1	7.5	5.0	30.2	13.8	18.8	
8.0	7.2E-02	19.0	20.5	5.0*	65.3*	20.1	20.1	21.4	
16.0	-2.8E-02	21.5	20.9	14.1	15.1	25.1	25.1	25.1	
32.0	-2.0E-03	22.7	22.6	20.1	90.5*	30.2	20.1	20.1	

SE INHUCU-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas			
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	5234.0	6.7	996.1
Erro global:	4.84E-02		
Erro Medio:	8.34E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	9.9E-03	5173.7	5225.5	3166.7	2111.2	8432.1	5994.2	4900.9	6748.2
4.0	1.0E-01	4849.1	5411.9	4373.1	2890.3	6936.7	6710.5	5780.5	5780.5
8.0	-1.5E-01	3631.9	3161.7	3438.2	3146.6	2995.8	3277.3	2950.6	4252.5*
16.0	1.2E-01	1851.3	2101.1	2352.4	2432.9	1568.3	2483.1	1447.6	2322.3
32.0	-3.6E-02	1113.7	1075.3	1427.5	1407.4	832.4	1347.1	1035.5	402.1

SE JABUTI-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 73.4 23.8 68772.2
 Erro global: 4.50E-02
 Erro Medio: 8.23E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.4E-01	73.5	85.6	79.2	82.9	75.4	64.8	343.1*	125.7
4.0	-9.8E-02	73.7	67.1	63.8	60.3	52.8	42.5	85.5	98.0
8.0	-6.4E-02	75.7	71.2	60.3	70.4	51.8	55.3	94.5	95.0
16.0	-2.0E-03	88.2	88.1	100.5	100.5	89.5	79.4	70.4	170.9*
32.0	1.1E-01	140.2	156.8	148.8	172.9	148.8	132.7	60.3*	181.0

SE MASSAPE-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 126.8 3.0 438.6
 Erro global: 1.50E-02
 Erro Medio: 5.00E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	2.3E-02	138.5	141.7	148.3	128.2	209.9	80.4		
4.0	-6.3E-02	176.4	165.9	221.2	150.8	186.0	105.6		
8.0	2.7E-02	250.7	257.6	301.6	160.8	452.4	115.6		
16.0	8.3E-02	332.0	361.9	502.7	301.6	482.5	160.8		
32.0	-5.4E-02	392.0	372.0	281.5	301.6	703.7	201.1		

SE MONDUBIM-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 292.9 2.8 11.8
 Erro global: 4.85E-03
 Erro Medio: 3.09E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.7E-02	248.4	257.9	255.1	257.6	262.6	224.9	373.2*	289.0
4.0	-5.2E-02	140.0	133.1	99.0	122.9	152.1	137.7	202.1*	153.8
8.0	2.8E-02	34.9	35.9	27.6	23.1	26.1	26.6	67.9	44.2
16.0	-7.6E-03	13.0	12.9	15.1	15.1	11.1	11.1	14.1	11.1

SE MORADA NOVA-COELCE

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 1927.8 1.5 351.7 5.8 20000.0
 Erro global: 3.04E-01
 Erro Medio: 2.17E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-5.6E-02	1228.1	1162.4	829.4	1131.0	2513.3	175.9		
4.0	-1.6E-01	648.8	559.2	754.0	351.9	754.0	377.0		
8.0	2.3E-01	663.6	867.1	804.2	1256.6	904.8	502.7		
16.0	2.2E-01	1215.4	1558.2	1005.3	1608.5	2211.7	1407.4		
32.0	4.1E-01	2294.1	3920.7	4021.2	3619.1	6434.0	1608.5		

SE NOVA OLINDA-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 605.8 4.2 40000.0
 Erro global: 4.79E-01
 Erro Medio: 2.16E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	9.3E-03	653.6	659.7	754.0	565.5				
4.0	-6.3E-02	868.4	816.8	879.6	754.0				
8.0	-7.1E-02	1547.4	1445.1	1382.3	1508.0				
16.0	5.9E-01	2968.6	7288.5	10555.8	4021.2				
32.0	3.4E-01	5537.7	8444.6	10455.2	6434.0				

SE PAPICU-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 725.7 410.9 1347.1
 Erro global: 2.41E-01
 Erro Medio: 1.63E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-5.0E-02	725.7	691.2	1382.3	276.5	377.0	1256.6	628.3	427.3
4.0	9.8E-02	725.7	804.2	1382.3	477.5	477.5	1256.6	754.0	552.9
8.0	-1.4E-03	725.7	724.7	1005.3*	703.7	628.3	754.0	754.0	754.0
16.0	-2.8E-01	725.7	568.7	603.2	804.2	502.7	402.1	412.2	603.2
32.0	3.9E-01	725.8	1192.0	1306.9	1809.6	1206.4	804.2	904.8	1105.8

SE SENADOR POMPEU-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 20.8 11.7 97089.3
 Erro global: 5.39E-02
 Erro Medio: 9.00E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.8E-01	20.9	25.5	31.4	18.8	11.9	42.7	22.6	
4.0	-9.3E-02	21.5	19.7	20.1	11.3*	17.6	23.4	17.6	
8.0	-7.8E-02	25.1	23.3	22.6	11.1	32.7	34.2	16.1	
16.0	7.9E-02	40.2	43.6	38.2	24.1	60.3	65.3	30.2	
32.0	2.0E-02	78.4	80.0	68.4	50.3	100.5	100.5	80.4	

SE TAUAPE-COELCE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 596.6 9.9 100.6
 Erro global: 5.57E-03
 Erro Medio: 2.90E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-4.3E-02	596.2	571.8	421.0*	550.4	568.0	603.2	590.6	546.6
4.0	6.0E-02	581.7	618.8	683.6*	615.8	605.7	615.8	628.3	628.3
8.0	-1.3E-02	505.9	499.6	919.9*	372.0	442.3	563.0	552.9	568.0
16.0	9.2E-04	309.4	309.6	281.5	321.7	201.1	341.8	402.1	309.6

SE TIANGUA-COELCE

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 1049.2 3.6 2932.5 30.1 645.9
 Erro global: 6.27E-02
 Erro Medio: 8.70E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.9E-02	1102.5	1147.6	1595.9	1080.7	741.4	600.7	1719.1	
4.0	-7.3E-02	1302.0	1213.9	2412.7*	1583.4	1306.9	738.9	1226.5	
8.0	6.1E-02	1744.5	1858.2	3870.5*	2030.7	1869.9	965.1*	1673.8	
16.0	-3.6E-02	2196.0	2119.2	2915.4	2070.9	1759.3	1327.0	2523.3	
32.0	-2.3E-01	2225.9	1816.3	2312.2*	1829.7	1789.5	1286.8*	1829.7	

SE UMARITUBA-COELCE

Parametro:	Estratificacao em		Tres	Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Valores Finais:	222.0	1.9	26.9	7.6	97.3
Erro global:	8.28E-02				
Erro Medio:	1.06E-01				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.3E-02	159.8	156.2	94.2	213.6	144.5	100.5	213.6	175.9
4.0	4.7E-02	75.6	79.3	150.8	183.5	40.2	37.7	70.4	82.9
8.0	-2.3E-01	39.2	31.8	40.2	40.2	21.1	30.2	35.2	40.2
16.0	-1.1E-01	48.1	43.2	23.1	35.2	30.2	50.3	55.3	36.2
32.0	-1.2E-01	66.3	59.3	32.7	60.3	60.3	16.1*	72.4	54.3
				63.3					
				32.2					
				60.3					
				48.3					

SE BARRA DO FIGUEIREDO-COELCE

Parametro:	Estratificacao em		Duas	Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Valores Finais:	138.0	6.7	1319.3	
Erro global:	1.49E-02			
Erro Medio:	4.35E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-9.0E-03	140.4	139.2	414.7*	133.2	135.7	139.5	148.3	
4.0	-9.1E-03	153.9	152.5	346.8*	160.8	145.8	85.5*	150.8	
8.0	8.2E-02	212.3	231.2	271.4	170.9	170.9	271.4	271.4	
16.0	-8.3E-02	353.9	326.7	311.6	351.9	281.5*	311.6	331.8	
32.0	3.5E-02	572.6	593.1	583.1	603.2	0.0	0.0	0.0	

SE BATURITE-COELCE

Parametro:	Estratificacao em		Duas	Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Valores Finais:	7.3	4.9	90.6	
Erro global:	2.94E-02			
Erro Medio:	6.15E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.3E-02	7.6	7.5	4.8	5.0	10.6	22.6*	9.7	
4.0	1.0E-02	9.1	9.2	7.0	7.0	12.1	10.8	0.0	
8.0	9.7E-02	14.4	16.0	10.6	10.6	21.1	21.6	0.0	
16.0	-1.3E-01	24.9	22.1	20.1	19.1	0.0	27.1	0.0	
32.0	6.2E-02	40.2	42.9	38.2	56.3	0.0	34.2	0.0	

SE CASCAVEL-COELCE

Parametro:	Estratificacao em		Duas	Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Valores Finais:	4168.5	4.5	21.8	
Erro global:	5.40E-03			
Erro Medio:	2.64E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.9E-02	3966.2	3853.7	3392.9	4021.2	4146.9	0.0		
4.0	-9.0E-03	3127.6	3099.7	2764.6	3267.3	3267.3	0.0		
8.0	6.2E-02	1285.4	1369.7	1105.8	1407.4	1558.2	1407.4		
16.0	-2.5E-02	144.3	140.7	120.6	130.7	150.8	160.8		
32.0	7.1E-03	36.9	37.2	44.2	28.1	24.1	52.3		

SE DIST. IND. DE FORTALEZA-COELCE

Parametro:	Estratificacao em			Duas Camadas	
	rou1	d1	rou2		
Valores Finais:	822.0	1.4	52.8		
Erro global:	1.72E+00				
Erro Medio:	3.61E-01				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-1.5E-01	706.4	612.6	684.9	427.3	640.9	697.4		
2.0	9.9E-02	417.3	458.0	333.0	478.8	403.4	617.0		
4.0	9.7E-02	124.9	138.2	118.1	42.7	155.8	236.2		
8.0	-4.3E-01	57.5	40.2	40.2	40.2	50.3	30.2		
16.0	4.8E-01	53.8	103.0	181.0	120.6	40.2	70.4		
28.0	5.4E-02	54.1	57.2	0.0	49.0	0.0	65.3		
32.0	7.5E-01	54.6	221.2	301.6	0.0	140.7	0.0		
40.0	8.4E-01	55.5	339.3	377.0	0.0	301.6	0.0		

SE IBIAPINA-COELCE

Parametro:	Estratificacao em			Tres Camadas		
	rou1	d1	rou2	d2	rou3	
Valores Finais:	49.9	0.3	456.2	1.5	269.8	
Erro global:	3.16E-03					
Erro Medio:	1.91E-02					

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-9.6E-03	251.4	249.0	255.1	238.8	232.5	266.4	309.1	192.3
4.0	5.5E-02	294.0	311.1	296.6	231.2*	316.7	309.1	346.8	286.5
8.0	-8.1E-03	290.8	288.4	271.4	187.0	389.6	226.2	456.4	200.1
16.0	-3.6E-03	277.2	276.2	376.0	0.0	901.8*	166.9	404.1	157.8

SE JUAZEIRO DO NORTE-COELCE

Parametro:	Estratificacao em			Tres Camadas		
	rou1	d1	rou2	d2	rou3	
Valores Finais:	4931.6	3.5	281.1	1.3	16085.4	
Erro global:	1.29E-04					
Erro Medio:	3.69E-03					

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.2E-03	4588.2	4582.5	8293.8*	4272.6	4247.4	5227.6	1558.2*	
4.0	-5.8E-03	3544.1	3523.6	4373.1	2840.0	3066.2	5780.5	1558.2	
8.0	-9.2E-03	2460.4	2437.9	4322.8	1407.4	2262.0	8545.2*	1759.3	
16.0	-1.7E-03	3325.6	3320.0	3458.3	2885.2	1910.1*	2915.4	4021.2	
32.0	-5.1E-04	5592.4	5589.5	5589.5	0.0	0.0	0.0	0.0	

