


1. Classificação INPE-COM.1/TPT CDU: 551.4+631:621.38SR		2. Período	4. Critério de Distribuição:
3. Palavras Chave (selecionadas pelo autor) LANDSAT-1 IMAGENS MSS FOTO INTERPRETAÇÃO ANÁLISE MULTIESPECTRAL LEVANTAMENTO DE SOLOS			interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº INPE-912-TPT/030	6. Data Julho de 1976	7. Revisado por <i>Antonio Tebaldi Tardin</i> Antonio Tebaldi Tardin	
8. Título e Sub-Título AVALIAÇÃO DAS IMAGENS ORBITAIS (LANDSAT-1) COMO BASE PARA LEVANTAMENTO DE SOLOS		9. Autorizado por - <i>Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor	
10. Setor CRT/SRS	Código 421	11. Nº de cópias 30	
12. Autoria Mario Valerio Filho Nilton Tocicazu Higa Vitor Celso de Carvalho		14. Nº de páginas 276	
13. Assinatura Responsável <i>Patrice</i>		15. Preço	
16. Sumário/Notas <p>Este trabalho avalia as potencialidades das imagens MSS de LANDSAT-1 (Ex ERTS-1), para propósitos de caracterização de solos, através da análise dos elementos como: vegetação natural, uso da terra, relevo e drenagem, que são apresentados na forma de esboços, e também a análise da tonalidade aparente nas imagens. Juntamente com esta análise é apresentada a metodologia utilizada para a interpretação desses elementos nas imagens. Respostas espectrais de diferentes grupos de solos foram obtidas no campo, laboratório e de imagens e apresentadas em tabelas e gráficos. São discutidas as correlações entre esses elementos e as ocorrências de diversos grupos de solos, nas duas áreas escolhidas correspondentes as regiões de Ribeirão Preto-SP, e Dourados-Amambá-MT.</p>			
17. Observações Tese de Mestrado em Sensores Remotos e Aplicações, aprovada em 13 de fevereiro de 1976.			


PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

Aprovado pela Banca Examinadora  
em cumprimento dos requisitos exigidos  
para a obtenção do Título de Mestre em  
Sensores Remotos e Aplicações

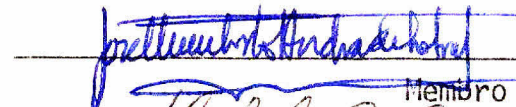
Dr. Luiz Gylvan Meira Filho

  
Presidente da Banca


Eng. Antonio Tebaldi Tardin, MSc.

  
Orientador

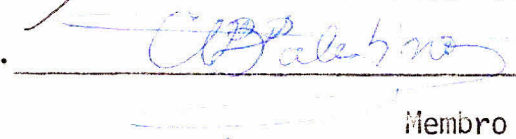
Dr. José Humberto de A. Sobral

  
Membro da Banca

Dr. Aderbal Caetano Corrêa

  
Membro da Banca "Convidado"

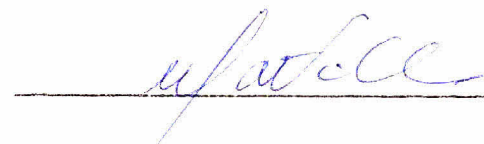
Eng. Carlos V. Barbieri Palestino, MSc.

  
Membro da Banca

Dr. Ralf Gielow

  
"ex-officio"

Mario Valério Filho

  
Candidato

Nilton Tocicazu Higa

  
Candidato

Vitor Celso de Carvalho

  
Candidato

São José dos Campos, 13 de fevereiro de 1976





## ÍNDICE

ABSTRACT .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xv
<u>CAPÍTULO I</u>	
INTRODUÇÃO .....	1
<u>CAPÍTULO II</u>	
REVISÃO DA LITERATURA .....	3
2.1 - Clima .....	3
2.2 - Vegetação Natural .....	6
2.3 - Uso da Terra .....	11
2.4 - Relevo .....	14
2.5 - Drenagem .....	18
2.6 - Propriedades Espectrais de Solos .....	27
2.7 - Tonalidade .....	33
<u>CAPÍTULO III</u>	
MATERIAL E MÉTODO .....	37
3.1 - Material .....	37
3.1.1 - Descrição Geral das Áreas .....	37
3.1.1.1 - Situação, Limites e Extensão .....	37
3.1.1.2 - Geologia e Material Originário .....	42
3.1.1.3 - Regiões Fisiográficas .....	44
3.1.1.4 - Classificação Climática .....	49
3.1.1.4.1 - Área de Ribeirão Preto - SP .....	49
3.1.1.4.2 - Área de Dourados/Amambaí-MT .....	50

3.1.2 - Descrição dos Solos .....	54
3.1.3 - Clima .....	57
3.1.3.1 - Dados Meteorológicos .....	57
3.1.3.2 - Normais Evapluviométricas.....	59
3.1.3.3 - Normais Termopluviométricas .....	59
3.1.4 - Material Fotográfico .....	60
3.1.4.1 - Imagens Orbitais do LANDSAT-1 .....	60
3.1.4.2 - Imagens Orbitais do SKYLAB .....	65
3.1.4.3 - Composições Coloridas .....	66
3.1.5 - Equipamentos .....	67
3.1.5.1 - Image 100 System .....	67
3.1.5.2 - Espectrofotômetro .....	67
3.1.5.3 - Espectroradiômetro de Campo .....	67
3.1.5.4 - Color Additive Viewer .....	70
3.1.6 - Roteiro de Campo .....	70
3.1.7 - Fichas de Campo .....	74
3.1.8 - Mapas e Cartas .....	74
3.2 - Método .....	75
3.2.1 - Balanço Hídrico .....	75
3.2.2 - Vegetação Natural .....	76
3.2.3 - Uso da Terra .....	79
3.2.4 - Relevo .....	81
3.2.5 - Drenagem .....	82
3.2.5.1 - Esboço da Rede de Drenagem .....	83

3.2.5.2 - Análise Descritiva ou Qualitativa .....	83
3.2.5.3 - Análise Quantitativa .....	86
3.2.5.4 - Análise Conjunta .....	89
3.2.6 - Medidas Espectrais dos Solos no Campo .....	90
3.2.7 - Verdade Terrestre .....	92
3.2.8 - Medidas Espectrais dos Solos no Laboratório .....	93
3.2.9 - Análise Quantitativa de Tonalidade .....	96

#### CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	101
4.1 - Balanço Hídrico .....	101
4.1.1 - Área de Ribeirão Preto-SP .....	101
4.1.1.1 - Valores Normais .....	101
4.1.1.2 - Valores do Ano de 1973 .....	105
4.1.2 - Área de Dourados/Amambaí-MT .....	108
4.1.2.1 - Valores Normais .....	108
4.1.2.2 - Valores do Ano de 1973 .....	112
4.1.3 - Correlação Clima/Vegetação .....	115
4.1.4 - Correlação Clima/Solo .....	116
4.1.5 - Correlação Clima/Condições de Umidade dos Solos .....	117
4.2 - Vegetação Natural .....	119
4.2.1 - Área de Ribeirão Preto-SP .....	120
4.2.2 - Área de Dourados/Amambaí-MT .....	121
4.3 - Uso da Terra .....	123
4.4 - Relevo .....	125

4.4.1 - Relevo/Imagens Orbitais .....	125
4.2.2 - Relevo/Clima .....	128
4.4.3 - Relevo/Drenagem .....	129
4.4.4 - Relevo/Solo .....	130
4.5 - Drenagem .....	132
4.5.1 - Esboço da Rede de Drenagem .....	132
4.5.2 - Características Qualitativas .....	134
4.5.3 - Características Quantitativas .....	136
4.5.3.1 - Características das Amostras Circulares .....	136
4.5.3.2 - Relações entre as Características Quantitativas .....	155
4.5.4 - Análise Conjunta .....	163
4.5.4.1 - Área de Dourados/Amambaí-MT .....	163
4.5.4.2 - Área de Ribeirão Preto -SP .....	167
4.5.4.3 - Relação Drenagem/Solo .....	180
4.5.4.4 - Relação Drenagem / Imagem Orbital .....	181
4.6 - Medidas Espectrais dos Solos no Campo .....	185
4.7 - Medidas Espectrais dos Solos no Laboratório .....	191
4.8 - Medidas de Tonalidade .....	196
4.8.1 - Tonalidade /Imagens Orbitais .....	196
4.8.2 - Tonalidade/Propriedades Espectrais de Solos .....	222
 <u>CAPÍTULO V</u>	
CONCLUSÕES .....	227

AGRADECIMENTOS .....	235
BIBLIOGRAFIA .....	237
APÉNDICE A .....	A.1

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

ABSTRACT

*This work evaluates the applicability of LANDSAT-1 images for soil mapping through the analysis of elements such as, natural vegetation, land use, relief and drainage. Maps were drawn based on these elements as well as the apparent tonality was analysed. The methodology employed to interpret the images is discussed. The spectral responses obtained from different great group of soils were measured by using ground radiometer espectrophotometer and "Image 100". The results are presented in tables and graphics. The correlation among these elements and soil types are discussed. The areas studied were Ribeirão Preto-SP and Doura dos/Amambaí-MT.*

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO



## LISTA DE FIGURAS

Figura III.1 - Localização das Áreas Seleccionadas .....	38
Figura III.2 - Localização da Área de Ribeirão Preto-SP no Estado de São Paulo .....	39
Figura III.3 - Localização da Área de Dourados/Amambaí-MT no Estado de Mato Grosso .....	41
Figura III.4 - Área de Ribeirão Preto-SP, segundo o Mapa Fisiográfico Publicado pelo Ministério da Agricultura (1960) .....	45
Figura III.5 - Área de Dourados/Amambaí-MT, segundo o Esboço Geomorfológico publicado pelo Ministério da Agricultura (1971) .....	48
Figura III.6 - Área de Ribeirão Preto-SP, segundo o Mapa Esquemático da Divisão Climática do Estado de São Paulo, publicado pelo Ministério da Agricultura (1960) .....	51
Figura III.7 - Área de Dourados/Amambaí-MT, segundo a Classificação Climática de Koppen, publicado pelo Ministério da Agricultura (1971) .....	53
Figura III.8 - Localização das Estações Meteorológicas da Área de Ribeirão Preto-SP .....	58
Figura III.9 - Localização das Estações Meteorológicas do Sul do Estado de Mato Grosso (Dourados/Amam baí-MT) .....	58

Figura III.10 - Esquema de Varredura do MSS do LANDSAT-1 .....	61
Figura III.11 - Esquema dos Componentes do IMAGE 100 SYSTEM .....	68
Figura III.12 - Configuração do Espectrofotometro Modelo 450 da Perkin Helmer .....	69
Figura III.13 - Esquema dos Componentes do Earth Ground Truth Radiometer, Modelo 820-10-A da Gamma Scientific ....	71
Figura III.14 - Configuração do Color Additive Viewer Modelo 600 da International Imaging System .....	72
Figura III.15 - Esquema de Funcionamento do Color Additive Viewer, segundo Lauer e Thorley (1971) .....	73
Figura III.16 - Esquema de procedimento empregado na leitura dos Valores de Tonalidade .....	98
Figura III.17 - Modelo de Listagem fornecida pela impressora de Linha .....	99
Figura IV.1 - Cursos Anuais de precipitação (P) e da Evapo- transpiração potencial (EP) e real (ER) men- sais e as disponibilidades normais de água no solo. Conforme Tabela IV.1 .....	103
Figura IV.2 - Cursos Anuais de precipitação (p) e da Evapo- transpiração potencial (EP) e real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no solo. Conforme Tabela IV.2 .....	107

Figura IV.3 - Cursos Anuais de precipitação (P) e da Evapo transpiração potencial (EP) e real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no solo. Conforme Tabela IV.3 .....	111
Figura IV.4 - Cursos Anuais da precipitação (P) e da evapo transpiração potencial (EP) e real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no solo. Conforme Tabela IV.4 .....	114
Figura IV.5 - a) Sequência de Elementos de uma Catena de Milne, citado por Ruhe; b) sequência proposta por Moniz (1972), para os solos formados a partir de arenito Bauru e sua correspondência com os elementos da catena de Milne; c) sequência inferida através da interpretação das imagens orbitais .....	131
Figura IV.6 - Padrão de Drenagem da Área I .....	137
Figura IV.7 - Padrão de Drenagem da Área II .....	138
Figura IV.8 - Padrão de Drenagem da Área III .....	139
Figura IV.9 - Padrão de Drenagem da Área IV .....	140
Figura IV.10 - Padrão de Drenagem da Área V .....	141
Figura IV.11 - Padrão de Drenagem da Área VI .....	142
Figura IV.12 - Padrão de Drenagem da Área VII .....	143
Figura IV.13 - Padrão de Drenagem da Área VIII .....	144
Figura IV.14 - Padrão de Drenagem da Área IX .....	145
Figura IV.15 - Padrão de Drenagem da Área X .....	146

Figura IV.16 - Padrão de Drenagem da Área XI .....	147
Figura IV.17 - Padrão de Drenagem da Área XII .....	148
Figura IV.18 - Padrão de Drenagem da Área XIII .....	149
Figura IV.19 - Padrão de Drenagem da Área XIV .....	150
Figura IV.20 - Padrão de Drenagem da Área XV .....	151
Figura IV.21 - Padrão de Drenagem da Área XVI .....	152
Figura IV.22 - Padrão de Drenagem da Área XVII .....	153
Figura IV.23 - Padrão de Drenagem da Área XVIII .....	154
Figura IV.24 - Amostras Circulares da Área I .....	137
Figura IV.25 - Amostras Circulares da Área II .....	138
Figura IV.26 - Amostras Circulares da Área III .....	139
Figura IV.27 - Amostras Circulares da Área IV .....	140
Figura IV.28 - Amostras Circulares da Área V .....	141
Figura IV.29 - Amostras Circulares da Área VI .....	142
Figura IV.30 - Amostras Circulares da Área VII .....	143
Figura IV.31 - Amostras Circulares da Área VIII .....	144
Figura IV.32 - Amostras Circulares da Área IX .....	145
Figura IV.33 - Amostras Circulares da Área X .....	146
Figura IV.34 - Amostras Circulares da Área XI .....	147
Figura IV.35 - Amostras Circulares da Área XII .....	148
Figura IV.36 - Amostras Circulares da Área XIII .....	149
Figura IV.37 - Amostras Circulares da Área XIV .....	150
Figura IV.38 - Amostras Circulares da Área XV .....	151
Figura IV.39 - Amostras Circulares da Área XVI .....	152

Figura IV.40 - Amostras Circulares da Área XVII .....	153
Figura IV.41 - Amostras Circulares da Área XVIII .....	154
Figura IV.42 - Relação funcional entre os valores médios de densidade de Drenagem (Ddcm) e valores médios de Frequência de rios (Fm) para as dezoito áreas selecionadas .....	158
Figura IV.43 - Relação Funcional entre os valores Médios de Densidade de Drenagem (Ddcm) e a razão de Textura Média (Tmc), para as dezoito áreas selecionadas .....	160
Figura IV.44 - Curvas espectrais de 6 (seis) diferentes grupos de solos .....	192
Figura IV.45 - Gráfico da combinação dos Valores Médios de tonalidades obtidas nos canais 4 e 5 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	202
Figura IV.46 - Gráfico da combinação dos Valores Médios de tonalidades obtidas nos canais 6 e 4 do MSS relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	203
Figura IV.47 - Gráfico da combinação dos Valores Médios de tonalidades obtidos nos canais 7 e 4 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	204

Figura IV.48 - Gráfico da combinação dos Valores Médios de tonalidades obtidos nos canais 6 e 5 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	205
Figura IV.49 - Gráfico da combinação dos valores Médios de tonalidades obtidos nos canais 7 e 5 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	206
Figura IV.50 - Gráfico da combinação dos Valores Médios de tonalidades obtidos nos canais 6 e 7 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	207
Figura IV.52 - Representação gráfica dos resultados relativos de tonalidade de tres grupos de solos nas transparências positivas do MSS .....	223

## LISTA DE TABELAS

Tabela III.1	- Principais Características dos Solos encontrados na área de Ribeirão Preto-SP, segundo o Ministério da Agricultura (1960) .....	55
Tabela III.2	- Principais Características dos Solos encontrados na Área de Dourados/Amambaí-MT, segundo o Ministério da Agricultura (1971) .....	56
Tabela III.3	- Características dos Quatro Canais do MSS .....	62
Tabela III.4	- Especificações das Imagens Multiespectrais Utilizadas na Área de Ribeirão Preto-SP .....	63
Tabela III.5	- Especificações das Imagens Multiespectrais utilizadas na Área de Dourados/Amambaí-MT .....	64
Tabela III.6	- Especificações dos Filtros e Filmes Utilizados pelo Sensor MPC S-190 A .....	65
Tabela III.7	- Combinações Canal Espectral/Filtro Colorido, Utilizados para Montagem de Composições Coloridas .....	67
Tabela III.8	- Agrupamentos das Amostras de Solos de acordo com a sua Classificação .....	94
Tabela III.9	- Distribuição dos Campos de Treinamento em Função dos Grupos de Solos .....	97

Tabela IV.1	-	Balanço Hídrico segundo Thornthwaite (1948), para a área de Ribeirão Preto-SP, Baseado em Dados Meteorológicos de Vários Períodos (Valores Normais) .....	102
Tabela IV.2	-	Balanço Hídrico segundo Thornthwaite (1948), para a Área de Ribeirão Preto-SP. Baseado em Dados Meteorológicos do ano de 1973 .....	106
Tabela IV.3	-	Balanço Hídrico segundo Thornthwaite (1948), para a Área de Dourados/Amambaí-MT. Baseado em dados Meteorológicos de Vários Períodos (Valores Normais) .....	110
Tabela IV.4	-	Balanço Hídrico segundo Thornthwaite (1948), para a Área de Dourados/Amambaí-MT. Baseado em Dados Meteorológicos do ano de 1973 .....	113
Tabela IV.5	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área I .....	137
Tabela IV.6	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área II .....	138
Tabela IV.7	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área III .....	139
Tabela IV.8	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área IV .....	140
Tabela IV.9	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área V .....	141
Tabela IV.10	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área VI .....	142
Tabela IV.11	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área VII .....	143
Tabela IV.12	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área VIII .....	144
Tabela IV.13	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área IX .....	145
Tabela IV.14	-	Resultados da Análise Qualitativa da Área X .....	146



Tabela IV.15 - Resultados da Análise Qualitativa da Área XI .....	147
Tabela IV.16 - Resultados da Análise Qualitativa da Área XII .....	148
Tabela IV.17 - Resultados da Análise Qualitativa da Área XIII .....	149
Tabela IV.18 - Resultados da Análise Qualitativa da Área XIV .....	150
Tabela IV.19 - Resultados da Análise Qualitativa da Área XV .....	151
Tabela IV.20 - Resultados da análise Qualitativa da Área XVI .....	152
Tabela IV.21 - Resultados da Análise Qualitativa da Área XVII .....	153
Tabela IV.22 - Resultados da Análise Qualitativa da Área XVIII .....	154
Tabela IV.23 - Valores Obtidos através da Análise Quantitativa com amostras Circulares (Área=100 quilômetros quadrados; Perímetro=35,5 quilômetros) .....	156
Tabela IV.24 - Tipos de Solos que podem ser encontrados nas áreas selecionadas .....	164
Tabela IV.25 - Agrupamento das Áreas Selecionadas em Dourados/ Amambaí-MT, baseado nas suas Características Quantitativas e no tipo ou Modelo do Padrão de Drenagem .....	166
Tabela IV.26 - Grupos de Solos que podem ser encontrados dentro de cada Amostra Circular, para cada Área Homogê nea selecionada .....	168
Tabela IV.27 - Índices Quantitativos obtidos em Amostras Circulares, para cada tipo de solo ou Asso ciação de acordo com o Mapa de Solo da área de Ribeirão Preto-SP .....	170

Tabela IV.28 - Agrupamento das Áreas Homogêneas Seleccionadas para Ribeirão Preto-SP, baseado nas suas características Quantitativas e o Tipo do Padrão de Drenagem .....	171
Tabela IV.29 - Características das Redes de Drenagem .....	182
Tabela IV.30 - Distribuição das Áreas Homogêneas segundo o Grupo de Solo nela encontrado .....	183
Tabela IV.31 - Valores Médios de Reflectância medidos no campo para cinco diferentes Grupos de Solos, nos quatro diferentes Canais do Earth Ground Truth Radiometer .....	186
Tabela IV.32 - Análise dos Valores Médios de Reflectância Medidos no Campo para cinco Diferentes Grupos de Solos .....	187
Tabela IV.33 - Análise dos Dados de Reflectância Medidos no Campo para tres diferentes grupos de solos, em diferentes horários .....	189
Tabela IV.34 - Agrupamentos das Amostras de Solos Coletados no Campo de acordo com sua Classificação .....	193
Tabela IV.35 - Valores relativos de reflectância dos Solos obtidos no Laboratório, Campo e sobre as transparências positivas do MSS (LANDSAT-1) .....	195

Tabela IV.36 - Resultados obtidos através do Processamento Automático dos Valores de tonalidade Medidos no Canal 4 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	197
Tabela IV.37 - Resultados obtidos através do Processamento Automático dos Valores de tonalidade medidos no Canal 5 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	198
Tabela IV.38 - Resultados obtidos através do processamento automático dos valores de tonalidade medido no canal 6 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	199
Tabela IV.39 - Resultados obtidos através do processamento automático dos valores de tonalidades medidos no Canal 7 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados .....	200
Tabela IV.40 - Características de tonalidade apresentadas pelos campos de treinamento I, II e III nas transparências positivas do MSS .....	208
Tabela IV.41 - Características de tonalidade apresentadas pelo Latossolo Roxo na Área de Ribeirão Preto-SP nas transparências positivas do MSS .....	209
Tabela IV.42 - Características de tonalidade apresentadas pelos campos de treinamentos IV, V e VI, nas transparências positivas do MSS .....	210

Tabela IV.43 - Características de tonalidade apresentadas pelo Regossol na Área de Ribeirão Preto-SP nas transparências positivas do MSS .....	211
Tabela IV.44 - Características de tonalidade apresentadas pelos campos de treinamento VII, VIII e IX, nas transparências positivas do MSS .....	212
Tabela IV.45 - Características de tonalidade apresentadas pelos campos de treinamento X, XI e XII, nas transparências positivas do MSS .....	213
Tabela IV.46 - Características de tonalidade apresentadas pelo Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa na área de Ribeirão Preto-SP nas transparências positivas do MSS .....	214
Tabela IV.47 - Características de tonalidade apresentadas pelos campos de treinamento XV, XVIII e XIX, nas transparências positivas do MSS .....	215
Tabela IV.48 - Características de tonalidade apresentadas pelo campo de treinamento XIII, nas transpa rências positivas do MSS .....	216
Tabela IV.49 - Características de tonalidade apresentadas pelo campo de treinamento XIV, nas transparên cias positivas do MSS .....	218

Tabela IV.50 - Características de tonalidade apresentadas pelo campo de treinamento XVI, nas transparências positivas do MSS .....	219
Tabela IV.51 - Características de tonalidade apresentadas pelo campo de treinamento XVII, nas transparências positivas do MSS .....	220
Tabela IV.52 - Características de tonalidade apresentadas pelo campo de treinamento XX, nas transparências positivas do MSS .....	221

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

O levantamento dos solos de uma região, Estado ou País, representa um dos principais suportes para a sua ocupação racional. A falta de informações com relação à distribuição dos solos no Brasil, tem conduzido ao seu uso inadequado como por exemplo, a implantação de cidades em áreas de ótima aptidão agrícola e o cultivo sem práticas de conservação em áreas que requerem manejos avançados de exploração.

Além da complexidade do assunto, somam-se outras dificuldades como a grande extensão do território brasileiro e a existência de áreas de difícil acesso, o que torna o estudo ainda mais complexo e oneroso. Necessário se faz buscar novos métodos e ferramentas que possam auxiliar nesta difícil tarefa.

A ciência do solo encontrou na fotografia aérea do tipo vertical, normalmente em escalas maiores que 1:50.000, um recurso para aumentar o rendimento e a precisão dos mapeamentos, conjugando os esforços de campo com a interpretação fotográfica no escritório.

Este trabalho tem por objetivo utilizar imagens do satélite LANDSAT para a caracterização de diferentes tipos de solos através da análise

lise dos elementos de superfície como a vegetação natural, o uso da terra, o relevo e a drenagem além de suas respostas espectrais.



## CAPÍTULO II

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 - CLIMA

O clima, sob o ponto de vista global, de acordo com Buckman & Brady (1968), é um dos agentes formadores do solo mais influente e ativo. Oliveira (1972) sugeriu que o solo poderá ser estudado pela análise individual deste fator e das suas influências pedogenéticas. No entanto, este mesmo autor adverte que ao se realizar este tipo de estudo, deve-se ter em mente que os fatores de formação do solo são estritamente interdependentes.

Segundo o Soil Conservation Service (1966), o clima de uma área é refletido na forma do terreno e nos padrões de drenagem, mas a principal influência do clima é sobre a vegetação. Para Buckman & Brady (1968), grande parte da influência climática se deve ao controle por ela exercido sobre a vegetação, porém, não se deverá dar importância demasiada à influência destes dois fatores sobre o tipo de solo a ser desenvolvido.

Diferentes modelos de classificação do clima foram propostos e, entre eles, o de Koppen foi considerado pelo Conselho Nacional de Geografia como o mais objetivo. Esta classificação tem sido adotada mundialmente e no Brasil por diversos órgãos do governo. A maioria dos trabalhos relacio

nados a solos utiliza este modelo de classificação, e entre eles pode-se citar os de Setzer (1946), Magnanini (1955), Ministério da Agricultura (1960), Ranzani (1969), Ministério da Agricultura (1971), Ministério da Indústria e Comércio (1972) e Oliveira & Rotta (1973).

A classificação de Koppen, caracteriza o tipo climático pela distribuição média mensal (mínimo de 10 anos) de temperatura (°C) e da altura pluviométrica (mm). De acordo com Oliveira & Rotta (1973), estes dados termopluviométricos fornecem o conhecimento do ritmo e da intensidade do clima. Entretanto, para conhecer climatologicamente a disponibilidade de água no solo e a intensidade da drenagem interna, torna-se necessário estabelecer o balanço hídrico, que pode ser efetuado, entre outros, pelos métodos de Thornthwaite (1948) e o de Thornthwaite & Mather (1955). O primeiro é mais simples e foi utilizado entre outros pelo Ministério do Planejamento e Coordenação Geral (1969) e o segundo, foi utilizado pelo Ministério da Indústria e do Comércio (1972), Oliveira & Rotta (1973) e outros.

De acordo com Camargo (1961) para as áreas próximas do trópico, como o Estado de São Paulo, a fórmula de Thornthwaite apresentou resultados bastante satisfatórios para estudos climáticos, segundo dados medidos no campo e estimados através dela.

Bowers & Hanks (1965), Myers & Allen (1968), Hoffer & Johannsen (1969) e Parks & Bodenheimer (1973), mostraram que o teor de umidade do solo afeta a sua resposta espectral de acordo com as suas características próprias. De uma maneira geral, nota-se um decréscimo na reflectância do solo quando aumenta o seu teor de umidade.

Hoffer e outros (1969) chamaram atenção para o fato de que, a camada superficial do solo tende a secar rapidamente após uma chuva, formando uma superfície seca. Portanto, medidas de reflectância usando técnicas de sensoriamento remoto, podem mostrar o solo seco quando na verdade o seu interior apresenta-se muito úmido. Isto indica uma possível limitação na utilização de dados de reflectância, para medidas da umidade do solo.

A importância do conhecimento dos efeitos causados pela variação no teor de umidade dos solos, foi reconhecida por Ray (1963), Averbeck & Santos (1969), Amaral & Audi (1972) e outros. Foi observado que em fotografias aéreas convencionais, os solos úmidos apresentavam tonalidades mais escuras do que os secos.

Rourke & Austin (1969), afirmaram que onde o terreno é, na sua maior parte, coberto de pastagens e capineiras as tonalidades, associadas às diferenças de drenagem dos solos, não são distintas, ou nem mesmo aparecem em muitas fotografias aéreas tiradas quando os solos esta

vam úmidos.

Esse aspecto de seu escurecimento quando úmidos, foi também observado em amostras de solos em condições naturais. A cor do solo varia de acordo com o seu teor de umidade. Amostras secas apresentam valores de croma mais elevados, conforme observações feitas por Oliveira e outros (1973).

Se os solos vão ser delineados pelo uso de imagens de aeronaves e satélites, segundo Parks & Bodenheimer (1973), as melhores condições são quando o solo está destituído de vegetação e, preferivelmente, quando tenha sofrido uma aração recente. Estas condições geralmente são encontradas em áreas de cultivo agrícola intenso ou em áreas de vegetação praticamente destruída, devido às condições extremas de clima, como a má distribuição das chuvas, provocando deficiências hídricas severas.

## 2.2 - VEGETAÇÃO NATURAL

Vegetação Natural é aquela encontrada em determinadas áreas da superfície da terra, que ainda não sofreu a influência da atividade humana. Admite-se que a floresta seja a cobertura vegetal natural do solo, quando não há limitações físicas ao seu estabelecimento.

O desenvolvimento da vegetação depende, de acordo com

Buckman & Brady (1968), de uma combinação favorável de fatores, os quais são fornecidos em sua maior parte pelo solo. Desta forma o solo afeta diretamente a vegetação. O inverso, porém, também é verdadeiro. Segundo estes mesmos autores os tipos vegetais que tomam parte no processo de translocação de minerais dentro do solo, desempenharão papel importante no tipo de solo que eventualmente se desenvolverá. Com o apoio destas observações e outras, estes autores e diversos outros, consideram a vegetação natural como um dos agentes de formação do solo.

O clima e a vegetação também estão intimamente ligados. Para Bukman & Brady (1968) numa determinada região, a cobertura vegetativa natural age como moderadora das influências climáticas. Segundo o Ministério do Planejamento e Coordenação Geral (1969), é possível fazer interessantes observações sobre as relações entre a vegetação e o clima, especialmente no que se refere à disponibilidade de água no solo.

Westin (1973) abordando o aspecto climático, declarou que o clima e a vegetação natural devem ser considerados conjuntamente, por serem estes os fatores dinâmicos que atuam sobre o material de origem sob os diferentes aspectos topográficos.