SE JUREMA-COELCE

Parametro:	Estratificacao em			Duas Camadas	
	rou1	d1	rou2		
Valores Finais:	277.6	3.0	25.0		
Erro global:	1.29E-01				
Erro Medio:	1.26E-01				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.4E-02	246.6	250.1	207.3	263.9	263.9	188.5	326.7	
4.0	-4.9E-02	160.2	152.8	135.7	113.1	175.9	175.9	163.4	
8.0	8.2E-02	57.7	62.8	60.3	50.3	0.0	85.5	55.3	
16.0	-2.0E-01	27.8	23.1	22.1	20.1	24.1	65.3*	26.1	
32.0	2.8E-01	25.5	35.5	30.2	0.0	32.2	0.0	44.2	

SE MESSEJANA-COELCE

		Estratificacao em Tres Camadas				
Parametro:		rou1	d1	rou2	d2	rou3
Valores Finais:		340.7	2.3	1384.6	2.2	138.4
Erro global:		2.82E-02				
Erro Medio:		6.19E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.5E-02	390.2	380.6	251.3	477.5	226.2	351.9	502.7	565.5
4.0	8.4E-02	472.2	515.2	289.0	477.5	201.1*	477.5	603.2	578.1
8.0	1.3E-01	451.9	517.0	452.4	703.7	201.1	150.8	754.0	603.2
16.0	-6.9E-02	270.4	253.0	502.7	261.4	241.3	221.2	30.2*	341.8
32.0	6.2E-03	159.9	160.8	191.0	0.0	0.0	0.0	181.0	181.0
				261.4					
				0.0					
				120.6					

SE AGUA FRIA-COELCE

		Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:		rou1	d1	rou2
Valores Finais:		554.7	6.7	35.2
Erro global:		1.20E-02		
Erro Medio:		4.30E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	7.9E-02	546.6	593.8	716.3	666.0	477.5	515.2	1382.3*	
4.0	-4.3E-02	503.1	482.5	603.2	452.4	377.0	100.5	879.6	
8.0	-5.1E-02	342.4	325.7	301.6	216.1	241.3	452.4	417.2	
16.0	3.4E-02	118.9	123.2	100.5	100.5	140.7	150.8	0.0	
32.0	-7.7E-03	41.5	41.2	32.2	36.2	201.1*	44.2	52.3	

C O S E R N

SE PENDENCIAS-RIO GRANDE DO NORTE

		Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:		rou1	d1	rou2
Valores Finais:		550.5	5.0	0.7
Erro global:		2.54E+00		
Erro Medio:		4.42E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.8E-02	530.4	516.2	507.7	389.6	673.6	493.9		
4.0	6.2E-02	439.9	468.7	379.5	379.5	638.4	477.5		
8.0	-6.5E-03	207.4	206.1	191.0	191.0	241.3	201.1		
16.0	-1.7E+00	26.9	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1		

SE PAU DOS FERROS-RIO GRANDE DO NORTE

		Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:		rou1	d1	rou2
Valores Finais:		37.8	3.5	58.8
Erro global:		2.82E-03		
Erro Medio:		2.45E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.6E-02	38.8	39.4	51.5	36.4	26.4	36.4	21.4	64.1
4.0	-3.4E-02	42.0	40.6	60.3	37.7	40.2	35.2	22.6	47.8
8.0	3.5E-02	48.5	50.3	45.2	60.3	40.2	40.2	35.2	80.4
16.0	-1.3E-02	54.3	53.6	60.3	40.2	60.3	50.3	50.3	60.3

SE CANGUARETAMA-RIO GRANDE DO NORTE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 15554.3 0.6 819.9
 Erro global: 1.10E-02
 Erro Medio: 4.23E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-5.2E-03	1628.6	1620.2	1960.3	1935.2	986.0	2136.2	1533.1	1646.1
				1306.9	1457.7				
4.0	7.2E-02	869.0	936.2	1236.5	1015.3	698.7	879.6	623.3	972.6
				987.7	1075.6				
8.0	-7.4E-02	844.1	786.0	1010.3	809.3	668.5	623.3	588.1	713.7
				1025.4	849.5				
16.0	1.8E-02	906.6	923.6	1005.3	844.4	995.2	914.8	844.4	955.2
				934.8	894.7				

SE S.PAULO DO POTENGI-RIO G. DO NORTE

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 978.9 0.7 22.5
 Erro global: 2.54E-02
 Erro Medio: 6.77E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.3E-02	85.4	84.3	40.2	108.1	125.0	118.9	29.4	
4.0	1.1E-01	25.3	28.4	23.6	31.7	86.7*	30.2	28.1	
8.0	-1.1E-01	27.7	24.9	23.6	33.2	55.3	6.0	6.5	
16.0	4.0E-02	50.2	52.3	0.0	35.2	110.6	11.1	0.0	

SE JARDIM DE PIRANHAS-RIO G.DO NORTE

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 116.9 2.1 53.3 13.2 2032.1
 Erro global: 1.42E-02
 Erro Medio: 3.61E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.7E-03	102.7	102.4	203.6	108.1	69.1	28.9		
4.0	-5.3E-03	79.0	78.5	138.2	90.5	55.3	30.2		
8.0	-1.2E-01	66.0	59.1	70.4	75.4	55.3	35.2		
16.0	1.9E-02	86.3	88.0	130.7	80.4	90.5	50.3		

SE CEARA-MIRIM -RIO GRANDE DO NORTE

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 451.8 2.0 62.6 21.7 20000.0
 Erro global: 4.56E-02
 Erro Medio: 7.97E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.6E-02	339.6	331.0	358.1	413.4	429.8	122.5		
4.0	9.3E-02	171.2	188.7	213.6	253.8	194.3	93.0		
8.0	-8.4E-02	79.7	73.5	88.0	61.3	75.4	69.4		
16.0	2.7E-02	79.5	81.7	90.5	81.4	94.5	60.3		
32.0	1.7E-01	128.3	154.3	80.4	100.5	382.0	54.3		

SE MAISA-RIO GRANDE DO NORTE

Parametro:	Estratificacao em		Duas Camadas	
	rou1	d1	rou2	
Valores Finais:	1203.3	7.9	140.3	
Erro global:	6.20E-03			
Erro Medio:	2.92E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.3E-02	1193.2	1166.0	1558.2	574.3	458.7	1771.9	785.4	1847.3
4.0	5.9E-02	1135.4	1206.8	1397.4	884.7	593.1	2128.7	816.8	1420.0
8.0	-4.3E-02	883.5	847.0	1110.9	633.3	749.0	1161.1	623.3	804.2
16.0	1.7E-02	418.7	425.9	552.9	296.6	462.4	428.3	367.9	447.4
32.0	-3.4E-03	175.2	174.6	247.3	98.5	106.6	281.5	92.5	221.2

SE GROSSOS-RIO GRANDE DO NORTE

Parametro:	Estratificacao em		Duas Camadas	
	rou1	d1	rou2	
Valores Finais:	532.5	3.6	0.1	
Erro global:	3.94E+00			
Erro Medio:	6.75E-01			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	4.6E-01	486.5	907.9	62.8	1244.1	917.3	1407.4		
4.0	-1.5E-01	331.8	289.0	100.5	477.5	276.5	301.6		
8.0	-1.1E-01	93.4	84.2	50.3	35.2	100.5	150.8		
16.0	-1.8E+00	5.0	1.8	3.0	1.0	1.0	2.0		
32.0	-8.2E-01	4.6	2.5	4.0	2.0	2.0	2.0		

SE APODI-RIO GRANDE DO NORTE

Parametro:	Estratificacao em		Duas Camadas	
	rou1	d1	rou2	
Valores Finais:	428.4	2.4	11.9	
Erro global:	3.62E-03			
Erro Medio:	2.72E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.1E-02	340.9	351.9	238.8	150.8	100.5	917.3		
4.0	-4.4E-02	164.1	157.1	201.1	150.8	0.3	276.5		
8.0	2.5E-02	31.9	32.7	30.2	15.1	15.1	70.4		
16.0	-8.5E-03	12.9	12.8	23.1	10.1	17.1	1.0		

S A E L P A

SE MANGABEIRAS-SAELPA

Parametro:	Estratificacao em		Tres Camadas		
	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Valores Finais:	454.8	3.2	1795.9	8.5	0.2
Erro global:	1.80E-03				
Erro Medio:	1.63E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.3E-04	493.2	493.2	565.5	500.1	422.2	485.1		
4.0	5.7E-03	617.9	621.4	625.8	618.3	598.2	643.4		
8.0	2.8E-02	816.3	839.4	854.5	904.8	779.1	819.3		
16.0	-3.2E-02	777.9	754.0	924.9	874.6	532.8	683.6		

CELPE

SE PETROLINA II-PERNAMBUCO

		Estratificacao em Quatro Camadas						
Parametro:		rou1	d1	rou2	d2	rou3	d3	rou4
Valores Finais:		45.9	0.8	638.8	0.6	8.5	2.4	2110.2
Erro global:		1.27E-01						
Erro Medio:		1.33E-01						

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-6.0E-02	99.1	93.5	167.1	37.2	46.4	9.3	289.0	11.7
4.0	2.3E-01	97.5	126.8	379.5	33.4	69.9	13.1	250.6	14.6
8.0	3.1E-03	64.9	65.1	236.2*	48.3	107.1	31.2	109.1	30.2
16.0	1.0E-01	74.2	82.6	150.8*	80.4	72.4	92.5	93.5	74.4
32.0	2.7E-01	139.9	191.0	0.0	0.0	0.0	0.0	183.0	199.1

SE ITAPISSUMA-PERNAMBUCO

		Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:		rou1	d1	rou2
Valores Finais:		4780.3	5.9	250.4
Erro global:		1.30E-02		
Erro Medio:		4.49E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-5.9E-02	4679.6	4417.1	4021.2	2802.3	3330.1	6509.4	3945.8	5893.6
4.0	9.4E-02	4173.5	4607.7	4272.6	2890.3	3342.7	6484.3	4398.2	6258.1
8.0	-2.4E-02	2547.7	2488.1	2764.6	2111.2	1809.6	2814.9	2664.1	2764.6
16.0	2.1E-03	740.7	742.3	532.8	1105.8	603.2	804.2	502.7	904.8

SE MALHARIA INDUSTRIAL-PERNAMBUCO

		Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:		rou1	d1	rou2
Valores Finais:		119.2	9.2	20000.0
Erro global:		3.71E-01		
Erro Medio:		2.51E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-6.6E-02	120.2	112.8	154.6	395.8*	144.5	99.3	98.0	67.9
4.0	2.8E-01	126.7	176.3	273.9	284.0	163.4	98.0	140.7	98.0
8.0	-1.4E-01	162.6	142.6	53.3	105.1	131.2	244.8	196.0	125.2
16.0	5.2E-01	285.2	591.1	277.5	904.8	0.0	0.0	0.0	0.0

SE GRAVATA-PERNAMBUCO

		Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:		rou1	d1	rou2
Valores Finais:		391.6	2.3	76.7
Erro global:		1.16E-01		
Erro Medio:		1.62E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-8.1E-02	326.0	301.6	26.0	65.5	177.2	730.1	466.2	344.3
4.0	2.2E-01	198.7	255.8	52.0	82.4	196.5	485.1	457.4	261.4
8.0	-1.9E-01	100.6	84.8	75.4	90.5	107.1	86.0	259.4*	65.3
16.0	1.6E-01	80.0	95.2	130.7	110.6	74.4	104.6	73.4	77.4

SE C. ALCOOLQUIMICA NACIONAL-PERNAMBUCO
 Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: roul d1 rou2
 Valores Finais: 138.1 4.2 37.0
 Erro global: 5.45E-03
 Erro Medio: 3.27E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.9E-02	133.1	138.5	211.1	208.6	251.3	41.3	129.4	213.6
				201.1	182.2	238.8	81.7	21.1	213.6
4.0	-5.5E-02	113.3	107.4	201.1	21.0	7.2	62.8	67.9	
				243.8	155.8	173.4	58.3	110.6	140.7
8.0	3.0E-02	71.8	74.0	108.1	105.3	181.0	80.4	16.1	140.7
				175.9	24.6	11.3	57.8	41.7	
16.0	-7.7E-03	43.9	43.6	128.7	92.5	85.5	52.3	102.5	61.8
				86.5	63.3	86.0	60.3	346.8*	87.5
				115.6	30.2	537.8*	26.6	30.2	
				66.4	63.3	47.2	27.1	52.3	512.7*
				64.3	21.1	45.2	31.2	30.2	43.2
				101.5	34.2	21.1	20.1	29.2	

C R A L

SE PCA-ALAGOAS
 Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: roul d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 447.4 12.8 1983.1
 Erro global: 1.62E-02
 Erro Medio: 4.75E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.9E-02	448.3	431.7	437.3	526.5*	437.3	422.2	429.8	309.1*
4.0	7.5E-02	454.1	491.1	500.1	515.2	467.5	475.0	497.6	346.8*
8.0	-2.2E-02	490.2	479.5	497.6	517.7	588.1*	427.3	472.5	482.5
16.0	-4.6E-02	637.7	609.9	583.1	583.1	703.7	653.5	583.1	552.9
32.0	7.5E-02	951.3	1028.8	1146.1	965.1	1025.4	884.7	1146.1	1005.3
64.0	-2.8E-02	1336.6	1300.2	884.7	0.0	1246.6	0.0	1769.3	0.0

SE SANTANA DO IPANEMA-ALAGOAS
 Estratificacao em Duas Camadas

Parametro: roul d1 rou2
 Valores Finais: 134.0 11.6 45245.3
 Erro global: 9.14E-01
 Erro Medio: 1.48E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	0.0E+00	134.6	126.6	138.2	118.1	138.2	111.8		
4.0	0.0E+00	138.4	157.1	130.7	170.9	188.5	138.2		
8.0	0.0E+00	162.4	201.2	261.4	281.5	150.8	111.1		
16.0	0.0E+00	260.4	323.2	341.8	412.2	284.5	254.3		
32.0	2.7E-02	505.9	468.5	542.9	462.4	396.1	472.5		

SE PALMEIRA DS INDIOS-ALAGOAS
 Estratificacao em Tres Camadas

Parametro: roul d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 52.8 0.9 238.5 5.3 60.3
 Erro global: 8.06E-06
 Erro Medio: 3.32E-06

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	4.8E-07	101.2	101.2	55.3	59.7	188.5			
4.0	2.8E-06	139.4	139.4	76.7	122.4	219.2			
8.0	6.1E-06	149.5	149.5	15.1	195.5	237.8			
16.0	3.9E-06	110.1	110.1	0.0	105.6	114.6			

SE CRUZ DAS ALMAS-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em		Tres	Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	255.5	1.7	341.1	33.7	4.2
Erro Medio:	1.29E-01				
	7.76E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	4.6E-04	274.8	274.9	307.9	301.6	207.3	282.7		
4.0	-9.2E-04	302.5	302.2	402.1	263.9	213.6	329.2		
8.0	1.0E-02	323.3	326.7	452.4	226.2	311.6	316.7		
16.0	5.7E-03	319.9	321.7	492.6	191.0	321.7	281.5		
32.0	-3.7E-01	254.9	186.0	221.2	100.5	201.1	221.2		

SE MARIBONDO-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em		Duas	Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	48.3	3.5	149.6	
Erro Medio:	3.25E-03			
	2.59E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.3E-02	51.3	50.6	44.0	37.7	57.8	62.8		
4.0	3.8E-02	62.0	64.5	60.3	54.0	68.4	75.4		
8.0	-3.7E-02	85.7	82.7	84.4	62.8	86.0	97.5		
16.0	1.5E-02	113.1	114.9	100.5	90.5	132.7	135.7		

SE PAJUCARA-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em		Duas	Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	375.3	0.4	29.7	
Erro Medio:	3.29E-03			
	2.19E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.9E-03	35.4	35.5	33.3	32.0	27.0	49.6		
4.0	-4.1E-02	30.4	29.2	26.4	31.4	28.9	30.2		
8.0	3.2E-02	30.0	31.0	30.2	30.2	32.7	31.2		
16.0	2.1E-02	30.5	31.2	31.2	30.2	33.2	30.2		
32.0	-1.2E-02	31.5	31.2	32.2	28.1	34.2	30.2		

SE HOSPITAL DOS USINEIROS-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em		Tres	Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	179.3	0.6	527.6	2.4	422.2
Erro Medio:	2.59E-02				
	6.48E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-7.8E-02	354.0	328.3	197.3	444.9	168.4	502.7		
4.0	6.1E-02	422.0	449.2	311.6	703.7	238.8	542.9		
8.0	1.2E-01	438.8	497.6	432.3	703.7	331.8	522.8		
16.0	2.7E-02	430.4	442.3	512.7	502.7	351.9	402.1		
32.0	4.0E-02	424.7	442.3	402.1	422.2	442.3	502.7		

SE SECCIONADORA PILAR-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em		Duas	Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	1278.3	3.5	687.9	
Erro Medio:	9.53E-03			
	4.46E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.5E-02	1239.3	1196.9	1005.3	1759.3	1445.1	578.1		
4.0	7.3E-02	1106.1	1193.8	1407.4	1407.4	1256.6	703.7		
8.0	-4.9E-02	875.6	834.4	955.0	839.4	1040.5	502.7		
16.0	2.1E-02	735.8	751.5	663.5	874.6	914.8	552.9		

SE SAO MIGUEL DOS CAMPOS-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em	Duas	Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	65.6	6.6	0.1		
Erro Medio:	1.17E-02				
	4.37E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-9.7E-02	65.5	59.7	56.5	62.8				
2.0	2.2E-02	64.5	66.0	69.1	62.8				
4.0	4.0E-02	58.5	60.9	62.8	59.1				
8.0	-1.6E-02	37.0	36.4	37.7	35.2				

SE CINAL-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em	Tres	Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	1187.3	1.4	575.3	4.4	1514.5
Erro Medio:	2.40E-09				
	7.18E-09				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	9.2E-09	940.0	940.0	1030.4	1131.0	615.8	1294.3	1005.3	691.2
				754.0	955.0	867.1	578.1	502.7	1055.6
4.0	-1.5E-08	759.8	759.8	1068.1	1244.1	1306.9			
				854.5	854.5	502.7	879.6	904.8	980.2
8.0	-9.0E-09	831.1	831.1	703.7	728.9	754.0	603.2	552.9	703.7
				854.5	1332.0*	2312.2*			
16.0	-2.0E-09	1079.0	1079.0	854.5	1105.8	804.2	955.0	904.8	804.2
				703.7	804.2	754.0	653.5	904.8	653.5
32.0	-1.1E-09	1306.9	1306.9	804.2	1005.3	754.0			
				1005.3	1306.9	1206.4	1508.0	1306.9	1206.4
32.0	-1.1E-09	1306.9	1306.9	1005.3	1206.4	1005.3	804.2	1005.3	904.8
				804.2	904.8	1005.3			
32.0	-1.1E-09	1306.9	1306.9	1407.4	1608.5	1809.6	3418.1*	2010.6	1206.4
				1407.4	1206.4	1206.4	1005.3	1608.5	1005.3
				804.2	1005.3	1005.3			

SE IGUATEMI-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em	Duas	Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	30.1	5.2	80.0	
Erro Medio:	1.46E-03			
	1.49E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.3E-03	30.7	30.8	30.2	31.4				
4.0	-1.0E-02	33.4	33.0	33.4	32.7				
8.0	2.3E-02	42.2	43.2	41.2	45.2				
16.0	-2.6E-02	56.2	54.8	52.3	57.3				
32.0	1.2E-02	68.5	69.4	70.4	68.4				

SE EST.CAIXA ECONOMICA-FAROL-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em	Duas	Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	94.2	2.3	193.3	
Erro Medio:	1.37E-02			
	5.05E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.3E-02	104.2	105.6	94.2	116.9				
4.0	-5.3E-02	127.1	120.6	103.0	138.2				
8.0	9.5E-02	157.0	173.4	150.8	196.0				
16.0	-4.1E-02	178.4	171.4	165.9	176.9				

SE DELMIRO GOUVEIA-1 MEDICAO-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
	rou1	d1	rou2	d2
Valores Finais:	85.1	18.1	585.8	
Erro global:	1.52E-02			
Erro Medio:	3.90E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	9.6E-02	85.2	94.2	100.5	88.0	76.7	251.3*	108.1	95.5
4.0	-7.5E-02	85.7	79.7	77.9	89.2	209.9*	118.1		
8.0	-1.3E-02	89.1	88.0	72.9	45.2	62.8	100.5	75.4	75.4
16.0	8.9E-03	107.4	108.4	93.0	70.4	113.1	88.0		
32.0	-1.5E-03	163.6	163.4	80.4	90.5	70.4	100.5	95.5	70.4
				70.4	110.6	100.5	90.5		
				100.5	40.2*	90.5	150.8	120.6	80.4
				100.5	90.5	120.6	120.6		
				160.8	80.4	170.9	0.0	241.3	0.0
				0.0	0.0	0.0	0.0		

SE ESTACAO REP AGUA BRANCA-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
	rou1	d1	rou2	d2
Valores Finais:	163.4	14.5	40000.0	
Erro global:	4.65E-01			
Erro Medio:	2.34E-01			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	6.6E-02	163.8	175.3	235.0	163.4	223.7	79.2		
4.0	-4.6E-02	166.3	159.0	181.0	150.8	228.7	75.4		
8.0	1.7E-01	183.1	219.9	241.3	125.7	321.7	191.0		
16.0	3.2E-01	263.3	387.0	452.4	291.5	552.9	251.3		
32.0	5.7E-01	494.1	1156.1	1246.6	1065.6	0.0	0.0		

SE PERI-PERI-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
	rou1	d1	rou2	d2
Valores Finais:	836.1	3.1	708.6	
Erro global:	8.93E-02			
Erro Medio:	1.04E-01			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.0E-02	826.5	810.5	1005.3	615.8				
4.0	2.5E-02	796.7	816.8	854.5	779.1				
8.0	6.7E-02	750.2	804.2	1005.3	603.2				
16.0	-2.0E-01	721.4	603.2	402.1	804.2				
32.0	2.1E-01	711.9	904.8	804.2	1005.3				

SE ARAPIRACA II-ALAGOAS

Parametro:	Estratificacao em Tres Camadas				
	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Valores Finais:	1456.4	3.5	42.4	1.5	8905.2
Erro global:	1.53E-02				
Erro Medio:	3.62E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	4.5E-03	1340.0	1346.0	1175.0	1482.8	1457.7	1844.7	1208.9	1097.0
				1198.8	1303.1				
4.0	-2.7E-02	970.2	944.4	1535.6	487.5	774.1	794.2	779.1	980.2
				1153.6	1070.7				
8.0	-1.2E-01	497.9	445.2	1995.5	995.3	130.7	422.2	226.2	120.6
				542.9	678.6*				
16.0	-1.6E-02	561.0	552.1	301.6	482.5	201.1	608.2	914.8	1859.8
				804.2*	0.0				
32.0	1.5E-02	1041.6	1057.3	0.0	1528.1	442.3	874.6	321.7	140.7
				3036.0	0.0				

SE PCA-CAPTACAO DE AGUA(CINAL)-ALAGOAS

	Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	339.8	6.7	16.2
Erro global:	5.20E-04		
Erro Medio:	9.12E-03		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.4E-02	334.7	339.3	502.7	175.9				
4.0	-1.8E-02	306.9	301.6	377.0	226.2				
8.0	4.8E-03	205.1	206.1	201.1	211.1				
16.0	-3.8E-04	65.9	65.8	11.1	120.6				

ENERGIPE

SE ARACAJU - ENERGIPE

	Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	70.1	5.6	464.5
Erro global:	5.61E-02		
Erro Medio:	1.01E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-7.2E-02	71.9	67.0	75.4	75.4	50.3	50.3	62.8	88.0
4.0	1.2E-01	81.3	92.2	100.5	100.5	75.4	75.4	75.4	125.7
8.0	7.7E-02	116.0	125.7	150.8	150.8	150.8	100.5	50.3	150.8
16.0	-1.5E-01	185.5	160.8	301.6	100.5	201.1	100.5	0.0	100.5
32.0	8.7E-02	275.3	301.6	402.1	0.0	201.1	0.0	0.0	0.0