Realizando estudos com propósito de determinar a existência ou não de correlação entre solo e vegetação nas zonas de cerrado, Alvim & Araujo, citados pelo Ministério da Agricultura (1960), verificaram que

as espécies típicas de cerrado são vegetam em solos ácidos e extremamente pobres em bases trocáveis, principalmente cálcio, concluindo que a formação do cerrado está controlada pela composição do solo mais do que qualquer outro fator. Diversos outros trabalhos e observações comprovam esta conclusão, como os de Maclung, Freitas e outros, Camargo, Freire & Venturini, Cole, citados pelo Ministério do Planejamento e Coordenação Geral (1969).

A vegetação natural denominada "campo limpo", segundo o Ministério do Planejamento e Coordenação Geral (1969), parece estar também condicionada por fatores edáficos, particularmente os ligados aos impedimentos físicos ou mecânicos do solo, podendo também, no entanto, ser atribuída à extrema pobreza em nutrientes no solo, embora sem deficiências físicas. Neste mesmo trabalho foi citado que Camargo concluiu que, a baixa capacidade de armazenamento de água em solos rasos, que os tornam incapazes de atender às necessidades da vegetação durante eventuais estações secas, pode impedir o desenvolvimento natural das espécies arbustivas e arbóreas.

Foi admitido por Ranzani (1969) a existência de relações muito estreitas entre o solo e a vegetação que lhe é natural. Estas relações são muito sensíveis às alterações decorrentes do desmatamento, pastoreio, fogo ou manejo do solo. É precisamente esta sensibilidade oferecida à modalidade de uso que justifica a preocupação em ser estabelecido o

tipo de vegetação responsável pela formação do solo. A vegetação natural é um ponto de referência que permite avaliar e interpretar as alterações de condições que as terras em uso ou em desuso sofreram, com a adaptação à agricultura.

A vegetação natural é um critério que deve ser utilizado somente em certos casos, segundo Amaral & Audi (1972), uma vez que ela com raras exceções, já está devastada. Mudanças na vegetação indicam mudanças de solo. Numa interpretação florestal mais avançada pode ser tentada uma correlação entre espécies vegetais e tipo de solo.

Para Parks e Bodenheimer (1973), um outro meio para identificação do solo é onde o mesmo se encontra coberto com uma cobertura vegetal característica para uma associação particular de solo ou grupo de solo. Esta característica ocorre em muitas áreas florestadas mas pode também ser encontrada em outros tipos de cobertura vegetal. Em tais casos as associações dos solos são delineadas através das características de reflectância de um tipo razoavelmente uniforme de vegetação, possuindo os mesmos limites que os das associações dos solos. A identificação dos tipos de vegetação através das características de reflectância é amplamente conhecida e utilizada.

Hilwig e outros (1974) citaram que em casos onde a cobertura vegetal é fator dominante, o conhecimento da correlação solo/planta po

de oferecer uma boa indicação da condição do solo. Esta influência é verdadeira tanto nas imagens tomadas pelo LANDSAT-1, como nas fotografias aéreas convencionais.

Analizando imagens do LANDSAT-1, para o inventário da vegetação natural, Schrumpt (1973) concluiu que a partir delas, é limitada a interpretação direta dos tipos de vegetação natural mas pode ser frequentemente inferida a partir de aspectos a ela associados, como algumas feições do terreno mais salientes, que podem ser interpretadas e delimitadas diretamente sobre as imagens e, adicionalmente, correlacionadas com os tipos de vegetação.

Apoiando-se na idéia básica do uso de áreas testes para estabelecimento de padrões, indicativos de vários tipos de cobertura vegetal, e baseados nas características multiespectrais das imagens do MSS (LANDSAT-1), Nosseir e outros (1975) realizaram o mapeamento e classificação de diferentes categorias de Vegetação Natural nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

As áreas com vegetação características dos solos mal drenados e com florestas de galeria, que aparecem na imagem do canal 5 do MSS, com igual tonalidade cinza-escuro, podem, de acordo com Elbersen (1973), ser separadas recorrendo-se à imagem do canal 7, onde sua diferença é mostrada numa forma bem marcante: as florestas de galeria aparecem com tona



lidades cinza claro e a vegetação dos solos mal drenados aparece em tonalidades cinza-escuro.

### 2.3 - USO DA TERRA

O uso da terra, foi considerado por Ranzani (1969) e o Ministério da Indústria e do Comércio (1972), como um dos elementos, que aparecem nas fotografias aéreas, que pode ser utilizado para o delineamento dos padrões fisionômicos dos solos.

Segundo Rourke & Austin (1969), o padrão de uso da terra é um dos aspectos mais proeminentes mostrado pelas fotografias aéreas convencionais, que pode ser usado como guia na delimitação e identificação de solos, desde que se estabeleça uma boa correlação entre esses dois aspectos do terreno. Com experiência o pedólogo pode reconhecer diferentes tipos de culturas nas fotografias aéreas, e pode fazer estimativas das classes de solo presente, porém estas estimativas são comumente de natureza pouco precisa, porque várias culturas podem ser desenvolvidas num mesmo tipo de solo e vice-versa.

Para Amaral & Audi (1972), o uso da terra é um critério de relativamente pouca utilidade, porque o homem pode mudar a fertilidade dos solos e conseqüentemente igualá-los pelo uso. Todavia, em casos especiais, é possível inferir sobre o tipo de solo e separar manchas diferen

tes devido ao uso, que podem ser relacionadas com tipos de solos diferentes.

De acordo com o Soil Conservation Service (1966), existem diferenças marcantes entre os objetos naturais e aqueles que resultam da atividade humana, os quais normalmente possuem formas geométricas regulares, quando observados em fotografias aéreas.

O estudo das imagens multiespectrais do LANDSAT-1 nos Estados de Connecticut e Massachusetts, nos EUA, empregando a técnica de fotointerpretação convencional, permitiu a Joyce (1973), isolar onze diferentes categorias de uso da terra, incluindo áreas agrícolas, pastagens, áreas inundadas, florestas e áreas urbanas, entre outras. Este autor também apresenta uma classificação mais detalhada, utilizando fitas digitais do MSS.

O mapeamento de uso, através de imagens orbitais do LANDSAT-1, foi realizada por Estes (1973) empregando a técnica de fotointerpretação nos canais 4, 5 e 7 e o apoio de informações contidas em fotografias aéreas na escala de 1:60.000, 1:120.000 e 1:600.000, acompanhadas de levantamento de campo. O autor relata que encontrou dificuldades nas análises das imagens do LANDSAT-1 quanto à investigação de pequenos alvos de uso da terra, por serem os mesmos menores do que a resolução do sistema, porém esta dificuldade é compensada pelo fato do sistema oferecer uma vi

são sinótica das áreas de pesquisa.

Num estudo de avaliação das mudanças ocorridas no uso da terra, num período de 2 anos, através das imagens do MSS (LANDSAT-1), PLACE (1973) concluiu que, entre os canais 5, 6 e 7, o último foi o que ofereceu melhor padrão em termos de contrastes para diferenciação entre áreas vegetadas e não vegetadas.

Utilizando a técnica de identificação do contraste tonal em composição falsa cor na escala de 1:1.000.000, fotointerpretação convencional dos canais 5 e 7 do MSS e comparações dos resultados com fotografias pancromáticas nas escalas de 1:25.000 e 1:50.000, Salas (1973), diagnosticou as condições reais da cobertura vegetal, avaliou extensão e qualificação do uso da terra urbana e rural e concluiu que o caráter repetitivo das imagens LANDSAT-1 pode ser utilizado para a avaliação da dinâmica do uso da terra.

Brown e outros (1973) utilizando os diapositivos em 70mm do MSS para projeção e confecção de composições coloridas, ampliadas para escalas de 1:30.000 a 1:250.000, verificaram a viabilidade deste método para reconhecimento e mapeamento de diferentes categorias de uso dentro das áreas urbanas e industrial, florestas naturais e áreas úmidas, sendo as interpretações acompanhadas por trabalho de campo.

Elbersen (1973), Cipra (1973), Hilwig e outros (1974) consideraram o padrão de uso da terra como elemento de grande eficiência para o mapeamento de solos, a nível exploratório ou esquemático, sobre as imagens do MSS (LANDSAT-1).

Análises visuais de imagens do LANDSAT-1, feitas por Horton & Heilman (1973), indicaram que áreas cultivadas podem ser prontamente diferenciadas de áreas não cultivadas, assim como as áreas de solo nũ podem ser facilmente identificadas em todos os canais do MSS.

#### 2.4 - RELEVO

Como atestam as observações de Lueder (1959), Ministério da Agricultura (1960), Ray (1963), Eyre (1968), Buckman & Brady (1968) e Moniz (1972), o relevo é um dos principais agentes formadores do solo. Atua, indiretamente, pela modificação das características do clima da região onde ele se desenvolve e, diretamente, através das influências que tem sobre a sua drenagem interna e externa.

Segundo Buckman & Brady (1968), a topografia do terreno poderá acelerar ou retardar o trabalho das forças climáticas. Em zonas planas e baixas, se a água estagnar numa determinada área durante todo o ano ou parte dele, as influências climáticas se tornam relativamente ineficientes para regularizar o desenvolvimento do solo. Em terrenos onde

lados a topografia favorece a erosão natural das camadas da superfície, que se for muito intensa, poderá eliminar a possibilidade de um solo es pesso.

Assim, através do estudo do relevo de uma determinada á-rea é possível inferir sobre os solos que ali ocorrem. Geralmente, de acordo com Eyre (1968), um tipo de solo é encontrado nos terrenos mais altos, outros nas meias-encostas e um terceiro nas áreas planas das baixadas.

O relevo é apontado como um dos critérios mais importan-tes da Fotopedologia, sendo muito utilizado para estudos de solos com fotografias aéreas convencionais, por estas apresentarem a vantagem da observação da terceira dimensão, através do emprego de pares estereoscópicos, de acordo com Lueder (1959), Soil Conservation Service (1966), Ranzani & França (1968), Eyre (1968), Averbek & Santos (1969), Rourke & Austin (1969) e Amaral & Audi (1972).

Segundo Amaral & Audi (1972), sendo o relevo um dos principais agentes formadores do solo, deve-se esperar, com sua variação, diferenças nos mesmos. A recíproca, porém, não é verdadeira, pois o solo pode variar, mesmo sem variar o relevo, devido a possíveis variações nos demais fatores de formação do solo. Rourke & Austin (1969) a crescentaram, a esta observação, a afirmação de que as interpretações

pelas formas de relevo, embora úteis para localizar os limites dos solos, não são critérios fidedignos para se definir os seus tipos dentro das áreas demarcadas.

Para Averbeck & Santos (1969), a variação na declividade geralmente implica em variação do solo. O relevo, a declividade e as formas de erosão, resultam na fotografia aérea em diferenças no padrão e na textura.

Na interpretação do relevo, diferenças na iluminação dos declives, segundo o Soil Conservation Service (1966), podem ser tomados em consideração, porque as várias inclinações refletem de maneira diferentes os raios solares, o que resulta em variação nos tons das imagens. Diferentes sombreamentos nas imagens de declives iluminados e não iluminados dão uma clara idéia das formas do relevo. Estas, segundo ainda o mesmo autor, estão correlacionadas, com a estrutura geológica do local, num certo grau. A opinião de que a luz é refletida diferentemente, conforme o gradiente e o aspecto da encosta também é aceita por Rourke & Austin (1969).

Como, de acordo com Oliveira & Rotta (1973), a acentuação da declividade, permite a ocorrência de fenômenos de perdas por erosão em superfície, que podem ser correlacionadas com a menor profundidade dos solos aí situados, é fácil ver o interesse da observação acima.

O relevo geral de uma região pode ser classificado de diferentes maneiras. Dentre elas, as que se mostraram mais adequadas para esta pesquisa, foram aquelas propostas por Amaral & Audi (1969) e Ranzani (1969), que consideram a existência de cinco classes de relevo. A definição de cada classe, varia de um autor para outro, porém de uma forma geral, elas são assim denominadas:

1. Relevo Plano;
2. Suavemente Ondulado;
3. Ondulado;
4. Fortemente Ondulado e
5. Montanhoso.

Hilwig e outros (1974), conseguiram maior realce do relevo através da produção de montagem, seja de duas transparências relativas a dois canais diferentes do MSS ou usando o negativo e o positivo da mesma faixa espectral deslocados um do outro de aproximadamente 0,2 a 0,3 milímetros. Algumas feições lineares (linhas de falhas e drenagem) tornaram-se muito mais visíveis do que na imagem inicial. O aspecto mais relevante obtido com este método, foi a aparência anaglífica da imagem final. O efeito de realce, combinado com a aparência das tonalidades, escuras (lagoas e rios) das áreas mais baixas e das tonalidades claras (alto das colinas) das áreas mais altas, proporcionou um substituto para a estereoscopia e em alguns casos facilitou a interpretação.

Duas amplas unidades fisiográficas correspondentes a dois padrões de solo diferentes, foram separadas por Frazee e outros (1971) no Estado de Dakota do Sul - EUA, através das diferenças topográficas existentes entre elas pela observação de imagens tomadas pela aeronave RB-57, na altura de 18.000 metros. Esses autores caracterizaram a topografia de áreas sedimentares planas por padrão aleatório de densidades diferentes. As áreas de densidade mais altas são os solos nas áreas mais planas ou nas áreas côncavas as quais possuem horizontes "A" de coloração escura. As áreas de baixa densidade são as porções erodidas das colinas curtas e complexas que estão presentes na área.

Tueller & Lorain (1973) conseguiram, através das imagens do LANDSAT-1, separar áreas de relevo baixo ou relativamente plano, montanha e "playas", considerando a imagem do canal 5, como a melhor para a identificação destas feições do terreno.

## 2.5 - DRENAGEM

O escoamento das águas superficiais de uma região, promove incisões na superfície do terreno, denominadas canais de escoamento, os quais consistem nos rios e seus tributários. O conjunto por eles formado é conhecido como rede de drenagem.

Segundo Moniz (1972), a rede de drenagem é resultante da in



teração de uma série de fatores, onde figuram como fundamentais o relevo, a geologia, o clima, a textura, permeabilidade do solo e a cobertura vegetal.

Padrão de drenagem, como encontrado usualmente na literatura, é a designação que se dá a distribuição ou arranjo dos rios e seus tributários na rede de drenagem de uma região, que sugere um modelo ou a configuração de objetos familiares que emprestam o seu nome para a classificação deste arranjo (França, 1968).

Foi constatado por França (1968), que as redes de drenagem fornecem muitos indícios que sugerem diferenças entre solos. Embora, a rede de drenagem desenvolvida na área de ocorrência de um solo, possa ser localmente modificada pela inclusão de outras unidades ou por fatores tais como: posição topográfica, controle estrutural e variação na profundidade do substrato rochoso, quando se considera uma amostra de tamanho suficiente obtém-se valores médios que diferem sensivelmente de uma unidade edafológica para outra.

Para o estudo da rede de drenagem, a bibliografia disponível faz menção a dois tipos de material: mapas topográficos e fotografias aéreas

Mapas topográficos foram utilizados por Horton (1945), Par-

vis (1950) Strahler (1952) Miller e Miller (1961) para estudos geomórficos quantitativos. Este recurso apresenta as desvantagens, conforme Ricci e Petri (1965), de não serem representados os canais menores, dificultando o trabalho e também que, por razões de ordem estética cartográfica, alguns ou grande parte dos cursos d'água menores são suprimidos quando a rede de drenagem é muito densa, perdendo-se assim informações.

Fotografias aéreas foram utilizadas por muitos autores entre os quais Buringh (1960), Ray & Fischer (1960), Ricci & Petri (1965), França (1968), Audi (1970) e Souza (1975). Para Amaral & Audi (1972), a fotografia aérea já se apresenta como material de trabalho indispensável ao problema de levantamento de solos, oferecendo ganho de tempo, precisão de limites e real visão global da paisagem com riqueza de detalhes. Lueder (1959) aponta como o principal e fundamental aspecto da fotografia aérea a terceira dimensão, obtida com os pares estereoscópicos.

Para Ricci & Petri (1965) as fotografias aéreas na escala de 1:50.000 ou menores, oferecem somente informações generalizadas das características da superfície terrestre. A vantagem de sua utilização é a visão global da região incluindo o padrão geral de drenagem. Continuando, ele afirma que as fotografias aéreas em grande escala, permitem delinear e analisar as pequenas feições do terreno; contudo, o manuseio e o exame tornam-se mais difíceis, pois o intérprete tem que trabalhar com número maior de fotografias, consumindo, portanto, mais tempo; o custo do

trabalho será maior e o fotointerprete pode perder, além disso, a visão dos aspectos regionais de uma área.

Dois aspectos podem ser levados em consideração no estudo da rede de drenagem de uma região:

1. As suas características descritivas ou qualitativas e
2. As suas características quantitativas.

O estudo descritivo, o primeiro aspecto da rede de drenagem a ser pesquisado, foi utilizado por Lobeck (1939), Engeln (1942), Parvis (1950), Miller e Miller (1961), Ricci e Petri (1965) e Weg (1966).

As características descritivas, segundo Vasques Filho (1972), revelam um significado relativo e subjetivo, dando margem a interpretações pessoais e como concluíram França, Marchetti e Fadel, por mais minuciosa que seja, a descrição ainda permanecerá um tanto vaga para permitir a identificação e delimitação de solos por fotointerpretação, a não ser em trabalhos de generalização muito grande. Opinião também manifestada por Gevaerd (1974).

Para Leão (1972), o modelo isolado ou combinado com outras características descritivas do padrão de drenagem, evidenciaram diferenças entre solos, embora não oferecendo a mesma segurança que os índices quantitativos. Esta opinião é em parte corroborada nas conclusões finais

de Vasques Filho (1972) e Gevaerd (1974).

O estudo quantitativo da rede de drenagem de uma área, conforme pesquisa feita por França (1968) começou com Horton em 1945. Este estudo aplicado a solos, com fotografias aéreas convencionais na escala de 1:25.000, mostrou-se eficiente para França (1968), Marchetti(1969), Fadel (1972), Vasques Filho (1972), Leão (1972), Gevaerd (1974) e Souza (1975).

O sistema de classificação de ordens de ramificação é muito importante para estudos da rede de drenagem. Horton (1945) propôs um sistema no qual os tributários menores recebem a classificação de primeira ordem e a ordem mais elevada é atribuída ao rio principal. Este sistema foi adotado pela maioria dos autores, sendo que Strahler (1952) propôs uma pequena modificação.

Horton (1945), utilizou a expressão "composição das redes de drenagem", para designar o conjunto de observações das bacias hidrográficas, tais como as ordens de ramificação, número de segmentos de rios em cada ordem e o total da bacia, comprimento total e comprimentos médios dos segmentos de rios em cada ordem, bem como as relações entre os numé-ros e comprimentos de rios e as respectivas ordens de ramificação.

As análises dos dados relativos a estas observações, feitas por Horton (1945), França (1968), Fadel (1972) e Vasques Filho (1972), re

velaram diferenças significativas entre os solos estudados por estes autores, evidenciando alta significância hidrológica.

No entanto, essa opinião é contestada por Parvis (1950), Lueder (1959) e Gevaerd (1974), que atribuem às propriedades características da rede de drenagem, uma melhor ferramenta de trabalho para a caracterização dos solos, do que aquelas características das bacias hidrográficas. Strahler (1952) e Souza (1975), até certo ponto, concordam com estes últimos autores.

Para a caracterização de uma rede de drenagem, Horton (1945), França (1968) e Vasques Filho (1972), afirmaram que, além dos dados referentes à sua composição, são necessários ainda, dois outros índices quantitativos, a densidade de drenagem e a frequência de rios. Marchetti (1969) até certo ponto concordou com esta afirmação.

Porém Fadel (1972), discordou desse ponto de vista, afirmando que a frequência de rios é suficiente para distinguir as redes de drenagem desenvolvidas nos solos por ele estudados, enquanto a densidade de drenagem, embora útil, não ofereceu a mesma segurança. Leão (1972) concorda com este autor, de que não são necessárias as duas observações; discorda entretanto dele, quanto a afirmação de que a densidade não oferecera a mesma segurança que a frequência de rios.

Vasques Filho (1972) por outro lado, encontrou que os resultados referentes à frequência de rios, embora sugerindo diferenças entre solos, foram os que apresentaram maior variação dentro de cada unidade de solo, concordando com as observações de França.

Smith, citado por Vasques Filho (1972) sugeriu apenas o uso da razão de textura, para a caracterização da rede de drenagem. Outros autores como França (1968), Marchetti (1969), Fadel (1972), Leão (1972) e Vasques Filho (1972), utilizaram a razão de textura média ponderada e acharam que este seria um bom índice para caracterizar os solos.

Vasques Filho (1972) concluiu que a razão de textura média é um bom índice auxiliar para a caracterização do relevo das unidades de solos, apresentando as vantagens de que, enquanto as classes de relevo, obtidas no campo, apresentam um caráter descritivo, a classificação da textura topográfica é de:

- a) Caráter quantitativo;
- b) Fácil obtenção em fotografias aéreas;
- c) Mais facilmente reproduzível; e
- d) Permite comparações mais seguras.

Para o estudo quantitativo da rede de drenagem, França (1968) Marchetti (1969), Fadel (1972), Vasques Filho (1972), Leão (1972)

e Gevaerd (1974), consideraram o uso de amostras circulares com área fixa de 10 quilômetros quadrados em fotografias aéreas na escala de 1:25.000, como mais adequadas para a obtenção de resultados mais significativos de densidade de drenagem.

Outros autores como Buringh (1960) e Souza (1975) chegaram a esta mesma conclusão, porém eles sugeriram que a área das amostras circulares poderia variar. Para Souza (1975), esta variação deveria ser de acordo com a área de ocorrência do solo a ser analisado e para Buringh (1960), esta área também deveria variar de acordo com a escala que se estiver trabalhando.

Souza (1975) concluiu que todas as características quantitativas das redes de drenagem sem exceção, serviram para evidenciar as diferenças entre os solos, particularmente com maior destaque a frequência de rios em bacias hidrográficas, amostras circulares e a razão de textura média em amostras circulares. Para este autor, a caracterização quantitativa das redes de drenagem pode ser efetuada com vantagens através do uso de amostras circulares.

Dentre os autores que correlacionaram a rede de drenagem de uma determinada área com o tipo de solo que ali ocorria, pode-se citar: Dunbar (1959), Buringh (1960), Ray (1963), França (1968) e Fadel (1972).

Dunbar (1959), ao discutir os problemas de interpretação fotográfica em regiões tropicais e subtropicais, alertou para o fato que solos latossólicos, com elevado teor de argila, apresentavam redes de drenagem com características semelhantes às que ocorrem em solo de classe textural areia barrenta.

França (1968) e Fadel (1972) confirmaram as afirmativas de Dunbar (1959) ao verificarem que solos argilosos dos grandes grupos Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro, dada sua estrutura porosa, apresentaram-se mais permeáveis que solos arenosos do grande grupo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

De acordo com Ranzani (1969), para as regiões subtropicais os padrões de drenagem dendríticos ou arborescentes são em geral indicadores da presença de sedimentos arenosos, sujeitos ao mecanismo de podzolização; a drenagem pouco densa, retilínea, não ramificada, atingindo os cursos d'água maiores em ângulo reto, é sugestivo da presença de materiais porosos, apesar de argilosos, sujeitos ao mecanismo de latossolização.

Elbersen (1973), admite que a imagem do LANDSAT-1 do canal 5 fornece um aspecto mais completo do padrão de drenagem, desde que as florestas de galeria como a vegetação não arbórea característica dos solos mal drenados localizadas próximas aos cursos d'água, aparecem em con



trastes de tonalidades escuras, permitindo sua delimitação.

Estudo comparativo entre os índices morfométricos obtidos das imagens do LANDSAT-1 nas escalas de 1:1.000.000 e 1:500.000 com índices morfométricos obtidos de cartas topográficas na escala de 1:100.000, realizado por Moraes (1975), permitiu concluir que as imagens do LANDSAT-1 podem substituir as fontes convencionais de dados para estudos quantitativos de redes hidrográficas.

## 2.6 - PROPRIEDADES ESPECTRAIS DE SOLOS

O rápido progresso no desenvolvimento e uso dos novos recursos científicos para o sensoriamento remoto, tem fornecido novas ferramentas de pesquisa para o campo da agricultura, assim como para muitas outras disciplinas de recursos terrestres. A interpretação dos sinais recebidos por estes sensores pode permitir identificar muitos fatores de solo e água que influenciam a produção agrícola, Myers (1970).

Segundo Crown e Pawluk (1974), o solo em seu estado natural, ou em condições de laboratório, possui uma resposta espectral característica que é função direta de suas propriedades físicas e químicas, o que pode ser demonstrado através de imagens orbitais do MSS (LANDSAT-1) quando se analisa um mesmo tipo de solo nos quatro canais.

Vários autores, entre eles Bowers & Hanks (1965), Hoffer & Johanssen (1969), demonstraram com estudos de laboratório que a cor do solo, teor de umidade, teor de matéria orgânica e rugosidade do terreno, afetam a sua reflectância.

Estudando as propriedades de reflectância para solos, Obukhov e Orlov, citados por Myers & Allen (1968) verificaram que os solos analisados possuem reflectividade espectral característica relativa a cor do solo e concluíram que as regiões do vermelho e infravermelho próximo, do espectro eletromagnético, são as mais favoráveis para caracterizações qualitativas e quantitativas dos mesmos.

Para Crown e Pawluk (1974) a cor do solo parece ser a característica dominante, afetando a reflectância na parte visível do espectro eletromagnético, enquanto que a rugosidade da superfície e o teor de umidade parecem ser as características dominantes que afetam a reflectância na região infravermelho. Para superfície de coloração clara a rugosidade da superfície tende a aumentar a reflectância no infravermelho, sendo que para solos de coloração escura na superfície, a rugosidade do terreno tende a decrescer a reflectância no infravermelho.

A vantagem da cor para interpretação de solos, de acordo com Carroll (1973), torna-se evidente somente quando aquelas características dos solos associados com as respectivas cores são consideradas, ou quando

métodos dedutivos de associação de condições das culturas com as características dos solos são usadas. O autor encontrou que as mudanças da cor variam significativamente com o teor de umidade em alguns solos e comparativamente menos em outros.

Foi verificado por Ordov, citado por Myers & Allen (1968) que a influência da estrutura do solo na reflectância é maior do que a da textura, contrário ao que pensavam Bolonogava e outros (citados pelo primeiro), sendo que os solos de estrutura mal definida refletem 15 a 20% mais luz do que aqueles com estrutura bem definida. Ainda este mesmo autor afirma que a reflectância dos solos varia com o diâmetro das partículas mas a forma da curva-espectral permanece a mesma.

Analisando curvas espectrais de solos e vegetação, Myers & Allen (1968), verificaram que a curva de reflectância dos solos é consideravelmente diferente da das plantas. Na região do infravermelho próximo, contraste substancial de reflectância ocorre entre diferentes espécies de cobertura vegetal e tipos de solos.

O contraste de reflectância espectral para solos, que é mostrado como contraste tonal sobre as fotografias e imagens, é evidenciado através da faixa espectral de energia solar refletida.

Numerosas medidas de reflectância de superfícies naturais de

solos, areia e vegetação, foram feitas por Krinov, citado por Kumar(1972), permitindo verificar que as reflectâncias de solos e areia aumentam monotonicamente com o aumento do comprimento de onda através do visível e infravermelho próximo.

Steiner & Gutermann, citados por Kumar (1972), concluíram que as medidas de reflectâncias de solos no campo são geralmente opostas àquelas medidas em condições de laboratório. Esses autores verificaram que solos arenosos possuem reflectância menor que os solos argilosos, quando medidos em laboratório através de um Espectrofotômetro DK-2, enquanto que em condições de campo os solos de textura arenosa possuem reflectância maior que os solos de textura argilosa.

Estudos de reflectância para alguns tipos de solos, associando dados coletados no campo, utilizando um Espectroradiômetro, com as imagens de "SCANNER" obtidas em voos de média altitude, realizados por Crown & Pawluk (1974), mostraram alta significância nos resultados e possível separação dos diferentes tipos de solos.

Cipra e outros (1972), realizaram medidas de reflectância para diferentes tipos de solos, no campo, com o auxílio de um Espectroradiômetro na faixa espectral de 430 a 730 nanômetros. Os resultados preliminares, das análises dos dados, indicaram a eficiência do método para caracterização dos diferentes tipos de solos, através de suas propriedades

espectrais.

Através de imagens orbitais, preto e branco e coloridas, nas escalas de 1:100.000 a 1:1.000.000, apoio de informações bibliográfica e trabalho de campo, Hilwig e outros (1974) realizaram o mapeamento de solos apoiados em alguns dos elementos normalmente utilizados pela foto interpretação convencional, encontrando resultados satisfatórios ao comparar os resultados da interpretação das imagens do MSS (LANDSAT-1) e o mapa de solos existente.

Com a utilização dessas mesmas imagens, Parks e Bodenheimer (1973) realizaram o delineamento de uma grande associação de solo na região de Obion County, EUA, mas a separação de outras associações menores em áreas de agricultura intensiva foi mais difícil. O canal 7 (800 a 1.100 nanômetros) forneceu a mais clara diferenciação e a separação das diferentes associações, foi feita através do emprego de técnicas convencionais e de processamento automático dos dados obtidos por um microdensitômetro de varredura.

Mathews e outros (1973), utilizando padrões espectrais sobre imagens multiespectrais de grande escala (1:6.000), com apoio de padrões estabelecidos no campo e técnicas de reconhecimento de padrões de mostraram a eficiência de tal método para o mapeamento de solos. As uni-dades de mapeamento obtidas pelo processamento automático dos dados multi

espectrais dos solos, foram similares àquelas mapeadas pela técnica convencional de campo.

Através da análise das respostas espectrais de diferentes tipos de solos, em imagens multiespectrais de um voo realizado na altura de 1.500 metros, utilizando técnicas de reconhecimento de padrões, Cipra e outros (1972) demonstraram a viabilidade de mapear 3 (tres) entre 5 (cinco) diferentes tipos de solos mapeados pelo método convencional.