SE MARUIM-ENERGIPE

	Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	64.4	4.0	41.4
Erro global:	5.61E-05		
Erro Medio:	3.42E-03		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.2E-03	63.4	63.6	81.7	148.3*	57.8	64.1	42.7	71.6
4.0	-5.5E-03	59.4	59.1	37.7	72.9	55.3	90.5	25.1	72.9
8.0	3.7E-03	50.9	51.1	40.2	40.2	60.3	65.3	30.2	70.4
16.0	-1.3E-03	44.3	44.2	50.3	30.2	70.4*	50.3	50.3	40.2

SE ESTANCIA-ENERGIPE

	Estratificacao em Duas Camadas		
Parametro:	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	481.6	2.6	197.7
Erro global:	4.56E-02		
Erro Medio:	9.9E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	5.9E-02	441.5	469.1	163.4	854.5	565.5	238.8	691.2	301.6
4.0	-1.1E-01	345.4	312.1	128.2	603.2	552.9	175.9	251.3	160.8
8.0	1.6E-01	243.0	289.9	105.6	653.5	402.1	135.7	301.6	140.7
16.0	-6.8E-02	206.7	193.5	181.0	201.1	201.1	191.0	0.0	100.5*

SE S.CRISTOVAO-ENERGIPE

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	105.9	4.5	11.8
Erro Medio:	1.30E-03		
	1.52E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	2.0E-02	101.6	103.7	115.6	121.9	77.9	115.6	81.7	109.3
4.0	-2.8E-02	83.7	81.4	95.5	67.9	62.8	213.6*	80.4	100.5
8.0	1.1E-02	43.7	44.1	39.7	25.1	60.3	44.2	50.3	45.2
16.0	-1.8E-03	16.6	16.6	14.1	10.1	20.1	21.1	20.1	14.1

SE SIMAO DIAS-ENERGIPE

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	22.4	7.3	251.5
Erro Medio:	8.48E-03		
	3.85E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-4.5E-02	22.7	21.8	13.8	25.1	35.7	15.2	15.6	25.1
4.0	7.5E-02	24.5	26.5	22.1	30.2	30.2	15.6	22.1	39.0
8.0	-2.8E-02	32.9	32.0	28.1	45.2	28.1	25.1	26.6	38.7
16.0	5.9E-03	55.1	55.5	53.3	93.5	65.3	43.2	46.2	31.2

SE GRACHO CARDOSO-ENERGIPE

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	624.6	0.9	26.4
Erro Medio:	7.05E-03		
	3.97E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.9E-02	147.7	144.9	39.0	27.6	438.6	31.4	323.0	10.1
4.0	4.4E-02	35.6	37.3	12.6	10.1	77.9	37.7	75.4	10.1
8.0	-5.7E-02	27.4	26.0	20.1	15.1	45.2	35.2	25.1	15.1
16.0	3.9E-02	29.0	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	40.2*	30.2

SE ITAGUASSU-ENERGIPE

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	80.0	21.5	0.1
Erro Medio:	2.91E-02		
	7.40E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	5.8E-02	79.9	84.8	75.4	27.6	39.0	155.8	74.1	137.0
4.0	-6.8E-02	79.7	74.6	50.3	55.3	70.4	95.5	115.6	60.3
8.0	1.4E-01	77.6	90.5	80.4	120.6	60.3	80.4	165.9	35.2
16.0	-2.7E-02	66.1	64.3	80.4	50.3	50.3	70.4	211.1*	70.4

COELBA

SE RIACHO DE SANTANA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em		Duas Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	56.8	4.4	369.4	
Erro Medio:	2.47E-02			
	6.50E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	6.5E-02	59.5	63.7	100.5	25.1	75.4	50.3	88.0	62.8
				50.3	69.1	50.3	65.3		
4.0	-1.1E-01	72.0	64.6	62.8	37.7*	75.4	62.8	100.5*	50.3
				62.8	113.1*	62.8	75.4		
8.0	5.7E-02	109.6	116.1	50.3	150.8	130.7	100.5	150.8	100.5
				100.5	175.9	100.5	100.5		
16.0	5.3E-02	172.3	182.0	150.8	120.6	251.3	150.8	251.3	201.1
				120.6	251.3	150.8	170.9		
32.0	-3.5E-02	245.2	236.8	20.1*	201.1	301.6	201.1	221.2	301.6
				201.1	201.1	201.1	301.6		

SE PIRITIBA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em		Duas Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	157.8	1.6	116.2	
Erro Medio:	1.64E-01			
	1.46E-01			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.9E-02	144.9	140.7	502.7*	138.2	40.2	33.9	238.8	175.9
				119.4	238.8				
4.0	1.7E-01	129.4	156.1	326.7	201.1	52.8	40.2	226.2	175.9
				128.2	98.0				
8.0	-2.4E-01	120.0	96.8	115.6	100.5	85.5	50.3	130.7	45.2
				145.8	100.5				
16.0	-1.3E-02	117.2	115.6	100.5	80.4	120.6	70.4	120.6	70.4
				191.0	170.9				
32.0	2.8E-01	116.5	160.8	160.8	100.5	221.2	120.6	181.0	100.5
				241.3	1407.4*				

SE PARIPIRANGA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em		Duas Camadas	
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	151.6	41.9	20193.0	
Erro Medio:	7.33E-03			
	3.44E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.4E-02	151.6	146.6	100.5	37.7	47.8	25.1	131.9	150.8
				128.2	113.1	125.7	251.3	188.5	251.3
				301.6	115.6	226.2	150.8		
4.0	6.0E-02	151.7	161.5	125.7	42.7	42.7	45.2	221.2	203.6
				150.8	125.7	133.2	251.3	133.2	251.3
				236.2	138.2	301.6	181.0		
8.0	-2.5E-02	152.5	148.8	100.5	47.8	31.2	60.3	271.4	221.2
				216.1	100.5	201.1	201.1	65.3	165.9
				145.8	196.0	251.3	105.6		
16.0	1.0E-02	158.3	159.9	130.7	51.3	51.3	100.5	372.0	221.2
				341.8	120.6	130.7	221.2	53.3	150.8
				100.5	211.1	100.5	201.1		
32.0	4.2E-02	192.3	200.8	382.0	74.4	50.3	603.2*	201.1	241.3
				482.5	241.3	160.8	201.1	104.6	100.5
				128.7	301.6	100.5	241.3		

SE MURITIBA-COELBA

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 292.4 1.1 547.3 3.4 221.0
 Erro global: 1.08E-01
 Erro Medio: 1.37E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.0E-01	376.5	341.2	917.3*	427.3	238.8	452.4	201.1	377.0
				251.3	314.2	590.6	326.7	251.3	251.3
4.0	9.7E-02	414.9	459.6	377.0	377.0				
				779.1	351.9	326.7	427.3	251.3	477.5
				377.0	452.4	578.1	502.7	351.9	351.9
8.0	2.4E-01	358.4	473.9	603.2	603.2				
				754.0	402.1	402.1	351.9	402.1	452.4
				452.4	452.4	452.4	603.2	402.1	402.1
16.0	-1.2E-01	266.9	239.1	552.9	552.9				
				231.2	311.6	140.7	100.5	120.6	160.8
				130.7	140.7	201.1	402.1	201.1	201.1
32.0	1.2E-01	230.6	262.8	502.7	502.7				
				261.4	402.1	160.8	160.8	201.1	201.1
				241.3	120.6	120.6	603.2	201.1	201.1
				402.1	402.1				

SE MUTUIPE-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 368.4 5.2 1575.3
 Erro global: 7.72E-03
 Erro Medio: 3.20E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-9.4E-03	377.9	374.4	150.8	339.3	150.8	213.6	314.2	364.4
				276.5	314.2	150.8	615.8	502.7	552.9
				477.5	339.3	289.0	653.5	841.9	263.9
				917.3	263.9	841.9	565.5	213.6	150.8
4.0	5.6E-03	424.8	427.2	188.5	138.2	188.5	138.2	439.8	
				150.8	427.3	226.2	276.5	452.4	452.4
				377.0	980.2*	251.3	779.1	527.8	854.5
				527.8	527.8	427.3	703.7	854.5	427.3
8.0	4.5E-02	583.8	611.6	1055.6*	427.3	854.5	452.4	105.6	55.3
				251.3	88.0	301.6	251.3	502.7	
				241.3	351.9	297.6	241.3	552.9	552.9
				552.9	1759.3*	4021.2*	854.5	603.2	1457.7
16.0	-6.7E-02	862.7	808.7	502.7	854.5	703.7	1105.8	1206.4	703.7
				1105.8	703.7	1206.4	552.9	105.6	80.4
				170.9	95.5	452.4	502.7	754.0	
				341.8	351.9	402.1	251.3	643.4	593.1
32.0	3.3E-02	1163.1	1202.7	8042.5*	3015.9*	341.8	1105.8	502.7	1910.1
				432.3	1206.4	1306.9	1306.9	1608.5	1206.4
				1407.4	1206.4	1808.5	613.2	170.9	191.0
				211.1	150.8	452.4	904.8	1407.4	
32.0	3.3E-02	1163.1	1202.7	764.0	542.9	603.2	341.8	1266.7	1105.8
				1125.9	5428.7*	542.9	18095.6*	965.1	2613.8
				623.3	1025.4	2211.7	2010.6	1809.6	2211.7
				1809.6	2211.7	1809.6	623.3	301.6	361.9
				462.4	382.0	723.8	1809.6	2211.7	

SE MASCOTE-COELBA

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 195.0 3.5 696.6 13.6 115.6
 Erro global: 5.77E-07
 Erro Medio: 3.77E-08

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.6E-09	207.4	207.4	402.1*	314.2	214.9	139.5	253.8	163.4
				175.9	17.6*	192.3	163.4	163.4	270.2
				199.8	377.0	128.2	188.5	167.1	
4.0	8.9E-09	253.0	253.0	452.4	326.7	208.6	183.5	329.2	150.8
				228.7	183.5	349.8	150.8	248.8	261.4
				238.8	402.1	165.9	196.0	223.7	
8.0	3.5E-08	348.6	348.6	502.7	502.7	226.2	110.6	452.4	291.5
				361.9	211.1	361.9	211.1	502.7	351.9
				402.1	603.2	191.0	246.3	397.1	
16.0	9.4E-08	416.8	416.8	854.5	1508.0*	281.5	100.5	542.9	341.8
				432.3	201.1	191.0	281.5	958.1	502.7
				512.7	633.3	221.2	382.0	231.2	
32.0	4.9E-08	336.1	336.1	1105.8*	0.0	281.5	261.4	462.4	341.8
				563.0	261.4	221.2	201.1	1065.6*	502.7
				422.2	201.1	341.8	361.9	281.5	

SE LOMANTO JUNIOR-COELBA

		Estratificacao em			Tres Camadas	
Parametro:		rou1	d1	rou2	d2	rou3
Valores Finais:		210.9	1.7	768.3	33.9	153.9
Erro global:		1.13E-02				
Erro Medio:		3.65E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	5.0E-03	281.3	282.7	125.7	150.8	502.7	314.2	226.2	377.0
4.0	3.9E-02	402.5	418.9	201.1	201.1	754.0	452.4	351.9	552.9
8.0	-2.9E-03	546.1	544.5	201.1	251.3	904.8	703.7	402.1	804.2
16.0	8.5E-02	645.7	705.4	231.2	281.5	1206.4	1005.3	301.6	1206.4
32.0	-5.1E-02	619.8	589.8	40.2	241.3	1206.4	1206.4	40.2	804.2

SE LAMAKAO-COELBA

		Estratificacao em		Duas Camadas	
Parametro:		rou1	d1	rou2	
Valores Finais:		2632.8	4.3	418.5	
Erro global:		1.44E-02			
Erro Medio:		5.04E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.0E-02	2520.8	2471.4	3141.6	1131.0	3141.6			
4.0	5.7E-02	2073.2	2199.1	3267.3	62.8	3267.3			
8.0	-5.6E-02	1132.3	1072.3	1407.4	402.1	1407.4			
16.0	7.6E-02	532.7	576.4	563.0	603.2	563.0			
32.0	-4.3E-02	433.3	415.5	221.2	804.2	221.2			

SE IRAQUARA-COELBA

		Estratificacao em		Duas Camadas	
Parametro:		rou1	d1	rou2	
Valores Finais:		45.4	4.1	274.3	
Erro global:		1.42E-01			
Erro Medio:		1.52E-01			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.5E-01	48.1	56.5	100.5	62.8	37.7	25.1		
4.0	-2.4E-01	59.2	47.8	62.8	50.3	40.2	37.7		
8.0	2.3E-01	90.5	116.9	50.3	115.6	150.8	150.8		
16.0	7.5E-02	139.6	150.8	150.8	201.1	130.7	120.6		
32.0	-6.8E-02	193.3	181.0	20.1	301.6	201.1	201.1		

SE ITAJUIPE-COELBA

		Estratificacao em		Duas Camadas	
Parametro:		rou1	d1	rou2	
Valores Finais:		290.6	9.4	193.3	
Erro global:		3.35E-02			
Erro Medio:		6.56E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-4.4E-02	290.2	277.9	66.6	30.2	27.6	27.6	678.6	691.2
				213.6	603.2	175.9	138.2	653.5	213.6
				351.9	163.4	414.7	150.8	188.5	213.6
4.0	-3.0E-02	287.8	279.4	60.3	47.8	60.3	30.2	527.8	527.8
				226.2	678.6	231.2	175.9	678.6	251.3
				301.6	175.9	452.4	226.2	175.9	201.1
8.0	1.6E-01	275.5	327.0	80.4	100.5	125.7	55.3	653.5	653.5
				150.8	904.8	306.6	155.8	603.2	452.4
				301.6	150.8	377.0	412.2	201.1	201.1
16.0	-7.3E-02	243.1	226.5	140.7	150.8	191.0	130.7	804.2*	804.2*
				110.6	975.2*	261.4	80.4	603.2	402.1
				201.1	251.3	261.4	301.6	201.1	110.6
32.0	2.3E-02	210.6	215.6	241.3	221.2	522.8	321.7	402.1	402.1
				60.3	281.5	120.6	60.3	160.8	181.0
				100.5	160.8	120.6	60.3	361.9	100.5

SE IRARA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Tres Camadas			
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2
Erro global:	115.9	0.2	1088.9	4.8
Erro Medio:	2.09E-02			774.0
	4.93E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.0E-02	702.0	723.4	251.3	1055.6	728.9	1633.6	314.2	465.0
				2890.3*	465.0	653.5	565.5	741.4	527.8
				728.9	640.9	238.8	1055.6	3518.6*	1508.0
4.0	8.9E-02	871.2	956.5	1608.5	1055.6	829.4	1633.6	377.0	678.6
				2186.6	678.6	678.6	552.9	1030.4	628.3
				829.4	578.1	276.5	1055.6	5026.6*	1583.4
8.0	1.1E-01	916.5	1028.1	1759.3	1256.6	854.5	1709.0	502.7	904.8
				2813.8	904.8	603.2	331.8	1005.3	552.9
				854.5	603.2	155.8	1256.6	4523.9*	1608.5
16.0	1.7E-03	853.7	855.1	1508.0	894.7	1306.9	4021.2*	372.0	754.0
				2412.7	754.0	331.8	522.8	924.9	341.8
				130.7	372.0	150.8	894.7	2010.6	4021.2*
32.0	1.7E-02	798.5	812.5	884.7	1085.7	924.9	2010.6	321.7	422.2
				2010.6	422.2	160.8	462.4	904.8	160.8
				924.9	261.4	160.8	1085.7	2412.7*	1608.5

SE ICHU-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	54.3	4.9	527.4	
Erro Medio:	8.35E-03			
	3.64E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.6E-02	56.5	55.6	55.3	66.6	57.8	42.7		
4.0	2.5E-02	67.4	69.1	62.8	80.4	90.5	42.7		
8.0	3.6E-02	104.2	108.1	75.4	135.7	170.9	50.3		
16.0	-7.1E-02	174.9	163.4	120.6	160.8	291.5	80.4		
32.0	3.4E-02	271.8	281.5	201.1	241.3	542.9	140.7		

SE ITAGIBA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	212.2	2.7	1898.2	
Erro Medio:	2.40E-02			
	6.06E-02			

Profund. (m)	err (pu)	Resistividades (ohm.m)								
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
2.0	-2.1E-02	250.8	245.6	75.4	75.4	326.7	402.1	194.8	194.8	
				75.4	326.7	150.8	75.4	35.2	540.4	
				150.8	150.8	75.4	100.5	515.2	50.3	
				188.5	138.2	251.3	515.2	351.9	351.9	
				263.9	603.2	75.4	276.5	301.6	389.6	
4.0	1.2E-01	370.7	420.0	389.6	105.6	105.6	552.9	703.7	331.8	
				105.6	105.6	552.9	150.8	105.6	502.7	904.8
				201.1	201.1	110.6	188.5	804.2	95.5	
				326.7	150.8	377.0	804.2	502.7	502.7	
				427.3	1060.6	427.3	432.3	507.7	703.7	
8.0	-7.7E-02	617.7	573.5	703.7	150.8	150.8	754.0	904.8	552.9	
				150.8	150.8	754.0	150.8	703.7	1407.4	
				231.2	754.0	150.8	150.8	703.7	1407.4	
				251.3	251.3	160.8	311.6	1146.1	150.8	
				452.4	160.8	603.2	1055.6	703.7	703.7	
16.0	-4.1E-02	963.3	925.2	784.1	1859.8*	733.9	557.9	804.2	955.0	
				955.0	211.1	211.1	924.9	1306.9	904.8	904.8
				211.1	211.1	924.9	181.0	211.1	1226.5	1809.6
				301.6	301.6	251.3	502.7	1869.9	221.2	
				623.3	201.1	804.2	1709.0	1226.5	1226.5	
32.0	4.6E-02	1337.1	1401.6	1327.0	2623.9	1105.8	824.4	1306.9	1608.5	
				1608.5	261.4	1508.0	2211.7	1206.4	1206.4	
				261.4	1508.0	20.1	261.4	2211.7	3217.0	
				361.9	1508.0	20.1	261.4	2211.7	3217.0	
				241.3	241.3	241.3	201.1	2855.1	201.1	
1005.3	241.3	1005.3	2654.0	2211.7	2211.7					
2211.7	3619.1	1849.8	1206.4	2111.2	2453.0					
2453.0										

SE IBIRAPOA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em		Tres		Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3
Erro global:	328.8	4.8	504.6	67.0	26.1
Erro Medio:	4.10E-01				
	1.55E-01				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.3E-02	332.1	321.4	565.5	691.2	70.4	565.5	150.8	1005.3
				201.1	120.6	138.2	358.1	653.5	1653.7*
				13.8	163.4	276.5	377.0	251.3	124.4
				754.0	339.3	364.4	263.9	69.1	52.8
				144.5					
4.0	6.2E-02	347.4	370.2	804.2	754.0	88.0	552.9	246.3	301.6
				326.7	178.4	198.5	402.1	716.3	1960.4*
				246.3	208.6	351.9	515.2	552.9	178.4
				1332.0*	276.5	377.0	301.6	82.9	703.7
				150.8					
8.0	-2.2E-02	391.2	382.9	653.5	703.7	155.8	462.4	382.0	251.3
				452.4	271.4	251.3	552.9	683.6	2010.6*
				402.1	206.1	336.8	598.2	412.2	226.2
				1407.4*	286.5	301.6	150.8	110.6	754.0
				201.1					
16.0	2.2E-02	444.6	454.5	532.8	603.2	261.4	301.6	502.7	321.7
				522.8	271.4	261.4	1005.3	713.8	2513.3*
				653.5	100.5	251.3	985.2	261.4	341.8
				1005.3	311.6	201.1	261.4	130.7	1005.3
				100.5					
32.0	-6.4E-01	460.8	281.8	261.4	402.1	201.1	241.3	422.2	442.3
				703.7	160.8	301.6	0.0	301.6	2010.6*
				361.9	26.1	221.2	1407.4*	241.3	522.8
				181.0	181.0	301.6	201.1	241.3	241.3
				40.2					

SE GANDU-COELBA

Parametro:	Estratificacao em		Duas		Camadas
Valores Finais:	rou1	d1	rou2		
Erro global:	61.0	7.	8600.3		
Erro Medio:	1.62E-02				
	4.81E-02				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	4)	(5)	(6)
2.0	1.1E-02	62.0	62.7	32.7	44.0	150.8	188.5	60.3	213.6*
				62.8	67.9	42.7	251.3*	42.7	66.6
				30.2	50.3	66.6	46.5	326.7*	30.2
4.0	-3.8E-02	68.1	65.6	50.3	32.7				
				40.2	65.3	80.4	148.3*	95.5	62.8
				128.2	70.4	55.3	191.0*	72.9	52.8
				45.2	52.8	80.4	57.8	402.1*	67.9
8.0	9.2E-02	97.4	107.2	45.2	42.7				
				55.3	90.5	100.5	160.8	110.6	135.7
				351.9*	95.5	100.5	186.0	181.0	75.4
				100.5	75.4	95.5	100.5	296.6*	125.7
16.0	-7.5E-02	181.7	169.1	60.3	80.4				
				100.5	170.9	170.9	291.5	201.1	221.2
				854.5*	88.5	130.7	321.7	442.3*	160.8
				160.8	130.7	150.8	160.8	181.0	201.1
32.0	2.6E-02	354.7	364.1	60.3	140.7				
				193.0	341.8	341.8	422.2	462.4	623.3
				703.7	241.3	341.8	623.3	542.9	241.3
				482.5	221.2	241.3	281.5	170.9	341.8
				100.5	0.0				

SE RETIROLANDIA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
	rou1	d1	rou2	
Valores Finais:	42.3	7.4	158.9	
Erro global:	1.29E-02			
Erro Medio:	4.26E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-6.2E-02	42.7	40.2	30.2	50.3				
4.0	8.5E-02	44.9	49.0	47.8	50.3				
8.0	1.1E-02	54.7	55.3	60.3	50.3				
16.0	-3.8E-02	78.3	75.4	70.4	80.4				
32.0	1.8E-02	108.6	110.6	80.4	140.7				

SE ELISIO MEDRADO-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Quatro Camadas						
	rou1	d1	rou2	d2	rou3	d3	rou4
Valores Finais:	32.8	0.2	1836.6	1.3	42.4	3.4	1286.9
Erro global:	5.03E-03						
Erro Medio:	2.72E-02						

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	3.4E-02	294.9	305.2	175.9	377.0	339.3	301.6	389.6	289.0
				15.1	301.6	402.1	213.6	552.9	
4.0	5.5E-02	379.8	402.1	251.3	427.3	502.7	326.7	427.3	351.9
				30.2*	377.0	502.7	326.7	527.8	
8.0	1.5E-02	327.2	332.2	246.3	552.9	552.9	196.0	221.2	206.1
				65.3	271.4	603.2	236.2	502.7	
16.0	-2.2E-02	261.0	255.3	241.3	231.2	402.1	301.6	221.2	231.2
				130.7	211.1	462.4*	311.6	271.4	
32.0	9.5E-03	378.4	382.0	361.9	341.8	482.5	542.9	241.3	341.8
				301.6	301.6	482.5	361.9	442.3	

SE DOM MACEDO COSTA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
	rou1	d1	rou2
Valores Finais:	441.1	10.5	181.7
Erro global:	1.02E-01		
Erro Medio:	1.11E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-8.9E-02	440.2	404.2	251.3	238.8	552.9	314.2	816.8	251.3
4.0	2.7E-01	434.7	599.0	477.5	326.7	754.0	477.5	1231.5	326.7
8.0	-1.3E-01	404.7	359.4	85.5	301.6	603.2	603.2	412.2	150.8
16.0	5.3E-02	317.2	335.1	160.8	271.4	422.2	452.4	502.7	201.1
32.0	-1.0E-02	223.5	221.2	261.4	201.1	221.2	201.1	804.2*	221.2