Oito associações de solos foram reconhecidas por Elbersen (1973) em imagens orbitais do MSS nos canais 5 e 7 ampliadas para a escala de 1:500.000. As principais unidades de solos, que aparecem no mapa de solos de reconhecimento na escala de 1:250.000 (feito através de fotografias aéreas convencionais) podem ser extrapoladas com sucesso para as áreas desconhecidas similares, usando imagens do LANDSAT-1 em conjunção com amostragem de fotos aéreas na escala de 1:60.000. A interpretação de áreas desconhecidas através das imagens orbitais, foram verificadas posteriormente pela interpretação das fotos aéreas. Naquelas áreas onde as delimitações dos solos foram insatisfatórias, ele afirmou que podem ser obtidos resultados melhores com coberturas repetitivas das imagens do LANDSAT-1.

Utilizando as imagens do MSS- tanto as fotografias como as fitas magnéticas digitalizadas - Cipra (1973) conseguiu mapear 4 (quatro)

entre 6 (seis) diferentes grupos de solos, através de trabalhos convencionais de campo e técnicas de processamento automático. Para estabelecimento dos limites dos solos sobre as imagens orbitais, utilizou a técnica de fotointerpretação convencional.

Trabalhando na região de Dakota do Sul - EUA, Westin & Myers (1973), utilizando os quatro canais do MSS e composições coloridas, elaboradas com os canais 4, 5 e 7, verificaram por comparação com os mapas de solos já existentes, que as composições coloridas e os canais 5 e 7 do MSS foram eficientes para o reconhecimento das diferentes associações de solos da área de estudo.

## 2.7 - TONALIDADE

As diferenças espectrais entre os solos se manifestam nas imagens orbitais do LANDSAT-1 e nas fotografias aéreas como contrastes de tonalidades. Para uma quantificação deste parâmetro, que aparece como níveis de cinza nas transparências preto-branco, várias técnicas têm sido desenvolvidas.

A tonalidade foi considerada por Hoffer & Anuta (1972) como o fator mais significativo na interpretação de imagens de satélite e fotos aéreas de pequena escala. Porém, para fotografias aéreas de grande escala, Ray (1963); Averbeck (1969), Ranzani (1969) e Amara & Audi (1972)

afirmaram que o uso de densitômetro para medir a tonalidade relativa em termos de densidade da transparência, seria apenas uma medida satisfatória da tonalidade, devido aos muitos fatores que nela influem.

Para Ricci & Petri (1965) as fotografias aéreas em grande escala apresentam a desvantagem de que, mesmo num único voo, as mesmas feições do terreno podem aparecer com tonalidades variáveis, dependendo da incidência dos raios solares e de outros fatores.

Analisando esses fatores, os autores acima citados admitiram que os aspectos relacionados aos materiais e às técnicas de processamentos fotográficos, poderiam ser consideradas como ideais e constantes e, assim, os principais fatores que afetam a tonalidade fotográfica seriam:

- . a variação do ângulo de incidência do sol;
- . a topografia do terreno;
- . a posição relativa da câmera fotográfica; e
- . as características de condições dos solos e da vegetação.

Ray (1963), Averbek & Santos (1969), AmaraI & Audi (1972), também admitiram a influência desses fatores na tonalidade da fotografia aérea.



Weisz e outros (1973) analisando os níveis de cinza sobre as transparências do MSS (LANDSAT-1) dos quatro canais na escala de 1:1.000.000 com o auxílio de um microdensitrometro tipo GRAND série 800, verificaram a viabilidade desse tipo de medida para a classificação de áreas de cultivo.

Três associações de solos no Tennessee, EUA, foram delineadas por Parks e outros (1973) através das respostas características e uniformes da cobertura vegetal, utilizando análise automática dos dados microdensitométricos das transparências positivas, relativas ao canal 7 do MSS.

Através de um estudo comparativo de mapeamento do uso da terra, utilizando a técnica de fotointerpretação convencional e a análise automática de dados densitométricos, colhidas de fotografias multiespectrais coloridas normais e infravermelha (falsa cor) obtidas por sensores fotográficos, Mower (1972) concluiu pela eficácia dos dois métodos para a classificação das diferentes categorias de uso da terra, mas salientou que, embora o método de análise automática tenha dado ótimo resultado, seria conveniente testá-lo em outras áreas, onde ocorressem categorias diferentes daquelas encontradas em seu trabalho.

Hoffer e outros (1972) demonstraram que a utilização de processamento automático de dados de densidade, obtidos com um microdensi

tômetro de varredura sobre imagens multiespectrais, em transparências na escala de 1:120.000, os quais foram especialmente registrados pelo computador e analisados por algoritmos estatísticos de reconhecimento de padrões, é eficiente para o reconhecimento automático de vários tipos de cobertura vegetal.

Com valores de transmissão ótica de transparências positivas dos canais 4,5, 6 e 7 do LANDSAT-1 convertidas para forma digitalizada, Horton & Heilman (1973) conseguiram separar três tipos de culturas, obtendo melhores resultados quando utilizando o canal 6 (700-800 nanômetros). As principais dificuldades apresentadas pelos mesmos, foram a de localizar precisamente os limites dos campos de cultura e a de escolher as áreas apropriadas das transparências para a digitalização.

## CAPÍTULO III

### MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 - MATERIAL

##### 3.1.1 - DESCRIÇÃO GERAL DAS ÁREAS

###### 3.1.1.1 - SITUAÇÃO, LIMITES E EXTENSÃO

Para apoio ao desenvolvimento deste projeto de pesquisa, se lecionaram-se duas áreas denominadas Área de Ribeirão Preto-SP e Área de Dourados/Amambaí-MT. A localização das mesmas em relação ao país é mostrada na Figura III.1.

A primeira delas, Ribeirão Preto - SP, está situada no nordeste do Estado de São Paulo e uma pequena parte ao sudoeste do Estado de Minas Gerais, localizada entre o Rio Grande e Tiete aproximadamente entre os paralelos  $20^{\circ}30'$  e  $22^{\circ}30'$  de latitude sul e os meridianos de  $47^{\circ}00'$  e  $49^{\circ}00'$  de longitude oeste, conforme Figura III.2.

A extensão da área é de aproximadamente 34.000 quilômetros quadrados e quanto à infraestrutura física, a área encontra-se bem servida de estradas de rodagem pavimentadas que a cortam em todos os sentidos.

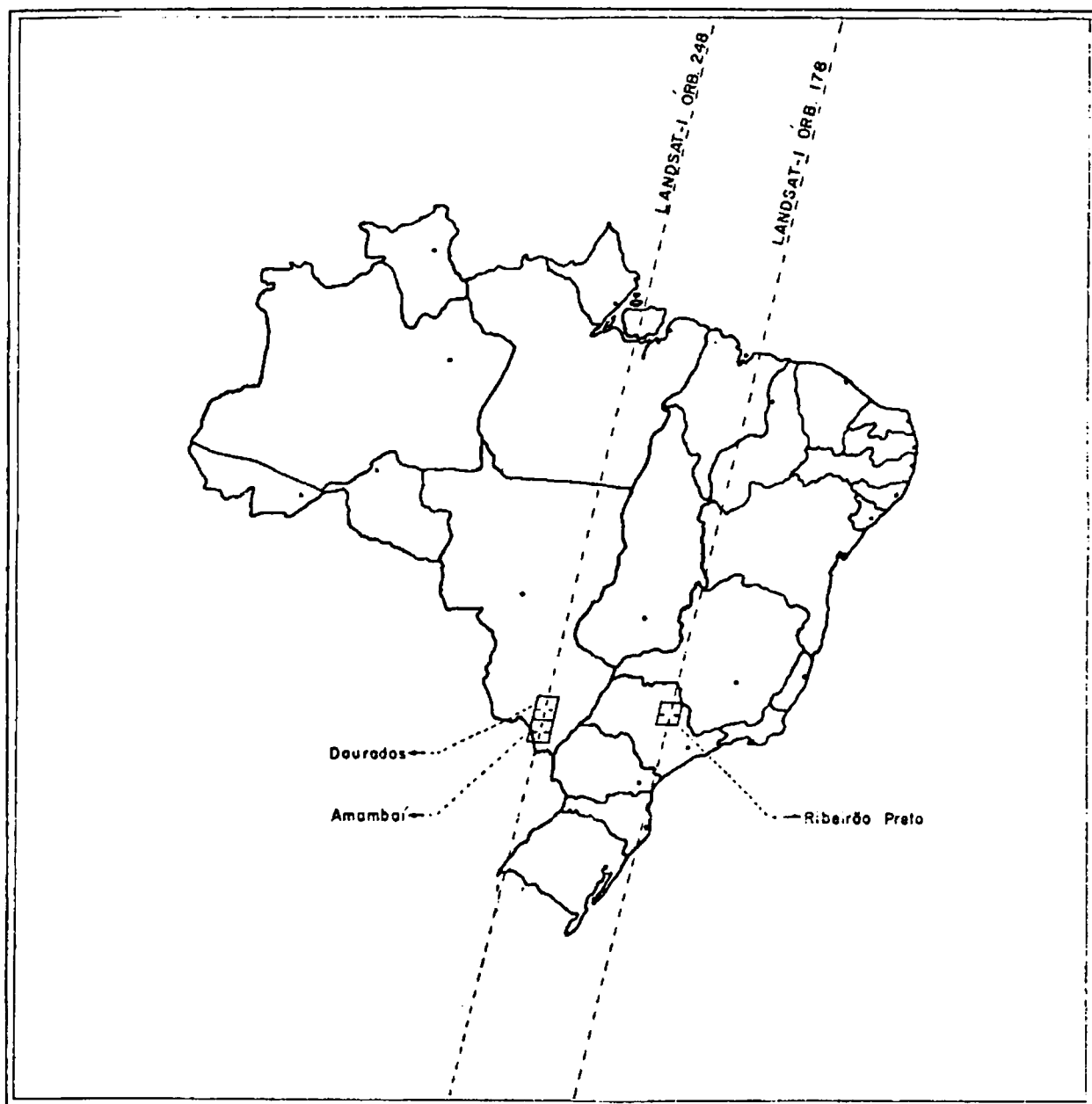


Fig. III.1 - Localização das Áreas Selecionadas

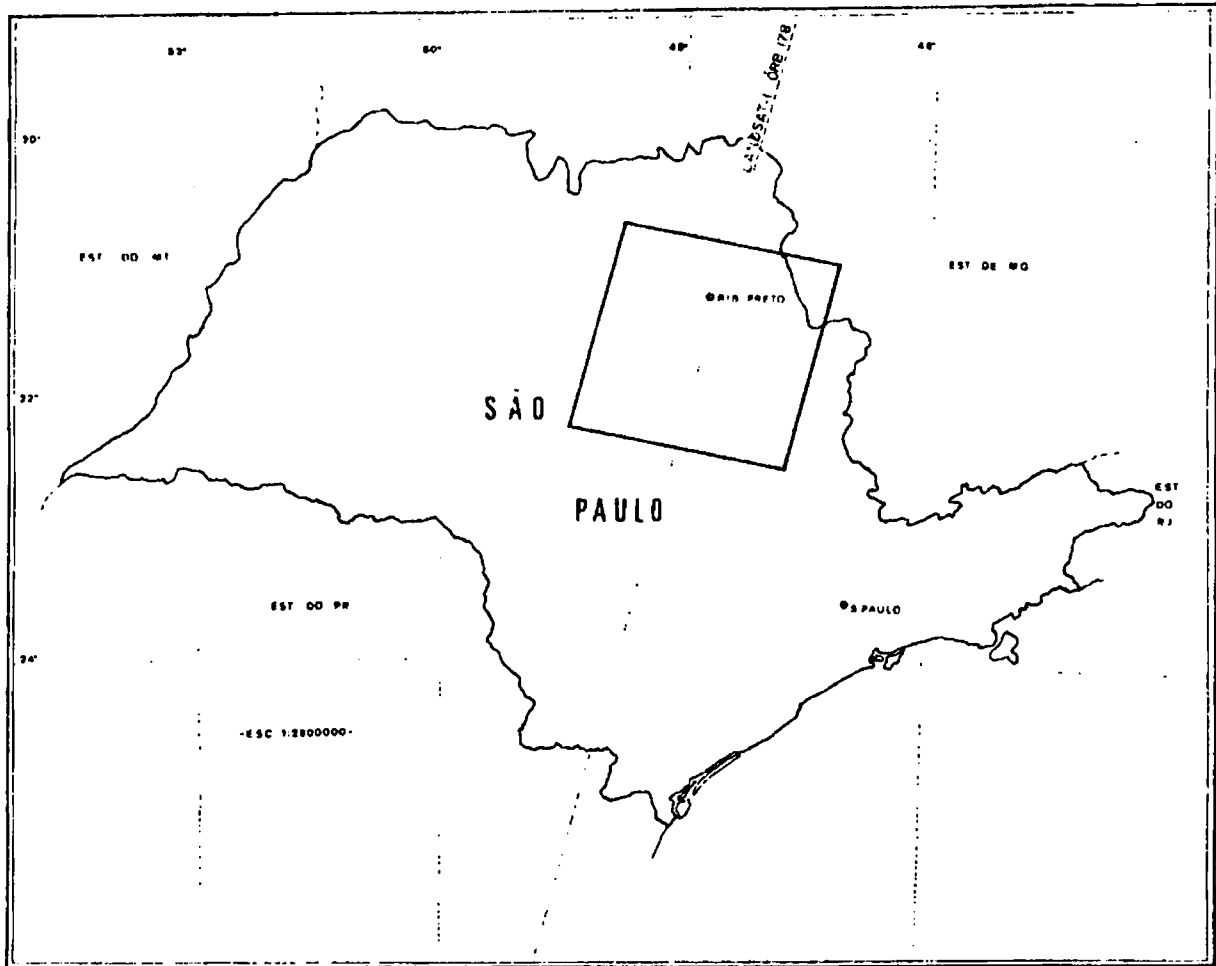


Fig. III.2 - Localização da Área de Ribeirão Preto - no Estado de São Paulo

O transporte ferroviário também é bem desenvolvido. As principais cidades localizadas dentro desta área são: Ribeirão Preto, São Carlos, Araraquara e Jaboticabal.

Em quase todas as sedes de municípios existem aeroportos com capacidade para aviões de porte médio; os aeroportos das cidades maiores como Ribeirão Preto e Araraquara permitem o pouso de aviões de maior porte.

A situação da infraestrutura física da região, pode ser observada no esboço da rede viária na escala 1:500.000, confeccionada através das imagens orbitais MSS do LANDSAT-1 no Apêndice A.2

A área de Dourados/Amambaí-MT, localiza-se ao sul do Estado de Mato Grosso dentro da bacia do Rio Paranã, aproximadamente entre os paralelos de 21<sup>00'</sup> e 24<sup>00'</sup> de latitude sul e os meridianos de 54<sup>00'</sup> e 56<sup>030'</sup> de longitude oeste, como pode ser observado na Figura III.3 .

Esta área cobre aproximadamente 51.350 quilômetros quadrados com uma infraestrutura física inferior a da área de Ribeirão Preto, apresentando algumas estradas pavimentadas como a BR-86 e a BR-16, que cortam a região no sentido Dourados-Campo Grande. É servida em parte pela Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, interligando a cidade de Ponta Po

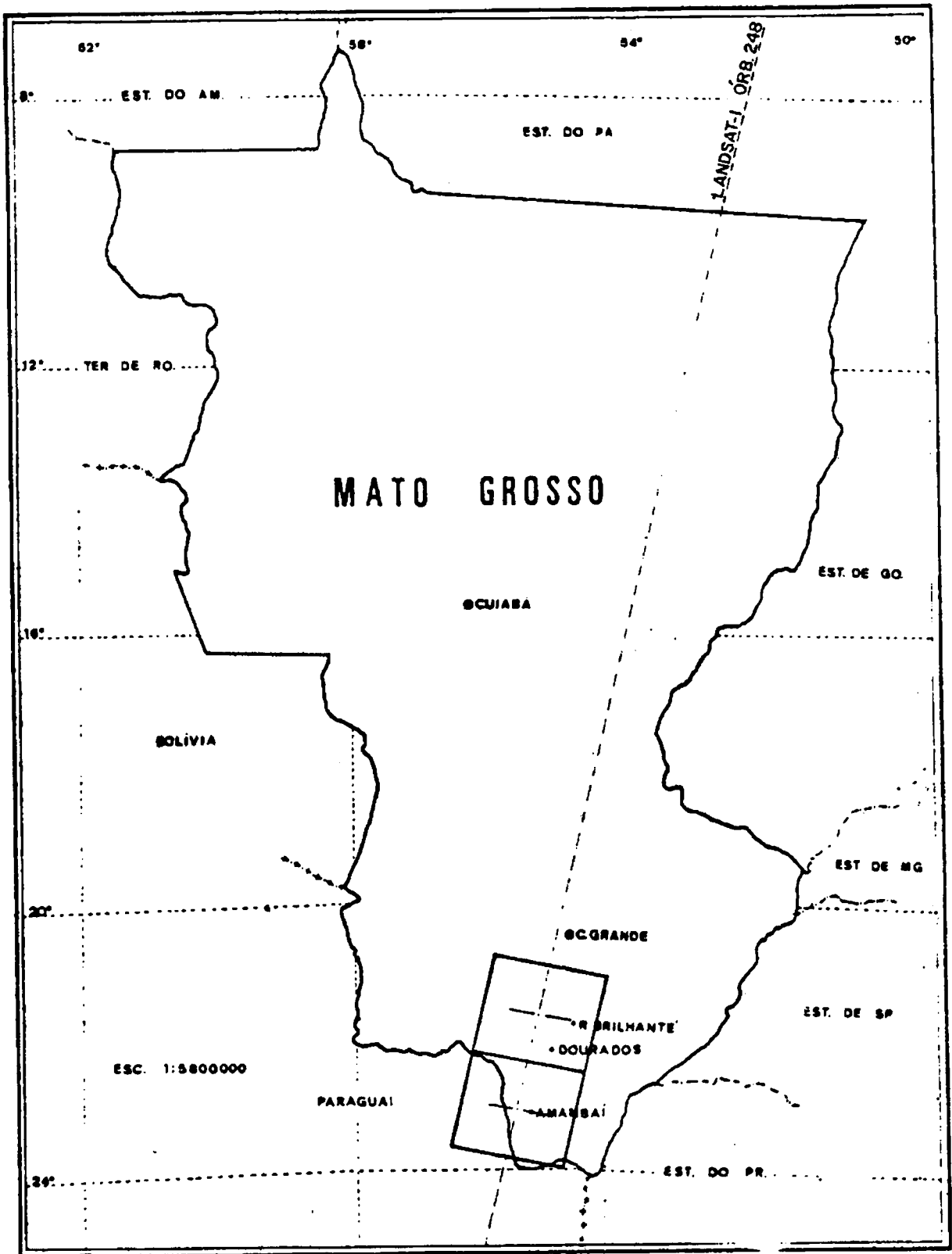


Fig. III.3 - Localização da Área de Dourados/Amambai no Estado de Mato Grosso

rã a Campo Grande. As principais cidades encontradas nesta região são: Dourados, Amambaí, Ponta Porã, Maracajú e Iguatemi.

Quanto ao transporte aéreo, é razoável, com aeroportos para pouso de aviões de pequeno porte e nas cidades maiores acima mencionadas, existem aeroportos para aviões de porte médio.

O esboço da rede viária da região, obtido através das imagens orbitais do LANDSAT-1, na escala 1:500.000, mostrado no Apêndice A-3, permite o estudo da infraestrutura física da região.

#### 3.1.1.2 - GEOLOGIA E MATERIAL ORIGINÁRIO

A formação dos solos constitui um processo natural, do qual um dos fatores é o material originário, isto é, a rocha matriz da qual os solos se formam, em decorrência das transformações físicas, químicas, mineralógicas, incorporações orgânicas e translocações que neste material ocorrem, por ações modificadoras controladas pelos fatores climático, biológico, relevo e tempo.

A natureza do material originário esta, de maneira geral, intimamente relacionada ao caráter das rochas primitivas e à maneira pela qual delas se deriva. Basicamente é constituída pela acumulação de resíduos minerais (orgânicos em alguns casos), resultantes da meteorização



mais ou menos avançada das rochas primitivas, podendo sobre elas permanecer (autóctones) ou ser afetados por transporte de modalidade e intensidade várias (alóctones).

O material originário pode provir de fonte única ou múltipla, podendo neste caso ser integrado não só pela contribuição detrítica oriunda de rochas de regiões circunvizinhas, como também por material já edafizado, proveniente de erosão natural e/ou acelerada (biológica) de solos pré-existentes.

Pelo esboço geológico (Apêndice A.4) na escala 1:500.000 da área de Dourados/Amambaí- MT, segundo Almeida citado pelo Ministério da Agricultura (1971), pode ser observado que as rochas que constituem ou constituíram fonte do material originário dos solos da região, integram formações referidas aos períodos do Cretácico, Jurássico e Triássico Superior e Carbonífero Superior onde as duas maiores formações são as Erupivas Básicas (Tr) e o Arenito Caiuã (Jc).

A geologia da área de Ribeirão Preto é mais complexa do que a de Dourados/Amambaí, como pode ser visto no mapa geológico da área, na escala 1:500.000 (Apêndice A.5). Verifica-se que a grande maioria da área está ocupada pela Formação Baurú (Kb) que representa os arenitos, em seguida a Formação Serra Geral (JKsg) que é o domínio das efusivas básicas e a Formação Botucatu-Pirambóia ocupada pelos arenitos, argilitos e

conglomerados.

### 3.1.1.3 - REGIÕES FISIAGRÁFICAS

É apresentada a seguir uma compilação bibliográfica levantada com base exclusiva nos trabalhos de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo e do Sul do Estado de Mato Grosso, realizados pelo Ministério da Agricultura e publicados nos anos de 1960 e 1971, respectivamente (bibliografias citadas em outras partes desta pesquisa).

A área de Ribeirão Preto-SP, está situada em sua maior parte na região fisiográfica do Planalto Ocidental, de acordo com a divisão proposta por Monbeig para o Estado de São Paulo, como pode ser observado na Figura III.4.

O Planalto Ocidental em seu todo, é caracterizado por grandes extensões de terrenos de relevo suave, correspondentes aos terraços paleozóicos e mesozóicos da face Norte-Oriental da bacia do Paraná. Esta escultura da topografia está subordinada às rochas eruptivas básicas.

Esse planalto se divide em três sub-regiões, sendo que a área em estudo está situada, quase inteiramente, no Alto Planalto, onde predominam os arenitos de Bauru que quebram a uniformidade da superfície, apresentando acidentes de relevo, referidos como "cuestas", que delimitam

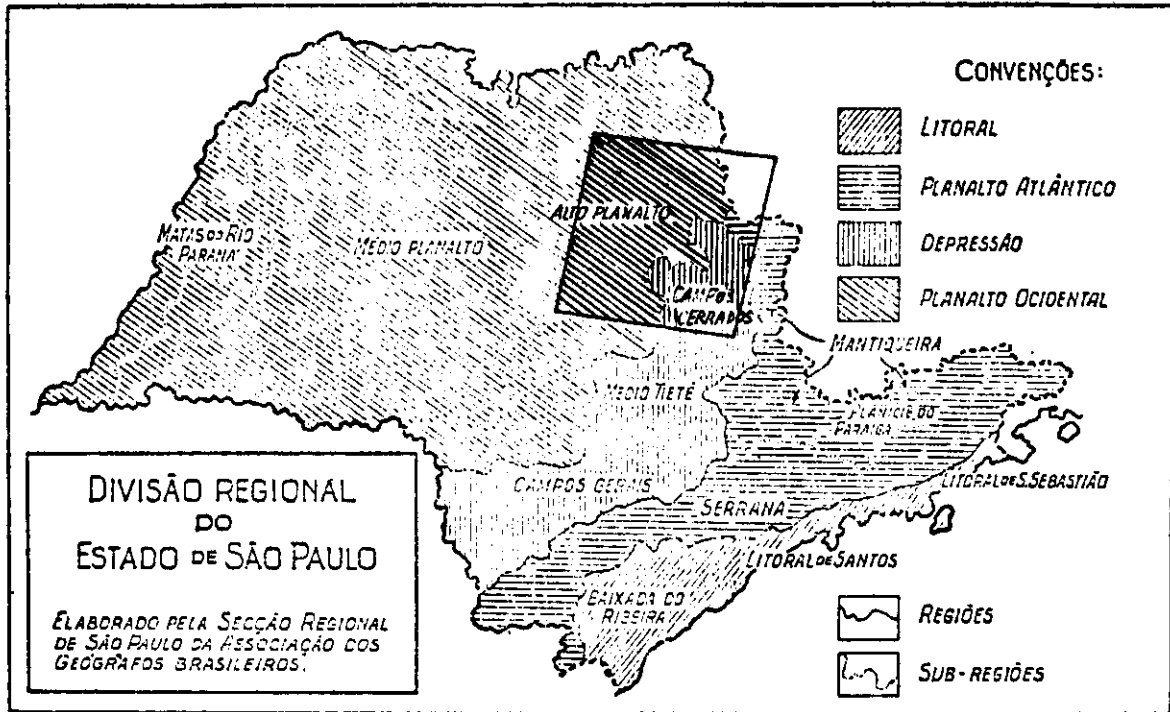


Fig. III.4 - Área de Ribeirão Preto - SP, segundo o mapa Fisiográfico publicado pelo Ministério da Agricultura (1960)

esta região da Depressão Paleozóica. Nestes acidentes são encontrados com mais frequência, as unidades de mapeamento Solos Podzolizados de Lins e Marília. A medida que o relevo se suaviza predomina a unidade de mapeamento Latossolo Vermelho Escuro- fase arenosa.

A seguir, em ordem de domínio territorial, observa-se a região denominada Depressão Paleozóica, intercalada entre as terras altas do embasamento cristalino (Planalto Atlântico) e uma forte escarpa festonada, atravessada pelos rios mais importantes de acordo, com Monbeig.

Nessa depressão predominam colinas tabuliformes, apresentando vertentes suavizadas, numa altitude de 550 a 700 metros. Aparecem alguns pequenos alinhamentos de "cuestas", tanto de arenito como de basalto, onde predominam as unidades de mapeamento Litossol - fase substratos arenito calcário, folhelho ou argilito e basaltito.

Essa região está dividida em tres sub-regiões, sendo que a área de interesse está situada na subdivisão denominada "Campos Cerrados" onde o relevo é constituído de grandes superfícies planas, situadas entre 600 e 700 metros de altitude, onde é encontrada principalmente, a unidade de mapeamento Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa.

A transição entre a Depressão Paleozóica e o Planalto Atlântico que domina apenas uma pequena região da área em estudo, na sua parte

nordeste, é feita bruscamente, a não ser em alguns pontos, coalhados de matacões das colinas gnáissicas, xistosas ou graníticas do assoalho pré-glacial que constitui uma superfície de erosão fossilizada.

A área do Planalto Atlântico é o domínio da região cristalina de São Paulo, constituída por terras altas, que também foi subdividida em tres compartimentos estando a área em estudo localizada na sub-região da Mantiqueira, constituída por relevos amorreados e acidentados dos terrenos pré-cambrianos de Austro-Brasília.

A área de Dourados/Amambai - MT, está situada na sua quase totalidade na região fisiográfica do "Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná", como indicado na Figura III.5, onde o relevo tem formas muito suavizadas, interflúvios muito amplos de perfis convexos muito disfarçados, modelados no derrame basáltico e recobrimento de arenito Bauru e Caiuã.

Constata-se o franco predomínio de modulado plano e levemente ondulado, com declives muito suaves e vertentes de até milhares de metros.

Nos limites sul-ocidentais do Planalto, entre as cidades de Ponta Porã, e Eugênio Penzo e a Cabeceira do Rio Apa, nos altos das "cuestas" que constituem o interflúvio das bacias do Paraguai e do Paraná, salientam-se colinas de poucas dezenas de metros de altura sobre a superfí-

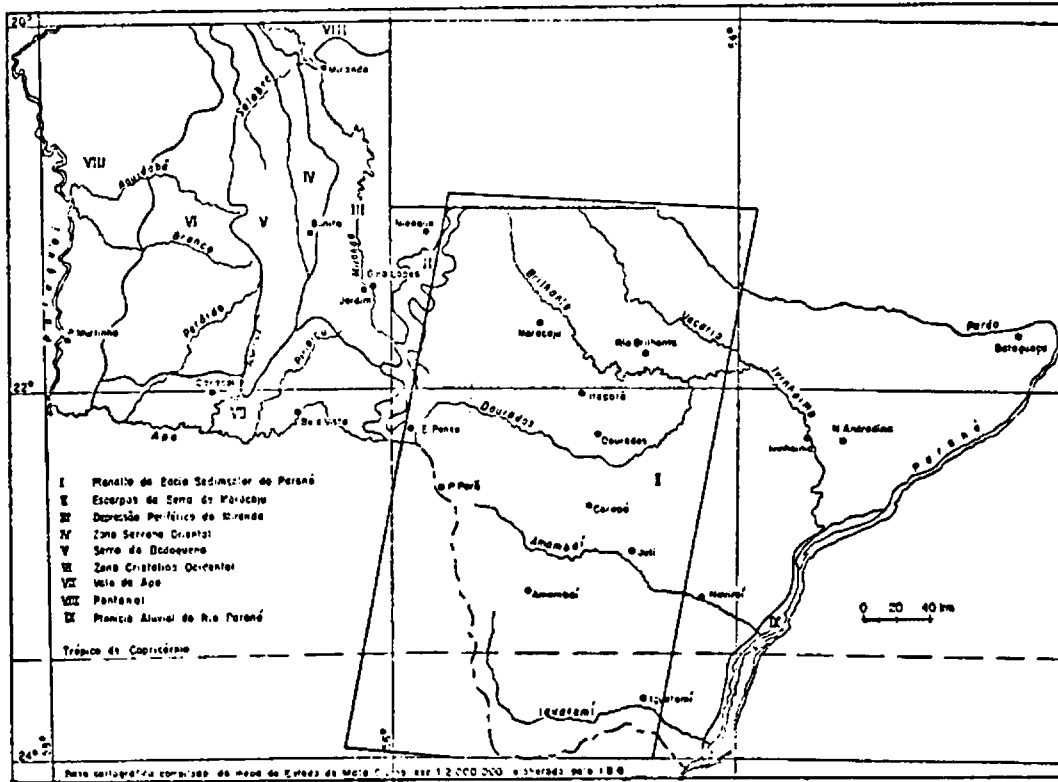


Fig. III.5 - Área de Dourados/Amambaí-MT, segundo o Esboço Geomorfológico publicado pelo Ministério da Agricultura (1971).

cie aplainada.