SE CATU-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 399.7 3.2 1287.7
 Erro global: 2.14E-02
 Erro Medio: 5.45E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.3E-02	430.6	425.0	458.7	452.4	512.7	512.7	754.0*	150.8*
				100.5*	276.5	377.0	402.1	364.4	363.2
				452.4	502.7				
4.0	3.2E-02	535.7	553.6	608.2	578.1	756.5	726.3	1027.9	251.3
				251.3	103.0	678.6	452.4	326.7	427.3
				759.0	804.2				
8.0	3.5E-02	749.2	776.2	693.7	754.0	1005.3	1508.0	1633.6	492.6
				341.8	251.3	955.0	839.4	507.7	457.4
				924.9	502.7				
16.0	-1.1E-01	984.8	885.4	955.0	1005.3	1176.2	1769.3	1095.8	703.7
				552.9	100.5	1005.3	1136.0	583.1	301.6
				904.8	1105.8				
32.0	8.0E-02	1156.7	1256.6	1407.4	160.8	1990.5	2010.6	1970.4	1568.3
				1266.7	140.7	100.5	1910.1	1467.8	201.1
				1427.5	1970.4				

SE CANDIBA-COELBA

Estratificacao em Tres Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Valores Finais: 185.9 5.1 10.4 3.4 3514.3
 Erro global: 1.35E-01
 Erro Medio: 1.57E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.4E-01	180.4	158.8	188.5	201.1	188.5	80.4	50.3	175.9
				138.2	150.8	301.6*	276.5	138.2	
4.0	1.0E-01	155.7	173.2	100.5	251.3	251.3	213.6	55.3	50.3
				88.0	103.0	402.1	276.5	113.1	
8.0	-2.2E-01	95.6	78.2	85.5	100.5	100.5	24.1	21.1	17.6
				75.4	75.4	377.0*	150.8	130.7	
16.0	1.2E-01	68.7	78.0	130.7	50.3	110.6	24.1	30.2	26.1
				100.5	56.3	331.8*	130.7	120.6	
32.0	2.1E-01	119.5	150.4	221.2	68.4	221.2	64.3	52.3	52.3
				261.4	84.4	321.7	221.2	86.5	

SE CONCEICAO DO ALMEIDA-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 329.9 6.8 177.9
 Erro global: 4.95E-03
 Erro Medio: 2.85E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.1E-02	328.2	321.5	188.5	175.9	578.1	301.6	678.6	213.6
				578.1	175.9	276.5	640.9	427.3	175.9
				289.0	414.7	377.0	540.4	490.1	138.2
				201.1	314.2	138.2	138.2	188.5	603.2
				515.2	439.8	188.5	263.9	85.5	88.0
				540.4	389.6	138.2	263.9	238.8	377.0
				364.4	213.6	389.6	120.6	377.0	263.9
				191.0	158.3	527.8	377.0	502.7	186.0
				628.3	108.1	231.2	552.9	427.3	165.9
				402.1	552.9	452.4	653.5	603.2	125.7
4.0	4.8E-02	319.0	335.0	175.9	276.5	125.7	125.7	125.7	527.8
				251.3	703.7	251.3	301.6	93.0	150.8
				653.5	477.5	201.1	236.2	238.8	351.9
				351.9	301.6	527.8	135.7	402.1	236.2
				196.0	160.8	216.1	372.0	276.5	191.0
				412.2	60.3	251.3	341.8	366.9	170.9
				361.9	854.5*	402.1	1005.3*	432.3	216.1
				216.1	351.9	145.8	191.0	261.4	387.0
				256.4	50.3	201.1	452.4	100.5	181.0
				603.2	427.3	140.7	276.5	241.3	256.4
8.0	-3.8E-02	283.3	272.8	301.6	251.3	351.9	170.9	392.1	276.5
				170.9	191.0	120.6	311.6	170.9	181.0
				271.4	60.3	261.4	221.2	341.8	181.0
				251.3	382.0	241.3	482.5	301.6	311.6
				150.8	150.8	90.5	130.7	251.3	301.6
				130.7	50.3	170.9	160.8	70.4	140.7
				492.6	552.9*	181.0	211.1	211.1	261.4
				382.0	211.1	402.1	241.3	372.0	211.1
				201.1	181.0	160.8	221.2	181.0	160.8
				241.3	120.6	341.8	201.1	241.3	201.1
16.0	2.6E-02	224.0	230.0	221.2	241.3	181.0	221.2	181.0	100.5
				40.2	20.1	40.2	20.1	382.0	181.0
				40.2	8.4	140.7	160.8	100.5	20.1
				221.2	361.9	241.3	221.2	201.1	201.1
				261.4	201.1	361.9	301.6	261.4	221.2

SE CAETITE-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
Valores Finais:	rou1	d1	rrou2	
Erro global:	417.7	9.4	3527.1	
Erro Medio:	1.97E-02			
	5.57E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.1E-02	420.3	411.5	50.3*	402.1	465.0*	414.7	414.7	414.7
4.0	7.6E-02	436.5	472.5	75.4*	452.4	477.5	477.5	477.5	477.5
8.0	-8.8E-02	525.1	482.5	100.5*	502.7	452.4	502.7	452.4	502.7
16.0	7.3E-02	810.8	874.6	160.8*	854.5	854.5	904.8	854.5	904.8
32.0	-2.0E-02	1333.0	1306.9	201.1*	1105.8	1306.9	1407.4	1306.9	1407.4

SE CACHOEIRA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Tres Camadas					
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3	
Erro global:	652.2	5.2	1112.1	3.4	423.8	
Erro Medio:	2.34E-03					
	1.34E-02					

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	2.4E-03	656.1	657.6	716.3	590.6	678.6	226.2*	640.9	678.6
				226.2*	640.9	578.1	867.1	527.8	1030.4*
4.0	1.1E-02	671.4	678.6	427.3	854.5	603.2	301.6	678.6	603.2
				301.6	678.6	929.9	929.9	703.7	1131.0
8.0	4.6E-02	688.2	721.7	216.1	653.5	754.0	452.4	703.7	754.0
				452.4	703.7	1156.1	1055.6	904.8	854.5
16.0	7.4E-03	615.1	619.6	211.1	482.5	904.8	291.5	5127.1*	904.8
				291.5	512.7	1306.9	814.3	633.3	462.4
32.0	4.1E-04	485.7	485.9	261.4	261.4	482.5	301.6	603.2	482.5
				301.6	603.2	703.7	824.4	522.8	482.5

SE BREJOES-COELBA

Parametro: Estratificacao em Duas Camadas
 Valores Finais: rou1 d1 rou2
 Erro global: 147.7 3.2 100.2
 Erro Medio: 1.67E-02 4.67E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-2.2E-02	143.9	140.9	213.6 188.5 678.6*	213.6 47.8	113.1 515.2*	276.5 41.5	125.7 213.6	44.0 71.6
4.0	3.9E-02	132.4	137.8	201.1 62.8 779.1*	326.7 40.2	60.3 628.3*	168.4 45.2	158.3 238.8	40.2 173.4
8.0	-7.2E-04	114.5	114.4	70.4 60.3 502.7*	175.9 26.1	31.2 1156.1*	80.4 229.7	216.1 115.6	377.0 75.4
16.0	-8.6E-02	104.2	95.9	56.3 75.4 140.7	35.2 19.1	40.2 1809.6*	80.4 30.2	241.3 50.3	251.3 130.7
32.0	8.6E-02	101.2	110.7	24.1 140.7 16.1	42.2 24.1	150.8 2010.6*	150.8 7.2	261.4 98.5	301.6 110.6

SE BOA VISTA DO TUPIM-COELBA

Parametro: Estratificacao em Duas Camadas
 Valores Finais: rou1 d1 rou2
 Erro global: 180.3 7.1 744.2
 Erro Medio: 2.94E-02 6.15E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	medi	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	8.1E-03	182.2	183.7	90.5 402.1	402.1 100.5	113.1 88.0	50.3 113.1	75.4	402.1
4.0	2.9E-02	193.1	198.8	125.7 452.4	477.5 62.8	75.4 100.5	75.4 65.3	100.5	452.4
8.0	-9.7E-02	241.1	219.7	201.1 402.1	452.4 50.3	100.5 150.8	125.7 60.3	150.8	502.7
16.0	1.3E-01	352.8	406.1	301.6 854.5	854.5 150.8	150.8 251.3	231.2 160.8	251.3	854.5
32.0	-4.2E-02	496.3	476.5	301.6 1306.9	1306.9 20.1	40.2 241.3	201.1 20.1	221.2	1105.8

SE BIRITINGA-COELBA

Parametro: Estratificacao em Duas Camadas
 Valores Finais: rou1 d1 rou2
 Erro global: 500.3 1.6 85.5
 Erro Medio: 1.37E-02 4.13E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.2E-02	332.9	336.8	276.5	678.6	552.9	25.1	150.8	
4.0	-2.8E-02	160.2	155.8	150.8	804.2*	351.9	20.1	100.5	
8.0	8.9E-02	95.0	104.3	150.8	754.0*	181.0	30.2	55.3	
16.0	9.2E-03	87.2	88.0	150.8	402.1*	110.6	40.2	50.3	
32.0	-6.8E-02	85.9	80.4	120.6	281.5*	80.4	60.3	60.3	

SE ANGUERA-COELBA

Parametro: Estratificacao em Duas Camadas
 Valores Finais: rou1 d1 rou2
 Erro global: 24.3 6.4 20000.0
 Erro Medio: 3.00E-01 2.25E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.9E-01	24.9	30.7	11.3	44.0	33.9	26.4	37.7	
4.0	-3.1E-01	28.4	21.6	25.1	20.1	27.6	12.6	22.6	
8.0	6.0E-02	43.5	46.2	70.4	35.2	50.3	40.2	35.2	
16.0	2.4E-01	83.8	110.6	201.1	60.3	130.7	100.5	60.3	
32.0	3.2E-01	166.0	245.3	301.6	201.1	221.2	301.6	201.1	

SE BARRA DA ESTIVA-COELBA

		Estratificacao em		Tres Camadas		
Parametro:		rou1	d1	rou2	d2	rou3
Valores Finais:		559.5	1.4	377.7	10.9	1003.6
Erro global:		7.69E-07				
Erro Medio:		6.21E-07				

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-8.3E-08	490.1	490.1	502.7	490.1	477.5			
4.0	-3.1E-07	427.3	427.3	452.4	427.3	402.1			
8.0	1.0E-08	418.9	418.9	402.1	452.4	402.1			
16.0	9.6E-07	502.7	502.7	603.2	502.7	402.1			
32.0	1.7E-06	670.2	670.2	603.2	804.2	603.2			

SE BAIXA GRANDE-COELBA

		Estratificacao em		Duas Camadas	
Parametro:		rou1	d1	rou2	
Valores Finais:		242.8	2.9	100.2	
Erro global:		2.88E-01			
Erro Medio:		2.20E-01			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	7.7E-02	227.0	246.1	301.6	452.4	150.8	263.9	37.7	251.3
				276.5	326.7	50.3	88.0	452.4	301.6
4.0	-1.4E-01	183.7	160.8	226.2	251.3	150.8	175.9	40.2	201.1
				27.6	201.1	52.8	125.7	251.3	226.2
8.0	3.3E-01	128.8	192.3	251.3	251.3	201.1	201.1	50.3	251.3
				40.2	301.6	55.3	201.1	251.3	251.3
16.0	-2.7E-01	106.0	83.8	60.3	100.5	90.5	80.4	70.4	110.6
				70.4	80.4	80.4	100.5	100.5	60.3
32.0	2.9E-01	101.4	142.4	100.5	160.8	160.8	140.7	120.6	201.1
				120.6	140.7	140.7	160.8	160.8	100.5

SE RUI BARBOSA-COELBA

		Estratificacao em		Duas Camadas	
Parametro:		rou1	d1	rou2	
Valores Finais:		141.3	26.6	58500.4	
Erro global:		3.39E-01			
Erro Medio:		2.05E-01			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	2.0E-01	141.4	177.7	13.8	150.8	45.2	150.8	150.8	439.8
				263.9	84.2	150.8	1885.0*	326.7	
4.0	1.4E-01	141.8	164.1	22.6	60.3	40.2	118.1	148.3	351.9
				377.0	45.2	201.1	2488.1*	276.5	
8.0	-1.7E-01	144.5	123.4	35.2	45.2	35.2	90.5	231.2	100.5
				904.8*	45.2	286.5	1105.8*	241.3	
16.0	-1.2E-02	162.6	160.6	60.3	70.4	20.1	42.2	573.0	36.2
				1508.0*	60.3	241.3	1407.4*	341.8	
32.0	5.0E-01	244.2	488.6	120.6	140.7	100.5	80.4	1005.3	74.4
				1407.4	100.5	172.9	1608.5	563.0	

SE SANTANOPOLIS-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.5E-02	61.1	60.2	36.4 25.1	854.5* 12.6	21.4 125.7	201.1	32.7	26.4
4.0	6.1E-02	66.1	70.4	60.3 32.7	779.1* 37.7	27.6 148.3	175.9	50.3	30.2
8.0	-1.1E-01	85.5	76.8	115.6 40.2	552.9* 105.6	45.2 150.8	1005.3*	40.2	40.2
16.0	1.7E-01	123.7	148.6	221.2 60.3	221.2 281.5	70.4 241.3	120.6	60.3	60.3
32.0	-5.3E-02	166.7	158.3	261.4 100.5	100.5 382.0	120.6 804.2*	140.7	60.3	100.5

SE SAO FELIPE-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas			
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	
Erro global:	177.4	0.9	350.4	
Erro Medio:	6.91E-03			
	3.28E-02			

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.7E-03	253.3	252.4	716.3* 52.8	314.2 201.1	301.6 47.8	326.7 276.5	339.3 201.1	201.1 1759.3*
4.0	2.9E-02	302.8	312.0	490.1 678.6	276.5 377.0	276.5 95.5	276.5 193.5	377.0 502.7	175.9 3518.6*
8.0	-4.4E-02	332.7	318.6	105.6 578.1	226.2 193.5	372.0 306.6	336.8 271.4	326.7 457.4	181.0 2613.8*
16.0	-3.1E-02	345.1	334.8	201.1 467.5	306.6 271.4	170.9 382.0	271.4 563.0	457.4 351.9	2613.8* 201.1
32.0	5.6E-02	348.9	369.6	552.9 402.1	382.0 271.4	291.5 301.6	563.0 181.0	351.9 170.9	201.1 3880.5*
				502.7 623.3	181.0 422.2	361.9 361.9	402.1 402.1	361.9 160.8	201.1 6031.9*
				804.2 321.7	261.4 201.1	482.5 201.1	201.1 201.1	160.8 160.8	6031.9* 6031.9*

SE SAO FELIX-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Tres Camadas					
Valores Finais:	rou1	d1	rou2	d2	rou3	
Erro global:	438.0	2.4	775.0	3.5	217.2	
Erro Medio:	3.17E-02					
	6.59E-02					

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-8.0E-02	464.5	430.1	527.8 175.9	314.2 804.2	289.0 238.8	326.7 439.8	465.0 251.3	427.3 603.2
4.0	2.1E-02	506.8	517.5	502.7 263.9	351.9 678.6	301.6 314.2	150.8 804.2	452.4 477.5	779.1 603.2
8.0	1.5E-01	472.4	553.4	402.1 301.6	477.5 854.5	326.7 351.9	477.5 477.5	603.2 326.7	527.8 754.0
16.0	9.2E-03	326.9	329.9	578.1 377.0	452.4 829.4	402.1 477.5	226.2 854.5	502.7 552.9	804.2 653.5
32.0	7.3E-02	235.4	254.1	186.0 502.7	653.5 754.0	241.3 502.7	653.5 552.9	552.9 402.1	653.5 754.0
				603.2 552.9	336.8 804.2	552.9 653.5	301.6 754.0	452.4 452.4	754.0 754.0
				552.9 181.0	804.2 402.1	653.5 271.4	754.0 462.4	452.4 311.6	754.0 331.8
				462.4 402.1	331.8 271.4	301.6 351.9	311.6 221.2	170.9 201.1	422.2 402.1
				311.6 221.2	402.1 201.1	402.1 160.8	331.8 221.2	331.8 221.2	402.1 201.1
				221.2 341.8	201.1 321.7	201.1 201.1	221.2 301.6	221.2 120.6	201.1 261.4
				261.4 261.4	382.0 281.5	281.5 201.1	201.1 321.7	221.2 221.2	402.1 402.1

SE SAO GONCALO-COELBA

Parametro: Estratificacao em Tres Camadas
 Valores Finais: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Erro global: 283.9 2.6 1719.7 1.4 174.5
 Erro Medio: 6.78E-02 8.71E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-4.5E-02	316.7	303.2	377.0	251.3	364.4	377.0	150.8	377.0
				854.5*	289.0	238.8			
4.0	-6.8E-02	382.6	358.1	427.3	377.0	427.3	377.0	226.2	377.0
				754.0*	326.7	326.7			
8.0	2.4E-01	393.7	515.2	653.5	552.9	452.4	502.7	135.7*	452.4
				653.5	402.1	452.4			
16.0	-7.7E-02	281.5	261.4	392.1	311.6	231.2	271.4	150.8	251.3
				301.6	130.7	311.6			
32.0	9.9E-03	196.9	198.8	221.2	261.4	201.1	261.4	140.7	181.0
				100.5	180.8	261.4			

SE SAPEACU-COELBA

Parametro: Estratificacao em Tres Camadas
 Valores Finais: rou1 d1 rou2 d2 rou3
 Erro global: 107.9 0.4 615.7 3.1 204.6
 Erro Medio: 4.78E-02 7.35E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.4E-02	353.9	358.9	2010.6*	791.7*	175.9	100.5	51.5	452.4
				65.3	490.1	314.2	439.8	515.2	465.0
				389.6	377.0	276.5	452.4	490.1	477.5
4.0	1.9E-01	410.3	508.6	364.4	515.2	314.2	678.6	377.0	114.4
				980.2*	603.2	115.6*	115.6*	57.8*	427.3
				62.8*	552.9	452.4	552.9	502.7	502.7
				477.5	578.1	427.3	502.7	703.7	527.8
				477.5	502.7	452.4	955.0*	402.1	168.4*
8.0	-2.3E-02	348.3	338.5	804.2*	281.5	105.6	130.7	80.4	271.4
				80.4	387.0	366.9	437.3	422.2	336.8
				417.2	351.9	251.3	221.2	653.5	502.7
				502.7	452.4	366.9	754.0	236.2	175.9
16.0	-5.6E-02	248.1	235.0	291.5	181.0	100.5	170.9	140.7	201.1
				160.8	321.7	271.4	301.6	301.6	281.5
				321.7	341.8	251.3	241.3	251.3	181.0
				181.0	211.1	271.4	271.4	191.0	201.1
32.0	-8.1E-02	212.9	196.9	181.0	140.7	160.8	181.0	221.2	181.0
				160.8	301.6	181.0	181.0	201.1	181.0
				241.3	261.4	201.1	241.3	221.2	100.5
				201.1	120.6	181.0	140.7	261.4	221.2

SE VITORIA DA CONQUISTA-COELBA

Parametro: Estratificacao em Duas Camadas
 Valores Finais: rou1 d1 rou2
 Erro global: 302.4 25.8 896.5
 Erro Medio: 5.89E-03 2.38E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-4.4E-02	302.4	289.6	565.5	175.9	188.5	18.8	188.5	163.4
				113.1	276.5	603.2	213.6	465.0	502.7
4.0	6.1E-02	302.8	322.6	980.2*	377.0	351.9	30.2	276.5	377.0
				150.8	301.6	527.8	226.2	427.3	502.7
8.0	-1.2E-02	305.7	302.1	1005.3*	552.9	236.2	40.2	422.2	211.1
				251.3	196.0	402.1	140.7	366.9	502.7
16.0	1.1E-03	323.9	324.2	351.9	442.3	181.0	60.3	532.8	201.1
				502.7	321.7	502.7	100.5	191.0	502.7
32.0	-6.7E-05	397.1	397.1	321.7	281.5	120.6	100.5	261.4	281.5
				1005.3	482.5	603.2	140.7	160.8	1005.3

SE SERRINHA-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 199.2 1/9 40000.0
 Erro global: 1.91E-01
 Erro Medio: 1.69E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	1.1E-01	199.6	223.3	213.6	61.6	51.5	100.5	138.2	37.7
				28.9	201.1	502.7	276.5	301.6	326.7
				88.0	339.3	854.5*	201.1	201.1	326.7
				28.9	44.0	377.0	364.4	163.4	238.8
				100.5	364.4	201.1	326.7	201.1	28.9
				28.9	377.0	138.2	76.7	251.3	44.0
				44.0	88.0	17.6	339.3	1131.0*	213.6
				339.3	666.0	1005.3*	238.8	238.8	603.2
				439.8	515.2	904.8*			
				439.8	515.2	904.8*			
4.0	-2.9E-02	202.4	196.8	251.3	60.3	55.3	62.8	72.9	47.8
				47.8	201.1	251.3	201.1	95.5	301.6
				100.5	100.5	1005.3*	301.6	2262.0*	276.5
				45.2	60.3	301.6	301.6	93.0	276.5
				70.4	301.6	2262.0*	276.5	301.6	25.1
				45.2	301.6	65.3	93.0	2262.0*	57.8
				60.3	125.7	150.8	427.3	62.8	1759.3*
				427.3	552.9	42.7	251.3	251.3	452.4
				402.1	603.2	829.4*			
				402.1	603.2	829.4*			
8.0	-2.8E-01	221.5	172.3	160.8	80.4	75.4	75.4	100.5	65.3
				90.5	216.1	301.6	110.6	90.5	191.0
				452.4	150.8	100.5	201.1	120.6	125.7
				85.3	90.5	145.8	266.4	110.6	301.6
				100.5	266.4	120.6	125.7	201.1	351.9
				65.3	145.8	80.4	145.8	60.3	75.4
				90.5	125.7	251.3	261.4	402.1	160.8
				261.4	321.7	351.9	135.7	135.7	351.9
				165.9	4523.9*	552.9*			
				165.9	4523.9*	552.9*			
16.0	1.6E-01	314.0	373.4	251.3	130.7	110.6	130.7	160.8	110.6
				160.8	412.2	402.1	140.7	130.7	160.8
				703.7	281.5	261.4	301.6	904.8	703.7
				100.5	140.7	904.8	140.7	904.8	492.6
				150.8	140.7	904.8	703.7	301.6	502.7
				100.5	904.8	512.7	231.2	502.7	110.6
				140.7	170.9	402.1	160.8	603.2	261.4
				160.8	100.5	502.7	904.8	904.8	181.0
				804.2	160.8	1407.4*			
				804.2	160.8	1407.4*			
32.0	2.7E-01	585.1	799.8	422.2	221.2	1809.6	1809.6	221.2	201.1
				261.4	563.0	301.6	241.3	1809.6	221.2
				1005.3	522.8	1407.4	482.5	804.2	1005.3
				1407.4	201.1	1407.4	844.5	1608.5	603.2
				201.1	804.2	804.2	1005.3	482.5	603.2
				1407.4	1407.4	1407.4	301.6	804.2	1809.6
				201.1	0.0	603.2	241.3	804.2	382.0
				241.3	120.6	603.2	1206.4	1206.4	140.7
				1407.4	1407.4	1005.3			
				1407.4	1407.4	1005.3			

SE URUCUCA-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 250.2 7.7 3995.9
 Erro global: 6.82E-02
 Erro Medio: 8.52E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-1.2E-01	253.4	226.2	226.2	226.2				
4.0	2.3E-01	272.3	351.9	377.0	326.7				
8.0	-1.4E-02	364.6	359.4	552.9	165.9				
16.0	-4.4E-02	624.7	598.2	733.9	462.4				
32.0	2.1E-02	1092.6	1115.9	1387.3	844.5				