Em outras áreas, o recobrimento do derrame basáltico pelos arenitos Caiuã e Bauru, cuja sedimentação estende-se pelos principais divisores de águas da região, impõe um relevo suave ondulado, mas que pouco se salienta na topografia do planalto.

Ocupando apenas uma pequena área na parte noroeste da região em estudo, encontra-se uma região fisiográfica denominada de "Escarpas da Serra de Maracajú", com escarpamentos basálticos, onde o relevo é movimentado, variando de ondulado a forte ondulado, com pendentes curtas e declives fortes, bastante íngremes em determinadas áreas, com altitudes variando em torno de 500 a 600 metros.

#### 3.1.1.4 - CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

##### 3.1.1.4.1 - ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO-SP

De acordo com o Ministério da Agricultura (1960), o clima da área de Ribeirão Preto-SP, é constituído em sua maior parte pelo tipo Cwa, ou seja, clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mes mais frio é inferior a 18<sup>o</sup> C e a do mes mais quente ultrapassa 22<sup>o</sup> C. O total das chuvas do mes mais seco não ultrapassa 30 milímetros.

A seguir, em ordem de domínio, encontra-se o tipo Aw, caracterizado como clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O índice pluviométrico varia entre 1.100 e 1.300 milímetros e a estação seca nesta região ocorre entre os meses de maio a setembro, sendo julho o mês em que atinge a maior intensidade.

Ocupando o restante da área, aparece o tipo Cwb, que corresponde ao clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura do mês mais quente não atinge 22<sup>o</sup> C. O índice pluviométrico deste tipo climático varia entre 1.300 a 1.700 milímetros.

A distribuição destes tipos climáticos dentro da área é mostrada na Figura III.6, extraída do mapa organizado por Magnanini (1955).

#### 3.1.1.4.2 - ÁREA DE DOURADOS/AMAMBAÍ-MT

O clima desta região foi bem definido segundo o Ministério da Agricultura (1971). Ela está situada na zona intertropical onde o elevado valor do ângulo de incidência do sol, provoca o aparecimento de temperaturas médias bastantes elevadas.

A temperatura média anual da área, varia entre 20 e 24<sup>o</sup>C, e a precipitação pluvial entre 1.250 e 1.500 milímetros.



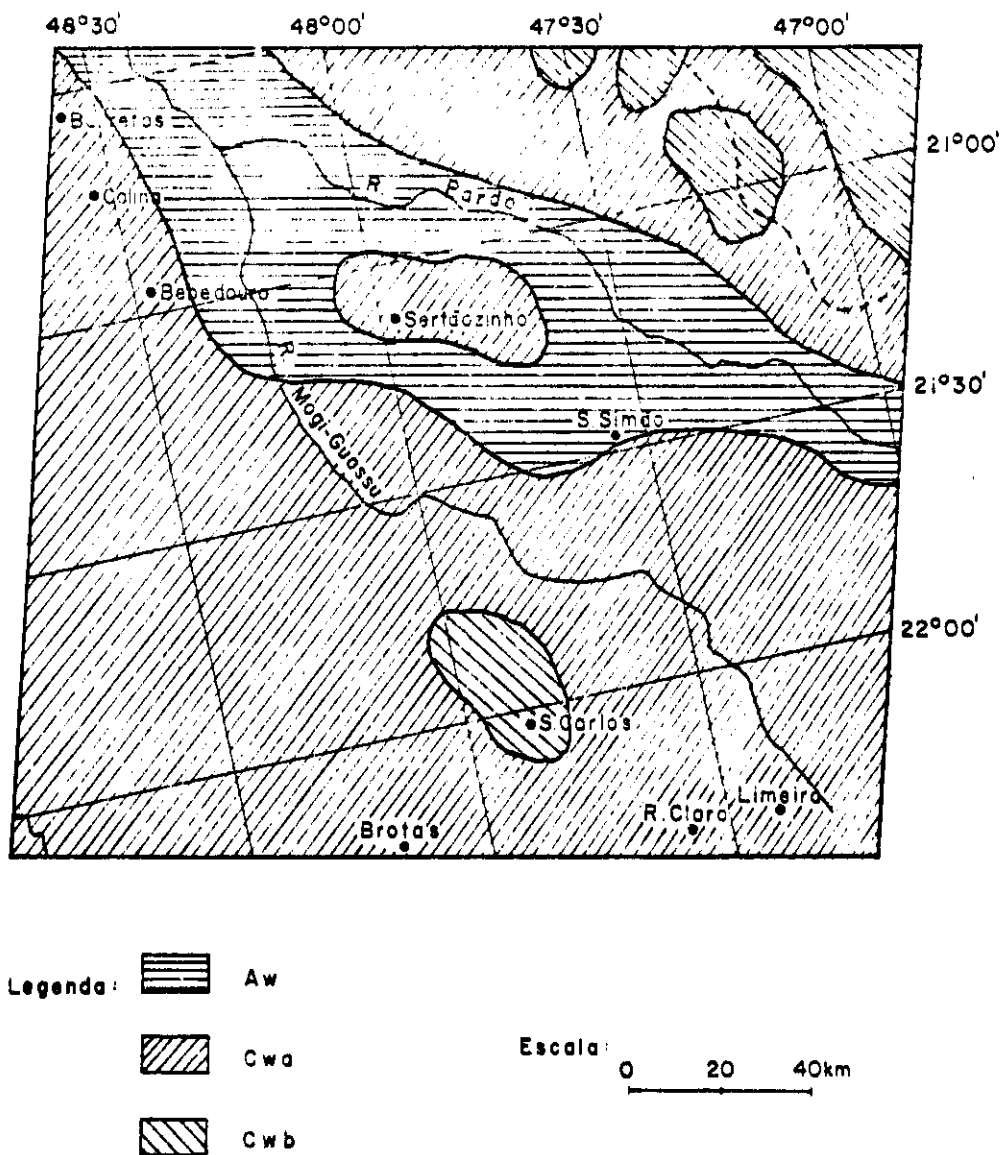


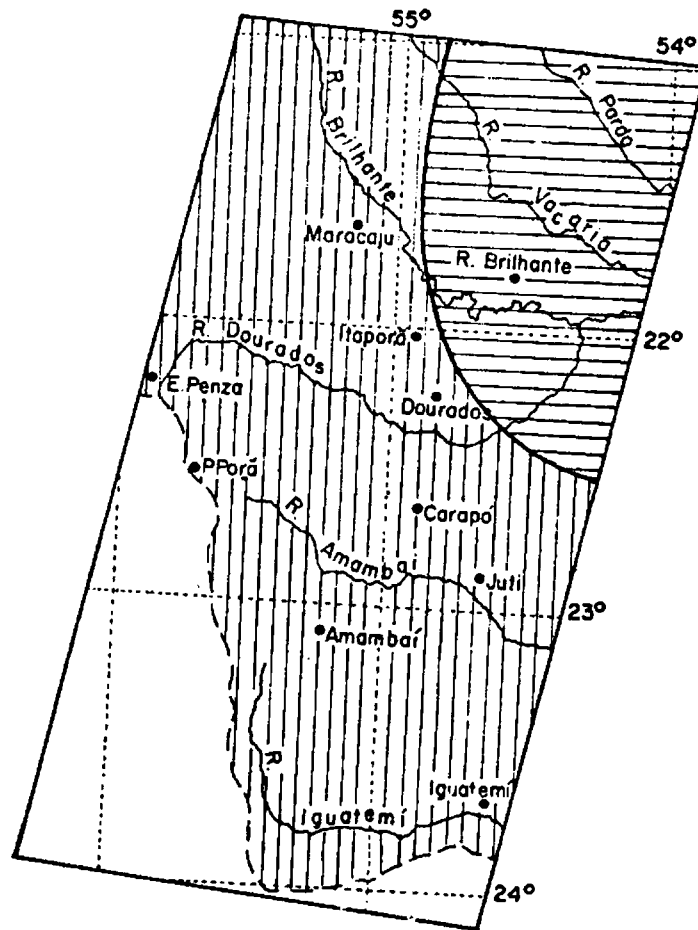
Fig. III.6 - Área de Ribeirão Preto-SP, segundo o mapa Esquemático da Divisão Climática do Estado de São Paulo publicado pelo Ministério da Agricultura (1960)

O clima desta região é caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, regime típico das zonas tropicais de baixa altitude. Na estação úmida de verão, que se estende de setembro-outubro a abril-maio, o trimestre mais chuvoso é constituído pelos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com precipitações superiores a 160 milímetros de chuva mensais. Na estação seca de inverno, o restante do ano, o trimestre mais seco consiste nos meses de junho, julho e agosto, com precipitações mensais, superiores a 30 milímetros.

Quanto a temperatura, o clima da região apresenta dois períodos: inverno e verão. No verão, a temperatura da área oscila entre 24 e 26°C. O trimestre mais quente corresponde aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com a temperatura média mais elevada no mes de fevereiro, em torno de 25°C. No inverno, a temperatura média oscila entre 18 e 20°C. Maio, junho e julho constituem o trimestre mais frio, com a média mais baixa em julho variando em torno de 16°C.

Com esses valores, temperatura do ar e a precipitação pluviométrica, é possível identificar o clima da região, segundo o Sistema internacional de Koppen, como sendo constituído de duas regiões climáticas, Aw e Cfa, de acordo com a Figura III.7, parte do mapa apresentado pelo Ministério da Agricultura (1971).

O tipo climático Aw, é atribuído ao clima tropical úmido



Escala: 0 20 40 km



Legenda:  Aw  
 Cfa

Fig. III.7 - Área de Dourados/Amambaí-MT, segundo a Classificação Climática de Köppen publicado pelo Ministério da Agricultura (1971)

com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A classificação Cfa, é dada ao clima mesotérmico úmido sem estiagem, em que a temperatura média do mes mais quente é superior a 22<sup>o</sup>C, apresentando o mes mais seco mais de 30 milímetros de chuva.

### 3.1.2 - DESCRIÇÃO DOS SOLOS

Nas áreas escolhidas para o desenvolvimento desta pesquisa, ocorrem vários grandes grupos de solos que constam no Levantamento de Solos do Estado de São Paulo (Apêndice A.6) e Levantamento de Solos do Sul do Estado de Mato Grosso (Apêndice A.7), os quais podem ser descritos quanto às suas características físicas, químicas e morfológicas como apresentado nas Tabelas III.1 e III.2 respectivamente.

Para a área de Ribeirão Preto-SP, os solos são bastante diversificados, ocorrendo diferentes grupos de solos, sendo os de maior expressão territorial o Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa e os Solos Podzolizados de Lins e Marília. O mesmo não acontece com a área de Dourados/Amambaí-MT, onde se encontram grandes áreas de solo homogêneo, como o Latossolo Roxo Distrófico, Latossolo Roxo Eutrófico e o Latossolo Vermelho Escuro Equivalente Eutrófico.

TABELA III.1

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS ENCONTRADOS NA ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO - SP, SEGUNDO O MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1960)

GRUPO DE SOLOS	UNIDADES DE SUBTIPO	MATERIAL DE ORIGEM	CLASSES DE RELEVO	ALTITUDE	CLIMA (COPPIN)	VEGETAÇÃO NATURAL	USO DA TERRA	COR	TEXTURA	FERTILIDADE	pH	SATURACÃO DE BASES	TEOR DE FERRO Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	DRENAGEM	ESTRUTURA	TEOR DE CÁLCIO (m.0)
PU	PU - ORTO	GRANITO - GNAISSOS	ONDULADO A FORTITERMO	400 - 750m	Cwa	FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL SEMI-DECIDUA	PASTAGEM	7,5 TR 4/2 7,5 TR 5/2 b 6	ARENOSA A ARGILOSA	BAIXA	ACIDO A MEDIANAMENTE ACIDO	MEDIA A BAIXA	BAIXO	MODERADA	GRANULAR E BLOCOS SURTOS CARLASES	0,5 - 2,06
	PU - PAR. PINDOCABA	ARGILITOS-TO-VAZINHAS	ONDULADO		Cfa			10 TR 3/3 10 TR 4/4								
	PU - VAR. LARANJA	ARGILITOS-TO-VAZINHAS	ONDULADO		Cfa											
P	PAR LIS. VAR. MARILIA	ARENITO BOTUCATU OU CALCAREO	SUAVEMENTE ONDULADO	200 - 900m	Aw	FLORESTA LATIFOLIADA SEMI-DECIDUA TROPICAL	INTERATIVO	7,5 TR 3/2 a 4 7,5 TR 3 a 4/1 a e 2,5 TR 3/4 a 6	DIARDO AREILO SA OU AREILO SA BARBENTA	ALTA	NEUTRO A LEGERAMENTE ACIDO	ALTA	BAIXO	MODERADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	0,1 - 0,401
	PAR LIS. VAR. MARILIA	ARENITO BOTUCATU OU CALCAREO	SUAVEMENTE ONDULADO	200 - 900m	Aw	FLORESTA LATIFOLIADA SEMI-DECIDUA TROPICAL	INTERATIVO	2,5 TR 3/3 a 6	ARGILOSA	ALTA	ACIDO A NEUTRO	BAIXA A ALTA	ALTO	BOA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	1 - 2
LE	LE - ORTO	ARGILITO BOTUCATU	SUAVEMENTE ONDULADO	300 - 700m	Aw	FLORESTA LATIFOLIADA SEMI-DECIDUA TROPICAL	VARIÁVEL	5 TR 6/6 2,5 TR 5/4 a 8 2,5 TR 4/4 a 8	DIARDO AREILOSA A BARBENTA	BAIXA	ACIDO A LEGERAMENTE ACIDO	BAIXA	MEDIO	BOA A ACELTUADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	0,5 - 3,5
	LE - FASE ARENOSA	ARGILITO BOTUCATU	SUAVEMENTE ONDULADO	500 - 1000m	Aw	CERRADO CAMPO LIMPO	MEDIO A BAIXO	5 TR 3/3 a 5 10 TR 4/3, 4	BARRO AREILOSO	BAIXA	ACIDO	BAIXA	BAIXO	BOA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	0,5 - 0,95
MI	MI - FASE ARENOSA	ARENITO BOTUCATU	PLANO A SUAVEMENTE ONDULADO	VARIÁVEL	VARIÁVEL	PRATEIRO E ARBUSCADO	CULTURA DO AMOZ	7,5 TR 1-3/1-3 3	ARENOSA A DIARDO-AREILOSA	VARIÁVEL	ACIDO	NEUTRO A BAIXA			GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	0,5 - 6,5
	MI - FASE ARENOSA	ARENITO BOTUCATU	PLANO A SUAVEMENTE ONDULADO	VARIÁVEL	VARIÁVEL	PRATEIRO E ARBUSCADO	INTERATIVO	CORES CLARAS A CORES NEUTRAS	INDIFERIDA	ALTA	ACIDO A FORTITERMO ACIDO			VARIÁVEL	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	
LU	LU - SUBSOL	ARENITAS BASICAS	SUAVEMENTE ONDULADO	500 - 600m	Cwa	FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL SEMI-DECIDUA	PASTAGENS	1,0 TR 3/2 7,5 TR 3/2 5 TR 3/2 2,5 TR 3/2	ARGILOSA A CASCALHO	BAIXA	ALTA A LEGERAMENTE ALCALINO	ALTA	BAIXO	MODERADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	1,5 - 3,5
	LU - SUBSOL	ARENITAS BASICAS	SUAVEMENTE ONDULADO	500 - 600m	Cwa	FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL SEMI-DECIDUA	PASTAGENS	1,0 TR 3/2 7,5 TR 3/2 5 TR 3/2 2,5 TR 3/2	ARGILOSA A CASCALHO	BAIXA	ALTA A LEGERAMENTE ALCALINO	ALTA	BAIXO	MODERADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	1,5 - 3,5
R	R - SUBSOL	ARENITAS BASICAS	SUAVEMENTE ONDULADO	500 - 600m	Cwa	FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL SEMI-DECIDUA	PASTAGENS	1,0 TR 3/2 7,5 TR 3/2 5 TR 3/2 2,5 TR 3/2	ARGILOSA A CASCALHO	BAIXA	ALTA A LEGERAMENTE ALCALINO	ALTA	BAIXO	MODERADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	1,5 - 3,5
	R - SUBSOL	ARENITAS BASICAS	SUAVEMENTE ONDULADO	500 - 600m	Cwa	FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL SEMI-DECIDUA	PASTAGENS	1,0 TR 3/2 7,5 TR 3/2 5 TR 3/2 2,5 TR 3/2	ARGILOSA A CASCALHO	BAIXA	ALTA A LEGERAMENTE ALCALINO	ALTA	BAIXO	MODERADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	1,5 - 3,5
RPT-RLV	RPT-RLV	ARENITO BOTUCATU	SUAVEMENTE ONDULADO	620-740m	Cwa	CERRADO	BAIXO PASTAGEM	10 TR 4/3-4 7,5 TR 5/5	ARENOSA	MUITO BAIXA	ACIDO	BAIXA	BAIXO	ACELTUADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	0,3 - 0,91
	RPT-RLV	ARENITO BOTUCATU	SUAVEMENTE ONDULADO	620-740m	Cwa	CERRADO	BAIXO PASTAGEM	7,5 TR 3/2 5 TR 3/3 - 4	ARENOSA	MUITO BAIXA	ACIDO	BAIXA	BAIXO	ACELTUADA	GRANULAR FINA A MEDIA SA A PAUCIA	0,3 - 0,75

TABELA III.2

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS ENCONTRADOS NA ÁREA DE DOURADOS/AMAMBÁI-MT, SEGUNDO O MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1971)

GRUPO DE SOLOS	INDICADORES E MAPAMENTO	MATERIAL DE ORIGEM	CLASSES DE RELEVO	ALTITUDE	CLIMA (EOPPEY)	VEGETAÇÃO NATURAL	USO DA TERRA	COG	TEXTURA	FERTILIDADE	PH	SATURACÃO DE BASES (%)	TEOR DE FERRO (mg/g)	DIFÍCIL DE DRENAÇÃO	ESTRUTURA	TEOR DE CÁLCIO (%)
II LATOSSOLO ARENOSO ESQUIMO		GRANITO, CAL- CÁRIO, DOLO- MITOS, ARENITO ARGILOSO, ARE- NITO + CRUPTI- FIS BÁSICAS	PLANO E SUAVEMENTE ON- DULADO	170 a 500 m	Cfa Cfb Am	FLORESTA PLECO- CÁPIPA, CACI- CIP., CIERO, PAS- TAGEM NATU- RAL E ARTI- FICIAL, CADUCI- FOLIA, CAMPE- STRIFE	RESERVA FLO- RESTAL, PAS- TAGEM NATU- RAL E ARTI- FICIAL, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	5 VR 4/8 5 VR 3/3 5 VR 3/2 2,5 VR 3/4 2,5 VR 3/2	ARGILOSA A MÉDIA	BAIXA	BASTANTE ACIDO	MÉDIA A BAIXA 25- 61	MÉDIO 5 - 9,5	REF. DRENADO, ACENTUADAMENTE DRENAÇÃO FORTE DRENAÇÃO	FRAÇA E IN- DICAÇÃO PE- QUENA A PE- QUENA GRANU- LAR	1,27 1,95 2,33 1,43
II LATOSSOLO MOLDO		ERUPTIVAS BÁSICAS	PLANO E SUAVE ONDULA- DO	300 a 500 m	Cfa Am	FLORESTA SUB- PERIF. SUBCA- DUCIF. CADUCI- FOLIA, CAMPE- STRIFE, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	RESERVA FLO- RESTAL, PAS- TAGEM NATU- RAL E ARTI- FICIAL, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	10 VR 3/2 10 VR 3/1	MÉDIA A ALTA	ACIDO A MODERADAMENTE ACIDO	MÉDIA A BAIXA 20 - 65	ALTO 24 - 27	BEM A ACENTUADAMENTE DRENAÇÃO	FRAÇA, PILO PEQUENA A PE- QUENA GRANU- LAR	3,72 2,70 2,79	
III PROFILHO VENEZOLANO AMARELO		ARENITO ARGILAS SUPRA	SUAVE ONDUL- LADO A ONDUL- LADO	120 a 150 m	Cfa Am	FLORESTA PERE- CÍPIPA, CAMPE- STRIFE, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	RESERVA FLO- RESTAL, PAS- TAGEM NATU- RAL E ARTI- FICIAL, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	5 VR 5/3 5 VR 4/5 5 VR 3/3 5 VR 3/4	MÉDIA	NEUTRO A FORTEMENTE ACIDO	MÉDIA 33 - 75	BAIXO 1,6 - 2,8	BEM A ACENTUADAMENTE DRENAÇÃO	FRAÇA A MO- DICA, PEQU- ENA A PEQU- ENA GRANU- LAR	1,3 0,63 0,63 0,87 1,22 0,59	
III TERRA ROXA ESTRUTURADA		SEDIM. DE MATURAZÃO AR- GILOSA E ARGILAS, DO- LÔMITOS E CALCÁREOS	SUAVE ONDULADO	180 a 520 m	Cfa Am	FLORESTA CADU- CÍPIPA, CAMPE- STRIFE, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	PASTAGEM NA- TURAL E ARTI- FICIAL, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	7,5 VR 3/2 5 VR 3/3 2,5 VR 2/2	ARGILOSA	ENTREME- DIA A FORTE- MENTE ACIDO	MÉDIA A ALTA 71-83	MÉDIO 4,3 - 10,6	BEM DRENAÇÃO	MODERADA A FORTE, PEQU- ENA A PEQU- ENA GRANU- LAR	2,73 1,74 1,66 2,49 2,73 2,43	
V VERTISOL CALCICO		DEPÓSITO DE MATURAZÃO AR- GILOSA	PLANO	100 a 110 m	Cfa	FLORESTA CADU- CÍPIPA, CAMPE- STRIFE	PASTAGEM NATURAL	5 VR 3/1	ARGILOSA	ALTA	MODERADAMENTE ACIDO	ALTA 100	MÉDIO 11,0	MODERADAMENTE DRENAÇÃO	BLOCOS AR- GILAS GRANULOS	7,72
III GLEY PROFUNDO E GLEY SOLTO		DEPÓSITO DE MATURAZÃO AR- GILOSA	PLANO MAIS BAIIXAS ATE 300m		VARIÁVEL	FLORESTA DE VÁRZEA, CAMPO DE VÁRZEA	PASTAGEM NATURAL	10 VR 3/1	ARGILOSA	BAIXA	FORTEMENTE A MODERADAMENTE ACIDO	BAIXA 17	BAIXO 3,7 - 5,7	MAL DRENAÇÃO	TÍDICA A MO- DICA, PEQU- ENA A PEQU- ENA GRANU- LAR	7,15 1,99
III ASSOCIAÇÃO SOLOS LITOLÓ- COS		ARGILAS EAU- PÉRICAS BÁSICAS MÉTICO	FORTE ONDULADO	260 a 620 m	Cfa	FLORESTA CADU- CÍPIPA, CAMPE- STRIFE	PASTAGEM NATURAL	10 VR 2/2 5 VR 2, 5/2	ARGILOSA A MÉDIA	ALTA	NEUTRO	ALTA 90-94	ALTO 22,8-14,8	BEM DRENAÇÃO	MODERADA A FORTE, PEQU- ENA A PEQU- ENA GRANU- LAR	6,06 3,18
III ARGILAS QUAT- RIZADAS		ARENITO	PLANO E SUAVE ONDULADO	280 a 500 m	Cfa Am	FLORESTA SUB- PERIF. CAMPE- STRIFE, CAMPO DE VÁRZEA, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	RESERVA FLO- RESTAL, PAS- TAGEM NATU- RAL E ARTI- FICIAL, CORTI- CADO SUBCADI- FICIAL, CAMPE- STRIFE	5 VR 4/6 5 VR 4/4 5 VR 3/3	ARGILOSA A MÉDIA	FORTEMENTE A ENTREME- DIA ACIDO	BAIXA 10 - 17	BAIXO 1,3 - 4,8	FORTEMENTE A ENTREME- DIA ACIDO	PEQUENA A MÉDIA GRANU- LAR E GRANU- LARES SIMPLES	0,65 0,34 0,91 0,82	

### 3.1.3 - CLIMA

#### 3.1.3.1 - DADOS METEOROLÓGICOS

Foram utilizados os valores médios mensais do ano de 1973, das precipitações pluviais, das temperaturas do ar e evapotranspiração potencial, medidos nas estações meteorológicas localizadas dentro das áreas selecionadas, obtidos através dos Boletins Agroclimatológicos publicados pelo Ministério da Agricultura, referentes ao ano acima citado (Departamento Nacional de Meteorologia, 1973).

Na área de Ribeirão Preto-SP, foram consideradas as seguintes estações meteorológicas; São Simão, São Carlos, Sertãozinho, Ribeirão Preto e Catanduva. E na área de Dourados/Amambaí-MT, as estações consideradas foram: Aquidauana, Ponta Porã, Campo Grande e Dourados. A localização dessas estações em função das áreas de interesse é mostrada nas Figuras III.8 e III.9, respectivamente.

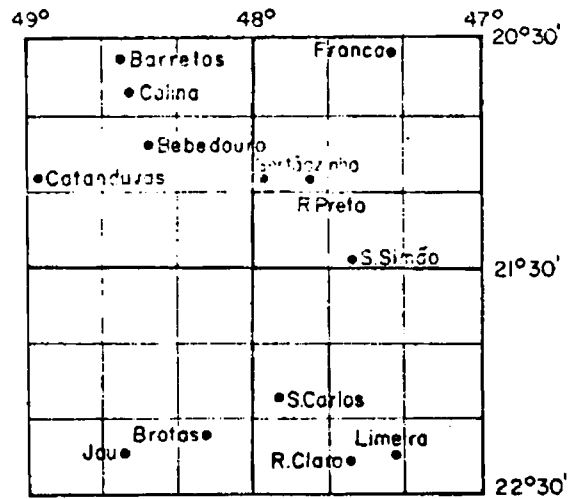


Fig. III.8 - Localização das estações meteorológicas da área de Ribeirão Preto - SP

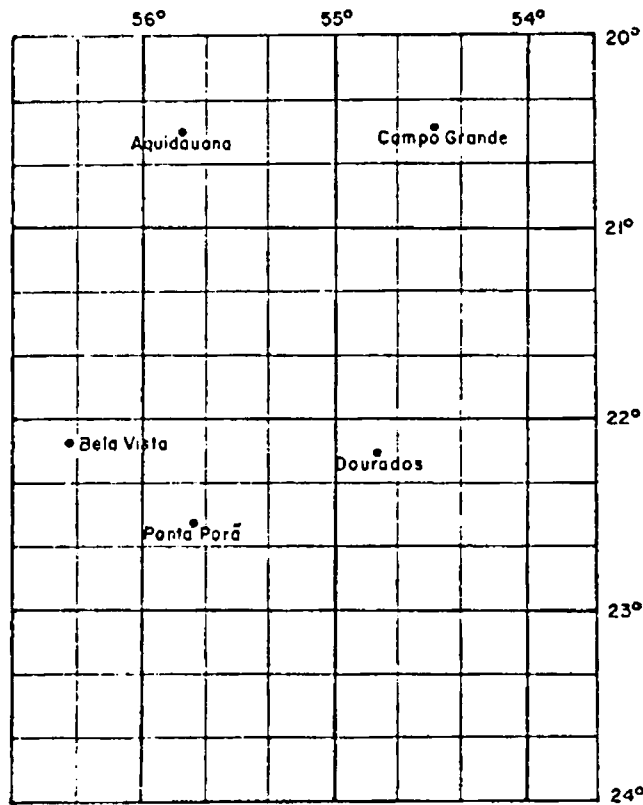


Fig. III.9 - Localização das estações meteorológicas do sul do Estado de Mato Grosso (Dourados/Amambai - MT)



### 3.1.3.2 - NORMAIS EVAPO-PLUVIOMÉTRICAS

Dados de precipitação pluviométrica e de evapotranspiração potencial, foram obtidos através do trabalho "Balanço Hídrico do Brasil", realizado pelo Departamento Nacional de Meteorologia (1972), que utilizou o método proposto por Thornthwaite, referentes às médias climatológicas de chuva e temperatura de vários períodos.

Os dados relativos à área de Ribeirão Preto-SP, correspondem àqueles obtidos para as estações meteorológicas de Barretos, Bebedouro, Brotas, Catanduva, Colina, Franca, Jaú, Limeira, Rio Claro, São Carlos, São Simão e Sertãozinho num total de 12 postos. Na área de Dourados/Amambaí -MT, foram considerados os dados obtidos pelas estações meteorológicas de Aquidauana, Bela Vista e Campo Grande. A localização dessas estações é mostrada nas Figuras III.8 e III.9, respectivamente.

### 3.1.3.3 - NORMAIS TERMOPLUVIOMÉTRICAS

Para aquelas estações que não dispunham de dados de evapotranspiração, foram obtidas informações das temperaturas médias do ar, de modo a possibilitar o cálculo da evapotranspiração potencial de acordo com o método de Thornthwaite e dados de precipitação pluviométrica. Esses valores foram obtidos de Boletins Agroclimatológicos publicados pelo Ministério da Agricultura.

### 3.1.4 - MATERIAL FOTOGRÁFICO

#### 3.1.4.1 - IMAGENS ORBITAIS DO LANDSAT-1

O MSS (Multispectral Scanner Sub-System) do LANDSAT-1 é um sensor ótico mecânico de varredura multiespectral, cujo mecanismo de sensoramento é visto na Figura III.10. O MSS obtém imagem da superfície da Terra simultaneamente em quatro bandas espectrais, as quais foram rigorosamente escolhidas com a ajuda de várias agências usuárias do programa LANDSAT-1. Essas 4 bandas abrangem a faixa espectral de 500 a 1.100 nanômetros dentro da região da energia refletida.

A faixa da superfície da Terra coberta pelo MSS é contínua, possuindo 100 milhas náuticas (aproximadamente 185 Km) de largura e, da mesma área, é repetitivamente tomada uma imagem orbital a cada 18 dias à mesma hora local.

Este Sub-sistema após sensorear uma determinada área, envia os sinais para a Terra os quais são recebidos pelas Estações de Recepção e Gravação e, após gravados, são processados pela Estação de Processamento onde são convertidos em imagens fotográficas e fitas digitais compatíveis com o computador.