SE UBAIRA-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: roul d1 rou2
 Valores Finais: 159.1 7.0 3239.9
 Erro global: 6.66E-01
 Erro Medio: 2.12E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-3.3E-03	161.9	161.4	263.9	36.4	364.4	1131.0*	163.4	289.0
				138.2	188.5	32.7	54.0	515.2	36.4
				263.9	50.3	188.5	16.3	65.3	76.7
4.0	-4.1E-02	177.9	170.9	276.5	32.7	366.9	103.0	276.5	351.9
				120.6	72.9	27.6	77.9	578.1	32.7
				276.5	70.4	60.3	201.1	40.2	110.6
8.0	8.0E-01	250.9	1242.1	3518.6	452.4	3518.6	120.6	3518.6	4523.9
				145.8	452.4	452.4	80.4	552.9	452.4
				3518.6	100.5	402.1	301.6	50.3	196.0
16.0	-1.5E-01	444.2	385.4	231.2	804.2	160.8	160.8	251.3	181.0
				181.0	703.7	703.7	100.5	251.3	804.2
				231.2	181.0	603.2	502.7	703.7	181.0
32.0	6.5E-02	789.7	844.5	241.3	1407.4	221.2	201.1	361.9	1407.4
				261.4	1206.4	1809.6	1206.4	1608.5	1407.4
				241.3	301.6	1005.3	603.2	1407.4	301.6

SE UNA-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: roul d1 rou2
 Valores Finais: 415.2 2.9 1556.4
 Erro global: 1.03E-01
 Erro Medio: 1.05E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	2.8E-02	460.3	473.7	879.6	389.6	879.6	885.9	333.0	756.5
				314.2	276.5	628.3	439.8	351.9	402.1
				62.8	351.9	628.3	1005.3	138.2	153.3
4.0	-7.9E-02	601.5	557.3	1256.6	414.7	904.8	899.8	377.0	603.2
				326.7	477.5	578.1	452.4	351.9	452.4
				50.3	552.9	955.0	1508.0	155.8	145.8
8.0	-1.6E-02	869.1	855.3	2412.7	351.9	1558.2	1508.0	1005.3	643.4
				502.7	653.5	703.7	336.8	251.3	502.7
				115.6	804.2	1306.9	2538.4	402.1	251.3
16.0	2.9E-01	1161.9	1628.6	3518.6	603.2	3116.5	2814.9	3015.9	1508.0
				1809.6	1206.4	1206.4	552.9	301.6	854.5
				201.1	804.2	1809.6	3719.7	1809.6	583.1
32.0	-1.2E-01	1381.6	1237.7	1508.0	0.0	0.0	2412.7	0.0	0.0
				0.0	1206.4	2010.6	784.1	502.7	1105.8
				301.6	402.1	2412.7	5629.7*	0.0	0.0

SE MATA DE SAO JOAO-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: roul d1 rou2
 Valores Finais: 7841.0 2.3 2189.0
 Erro global: 1.30E-01
 Erro Medio: 1.41E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-8.5E-02	6751.7	6220.4	7791.2	9927.5	942.5			
4.0	2.6E-01	4559.0	6149.2	9299.1	7791.2	1357.2			
8.0	-2.0E-01	2737.2	2278.7	703.7	4373.1	1759.3			
16.0	1.2E-01	2278.5	2587.0	3015.9	4322.8	422.2			
32.0	3.9E-02	2208.7	2298.8	1688.9	4825.5	382.0			

SE WENCESLAU GUIMARAES-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas

Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 316.7 2.5 2334.7
 Erro global: 7.93E-03
 Erro Medio: 3.07E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2.0	-9.8E-03	386.1	382.4	527.8	527.8	214.9	214.9	203.6	527.8
				527.8	527.8	515.2	214.9	203.6	
4.0	6.0E-02	578.8	616.0	779.1	779.1	356.9	356.9	364.4	779.1
				779.1	904.8	955.0	356.9	364.4	
8.0	-6.3E-02	936.1	880.6	1136.0	1136.0	598.2	598.2	568.0	1136.0
				1136.0	1115.9	1115.9	578.1	568.0	
16.0	9.0E-03	1389.3	1402.0	1759.3	1759.3	904.8	904.8	924.9	1759.3
				1759.3	1910.1	1910.1	904.8	924.9	
32.0	1.1E-02	1823.1	1844.3	2372.5	2372.5	703.7	603.2	1226.5	2372.5
				2372.5	2915.4	2915.4	1206.4	1226.5	

SE PRADO-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas

Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 840.1 6.1 76.8
 Erro global: 9.91E-02
 Erro Medio: 8.56E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.4	-1.6E-02	834.7	821.6	833.9	860.3	770.6			
2.0	6.2E-02	825.1	879.6	850.7	947.5	840.7			
3.0	1.0E-01	795.0	886.6	804.9	953.8	901.0			
4.0	4.8E-02	748.1	785.8	741.4	809.3	806.8			
6.0	-5.1E-02	622.3	591.9	546.6	656.0	573.0			
8.0	-1.7E-01	489.3	416.7	395.6	450.9	403.6			
12.0	-2.0E-02	286.9	281.2	270.7	311.4	261.6			
16.0	1.3E-01	177.9	203.4	202.1	218.2	190.0			
24.0	1.4E-01	102.0	118.4	30.2*	117.6	119.1			
32.0	-1.2E-01	85.3	76.4	0.0	76.4	76.4			

SE CARRANCA-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas

Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 2141.6 5.0 181.2
 Erro global: 2.92E-01
 Erro Medio: 1.49E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	2.7E-01	2131.9	2937.4	1885.0	3204.4	2324.8	4335.4		
2.0	1.5E-01	2071.8	2444.2	1885.0	3141.6	1734.2	3015.9		
4.0	-1.5E-01	1758.5	1533.1	1508.0	1759.3	1256.6	1608.5		
6.0	-2.8E-01	1332.1	1036.7	1131.0	754.0	754.0	1508.0		
8.0	7.3E-02	955.6	1030.4	1055.6	1055.6	854.5	1156.1		
10.0	9.4E-02	680.6	750.8	754.0	754.0	590.6	904.8		
12.0	8.0E-02	497.4	541.0	452.4	603.2	392.1	716.3		
16.0	-1.5E-02	308.6	304.1	201.1	301.6	251.3	462.4		
20.0	2.2E-01	236.4	301.6	0.0	0.0	0.0	301.6		
24.0	-1.5E-01	208.3	181.0	0.0	0.0	0.0	181.0		

SE DERIVACAO ITAQUARA-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas

Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 279.1 12.2 20746.7
 Erro global: 3.98E-02
 Erro Medio: 5.36E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.4	5.3E-03	279.512	281.0	281.0					
2.0	-1.2E-02	280.199	277.0	277.0					
3.0	1.0E-01	282.607	315.0	315.0					
4.0	3.7E-02	287.064	298.0	298.0					
6.0	-9.9E-02	303.447	276.0	276.0					
8.0	-6.2E-02	330.293	311.0	311.0					
12.0	1.6E-02	410.208	417.0	417.0					
16.0	6.7E-02	512.095	549.0	549.0					
24.0	6.0E-02	739.562	787.0	787.0					
32.0	7.5E-02	971.613	1050.0	1050.0					

SE SEABRA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	7836.9	3.8	1331.6
Erro Medio:	1.05E-01		
	9.35E-02		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.4	-1.7E-02	7667.9	7538.6	11083.6	3993.6				
2.0	9.0E-02	7400.3	8130.5	12566.4	3694.5				
3.0	9.9E-02	6697.2	7436.2	11290.9	3581.4				
4.0	-7.6E-02	5826.4	5416.1	8293.8	2538.4				
6.0	-1.5E-01	4179.7	3647.4	5617.2	1677.6				
8.0	1.7E-02	3026.3	3078.8	4735.0	1422.5				
12.0	1.9E-01	1930.8	2390.1	3581.4	1198.8				
16.0	7.5E-02	1575.9	1703.5	2473.1	933.9				
24.0	-1.3E-01	1404.4	1243.3	1794.5	692.2				

SE BARREIRAS NORTE COELBA-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	1215.3	10.8	0.5
Erro Medio:	2.89E+00		
	3.77E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.4	-3.5E-01	1213.5	897.2	897.2					
2.0	-1.3E-01	1210.3	1074.4	1074.4					
3.0	1.5E-01	1199.0	1413.7	1413.7					
4.0	2.8E-01	1178.7	1641.2	1641.2					
6.0	2.8E-01	1108.9	1549.4	1549.4					
8.0	1.6E-01	1005.6	1190.3	1190.3					
12.0	-7.7E-02	753.3	699.7	699.7					
16.0	-4.3E-01	516.5	361.9	361.9					
24.0	-1.5E+00	210.2	82.9	82.9					

SE BARREIRAS NORTE CHESF-COELBA

Parametro:	Estratificacao em Duas Camadas		
Valores Finais:	rou1	d1	rou2
Erro global:	864.9	7.8	23.9
Erro Medio:	2.52E-01		
	1.55E-01		

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.4	-2.6E-01	861.8	685.2	685.2					
2.0	-1.1E-01	856.1	774.1	774.1					
3.0	1.0E-01	837.3	933.1	933.1					
4.0	1.3E-01	805.8	922.4	922.4					
6.0	1.8E-01	710.1	867.1	867.1					
8.0	2.2E-01	591.0	759.0	759.0					
12.0	1.4E-01	366.6	426.0	426.0					
16.0	-2.1E-01	212.7	175.9	175.9					
24.0	5.3E-02	75.7	79.9	79.9					

SE IRECE-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 67.2 3.1 288.3
 Erro global: 4.10E-02
 Erro Medio: 4.55E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-9.6E-02	68.2	62.3	62.3					
2.0	1.6E-01	73.8	87.5	87.5					
4.0	3.3E-02	96.2	99.5	99.5					
6.0	-9.3E-04	121.1	121.0	121.0					
8.0	-3.6E-02	142.8	137.7	137.7					
10.0	-4.8E-02	160.7	153.3	153.3					
12.0	-2.6E-02	175.6	171.2	171.2					
16.0	1.2E-02	198.6	201.1	201.1					
20.0	3.6E-03	215.4	216.1	216.1					
24.0	4.3E-02	227.9	238.3	238.3					

SE CAETITE-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 2224.9 9.3 111.7
 Erro global: 2.88E-01
 Erro Medio: 1.23E-01

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	-2.6E-01	2223.2	1764.0	1690.2	1621.1	1872.4	3118.5*	1872.4	
2.0	2.2E-01	2211.8	2830.0	2463.0	2098.6	2789.7	3707.1	3091.3	
4.0	3.0E-01	2133.0	3031.0	2035.8	2236.8	3317.5	4398.2	3166.7	
6.0	1.8E-01	1968.4	2397.7	1998.1	2111.2	2714.3	2827.4	2337.4	
8.0	-5.8E-02	1741.4	1646.2	1759.3	1558.2	1658.8	2362.5*	1608.5	
10.0	-2.0E-01	1489.3	1244.1	1759.3	754.0	1131.0	1570.8	1005.3	
12.0	4.4E-03	1243.1	1248.6	1734.2	663.5	980.2	1885.0	980.2	
16.0	1.0E-01	831.6	924.9	1306.9	502.7	824.4	1085.7	904.8	
20.0	2.0E-02	549.4	560.5	816.8	339.3	578.1	666.0	402.1	
24.0	-4.0E-03	372.4	371.0	527.8	226.2	377.0	527.8	196.0	
30.0	-1.1E-02	231.1	228.6	263.9	160.2	301.6	0.0	188.5	

SE SENTO SE-COELBA

Estratificacao em Duas Camadas
 Parametro: rou1 d1 rou2
 Valores Finais: 5191.0 2.6 189.6
 Erro global: 5.64E-03
 Erro Medio: 2.79E-02

Profund. (m)	erro (pu)	Resistividades (ohm.m)							
		calculada	media	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.0	3.9E-02	5027.9	5230.8	7100.0	6911.5	3141.6	3769.9		
2.0	-5.5E-02	4274.4	4052.7	3895.6	4398.2	4146.9	3769.9		
4.0	3.1E-02	2239.5	2312.2	1759.3	1960.4	2513.3	3015.9		
6.0	-1.2E-02	1020.7	1008.5	1055.6	414.7	1055.6	1508.0		
8.0	2.3E-03	507.8	508.9	452.4	201.1	452.4	929.9		