O Sub-sistema MSS fornece quatro imagens relativas aos qua

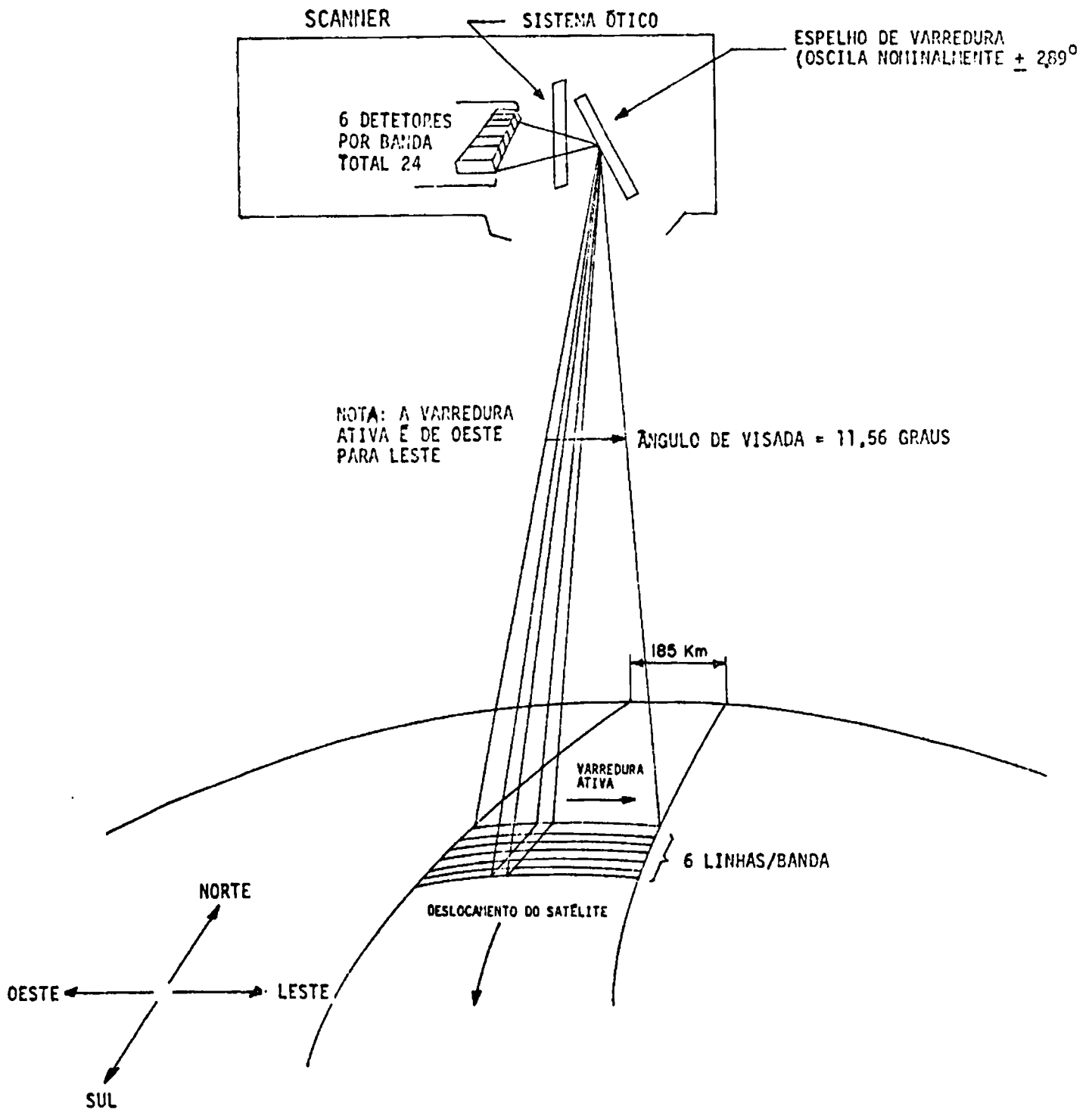


Fig. III.10 - Esquema de varredura do MSS do LANDSAT-1

Fonte: Data Users Handbook

NASA - Earth Resources Technology Satellite

Goddard Space Flight Center

tro canais do MSS, sendo que cada canal corresponde a uma banda espectral como indicado na Tabela III.3.

TABELA III.3

CARACTERÍSTICAS DOS QUATRO CANAIS DO MSS

CANAL	REGIÃO DO ESPECTRO	COR CORRESPONDENTE A FAIXA DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO
4	500 a 600 nm	Verde-Laranja
5	600 a 700 nm	Laranja-Vermelho
6	700 a 800 nm	Vermelho-Infravermelho próximo
7	800 a 1.100 nm	Infravermelho próximo

Para a realização das diferentes fases do trabalho foram utilizadas as imagens do MSS (LANDSAT-1) para a área de Ribeirão Preto na forma de cópias e ampliações em papel, bem como os diapositivos (transparências positivas) conforme Tabela III.4.

TABELA III.4

ESPECIFICAÇÕES DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS UTILIZADAS

NA ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO - SP

Nº DE IDENTIFICAÇÃO	DATA	CANAIS	TIPO DE APRESENTAÇÃO	ESCALA
E-1373-12384	31/07/73	5,6,7	Cópia em Papel	1: 500000
E-1373-12384	31/07/73	4,5,6,7	Cópia em Papel	1:1000000
E-1373-12384	31/07/73	4,5,6,7	Diapositivo	1:1000000
E-1373-12384	31/07/73	4,5,6,7	Diapositivo	1:3369000
E-1391-12383	18/08/73	5,7	Cópia em Papel	1:500000
E-1391-12383	18/08/73	4,5,6,7	Cópia em Papel	1:1000000

Para a área de Dourados/Amambaí-MT, foram utilizadas também as imagens do MSS (LANDSAT-1) em suas diferentes escalas e apresentações conforme mostra a Tabela III.5.

TABELA III.5

ESPECIFICAÇÕES DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS  
UTILIZADAS NA ÁREA DE DOURADOS/AMAMBAÍ-MT

Nº DE IDENTIFICAÇÃO	DATA	CANAIS	TIPO DA APRESENTAÇÃO	ESCALA
E-1054-13073	15/09/72	5,7	Cópia em Papel	1: 500000
E-1054-13075	15/09/72	5,7	Cópia em Papel	1: 500000
E-1234-13083	14/03/73	5,7	Cópia em Papel	1: 500000
E-1234-13090	14/03/73	5,7	Cópia em Papel	1: 500000
E-1054-13073	15/09/72	4,5,6,7	Cópia em Papel	1:1000000
E-1054-13073	15/09/72	4,5,6,7	Cópia em Papel	1:1000000
E-1234-13083	14/03/73	4,5,6,7	Cópia em Papel	1:1000.000
E-1234-13090	14/03/73	4,5,6,7	Cópia em Papel	1:1000000
E-1054-13073	15/09/73	4,5,6,7	Diapositivo	1:3.369.000

### 3.1.4.2 - IMAGENS ORBITAIS DO SKYLAB

O Laboratório Espacial SKYLAB, equipado com vários sensores para levantamento de recursos naturais, realizou quatro missões no período de 14 de maio de 1973 a 8 de fevereiro de 1974. Dentre os vários sensores utilizados e disponíveis, foi escolhido para esta pesquisa o material produzido pela Multispectral Photographic Camera S-190 A, que é constituída por seis câmeras métricas de alta precisão, com distância focal de 150 milímetros aproximadamente, sendo que cada uma delas opera com filtros e filmes sensíveis a faixas específicas do espectro eletromagnético, como mostradas na Tabela III.6 (INPE, 1975).

TABELA III.6

ESPECIFICAÇÕES DOS FILTROS E FILMES  
UTILIZADOS PELO SENSOR MPC S-190 A

CAMERA	FILTRO	FAIXA DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	FILME
6	AA	500 - 600 nm	S0 - 022
5	BB	600 - 700 nm	S0 - 022
1	CC	700 - 800 nm	EK - 2424
2	DD	800 - 900 nm	EK - 2424
3	EE	500 - 880 nm	S0 - 127
4	FF	400 - 700 nm	S0 - 356

Este sensor tem por finalidade, obter imagens fotográficas multiespectrais de precisão, constituindo um acurado registro analógico da radiação proveniente da cena. Cada imagem deste sensor cobre uma área de 26.561 Km<sup>2</sup>.

Originalmente essas imagens estavam em transparências coloridas e infravermelho colorida nas dimensões de 55 x 55 milímetros as quais foram ampliadas para a escala de 1:503.000 em papel.

As duas imagens, uma colorida normal e a outra infravermelha colorida, utilizadas neste trabalho, foram fornecidas pelas câmeras de número 4 e 3 respectivamente.

#### 3.1.4.3 - COMPOSIÇÕES COLORIDAS

Foram realizadas e fotografadas diversas composições coloridas, através de combinações de filtros coloridos e diapositivos 70 milímetros, correspondentes aos quatro canais do MSS, no "Color Additive Viewer" para as áreas em estudo. Destas composições, foram selecionadas duas, uma simulando uma fotografia colorida normal e a outra uma fotografia infravermelha colorida, constituídas como indicado na Tabela III.7, tendo sido preparados "Slides" coloridos de 35 milímetros, dessas duas composições para cada área. Eles foram utilizados, posteriormente, para projeções na escala aproximada de 1:500.000, permitindo a observação das principais feições do terreno.



TABELA III.7

COMBINAÇÕES CANAL ESPECTRAL/FILTRO COLORIDO, UTILIZADAS  
PARA MONTAGEM DE COMPOSIÇÕES COLORIDAS

CANAIS	4	5	6	7	COMPOSIÇÃO
Filtros	Azul	Verde	-	Vermelho	Infravermelha
Filtros	Azul	Vermelho	-	Verde	Colorida normal

3.1.5 - EQUIPAMENTOS

3.1.5.1 - "IMAGE 100 SYSTEM"

O "Image 100 System" da General Electric Company, Figura III.11, foi utilizado com o objetivo de quantificar as diferentes tonalidades de áreas de solo nu na região de Ribeirão Preto-SP, evidenciadas nas transparências positivas preto e branco com área útil de 18,5 x 19,0 centímetros, relativas aos quatro canais do MSS.

3.1.5.2 - ESPECTROFOTÔMETRO

Em condições de laboratório foi utilizado o Espectrofotômetro da Perkin Helmer modelo 450 (Figura III.12), que varre a faixa de 350 a 750 nanômetros do espectro eletromagnético, traçando num gráfico, as assinaturas espectrais das diferentes amostras de solos coletadas no campo.

3.1.5.3 - ESPECTRORADIÔMETRO DE CAMPO

Para medir as radiações características de cada unidade de solo no campo, foi utilizado o "Earth Ground Truth Radiometer" modelo 820-10-A

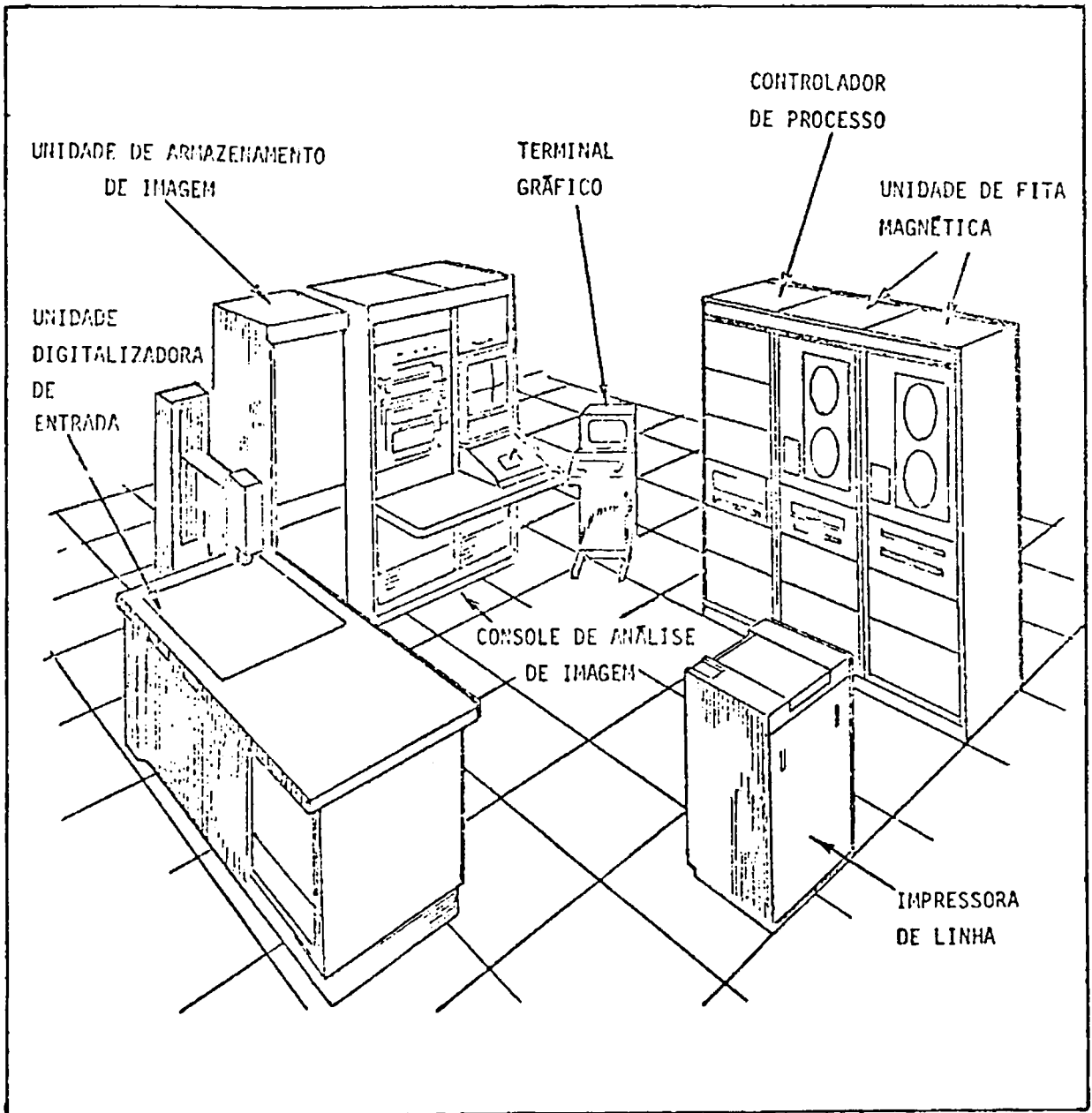


Fig. III.11 - Esquema dos Componentes do Image 100 System

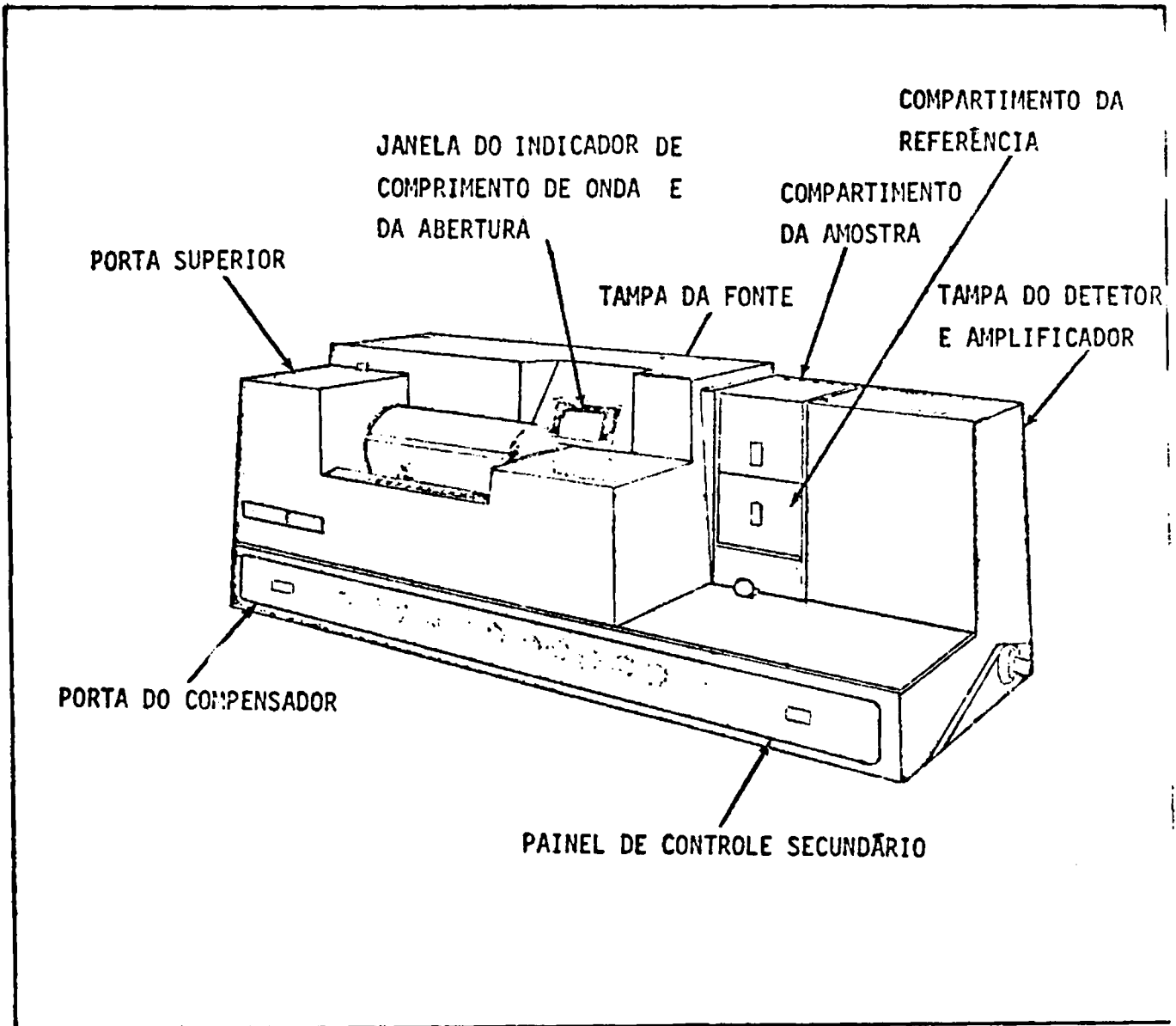


Fig. III.12 - Configuração do Espectrofotômetro modelo 450 da Perkin Helmer

da Gamma Scientific. Este equipamento mede a radiação refletida pelos diferentes alvos nas mesmas faixas de comprimento de onda que o sub-sistema MSS do LANDSAT-1. Na Figura III.13 é apresentado um esquema deste equipamento.

#### 3.1.5.4 - "COLOR ADDITIVE VIEWER"

O "Color Additive Viewer" modelo 600 (Figura III.14) da International Imaging System, é um instrumento desenvolvido para mostrar numa tela, a partir de transparências positivas preto e branco de 70 milímetros, uma reprodução colorida da cena. Uma característica importante deste aparelho, é que a cor da apresentação projetada, pode ser alterada, mudando-se os filtros coloridos na frente das lentes projetoras, formando as mais diferentes composições coloridas.

Em síntese o funcionamento do sistema pode ser esquematizado como na Figura III.15, extraída do trabalho de Lauer & Thorley (1971).

#### 3.1.6 - ROTEIRO DE CAMPO

O levantamento das informações de campo foi realizado de acordo com um roteiro previamente traçado, com o apoio da imagem fotográfica do canal 5 do MSS, para a área de Ribeirão Preto-SP.

Os locais que deveriam ser visitados no campo foram escolhidos através de interpretação preliminar das imagens orbitais e o apoio

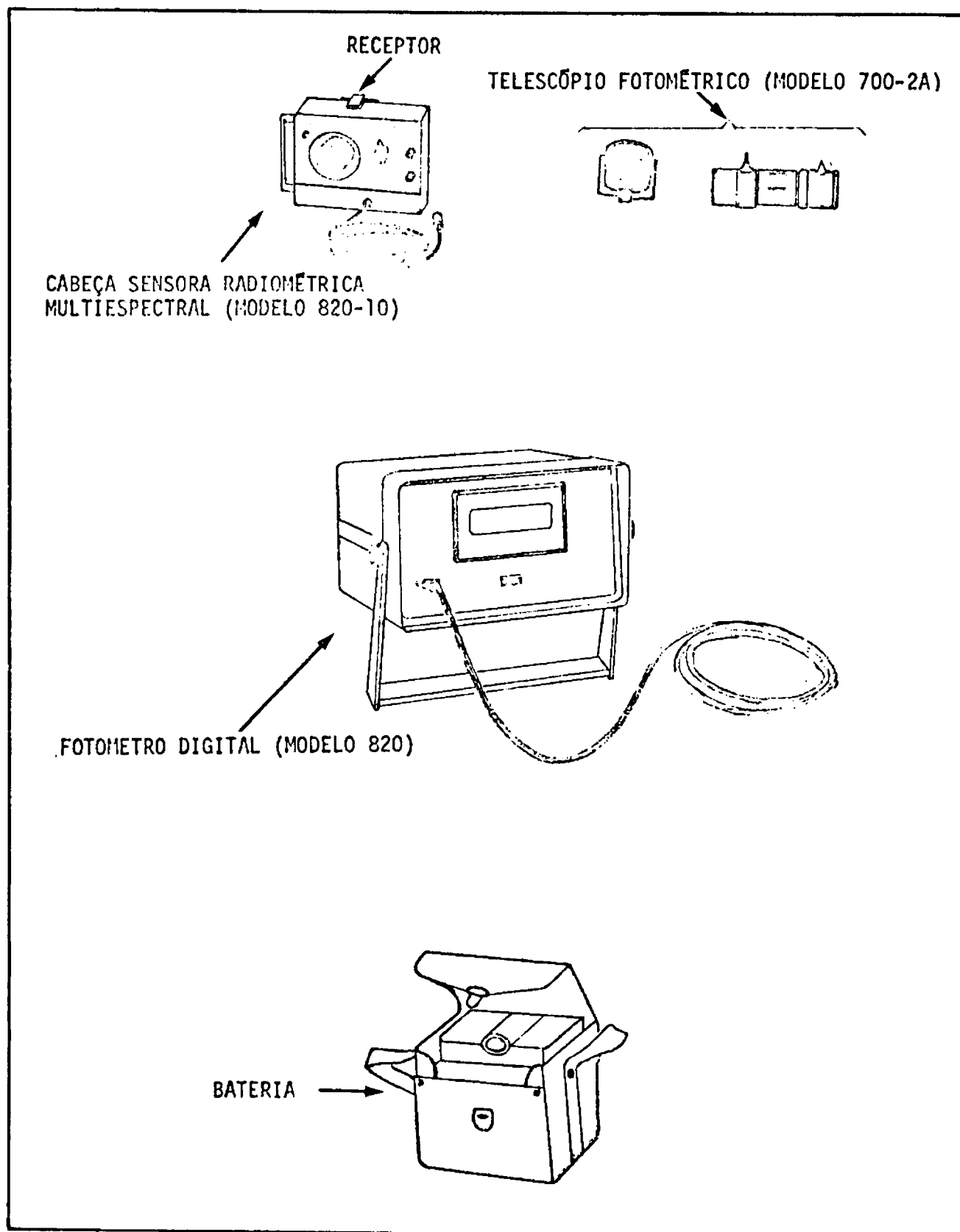


Fig. III.13 - Esquema dos componentes do Earth Ground Truth Radiometer, modelo 820-10-A da Gamma Scientific

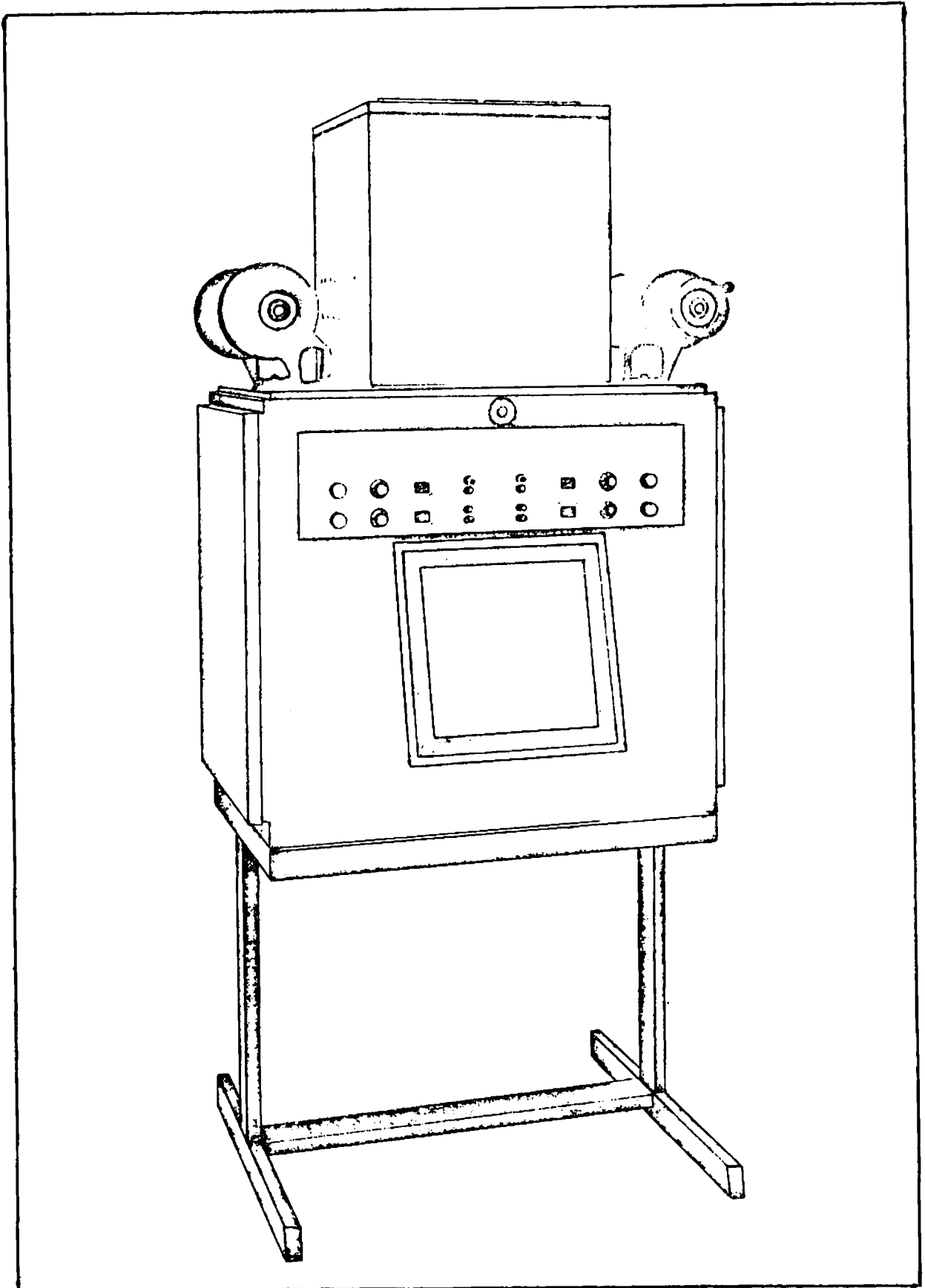


Fig. III.14 - Configuração do Color Additive Viewer, modelo 600 da International Imaging System.

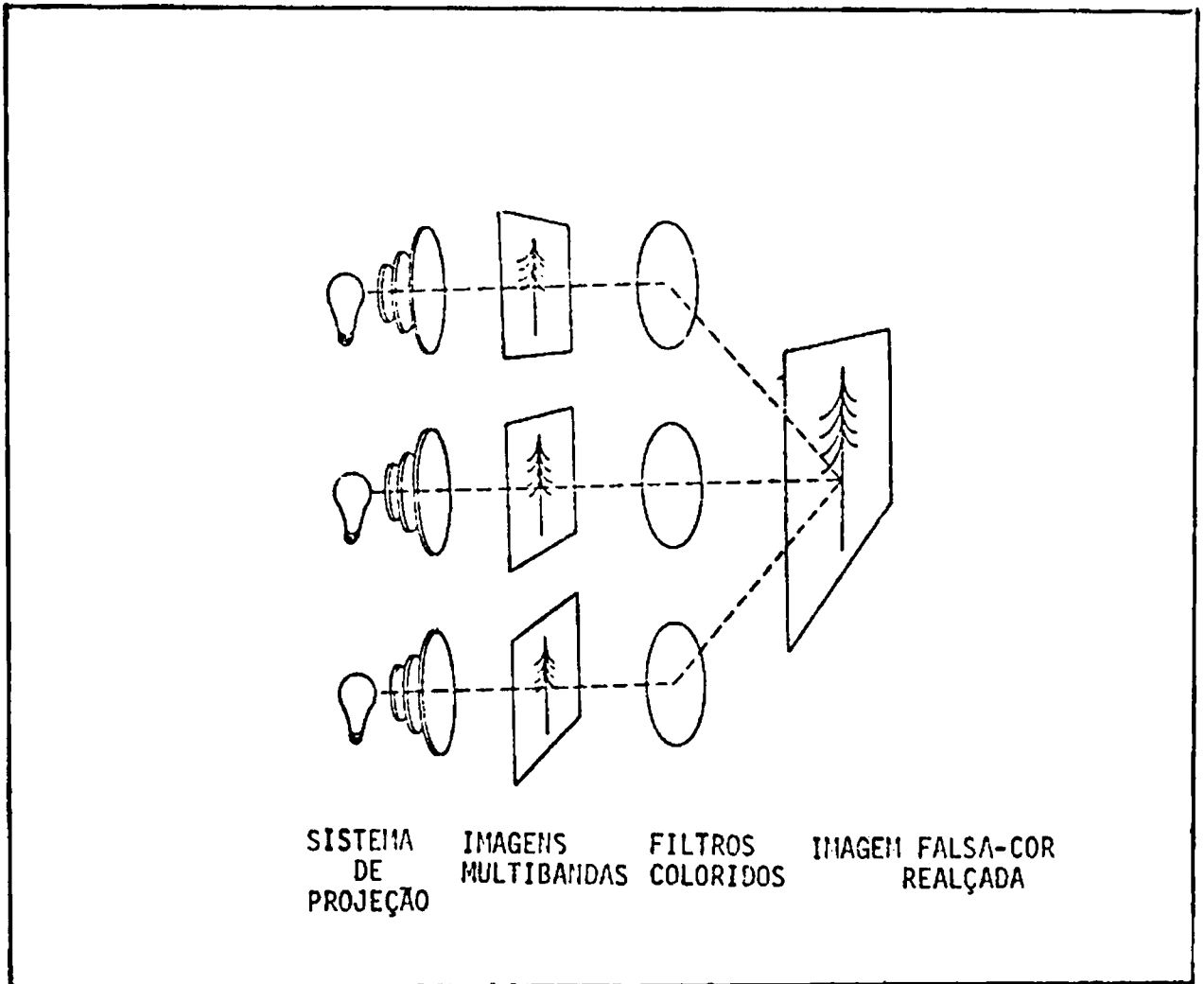


Fig. III.15 - Esquema de funcionamento do Color Additive Viewer, segundo Lawer e Thorley (1971).

do mapa de solos, cuja distribuição e acesso são mostrados no Apêndice A.8.

### 3.1.7 - FICHAS DE CAMPO

Foram confeccionadas fichas de campo para a coleta das informações a serem utilizadas como verdade terrestre, na interpretação final das imagens orbitais. O modelo utilizado é apresentado no Apêndice A.9.

### 3.1.8 - MAPAS E CARTAS

Os mapas de solos do Estado de São Paulo e Sul do Estado de Mato Grosso, produzidos pela Equipe de Pedologia do Ministério da Agricultura, foram utilizados como apoio de verdade terrestre para diversas fases deste trabalho.

Para auxiliar a identificação dos acidentes geográficos foram utilizadas folhas da "Carta ao Milionésimo do Brasil" produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - 1972).

Como suporte ao trabalho de campo na área de Ribeirão Preto SP, foram utilizadas as "Cartas Topográficas do Brasil" produzidas pelo IBGE na escala de 1:50.000 e publicadas no ano de 1973, onde foram plota-



dos os pontos assinalados na imagem fotográfica relativa ao canal 5 do MSS (LANDSAT-1).

Outros mapas, quer Políticos, Hipsomtricos ou Topográficos, em diferentes escalas, também foram utilizados para apoio às interpretaes realizadas.

### 3.2 - MÉTODOS

#### 3.2.1 - BALANÇO HÍDRICO

O estudo para determinar a disponibilidade de água no solo, foi realizado utilizando-se o método proposto por Thorntwaite- 1948, que permite o cálculo do balanço hídrico para uma determinada região.

As médias de precipitao pluviométrica e temperatura do ar de determinado período de tempo foram os valores considerados para a aplicao deste método.

Com os dados das temperaturas médias mensais do ar, foram estabelecidos os valores da evapotranspirao potencial mensal não ajustada, através de um nomograma, encontrado em Camargo (1961) e outros. Esses valores foram corrigidos através de fatores de correo tabelados, encontrados em Burgos & Vidal (1951) e outros, para ajustá-los ao número de dias

do mês e a duração da insolação diária.

Para as duas áreas em estudo, Ribeirão Preto-SP e Dourados/Amambaí - MT, foram calculados valores médios mensais de precipitação e evapotranspiração potencial, através da média aritmética, relativos aos valores normais e mensais do ano de 1973, os quais foram coletados pelas diversas estações meteorológicas situadas dentro de cada área em estudo.

A partir daí, pela comparação desses valores com a precipitação (P), foram avaliadas os seguintes valores: a água armazenada no solo (ARM), a evapotranspiração real (ER), o excesso (EXC) e a deficiência hídrica (DEF).

De acordo com Thornthwaite, considerou-se o solo como um reservatório cuja capacidade de campo é de 100 milímetros. Deste modo, quando a precipitação ultrapassa este valor, o excesso é eliminado por drenagem ou escoamento superficial.

### 3.2.2 - VEGETAÇÃO NATURAL

Sendo a vegetação natural um dos critérios utilizados na fotointerpretação convencional para o levantamento de solos, foram aqui realizadas interpretações da vegetação natural das duas áreas em estudo, sobre as imagens orbitais do LANDSAT-1, numa tentativa de avaliar mais um

parâmetro para o auxílio na caracterização dos diferentes grupos de solos.

Para esta interpretação utilizou-se basicamente as imagens dos canais 5 e 7 do LANDSAT-1 na escala 1:500.000 e para uma das áreas em estudo (Dourados/Amambaí-MT) contou-se com o apoio das imagens coloridas e infravermelho colorida do SKYLAB na escala de 1:503.000. Foram também utilizadas como apoio a esta interpretação, as composições coloridas e falsa cor, das duas áreas consideradas.

Essas interpretações basearam-se nas diferenças tonais apresentadas nas imagens acima mencionadas, ou seja, foram essencialmente baseadas nas respostas espectrais das diferentes formações vegetais, em dados contidos nos relatórios do Ministério da Agricultura (1960 e 1971) Boletim Técnico nº 11 do Instituto Florestal, e em alguns dados de verdade terrestre para a área de Ribeirão Preto, os quais foram coletados durante a missão de campo, realizada em Maio/1975.

Para as diferentes formações vegetais convencionou-se a seguinte legenda:

1. Mata - Cerradão
2. Cerrado
3. Campo Cerrado

Dentro da categoria campo-cerrado também consta a vegetação campestre, porque, devido à pequena escala das imagens utilizadas, não

foi possível distinguir entre essas duas formações vegetais.

A técnica empregada na interpretação das diversas formações vegetais presente nas áreas em estudo, consistiu em separar diretamente sobre a imagem com o auxílio de lápis cera, as áreas homogêneas apresentando as mesmas respostas espectrais características para cada formação vegetal.

As áreas desprovidas de vegetação natural homogênea, como por exemplo áreas de grande exploração agrícola, foram separadas através das análises da vegetação remanescente que aparecem em áreas isoladas.

As imagens coloridas obtidas pelo SKYLAB, foram utilizadas para confirmar os tipos de formações vegetais presentes na área de Dourados/Amambaí-MT, pois a cor auxilia bastante na caracterização das mesmas.

Após concluídas as separações das diversas formações vegetais, foi efetuada a transferência a nanquin dessas áreas mapeadas, para o papel acetato, obtendo-se assim os esboços da vegetação natural nas ditas áreas. Este procedimento foi também utilizado para confecção dos esboços do Uso da Terra e Relevo.

### 3.2.3 - USO DA TERRA

Com a finalidade de analisar os parâmetros para a caracterização dos diferentes grupos de solos, que ocupam as áreas da pesquisa, foram feitas as interpretações do uso da terra, utilizando-se basicamente as imagens fotográficas (preto e branco) dos canais 5 e 7 do LANDSAT-1.

Como material de apoio, utilizaram-se os slides de 35 milímetros referentes às composições coloridas de ambas as áreas, projetados em tela especial, na escala de trabalho, para aferição e identificação de limites, bem como as informações bibliográficas contidas no Boletim Técnico nº 11 (Instituto Florestal - 1974), Boletim Técnico nº 12 (Ministério da Agricultura - 1971), e informações de campo.

A técnica utilizada para as inferências das diferentes categorias de uso como: (Mata, Cerradão, Cerrado, Campo-Cerrado, Mata de Galeria, Reflorestamento, Áreas de Exploração Agropecuária e Áreas urbanas), baseou-se nas características multiespectrais evidenciadas através dos níveis de tonalidade nas imagens multiespectrais, em que os alvos se diferenciam pelos seus aspectos morfológicos e fisiológicos (Nosseir e outros (1975)), sendo que, esta técnica foi incrementada com o uso de recursos adicionais conforme descritos acima.

Dessa maneira, isolaram-se as áreas de exploração agropecuária, tomando-se por base a alta reflectância espectral da vegetação uniformemente desenvolvida, a qual aparece com nível de cinza claro a branco no canal 7, bem como as áreas de solo nu com formas geométricas mais ou menos definidas, apresentando baixa resposta espectral (solos escuros) em nível de cinza escuro a preto no mesmo canal.

A essa categoria de uso atual associou-se a formação vegetal tipo campo-cerrado, porque mesmo com auxílio das composições coloridas e das imagens do SKYLAB (área de Dourados/Amambaí - MT), os limites ocupados por uma e outra tornavam-se um pouco confusos.

O mapeamento e classificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal, baseou-se nos conceitos estabelecidos pelos citados boletins, os quais, após caracterizados sobre as imagens com os recursos disponíveis, foram extrapolados para o restante da área.

Para ambas as áreas, a classificação da cobertura vegetal foi generalizada, tendo-se em vista a escala de trabalho e a grande alteração da paisagem natural, causada pela influência humana. Assim sendo, para a área de Ribeirão Preto-SP, foram associados em uma só categoria dois ou mais tipos de vegetação natural, isto porque espectralmente estas formações vegetais não se refletiram de maneira distinta, de modo que possibilitassem as suas separações sobre o material disponível.

Desta forma, a categoria de uso atual denominada Mata estão associadas as coberturas vegetais tipo Mata, Capoeira e Cerradão, bem como, para a categoria campo-cerrado, está associada a vegetação tipo Campo e Cerrado.

Para a área de Dourados/Amambaí-MT, a disponibilidade de imagens fotográficas do MSS em duas diferentes estações do ano, permitiu a classificação da vegetação natural nas categorias de Mata, Cerradão e Cerrado, pelo fato das mesmas apresentarem dimensões e padrões mais representativos, sobre o material obtido na passagem do satélite na época chuvosa.

A caracterização das áreas reflorestadas, foi realizado analisando-se principalmente a resposta espectral nos canais 5 e 7.

Os recursos hídricos foram levantados sobre as imagens do Canal 7, devido a alta absorção da radiação infravermelha pela água, que se evidencia, com padrões característicos. As rodovias principais, bem como a localização das cidades foram plotadas sobre as imagens do canal 5 por oferecerem melhor contraste tonal.

#### 3.2.4 - RELEVO

Para a caracterização das diferentes formas do relevo foram utilizadas as classificações propostas por Ranzani (1969) e Amaral & Audi

(1972). As quatro imagens fotográficas do MSS foram analisadas a partir dos diferentes padrões de tonalidade e textura, conforme observa o de Averbeck & Santos (1969), para reconhecimento das áreas ocupadas pelas diferentes classes do relevo.

A rede de drenagem e o uso do solo também foram utilizados, para a caracteriza o das classes de relevo, tendo em vista que o relevo influencia a drenagem interna e externa do solo, segundo afirma o de diversos autores (ver revisão de literatura), bem como sobre as características dos solos (EYRE, 1968).

### 3.2.5 - DRENAGEM

O estudo da rede de drenagem visando   caracteriza o dos diferentes grupos de solos, foi realizado, adotando-se o método da Análise de Elementos desenvolvido por Buringh, o qual consiste em analisar sistematicamente aqueles elementos que se julgam relacionados com as condi es do solo. Este princípio foi adotado por França (1968), Marchetti (1969), Fadel (1972), Leão (1972) e outros.

Os elementos que compõem a rede de drenagem, foram estudados separadamente e/ou em combina o e reunidos em dois grupos, de acordo com a sua natureza descritiva ou quantitativa (França, 1968).



### 3.2.5.1 - ESBOÇO DA REDE DE DRENAGEM

O primeiro passo dado nesta etapa do trabalho, foi a confecção de um esboço da rede de drenagem para as duas áreas em estudo. Basicamente foram utilizadas as imagens orbitais na escala de 1:500.000 com o auxílio das imagens na escala de 1:1.000.000 correspondentes aos canais 5 e 7 do LANDSAT-1.

Procurou-se destacar diretamente na imagem, utilizando-se lâpis cera, todos os cursos d'água observáveis, de acordo com sugestão de Strahler (1952), Lueder,(1959), Ray (1963), Ricci & Petri (1965) e França (1968), juntamente com outros corpos d'água visíveis nas imagens. Desta forma evitaram-se as perdas de informações da rede de drenagem, que normalmente ocorrem quando se utiliza o papel cópia (acetato) diretamente sobre as imagens fotográficas.

A seguir, a rede de drenagem assim destacada, foi copiada em papel acetato com canetas nanquim, de diferentes diâmetros, de acordo com a ordem de tamanho dos cursos d'água, para assim isolar a rede de drenagem dos demais atributos fotográficos, como sugeriu Ranzani (1969).

### 3.2.5.2 - ANÁLISE DESCRITIVA OU QUALITATIVA

A análise descritiva se preocupa em estudar os padrões de drenagem de uma região, de modo a inferir os diferentes solos que nela

ocorrem. Essa inferência é feita baseada na premissa de que os padrões de drenagem refletem a influência do controle estrutural subjacente ao solo, a espessura, as características e o tipo de rocha que deu origem a este solo.

A observação da rede de drenagem das duas áreas em estudo quanto às suas características qualitativas, evidenciou a presença de duas situações distintas. Na área de Dourados/Amambaí - MT, a rede de drenagem é muito homogênea não permitindo, por isso, a separação de áreas que apresentam as mesmas características do padrão de drenagem, o que indicaria presença de solos semelhantes. Na área de Ribeirão Preto porém, ficaram claramente evidenciados diferentes padrões de drenagem, permitindo a rápida separação.

Desta forma para a área de Dourados/Amambaí- MT, a seleção dos padrões de drenagem foi realizada com base no mapa de solos do Ministério da Agricultura (1971), que mostra em linhas gerais a presença de solos como o Latossolo Roxo Eutrófico, Latossolo Roxo Distrófico, Areias Quartzosas Distróficas e Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico.

Na área de Ribeirão Preto - SP, a rede de drenagem foi separada em áreas homogêneas, sem levar em consideração o solo que poderia ocorrer dentro de cada uma delas.

Segundo Ranzani (1969) e Moniz (1972), áreas que apresentam as mesmas características descritivas, podem ser demarcadas como manchas de solo semelhante.

O estudo qualitativo da rede de drenagem, foi realizado de acordo com as recomendações de Lueder (1959), que sugere a observação das seguintes características:

- 1 - Grau de integração;
- 2 - Densidade;
- 3 - Grau de Uniformidade;
- 4 - Orientação;
- 5 - Grau de controle
- 6 - Angularidade
- 7 - Ângulos de confluência; e
- 8 - Tipo ou designação do padrão de drenagem.

A análise do tipo ou modelo das redes de drenagem das duas áreas, foi realizada comparando-se os diferentes padrões encontrados nas imagens orbitais, com os modelos clássicos descritos por Parvis (1950), Ricci & Petri (1965) e Howard (1967). A inclusão do tipo ou modelo segundo Parvis, foi sugerida por Fadel (1972) Vasques Filho (1972) e Leão (1972).

Para facilitar o estudo comparativo dos tipos ou modelos de drenagem, encontrados nas imagens orbitais, com os padrões clássicos, foram isolados padrões de drenagem bem representativos de cada área homogênea. O resultado da análise descritiva das diferentes áreas foi colocado em tabelas e posteriormente analisado.

### 3.2.5.3 - ANÁLISE QUANTITATIVA

Em prosseguimento a análise da rede de drenagem, uma vez definidas e analisadas descritivamente as diferentes áreas homogêneas, selecionou-se amostras circulares com área de 100 quilômetros quadrados. A utilização das amostras circulares foi indicada por Buring (1960), Ray & Fischer (1960), França (1968) e Souza (1975) e outros, como mais eficientes para o estudo quantitativo da drenagem.

A área de 100 quilômetros quadrados para as amostras circulares foi definida em função da escala dos esboços da rede de drenagem. Este tamanho foi o que se mostrou mais adequado para a finalidade desta pesquisa.

Para França (1968), Marchetti (1969), Fadel (1972), Vasquez Filho (1972), Leão (1972) e Gevaerd (1974), a área abrangida pela amostra circular é fixada em 10 quilômetros quadrados. Porém de acordo com Buring (1960) e Souza (1975), o raio das amostras circulares de

ve variar de acordo com o tamanho da área de ocorrência do solo e com a escala da rede de drenagem estudada.

Para a localização das amostras circulares na rede de drenagem, levou-se em consideração a observação de França (1968), de que a área circular de amostragem, pode ser deslocada dentro da área de ocorrência de uma unidade de solo, sem consideração dos limites das bacias hidrográficas, procurando abranger unicamente a maior proporção e maior homogeneidade possíveis da unidade amostrada. Esta metodologia foi seguida também por Fadel (1972), Vasques Filho (1972), Leão (1972) e Souza (1975).

Como não se trata de um trabalho específico sobre a análise da rede de drenagem, mas de avaliação da capacidade de um novo recurso para fotointerpretação pedológica, foram considerados apenas os seguintes elementos quantitativos:

- densidade de drenagem;
- frequência de rios e
- razão de textura.

Os valores relativos a esses elementos, foram obtidos da seguinte forma:

- 1 - Densidade de drenagem - As densidades foram calculadas para

as amostras circulares de 100 quilômetros quadrados, selecionadas para cada área homogênea, segundo o que Ray & Fischer (1960) propuseram para a interpretação litológica, e designada por  $D_{dc}$  na fórmula;

$$D_{dc} = \frac{L}{A}$$

onde  $L$  é o comprimento total de rios das diversas ordens contidas na amostra circular e  $A$  é a área da amostra circular.

- 2 - Frequência de rios em amostras circulares - As frequências foram calculadas para todas as áreas homogêneas, de acordo com Souza (1975), pela fórmula abaixo, que dá a frequência,  $F_c$ :

$$F_c = \frac{N}{A}$$

onde  $N$  é o número total de rios contidos na amostra circular e  $A$  é a área da amostra circular.

- 3 - Razão de textura de amostra circular - A fórmula usada para as amostras circulares, de acordo com Souza (1975), designa por  $T_c$  a razão de textura e é:

$$T_c = \frac{N}{P}$$

onde  $N$  é o número total de rios contidos no perímetro da amostra circular e  $P$  é o comprimento do perímetro da amostra circular.

Foram obtidas para cada área homogênea, a média aritmética desses valores, segundo Souza (1975), definindo-as como densidade de drenagem média ( $D_{dc}$ ), frequência de rios média ( $F_m$ ) e razão de textura média ( $T_{mc}$ ), de amostras circulares. Para verificar o grau de correlação que existe entre esses três valores, o que foi observado por diversos autores, realizou-se uma análise de correlação de todas as combinações possíveis duas a duas e após, realizou-se a análise de regressão entre essas características. Foram também mostradas graficamente essas correlações.

#### 3.2.5.4 - ANÁLISE CONJUNTA

Os resultados obtidos com as análises qualitativas e quantitativas das duas áreas em estudo, foram observados conjuntamente e comparados com os resultados obtidos por outros autores, com fotografias aéreas verticais de grande escala para os mesmos grupos de solos encontrados nessas áreas, e os mapas de solos já existentes.

Procurou-se definir para cada grupo de solo, aquelas características que poderiam ser utilizadas para a sua identificação nas imagens orbitais do LANDSAT-1.

### 3.2.6 - MEDIDAS ESPECTRAIS DOS SOLOS NO CAMPO

Para aqueles pontos estabelecidos no escritório, quando da elaboração do roteiro de campo, foram realizadas medidas das respostas espectrais dos solos no campo, com a utilização do Earth Ground Truth Radiometer.

A sistemática de trabalho consistiu em se localizar uma área de solo desprovida de cobertura vegetal, de dimensão representativa de um determinado grupo de solo, para cada ponto pré-estabelecido sobre a imagem do MSS (canal 5). Neste local, através de um sistema de escolha aleatória, instalou-se o aparelho.

Para a sua montagem foi utilizado um tripé de uso fotográfico, no qual se fixou a Cabeça Sensora (ERTS RADIOMETER HEAD) - Modelo 820-10. Conectada a esta e sustentado por um elemento da equipe, ficou o Fotômetro Digital (DIGITAL PHOTOMETER) Modelo 820, o qual forneceu o resultado das leituras, que foram anotadas na ficha de campo.

A energia necessária para o funcionamento do aparelho foi fornecida por um gerador HONDA, ao qual foi adaptado um estabilizador de voltagem.

Após instalado o aparelho e colocado em funcionamento, foi



realizada uma calibração do mesmo, e em seguida iniciadas as leituras das medidas de irradiância (radiação total do céu), que foram feitas apontando para o céu a Cabeça Sensora, adaptada com o Receptor do tipo raio incidente (Cosine Receptor). Depois o sensor foi apontado perpendicularmente para o solo. O receptor do tipo raio incidente foi substituído por um Telescópio Fotométrico Modelo 700-2A realizando-se então as leituras da radiação do solo em cada um dos canais do aparelho, os quais são similares aos do MSS do LANDSAT-1. Para cada área circular, essas leituras foram repetidas cinco vezes.

Passou-se em seguida para uma outra área circular, repetindo-se o processo pelo menos tres vezes.

No escritório, as medidas espectrais obtidas no campo receberam os seguintes tratamentos:

- a) Os valores de radiação dos solos, anotados na ficha de campo, foram multiplicados pelo fator de correção de escala e pelo fator de calibração igual a 3,93 para 1 grau de abertura do telescópio;
- b) Em seguida foi obtido um valor médio das cinco leituras das radiações do solo para cada canal;
- c) Com os valores de irradiância multiplicados pelo respectivo fator de correção de escala, calculou-se um valor médio de irradiância;
- d) Finalmente, dividindo-se os valores médios de radiação pelos res

pectivos valores médios de irradiância, foram obtidos os valores de reflectância para cada solo observado, sendo esses valores expressos em percentagens.

Os valores de reflectância foram tabelados e submetidos a uma análise estatística de variância, sendo aplicados os testes de significância de F, Tukey e Duncan.

### 3.2.7 - VERDADE TERRESTRE

Para o apoio nas interpretações das imagens orbitais do LANDSAT-1, foram coletadas informações de caráter geral, dos locais selecionados na fase do estabelecimento do roteiro de campo, tais como: classes de relevo, uso da terra, vegetação natural, conforme podem ser observadas no Apêndice A.9.

Ao mesmo tempo foi realizada uma caracterização superficial do grupo de solo presente no local, com o auxílio de um Engenheiro Agrônomo da Divisão Regional Agrícola de Ribeirão Preto (SP).

Nos mesmos locais das medidas espectrais, foram coletadas amostras de solos numa profundidade de aproximadamente 15 centímetros, as quais foram colocadas em sacos plásticos e lacradas, sendo posteriormente enviadas para o Laboratório de Análises do INPE, para obtenção das res

pectivas assinaturas espectrais.

Fotografias coloridas em "slides" de 35 milímetros, foram tiradas das paisagens ao redor desses pontos, nas direções dos pontos cardiais. De acordo com as características desses locais, essas fotos serviram também como apoio às interpretações das imagens orbitais.

As informações retromencionadas, foram coletadas nos 30 pontos levantados durante a missão de campo na área de Ribeirão Preto, sendo percorridos aproximadamente 2200 quilômetros no período de 8 a 16 de Maio de 1975,

### 3.2.8 - MEDIDAS ESPECTRAIS DOS SOLOS NO LABORATÓRIO

As amostras de solos coletadas, foram numeradas e posteriormente ordenadas em grupos, de acordo com a classificação dada a cada uma delas no campo. Esta, distribuição pode ser observada na Tabela III. 8 adiante.

TABELA III. 8

AGRUPAMENTO DAS AMOSTRAS DE SOLOS DE ACORDO COM  
A SUA CLASSIFICAÇÃO

GRUPO	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	Nº DA AMOSTRA
1	Latossolo Vermelho Escuro- fase arenosa	5,2,7,4,3,6
2	Latossolo Roxo	19,9,8,16,30,20,18,17
3	Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa	15,10,11,31,23,14,27,28
4	Regosol	21,24,25,22
5	Solos Podzolizados de Lins e Marília	1,26,29
6	RPV/RLV	12,13

A seguir, as amostras foram enviadas para a análise espectral no Laboratório de Análises do Projeto SERE, setor de Espectrofotometria, onde foram devidamente preparadas e submetidas à análise no Espectrofotômetro da Perkin Helmer Modelo 450, obtendo as suas respectivas assinaturas espectrais na faixa do espectro eletromagnético que vai de

350 a 750 nanômetros (visível e parte do infravermelho próximo).

Tendo em vista a variação das curvas, mesmo dentro de um determinado Grupo de Solo e a dificuldade em visualizar todas as curvas ao mesmo tempo, elas foram quantificadas, tabelando-se os valores de reflexão, dados em percentagem, considerando-se apenas a parte visível do espectro (de 380 a 720 nanômetros).

Em seguida esses dados foram analisados comparativamente, e obtidos o valor médio e o desvio padrão para cada Grupo de Solo, de acordo com a análise comparativa e a classificação feita no campo.

Com os valores médios, construíram-se novas curvas espectrais, características para cada Grupo de Solo analisado, para uma melhor visualização das diferenças entre os solos na faixa visível do espectro eletromagnético.

Finalmente realizou-se um somatório dos valores médios, compreendidos na faixa de 500 a 600 nanômetros e de 600 a 700 nanômetros, procurando-se, desta forma, simular as respostas espectrais médias destes solos, em faixas espectrais similares àqueles dos canais 4 e 5 do LANDSAT-1, o que permitiu uma comparação desses valores, obtidos no laboratório, a partir das amostras, com aqueles obtidos no campo com o Earth Ground Truth Radiometer.

Os dados de reflectância (campo e laboratório) para os diferentes grupos de solos, foram levantados com a finalidade de, primeiro verificar as diferenças espectrais entre os mesmos, e em segundo lugar, estabelecer associações das medidas de campo com a resposta espectral daquele alvo na imagem.

### 3.2.9 - ANÁLISE QUANTITATIVA DE TONALIDADE

Nas imagens fotográficas preto e branco positivas, relativas aos quatro canais do MSS na escala de 1:1.000.000 da área de Ribeirão Preto - SP, foram demarcadas áreas de solo nu, denominadas campo de treinamento, procurando-se as que apresentassem tipos de solos diferentes e escolhendo-se para cada área o mesmo número de amostras.

A escolha dessas áreas foi feita com base no mapa de levantamento de solos do Estado de São Paulo e dados de verdade terrestre, sendo selecionados ao todo vinte campos de treinamento, numerados de I a XX, cuja distribuição em função do tipo de solo é mostrada na Tabela III.9, sendo que no Apêndice A.8 estão indicadas as suas localizações dentro da área em estudo.

A seguir essas áreas foram transferidas para transparências positivas preto e branco 18,5 x 19,0 centímetros de área útil, relativas aos quatro canais do MSS onde foram delimitadas com lápis cera.

Cada transparência foi colocada numa mesa de luz (Unidade Digitalizadora do I 100), onde uma fonte de luz padrão incidente sobre a mesma transforma as diferentes tonalidades de cinza, relativas a uma determinada quantidade de energia espectral que foi refletida por um alvo natural, em diferentes intensidades de luz transmitida, que é medida e transformada em valores quantitativos.

TABELA III.9

DISTRIBUIÇÃO DOS CAMPOS DE TREINAMENTO EM FUNÇÃO  
DOS GRUPOS DE SOLOS

<u>Nº DA ÁREA</u>	<u>GRUPO DE SOLO</u>
I	Latossolo Roxo
II	Latossolo Roxo
III	Latossolo Roxo
IV	Regossol
V	Regossol
VI	Regossol
VII	Latossolo Vermelho Amarelo - Fase Arenosa
VIII	Latossolo Vermelho Amarelo - Fase Arenosa
IX	Latossolo Vermelho Amarelo - Fase Arenosa
X	Latossolo Vermelho Escuro - Fase Arenosa
XI	Latossolo Vermelho Escuro - Fase Arenosa
XII	Latossolo Vermelho Escuro - Fase Arenosa
XIII	Latossolo Roxo ou LVa
XIV	Latossolo Roxo ou RPV/RLV
XV	Solos Podzolizados de Lins e Marília
XVI	Regossol ou Latossolo Roxo
XVII	LVa ou Regossolo
XVIII	Solos Podzolizados de Lins e Marília
XIX	Solos Podzolizados de Lins e Marília
XX	Podzólico Vermelho Amarelo Var. Laras

Estes valores são armazenados na memória especial de imagem (Unidade de Armazenamento de Imagem) para logo em seguida ser mostrada na tela da televisão, que faz parte do Console de Análise da Imagem.

Nessa tela foram focalizados os campos de treinamento (solo exposto) demarcados anteriormente, dentro dos quais procedeu-se a cinco leituras de tonalidades da transparência positiva, utilizando-se áreas de treinamento com tamanho uniforme de 60 elementos de imagem.

Para a escolha dos locais onde foram realizadas as leituras, procurou-se obedecer às normas estabelecidas por Swain (1972) segundo a qual para que as amostras sejam consideradas como representativas, deve-se evitar as bordas do campo de treinamento selecionado, porque estas regiões podem não ser típicas, devido a influência de outros aspectos do terreno que não as do alvo de interesse. Na Figura III.16, é mostrado um esquema do procedimento adotado.

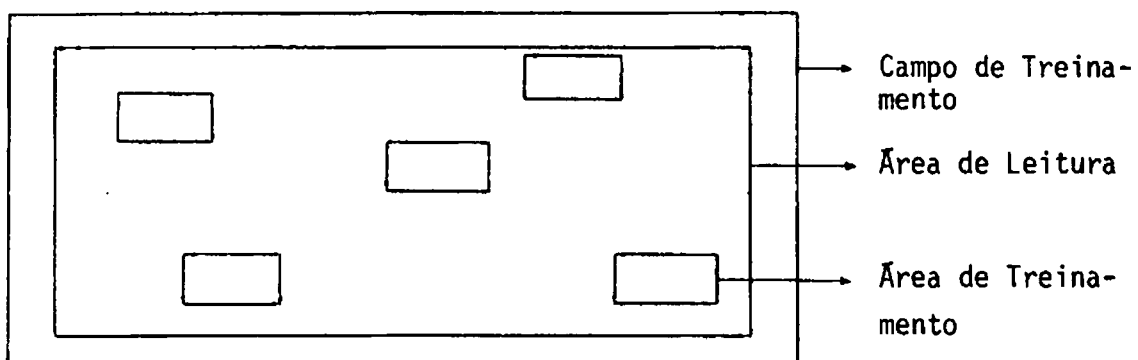


Fig. III.16 - Esquema de procedimento empregado na leitura dos valores de tonalidade



Os resultados, das cinco leituras de tonalidade da transparência positiva e outros parâmetros adicionais, foram fornecidos pelo Terminal gráfico do Sistema e anotados em tabelas especiais as seguintes informações:

- . A tonalidade mais alta = limite superior;
- . A tonalidade mais baixa = limite inferior;
- . A média aritmética para a área de treinamento; e
- . A variância.

Em seguida acionava-se o sistema de modo a obter o valor médio armazenado na memória do computador (Thema), relativos ao campo de treinamento, apresentados na forma de tabelas, através de listagem da "Impressora de Linha" como mostrado na Figura III.17.

```
*** ONE-DIMENSIONAL TRAINING ***
```

CHANNEL	EFFECTIVE RESOLUTION	BOUND-THRESHOLDS(%)		START LEVEL	FINISH LEVEL
		LOW	HIGH		
1	64	0.00 (100.00)	0.00	0	63
2	64	0.00 (100.00)	0.00	0	63
3	64	0.00 (100.00)	0.00	0	63
4	64	0.00 (100.00)	0.00	0	63

```
/// TRAINING IN PROGRESS ///
```

```
/// TRAINING COMPLETE ///
```

CHANNEL	SPECTRAL-ROUNDS	DELTA	PEAK	MEAN	VARIANCE
1	( 4- 8)	5.32498.	6.49	1.27	
2	( 3- 9)	7.32989.	6.52	1.50	
3	( 3- 8)	6.33048.	6.46	1.30	
4	( 4- 8)	5.32522.	6.51	1.25	

```
TRAINING AREA= 98526.
```

```
ALARMED AREA= 98667.( 38.0%)
```

```
PARALLELEPIPED CELLS= 1050.
```

```
FIGURE OF MERIT= 15976.
```

Fig. III.17 - Modelo de listagem fornecida pela Impressora de Linha

Como o interesse imediato é a interpretação visual das imagens orbitais, foi utilizado um procedimento que auxilia este tipo de interpretação, ou seja, através de um gráfico bidimensional. Para isto foram feitas todas as combinações possíveis dos resultados, relativos aos quatro canais do MSS dois a dois.

A tomada de decisões, ou seja, a classificação dos campos de treinamento de acordo com o solo que ele representa, foi realizada com base na observação dos resultados obtidos, comparados com os dados de verdade terrestre e com o mapa de solos da região.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 - BALANÇO HÍDRICO

##### 4.1.1 - ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO

##### 4.1.1.1 - VALORES NORMAIS

O balanço hídrico de uma região permite conhecer climatologicamente a disponibilidade de água no solo e a intensidade da drenagem interna.

Os resultados do balanço hídrico realizado para toda a área de Ribeirão Preto - SP, estão apresentados na Tabela IV.1. A partir desses valores foi possível estabelecer os cursos anuais da precipitação(P), evapotranspiração potencial (EP) e evapotranspiração real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no solo como apresentados na Figura IV.1.

A análise desta figura permite identificar três fases distintas:

TABELA IV.1

BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITTE (1948), PARA A ÁREA DE RIBEIRÃO PRE-TO-SP, BASEADO EM DADOS METEOROLÓGICOS DE VÁRIOS PERÍODOS (VALORES NORMAIS)

Latitude: de 20° 30'S a 22° 30'S

Longitude: de 47°00'W a 49°00'W

Capacidade de Armazenamento de água no solo = 100mm.

MESES	EP	P	P-EP	NEG acum.	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro	114	206	92	0	100	0	114	0	92
Fevereiro	101	178	77	0	100	0	101	0	77
Março	103	136	33	0	100	0	103	0	33
Abril	80	60	-20	-20	81	-19	79	1	0
Maio	61	44	-17	-37	68	-13	57	4	0
Junho	49	26	-23	-60	54	-14	40	9	0
Julho	48	13	-35	-95	38	-16	29	19	0
Agosto	65	18	-47	-142	23	-15	33	32	0
Setembro	76	68	-8	-150	22	-1	69	7	0
Outubro	98	94	-4	-154	21	-1	95	3	0
Novembro	103	148	45	-40	66	45	103	0	0
Dezembro	110	215	105	0	100	34	110	0	71
ANO	1008	1206	198	-	-	0	933	75	273

Simbologia:

EP - Evapotranspiração potencial (mm)

P - Precipitação pluviométrica (mm)

Neg. acum. - Negativo acumulado

Arm- Armazenamento de água no solo (mm)

ER - Evapotranspiração real (mm)

DEF- Deficiência hídrica (mm)

Exc- Excedente hídrico (mm)

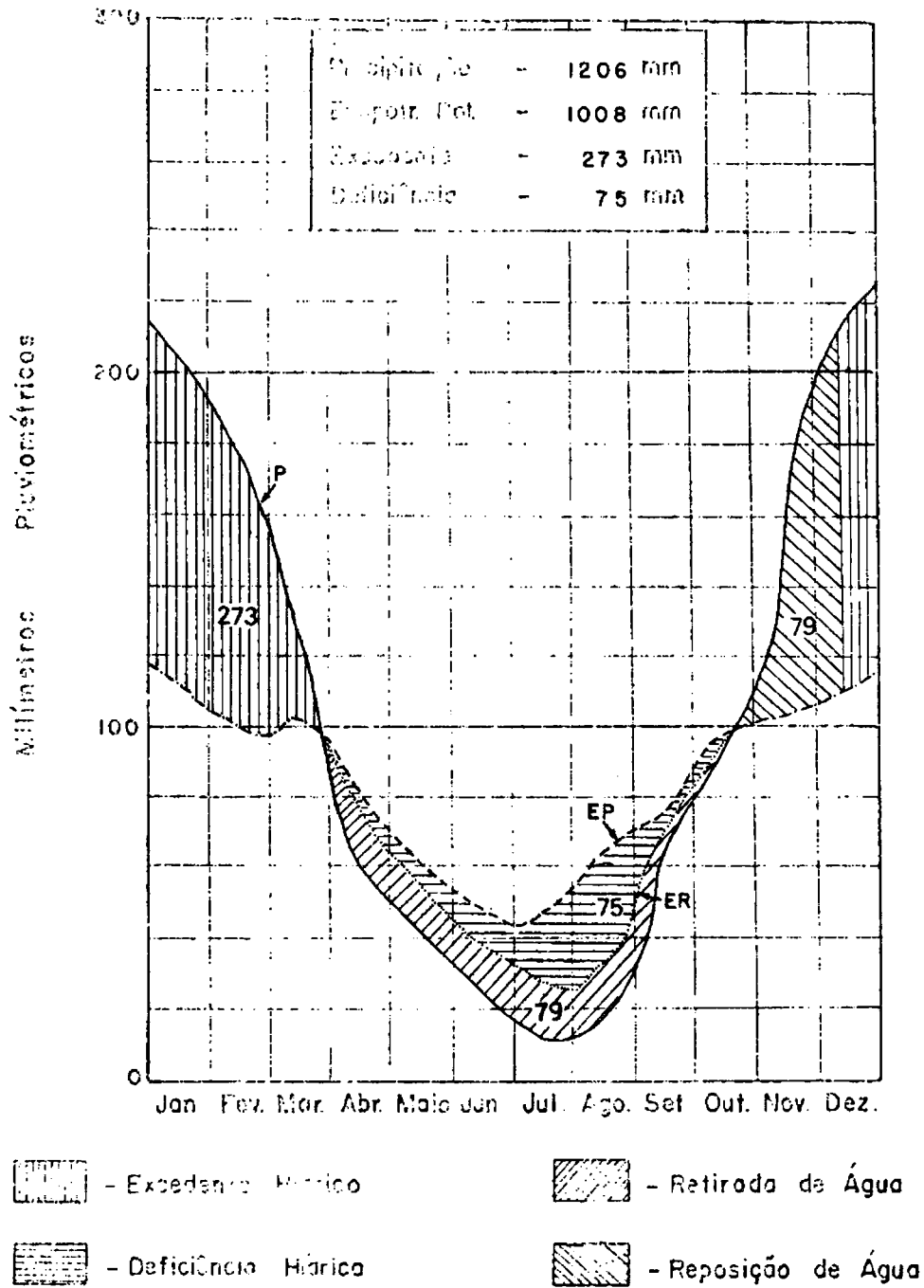


Fig. IV.1 - Cursos anuais da precipitação (P) e da evapotranspiração potencial (EP) e real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no solo. Conforme Tabela IV.1

a) No período que se estende de meados de dezembro ao final de março, em que a precipitação pluviométrica é maior do que a capacidade de armazenamento de água no solo, há um excesso de 273 milímetros de água no solo. O maior excesso de água ocorre no mês de janeiro, quando atinge o nível de 92 milímetros.

b) A seguir vem o período de abril a outubro, no qual a precipitação pluvial não é capaz de atender à evapotranspiração potencial, e em consequência ocorre a retirada da água armazenada no solo para completar as necessidades da evapotranspiração. A água existente no solo vai diminuindo pouco a pouco, provocando nele uma deficiência hídrica. Apesar deste período ser muito prolongado, aproximadamente 7 meses, a deficiência de água não chega a ser severa, porque não atinge valores muito elevados, ou seja, somente 75 milímetros no período todo, com o máximo de deficiência no mês de agosto, onde chega a 32 milímetros.

c) Com o retorno do período chuvoso, em setembro, a precipitação vai repondo a água no solo pouco a pouco, tornando-se no final de outubro a começo de novembro maior que a evapotranspiração potencial. Este é um período de transição entre o período seco e o período úmido, que começa em dezembro, reiniciando o ciclo.

#### 4.1.1.2 - VALORES DO ANO DE 1973

A natureza é um processo dinâmico que se modifica de ano para ano. Como as informações relativas ao estado de umidade dos solos, quando da obtenção das imagens orbitais das áreas em estudo, é de muita importância para o estudo dos solos, é necessário que tais informações retratem, o mais próximo possível, as condições naturais existentes, para que as relações solo/resposta espectral sejam fidedignas. Para verificar essa aproximação, obteve-se o balanço hídrico relativo ao ano em que as imagens orbitais do LANDSAT-1 utilizadas neste trabalho, foram obtidas.

Na Tabela IV.2 estão apresentados os resultados do balanço hídrico da área de Ribeirão Preto-SP, relativo ao ano de 1973. Da mesma forma como procedido para o balanço hídrico normal, foi possível a partir destes dados, estabelecer os cursos mensais da precipitação (P), da evapotranspiração potencial (EP) e da real (ER), bem assim as disponibilidades anuais de água no solo, como pode ser observado na Figura IV.2.

Comparando-se esses resultados com aqueles obtidos no balanço hídrico normal para esta mesma área, verifica-se uma grande alteração nos valores.

A primeira fase, caracterizada pelo excesso de água, no solo, que terminava no final de março, estendeu-se até meados de maio, com um

TABELA IV.2

BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITTE (1948) PARA A ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO-  
SP, BASEADO EM DADOS METEOROLÓGICOS PARA O ANO DE 1973

Latitude: 20<sup>o</sup> 30'S a 22<sup>o</sup> 30'S

Longitude: 47<sup>o</sup>00'W a 49<sup>o</sup>00'W

Capacidade de Armazenamento de água no solo = 100mm.

MESES	EP	P	P-EP	NEG acum.	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro	102	191	89	0	100	0	102	0	89
Fevereiro	91	172	81	0	100	0	91	0	81
Março	102	162	60	0	100	0	102	0	60
Abril	76	177	101	0	100	0	76	0	101
Maiο	198	58	-40	-40	66	-34	92	6	0
Junho	100	18	-82	-122	29	-37	55	45	0
Julho	126	24	-102	-224	10	-19	43	83	0
Agosto	175	6	-169	-393	1	-9	15	160	0
Setembro	166	52	-114	-507	0	-1	53	113	0
Outubro	149	158	9	-235	9	9	149	0	0
Novembro	135	162	27	-99	36	27	135	0	0
Dezembro	187	316	229	0	100	64	87	0	165
ANO	1407	1496	89	-	-	0	1000	407	496

**Simbologia:**

EP - Evapotranspiração potencial (mm)

P - Precipitação pluviométrica (mm)

Neg. acum. - Negativo acumulado

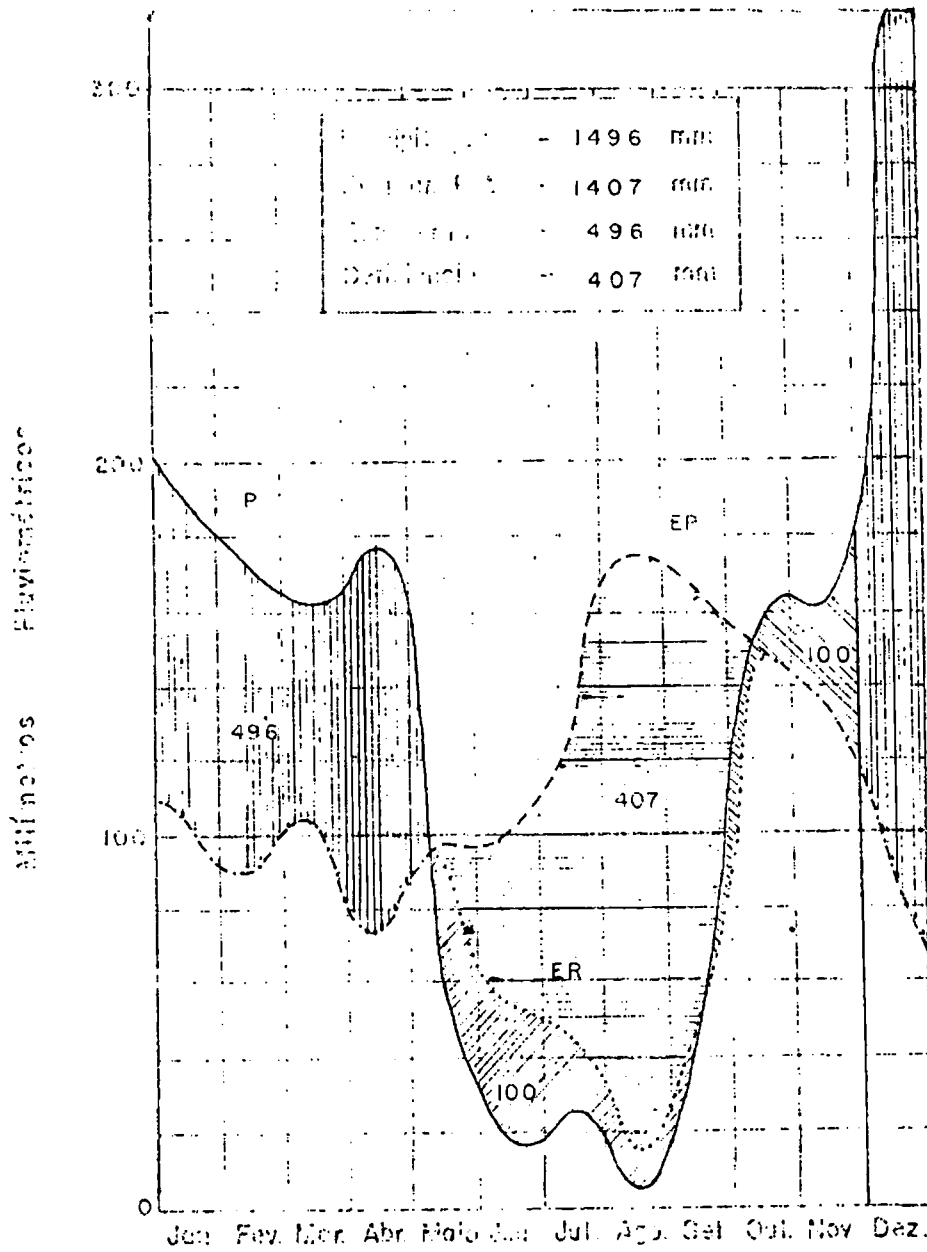
Arm- Armazenamento de água no solo (mm)

ER - Evapotranspiração real (mm)

DEF- Deficiência hídrica (mm)

Exc- Excedente hídrico (mm)





-  - Excedente Hídrico
-  - Deficiência Hídrica
-  - Retirada de Água
-  - Reposição de Água

Fig. IV.2 - Cursos anuais da precipitação (P), da evapotranspiração potencial (EP) e real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no solo. Conforme Tabela IV.2

excedente de 496 milímetros de água. O mês de dezembro foi o que apresentou o maior excesso d'água atingindo o nível de 165 milímetros.

A segunda fase, caracterizada por uma deficiência de água no solo, começou nos meados de maio terminando em meados de outubro, coincidentemente com aquela estimada através do balanço hídrico normal. Apesar deste período ter sido menor do que aquele estabelecido através do balanço hídrico normal, (no ano de 1973, este período foi de 5 meses e o normal era de 7 meses), neste ano a deficiência hídrica foi bem maior, devido ao alto índice negativo observado, que chegou a 407 milímetros de água negativa no período, sendo ainda o mês de agosto, o que apresentou o máximo de deficiência, chegando a 160 milímetros de água.

Finalmente o terceiro período, de reposição de água, que em ambos os balanços hídricos começa em setembro, no ano em questão, prolonga-se até meados de dezembro, quando se reinicia o ciclo.

#### 4.1.2 - ÁREA DE DOURADOS/AMAMBAÍ - MT

##### 4.1.2.1 - VALORES NORMAIS

Foi considerada uma área maior do que aquela realmente abrangida dentro do que se convencionou de área de Dourados/Amambaí-MT, devido a deficiência de dados meteorológicos disponíveis. Esta foi a solução

para se obter um maior efeito de conjunto para a região.

Na Tabela IV.3 são mostrados os resultados do balanço hídrico realizado. Com estes valores estabeleceu-se os cursos anuais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (EP) e evapotranspiração real (ER) e as disponibilidades normais de água no solo, como pode ser visto na Figura IV.3.

Analizando esta figura pode-se distinguir as seguintes fases:

a) Uma fase, em que ocorre um excesso de água no solo, em consequência da precipitação pluviométrica ser maior do que a evapotranspiração potencial. Esta fase estende-se de meados de outubro a início de julho. Ocorre um excedente hídrico de 358 milímetros de água no solo, sendo que o mês de janeiro apresenta o maior excesso, perdendo-se 68 milímetros de água;

b) A segunda fase é aquela na qual a precipitação pluviométrica é menor do que a evapotranspiração potencial, ou seja, a água que chega ao solo é insuficiente para atender a demanda de água. O processo de perda de água é gradual, estendendo-se desde o início de julho, onde existe um equilíbrio entre a água que chega e a água que sai, ou seja, não há um excesso, nem deficiência, até o início de setembro, quando a situação se repete. Realmente só existe deficiência hídrica no mês de agosto, e assim

TABELA IV.3

BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITTE (1948) PARA A ÁREA DE DOURADOS/  
AMAMBAI - MT, BASEADO EM DADOS METEOROLÓGICOS DE VÁRIOS PERÍODOS

Latitude: de 20<sup>00</sup>'S a 24<sup>00</sup>'S

Longitude: de 53<sup>40</sup>'W a 56<sup>40</sup>'W

Capacidade de Armazenamento de água no solo = 100mm.

MESES	EP	P	P-EP	NEG acum.	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro	131	199	68	0	100	0	131	0	68
Fevereiro	111	164	53	0	100	0	111	0	53
Março	112	137	25	0	100	0	112	0	25
Abril	81	120	39	0	100	0	81	0	39
Maió	63	97	34	0	100	0	63	0	34
Junho	48	69	21	0	100	0	48	0	21
Julho	47	38	-9	-9	91	-9	47	0	0
Agosto	65	41	-24	-33	71	-20	61	4	0
Setembro	81	93	12	-18	83	12	81	0	0
Outubro	99	141	42	0	100	17	99	0	25
Novembro	114	157	43	0	100	0	114	0	43
Dezembro	130	180	50	0	100	0	130	0	50
ANO	1.082	1.436	+354	-	-	0	1.078	4	358

Simbologia:

EP - Evapotranspiração potencial (mm)

P - Precipitação pluviométrica (mm)

Neg. acum. - Negativo acumulado

Arm- Armazenamento de água no solo (mm)

ER - Evapotranspiração real (mm)

DEF- Deficiência hídrica (mm)

Exc- Excedente hídrico (mm)

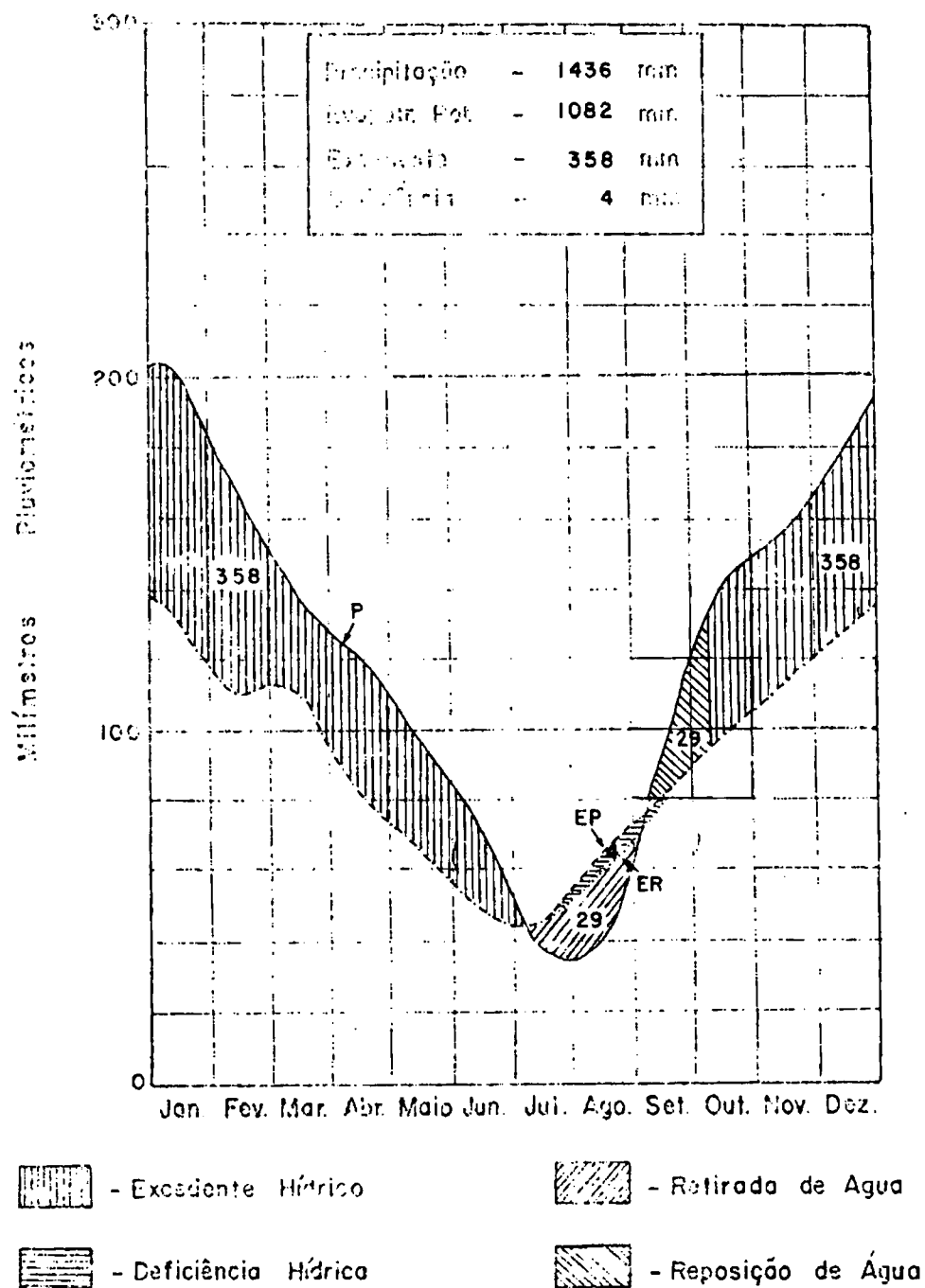


Fig. IV.3 - Cursos anuais da precipitação (P) e da evapotranspiração potencial (EP) e real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no solo. Conforme Tabela IV.3

mesmo é uma deficiência muito pequena, de apenas 4 milímetros. Portanto, a fase que o solo se apresenta seco, é de apenas tres meses;

c) Já no início de setembro, começa a fase de reposição de água no solo. Este processo é lento, terminando somente nos meados de outubro, quando é completada a reposição dos 29 milímetros de água retirados do solo no período seco.

#### 4.1.2.2 - VALORES DO ANO DE 1973

Para a área de Dourados/Amambaí - MT no extremo sul do Estado, a situação do clima para o referido ano se alterou bastante. Através dos resultados obtidos, mostrados na Tabela IV.4 e na Figura IV.4, nota-se uma alternância de períodos úmidos e secos, que variam em duração de 1 até 5 meses.

O período que apresentou deficiência hídrica mais elevada, foi constituído pelos meses de março e abril, quando chegou a 25 milímetros, fato completamente inesperado pela análise do balanço hídrico normal. A deficiência de água máxima ocorreu no mes de abril, com 23 milímetros de água negativa. Porém, da mesma forma que no balanço hídrico normal, foram observados nos meses de julho e agosto, os menores índices de precipitação, conjugados a um período de deficiência hídrica.

TABELA IV.4

BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITTE (1948) PARA A ÁREA DE DOURADOS/  
AMAMBAÍ - MT, BASEADO EM DADOS METEOROLÓGICOS PARA O ANO DE 1973

Latitude: 20<sup>00</sup>'S a 24<sup>00</sup>'S

Longitude: 53<sup>00</sup>'W a 56<sup>00</sup>'W

Capacidade de Armazenamento de água no solo = 100mm.

MESES	EP	P	P-EP	NEG acum.	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro	160	166	6	0	100	0	160	0	6
Fevereiro	130	170	40	0	100	0	130	0	40
Março	118	95	-23	-23	79	-21	116	2	0
Abril	105	47	-58	-81	44	-35	82	23	0
Maió	69	154	85	0	100	56	69	0	29
Junho	55	114	59	0	100	0	55	0	59
Julho	49	25	-24	-24	78	-22	47	2	0
Agosto	59	61	2	-22	80	2	59	0	0
Setembro	86	62	-24	-46	62	-18	80	6	0
Outubro	101	136	35	-3	97	35	101	0	0
Novembro	114	227	113	0	100	3	114	0	110
Dezembro	132	216	84	0	100	0	132	0	84
ANO	1178	1473	+295	-	-	0	1145	33	328

Simbologia:

EP - Evapotranspiração potencial (mm)

P - Precipitação pluviométrica (mm)

Neg. acum. - Negativo acumulado

Arm- Armazenamento de água no solo (mm)

ER - Evapotranspiração real (mm)

DEF- Deficiência hídrica (mm)

Exc- Excedente hídrico (mm)

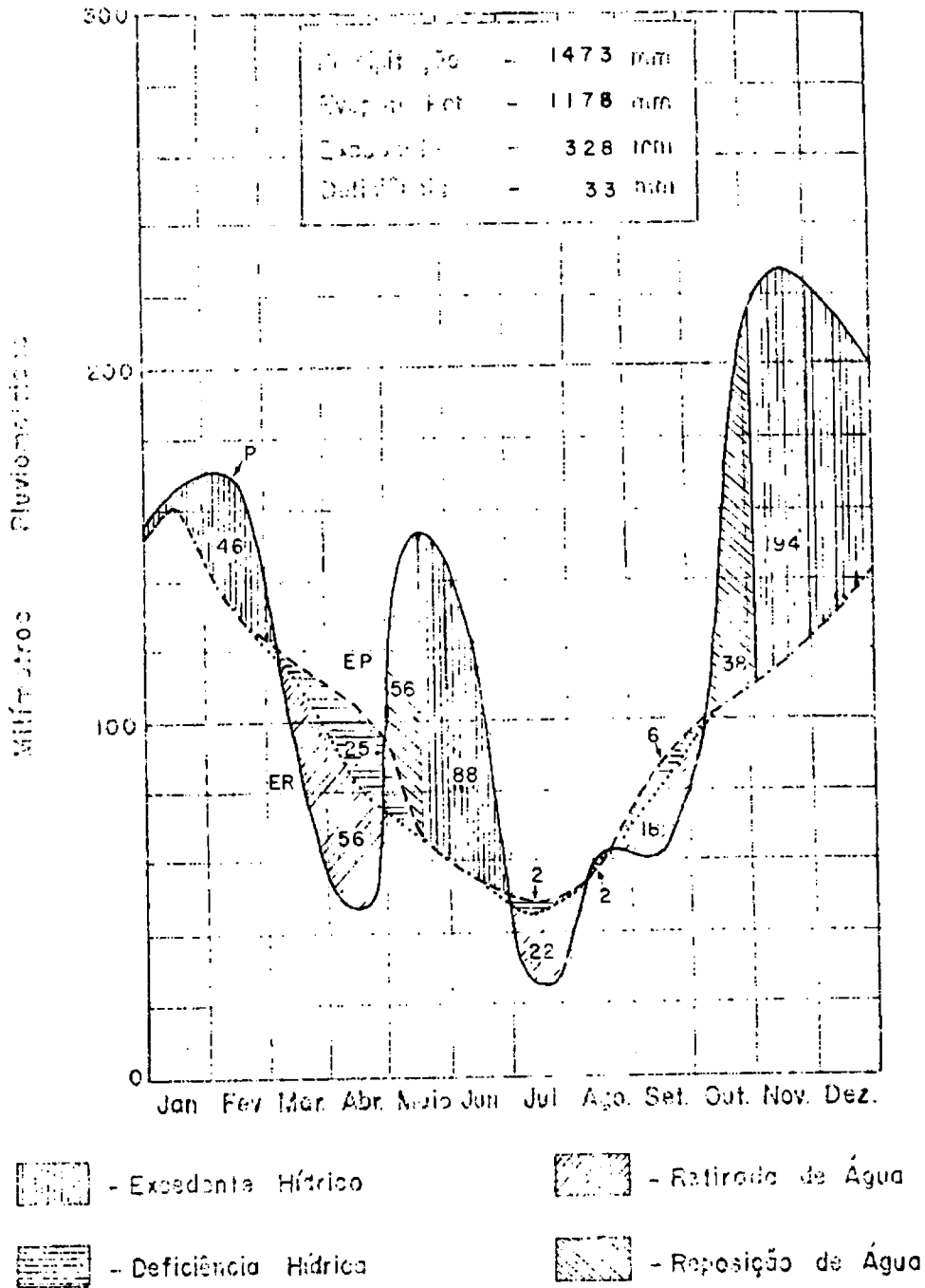


Fig. IV.4 - Cursos anuais da precipitação (P), da evapotranspiração potencial (EP) e real (ER) mensais e as disponibilidades normais de água no Solo. Conforme Tabela IV.4



O maior excesso de água no solo foi observado no período que começa no início de novembro, apresentando um excesso de 194 milímetros de água, até o final de dezembro. O valor máximo é constatado no mês de novembro quando atinge a 110 milímetros de água excedente no solo.

#### 4.1.3 - CORRELAÇÃO CLIMA/VEGETAÇÃO

Através do conhecimento do clima de uma região, ou seja, do ritmo e da intensidade de suas ações, é possível inferir o tipo de vegetação que pode ali ser encontrada. De acordo com o Ministério da Agricultura (1960), existe uma estreita correlação entre determinadas fisionomias vegetais e determinados tipos de clima, como a vegetação de cerrado, campo cerrado e o cerradão, que se encontram em regiões que apresentam estação seca acentuada como por exemplo, os climas Cw e Aw.

Esta opinião é contestada por diversos autores, entre eles o Ministério do Planejamento e Coordenação Geral (1969), para o qual, a única vegetação estritamente ligada ao clima é a caatinga, que se desenvolve em locais de forte deficiência hídrica ou aridez climática.

Comparando-se as imagens orbitais obtidas na época úmida (março) com as da época seca (setembro), na área de Dourados/Amambaí - MT, foi possível observar facilmente a influência da variação do clima sobre a vegetação.

Na época úmida (março), a vegetação apresenta contrastes mais pronunciados do que aqueles observados na época seca (setembro), quando quase todas as vegetações apresentam o mesmo aspecto nas imagens orbitais. É interessante observar que este aspecto se evidencia, mesmo numa região onde a estiagem não é severa, como ocorre nesta área, e inclusive em condições especiais como ocorreu neste ano de 1973.

A obtenção criteriosa e interpretação das imagens orbitais do LANDSAT-1, correspondentes aos finais dos períodos secos e úmidos, obedecendo às indicações fornecidas pelo balanço hídrico anual da região que se estiver estudando, propiciará excelentes resultados.

#### 4.1.4 - CORRELAÇÃO CLIMA/SOLO

A correlação que existe entre o clima e o solo, de acordo com o Ministério da Agricultura (1960), é menos significativa que a correlação entre o clima e a vegetação.

Apesar disto, é possível encontrar interessantes correlações entre o clima e o solo. Naqueles locais onde a estação seca é bem acentuada, como nos tipos climáticos Aw e Cwa, observa-se que os solos em geral são mais avermelhados, de acordo com o Ministério da Agricultura (1960), o que aparece nas imagens orbitais, com tonalidades mais escuras nos canais 6 e 7.

Esta correlação é melhor observada quando se comparam os aspectos apresentados pelos solos de latitudes bem diferentes. De acordo com o Ministério da Agricultura (1960), os solos provenientes de rochas eruptivas básicas, de São Paulo até o Rio Grande do Sul, com as sucessivas mudanças do clima, vão passando de vermelho escuro (Terra Roxa Legítima e Terra Roxa Estruturada) em São Paulo, até acastanhadas no Rio Grande do Sul.

Desta forma, um mesmo tipo de solo, pode apresentar características diferentes nas imagens orbitais, de acordo com as condições climáticas a que ele estiver submetido.

Além desses aspectos, o exame das condições climáticas, permite que se tenha uma idéia das condições de pedogênese, sobretudo com relação aos processos de transformações e perdas.

#### 4.1.5 - CORRELAÇÃO CLIMA/CONDIÇÕES DE UMIDADE DOS SOLOS

A análise do balanço hídrico de uma determinada região, permite que se tenha uma idéia das condições de umidade dos solos que ali ocorrem e da intensidade da drenagem interna. Os solos, de acordo com as suas condições de umidade (secos ou úmidos) apresentam características diferentes sobre as imagens orbitais.

Este tipo de análise é útil para o planejamento de missões de verdade terrestre, pois permite escolher com antecedência, as épocas mais adequadas, em função das condições de umidade que se deseja encontrar no campo.

Pela análise dos dados obtidos com os valores normais, verifica-se que o período mais indicado para trabalhos de campo, visando uma caracterização dos solos sob condições de umidade mais altas, através de técnicas de sensoriamento remoto, são os meses de janeiro e fevereiro, para as regiões estudadas, quando ocorrem os maiores valores de excesso d'água, proporcionando teores de umidades mais elevados para os solos em condições naturais.

Para o estudo das características apresentadas pelos solos quando secos, o período mais indicado, cobre os meses de julho e agosto quando o solo apresenta as maiores deficiências hídricas anuais nas duas regiões em estudo.

Em considerando que o clima não é um fenômeno estático, podendo ocorrer muitas modificações de um ano para o outro, o estudo do balanço hídrico efetuado para o ano em que foram obtidas as imagens orbitais, é de muita utilidade.

Através de sua observação pode-se ter uma idéia das condi

ções de umidade dos diferentes tipos de solos, que ocorrem dentro da região de interesse. Este conhecimento permite avaliar as modificações que sofrerão as diferentes respostas espectrais desses solos, com isto, se poderá obter resultados mais satisfatórios, na interpretação das imagens e, principalmente, na interpretação automática dos dados.

De acordo com os dados obtidos, pode-se dizer que, os solos da área de Ribeirão Preto (SP), quando das passagens de 31 de julho de 1973 e 18 de agosto de 1973, do satélite LANDSAT-1, apresentavam-se secos, com relativa deficiência de água.

Quando da passagem do satélite, em 14 de março de 1973, sobre a área de Dourados/Amambai - MT, os solos apresentavam-se relativamente úmidos e, a vegetação da área, bem desenvolvida. Pelas imagens orbitais da passagem de 15 de setembro de 1972, os solos se apresentavam relativamente secos e a vegetação iniciava o seu processo de desenvolvimento.

#### 4.2 - VEGETAÇÃO NATURAL

Os canais 5 e 7 do MSS do LANDSAT-1, foram os que apresentaram maior contraste de reflectância entre as diferentes unidades da vegetação natural encontradas nas duas áreas estudadas, possibilitando a separação em três tipos os quais foram:

- 1 - Mata-cerradão
- 2 - Cerrado
- 3 - Campo-cerrado

Algumas dessas formações vegetais ocorrem em maior proporção, ou seja, em maior extensão, na área de Dourados/Amambaí - MT, como por exemplo, a vegetação do tipo campo-cerrado, que é uma característica bastante peculiar desta região.

Como resultados da interpretação da vegetação natural, são apresentados os esboços (Apêndices A.10 e A.11) da vegetação natural das duas áreas estudadas e, a seguir, são descritos para cada área, os resultados obtidos com esta interpretação.

#### 4.2.1 - ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO

É pequena a ocorrência, nesta área, de áreas homogêneas de vegetação natural, notando-se apenas manchas isoladas da vegetação primitiva. Na realidade, em algumas regiões a atividade humana é tão intensa que quase não se observa vegetação primitiva. Isto ocorre principalmente nas regiões de Sertãozinho, Ribeirão Preto e Orlandia.

As acima mencionadas apresentaram problemas quanto ao delineamento normal da vegetação natural. Portanto foi necessário realizar

uma interpretação generalizada, baseada na vegetação remanescente, para se obter o esboço da vegetação natural dessas regiões.

A partir deste esboço, nota-se que a ocorrência de vegetação do tipo campo-cerrado é pequena em relação a sua ocorrência na área de Dourados/Amambaí - MT. A formação vegetal do tipo mata-cerradão, ocupa a grande maioria da área, de acordo com a interpretação realizada.

De uma maneira geral, observou-se alguma associação da vegetação natural do tipo mata-cerradão, com solos que não apresentam impedimentos físicos para o seu estabelecimento, como o Latossolo Roxo principalmente. Por outro lado, as áreas que apresentam vegetação do tipo cerrado e campo cerrado, correspondem em sua maior parte com solos rasos e/ou de baixa fertilidade.

#### 4.2.2 - ÁREA DE DOURADOS/AMAMBAÍ - MT

Em geral as formações vegetais da área de Dourados/Amambaí-MT, se apresentam em grandes áreas homogêneas, não se notando processo acelerado de desmatamento, o que demonstra pouca influência humana.

Ocorrem na área, grandes unidades de densa vegetação, as quais aparecem em tons de cinza escuro no canal 5 e cinza mais claro no canal 7 do MSS. A imagem do canal 5, mostra com bastante contraste na resposta espec

tral, as regiões de campo-cerrado, que aparecem em tons uniformes de cinza médio em áreas extensas.

Nota-se contraste marcante entre as diversas unidades de vegetação entre a época em que a área estava seca (passagem de 15 de setembro/72) e a época úmida (passagem de 14 de março/73). Isto é explicado pelo maior desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente maior quantidade de vegetação verde na época em que ocorre maior disponibilidade de água para a vegetação, alterando-se desta maneira o seu comportamento espectral.

No extremo sul da área, notam-se grandes áreas com densa vegetação, estabelecida sobre determinada mancha de solo, evidenciando que esta vegetação é um fator indicativo do tipo de solo presente nessas áreas. Realmente, a verificação do tipo de solo encontrado nesta época, através de consulta do mapa de solos da região, revelou a existência de um solo mais fértil, o Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico.

O mesmo também ocorre ao norte da cidade de Maracajú-MT, onde se observam várias áreas com formação vegetal do tipo mata-cerradão, sobre manchas de solo do tipo Latossolo Roxo Eutrófico segundo o Mapa de Solo da região (Ministério da Agricultura, 1971).

A vegetação campo-cerrado, encontrada em extensas áreas, foi em geral facilmente delineada, principalmente sobre a imagem coletada na



época úmida (14 de março/73), cujos limites aparecem com contrastes nítidos. Esta vegetação está relacionada a tipos de solos denominados Latossolo Roxo e Areias Quartzosas Distróficas, segundo o Mapa de Solo já mencionado anteriormente.

#### 4.3 - USO DA TERRA

Os resultados são apresentados nos Apêndices A.12 (área de Ribeirão Preto-SP), e Apêndice A.13 (área de Dourados/Amambá-MT).

Oito diferentes categorias de uso da terra foram reconhecidas com apoio básico dos canais 5 e 7 do MSS, por oferecerem melhores informações, principalmente o canal 7, o que vem confirmar as afirmações de Place (1973), Salas (1972) e contrariar a de Horton & Heilman (1973) os quais citaram a eficiência dos canais 4, 5, 6 e 7 no reconhecimento de áreas vegetadas e não vegetadas.

O reconhecimento das glebas ocupadas com reflorestamento, na área de Ribeirão Preto - SP, foi possível devido ao seu comportamento espectral (nível de cinza), no canal 7, diferir de maneira notável do das áreas de semelhante densidade vegetal, enquanto que no canal 5 os padrões evidenciados se confundem.

Com relação a este aspecto, pode-se observar pelo Apêndice

A.12 que a área de reflorestamento situada próximo ao Rio Mogi-Guassú, cor tada pela estrada que liga as cidades de Ribeirão Preto a Araraquara, estã situada sobre Latossolo Roxo segundo o mapa de Solo da Região (Ministério da Agricultura, 1960) fato confirmado durante o trabalho de campo. Isto vem demonstrar uma incoerência, que ẽ o fato de implantar reflorestamento em so los de õtima aptidão agrícola.

A categoria de uso da terra, denominada Mata de Galeria em am bas as áreas, foi caracterizada por apresentar baixa resposta espectral no canal 5 (cinza escuro) e pelo aspecto sinuoso, normalmente acompanhando os cursos d'ãgua.

Pelo esboço do uso da terra da Área de Ribeirão Preto-SP, po de-se deduzir que as áreas de exploração agropecuãria, estãõ praticamente localizadas sobre solos de boa aptidão agrícola, como o Latossolo Roxo (Mi nistẽrio da Agricultura, 1960). Assim sendo, o conhecimento do uso dos so los para esta área, contribui eficientemente para inferir a associação exis tente entre os limites ocupados pela atividade humana, com tipo de solo (Ama ral & Audi 1972).

O conhecimento existente do uso da terra para a área de Dou rados/Amambaĩ - MT, não se mostrou muito útil para inferências dos diferen tes grupos de solos. (Rourke & Austin, 1969), isto porque as regiões delimi tadas como áreas de exploração agropecuãria próximas às cidades de Dourados,

Itaporã e Maracajú, estão sobre solos de boa aptidão agrícola (Ministério da Agricultura, 1971), ao passo que na região próxima a Glória de Dourados, existe um Núcleo Agrícola, o qual, segundo o Ministério da Agricultura (1971), está localizado sobre solos de baixo potencial para a exploração agropecuária. Assim sendo para esta área (Dourados/Amambaí - MT) o conhecimento do uso do solo pode levar o intérprete a cometer erros na interpretação.

#### 4.4 - RELEVO

##### 4.4.1 - RELEVO - IMAGENS ORBITAIS

A análise das imagens correspondentes aos canais 4,5,6 e 7 do MSS, revelou que a imagem do canal 6 foi a que apresentou a maior potencialidade para este tipo de estudo, podendo no entanto, ser utilizada também a imagem do canal 7, apesar desta ter apresentado uma maior influência das outras características fotográficas. Estes resultados não concordam com a observação feita por Tueller & Lorain (1973), que consideram a imagem do canal 5, como a melhor para a identificação desta feição do terreno.

A análise da imagem do canal 6 do MSS nas escalas de 1:1.000.000 e 1:500.000, permitiu classificar o relevo das duas áreas em estudo, conforme apresentado nos Apêndices A.14, A.15, relativos à área de Ribeirão-Preto-SP e Dourados/Amambaí-MT, respectivamente.

As imagens na escala de 1:1.000.000 apresentaram um contraste melhor do que aquelas nas escalas de 1:500.000, que por sua vez, facilitaram o trabalho de delimitação das áreas. Por isto, a identificação das diferentes classes de relevo foi realizada na imagem do canal 6 do MSS, na escala de 1:1.000.000 e os seus limites foram estabelecidos na imagem deste mesmo canal na escala de 1:500.000.

Foi possível a identificação de somente três classes de relevo, que podem ser definidas, utilizando as classificações propostas por Amaral & Audi (1969) e Ranzani (1969), da seguinte forma:

a) Relevo Plano a suavemente ondulado, ocupando extensões relativamente grandes, podendo corresponder a planícies aluviais, planícies de inundação e a derrames de lavas;

b) Relevo ondulado a fortemente ondulado, representado por outeiros com diferenças de níveis entre 50 e 200 metros, com declives moderados a fortes; e

c) Relevo montanhoso, constituído por elevações superiores a 200 metros, com morros, montanhas, serras e com declives muito fortes.

A classe de relevo montanhoso foi caracterizada na imagem de Ribeirão Preto-SP, por um padrão variável de diferentes tonalidades, correspondentes às combinações de tons claros e escuros, com variações abruptas e formas não muito bem definidas.

As áreas de relevo plano a suavemente ondulado aparecem na imagem fotográfica com um padrão aveludado, relativamente uniformes e de tonalidades escuras, o que concorda em parte com Hilwig e outros (1974) e Frazee e outros (1974). De uma maneira geral, estas áreas acompanham os cursos d'água principais.

Aquelas áreas que não foram enquadradas dentro destas duas delimitações, correspondem à classe de relevo ondulado a fortemente ondulado, apresentando uma característica intermediária, aproximando-se ora de uma, ora de outra, de acordo com a sua vizinhança. A variação de tons claros e escuros é menos abrupta do que na classe de relevo montanhoso.

Resumindo, os passos dados na análise deste critério de interpretação foram os seguintes:

- a) Delimitar as áreas de relevo montanhoso;
- b) Delimitar as áreas de relevo plano a suavemente ondulado; e
- c) Atribuir as áreas restantes à classe de relevo ondulado a fortemente ondulado.

Esta análise pode ser dividida em duas fases:

- a) Identificação das classes de relevo na imagem do canal 6 na esca

1a de 1:1.000.000 e

- b) Delineamento dos limites dessas classes, nesta mesma imagem, na escala de 1:500.000.

Talvez, melhores resultados pudessem ter sido obtidos, adotando o método utilizado por Hilwig e outros (1974), combinando as transparências relativas aos canais 6 e 7 do MSS, os quais se mostraram mais apropriados para a análise deste aspecto do terreno.

#### 4.4.2 - RELEVO - CLIMA

A influência do relevo sobre o clima, foi observada através de comparações entre os esboços do relevo (Apêndice A.14 e A.15) e os mapas esquemáticos do clima (Figura III.6 e III.7).

Áreas com o relevo montanhoso na imagem de Ribeirão Preto-SP, de uma maneira geral, apresentam o clima do tipo Cwb, que sofre uma atenuação da temperatura devido à sua maior altitude. O tipo climático Cwa, é encontrado nas regiões intermediárias de relevo ondulado a fortemente ondulado, sofrendo ainda o efeito de abrandamento da temperatura, porém em menor escala. Nas regiões de relevo plano a suavemente ondulado, encontra-se o tipo climático Aw, com temperaturas mais altas, que as outras regiões.

A área de Dourados/Amambaí- MT, onde o relevo é praticamente plano a suavemente ondulado, está associada em parte com o clima Aw, como na área de Ribeirão Preto - SP. Ela apresenta algumas áreas ao sul e oeste, com o relevo ondulado a fortemente ondulado, associado com um clima do tipo Cfa, semelhante ao encontrado na área de Ribeirão Preto-SP, com a diferença de não apresentar inverno seco, devido a influências de outros fatores.

#### 4.4.3 - RELEVO - DRENAGEM

A influência do relevo sobre a drenagem interna e superficial do solo, é considerada em termos da relação infiltração/deflúvio. Os terrenos montanhosos, devido a maior declividade, favorecem a um maior escoamento da água da chuva (deflúvio), apresentando um maior volume de drenagem superficial, permitindo a ocorrência de erosão de superfície, correlacionáveis com a menor profundidade dos solos ali encontrados.

Os terrenos planos a suavemente ondulosos, favorecem o predomínio da drenagem interna do solo, ou seja a infiltração é maior do que o deflúvio. Nessas regiões praticamente não ocorrem processos de erosão superficial. Nas áreas mais baixas há deposição de materiais transportados pela água, podendo-se correlacionar estes terrenos com solos profundos e do tipo aluvial ou hidromórfico.

O estudo da rede de drenagem foi de muita valia no estabelecimento das classes de relevo. Áreas montanhosas isoladas, apresentam uma relativa ausência de canais de drenagem, sendo caracterizadas por um padrão radial centrífugo. Quando a área ocupada por esta classe de relevo é mais extensa, sua influência se faz notar por uma maior angularidade do padrão de drenagem. Áreas de relevo plano a suavemente ondulado, apresentam um padrão de drenagem geralmente paralelo.

#### 4.4.4 - RELEVO - SOLO

Em linhas gerais, encontrou-se associado ao relevo montanhoso os solos rasos, como os solos Litólicos e alguns tipos de Podzólicos. Nos terrenos que apresentavam o relevo plano a suavemente ondulado, observou-se a presença de solos aluviais, hidromórficos e latossólicos, principalmente o Latossolo Roxo.

A observação do relevo geral da região, através da interpretação das imagens orbitais, permitiu inferir grosseiramente uma associação de solos com o relevo, tendo como base o trabalho de Moniz (1972), o qual cita a sequência de elementos de uma catena de Milne, conforme pode ser observado na Figura IV.5, incluindo-se porém, entre o Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e o Aluvião, o Latossolo Roxo.

Esse resultado permite dizer que o relevo, usado conjunta



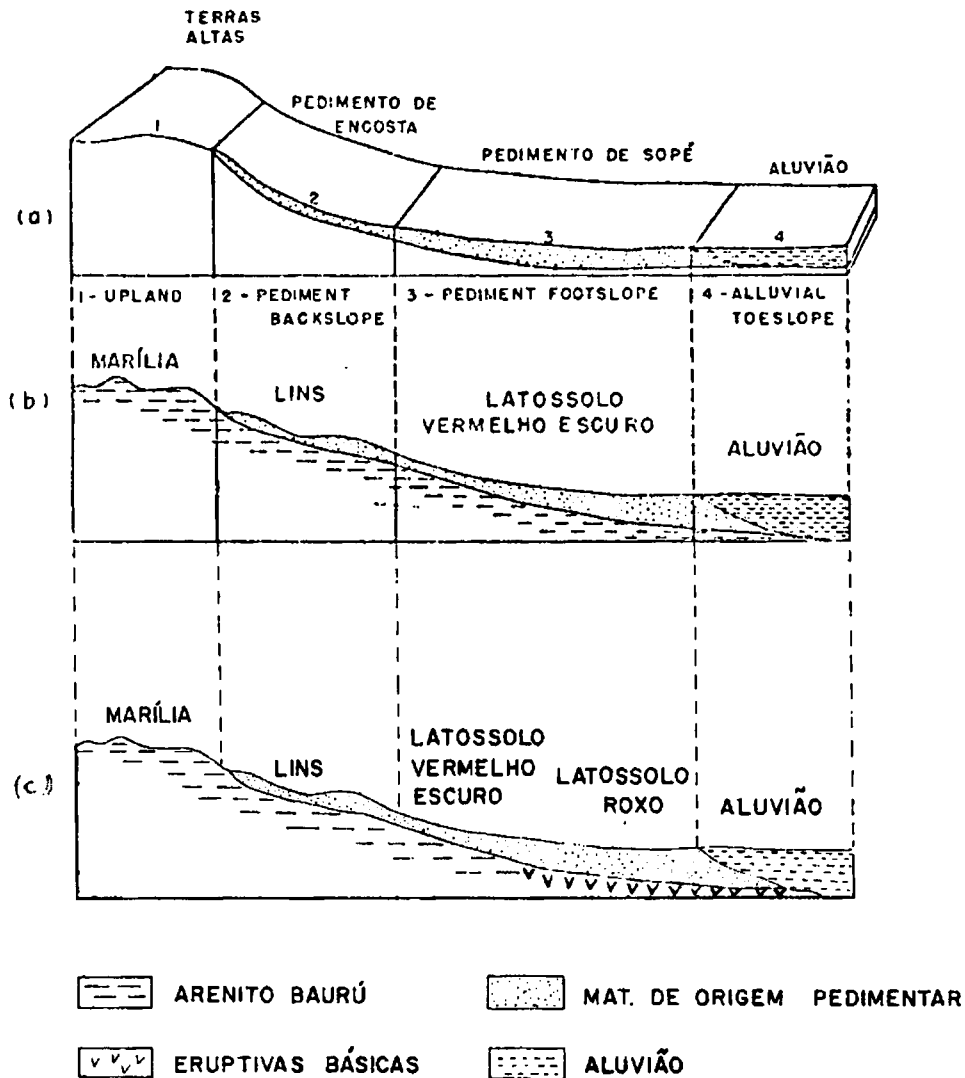


Fig. IV.5 - a) Sequência de elementos de uma catena de Milne, citado por Ruhe;  
 b) Sequência proposta por Moniz (1972), para os solos formados a partir de arenito Bauru e sua correspondência com os elementos da catena de Milne;  
 c) Sequência inferida através da interpretação das imagens orbitais.

mente com os demais critérios de interpretação fotográfica, é um elemento útil para a identificação de solos, concordando em parte com Eyre (1968), o qual admite a possibilidade de correlacionar o tipo de solo com o tipo de relevo da região. No entanto, discorda parcialmente de Rourke & Austin (1969) que afirmaram que as formas de relevo não são critérios fidedignos para se definir os tipos de solos, servindo somente para localizar os seus limites.

O uso da terra, associado com a maior ou menor fertilidade do solo e a topografia do terreno, apesar da influência do homem sobre estes fatores é também um critério que pode ser utilizado para a classificação do relevo de uma região. As áreas de relevo plano e suavemente ondulado, apresentam campos de cultivo maiores e uniformes, e à medida que o relevo vai se tornando mais acidentado, o tamanho desses campos diminui tornando-se mais irregulares.

#### 4.5 - DRENAGEM

##### 4.5.1 - ESBOÇO DA REDE DE DRENAGEM

A observação visual das imagens orbitais, correspondentes basicamente aos canais 5 e 7 do MSS do LANDSAT-1, nas escalas de 1:500.000 e 1:1.000.000, permitiu o traçado da rede de drenagem das áreas de Ribeirão Preto-SP e Dourados; Amambai-MT, concordando em parte com a afirmati-

va de Elbersen (1973) de que o canal 5 do MSS permite a configuração completa do padrão de drenagem de uma área e totalmente com Moraes (1975) que também utilizou este mesmo material. As redes de drenagem obtidas a través desta observação, estão apresentadas na forma de esboços na escala de 1:500.000, nos Apêndices A.16 e A.17, respectivamente.

De uma maneira geral, os rios maiores apareceram bem definidos nas imagens do canal 7, apresentando uma tonalidade de cinza muito escuro. Os tributários menores apareceram melhor na imagem do canal 5, onde as florestas de galeria e as vegetações típicas de solos mal drenados, desenvolvidas próximas aos cursos d'água, foram de grande auxílio nos seus delineamentos, principalmente nas imagens obtidas na época seca, com o padrão cinza escuro no canal 5, sendo que no canal 7, as florestas de galeria apareceram em tonalidades claras e as vegetações de áreas de solos mal drenados mantiveram as suas tonalidades escuras.

Quando a vegetação em geral ao redor dos cursos d'água é constituída predominantemente por vegetação de porte arbóreo ou mesmo arbustivo denso, os seus delineamentos tornam-se difíceis, principalmente para os tributários menores.

Dependendo do tipo de solo e da vegetação, é possível em alguns casos definir os canais de erosão, que apresentam diferentes aspectos de acordo com a região. Genericamente, eles se apresentam com to

nalidades claras no canal 5 do MSS e praticamente com a mesma forma dos canais de drenagem. Nesta pesquisa não foi realizada uma separação deste aspecto, sendo o mesmo englobado na rede de drenagem.

Juntamente com esses dois aspectos, foi possível delimitar outros corpos d'água, como lagoas e represas, como também, áreas úmidas, através da imagem do canal 7, auxiliada pela imagem do canal 5 do MSS. As represas e lagoas aparecem na imagem orbital com formas bem definidas e tonalidades, de uma maneira geral, escuras, podendo-se até mesmo, acompanhar a variação da área ocupada pela água, de acordo com a época do ano. O mesmo pode ser extrapolado para as áreas úmidas, que com a utilização de imagens de diferentes épocas do ano, podem ser perfeitamente delimitadas.

#### 4.5.2 - CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS

Para a área de Dourados/Amambaí-MT, foram selecionados cinco padrões de drenagem representativos dos solos ali encontrados e numerados de I a V, como pode ser observado nas Figuras IV.6 a IV.10. Os resultados da análise qualitativa estão colocados nas Tabelas IV.5 a IV.9, situadas logo abaixo dos seus respectivos padrões de drenagem.

A observação da rede de drenagem da área de Ribeirão Preto-SP, permitiu a separação de 13 áreas homogêneas mais representativas quan

to às suas características qualitativas, como indicado nas Figuras IV.11 a IV.23 e numeradas de VI a XVIII.

Os resultados desta análise, estão apresentados da mesma forma que os da área anterior, nas Tabelas numeradas de IV.10 a IV.22.

Existem áreas isoladas não classificadas e características qualitativas que foram generalizadas de modo a não influenciar nas características deste trabalho.

A definição da característica qualitativa denominada grau de integração, não se mostrou adequada para a análise das imagens orbitais, tendo-se em vista a pequena escala das mesmas. Neste trabalho, adotou-se uma nova definição, assim expressa:

"O grau de integração de uma rede de drenagem, observado em imagens orbitais, seria a maior ou menor capacidade em se delinear e individualizar os cursos d'água de uma determinada área homogênea".

Levando-se em consideração que o objetivo desta pesquisa não é exclusivamente a análise da rede de drenagem, seria conveniente um estudo mais específico, para verificar a validade desta nova definição e mesmo das demais características qualitativas, de modo que as mesmas possam ter correta aplicabilidade sobre as imagens orbitais.

#### 4.5.3 - CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS

##### 4.5.3.1 - CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS CIRCULARES

Encontrou-se alguma dificuldade na localização das amostras circulares dentro da unidade de solo a ser analisada, resultante da subjetividade das recomendações encontradas na literatura consultada, com relação a este aspecto. Verificou-se que as escolhas desses locais influia nos resultados obtidos; desta forma, dever-se-iam estabelecer critérios bem definidos que permitissem resultados mais precisos nas análises das imagens do LANDSAT-1.

Um outro aspecto que deve ser considerado é o tamanho das amostras circulares. Em alguns casos, como os de áreas homogêneas muito pequenas ou em faixas estreitas, seria aconselhável o uso de amostras menores do que 100 quilômetros quadrados de área o que proporcionaria melhores resultados. Esta observação concorda com as opiniões de Buring (1960) e Souza (1975).

As amostras circulares selecionadas para cada área homogênea, podem ser vistas nas figuras numeradas de IV.24 a IV.41, situadas ao lado do padrão de drenagem característico para cada uma dessas áreas.

Os resultados da análise quantitativa através das amostras circulares com 100 quilômetros quadrados de área, estão indicados na Tabela IV.23. Convém ressaltar que não foi observada nesta pesquisa a classe de

ÁREA Nº I

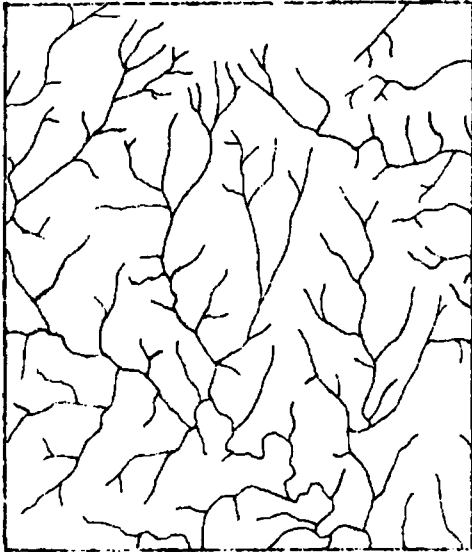


Fig. IV.6  
PADRÃO DE DRENAGEM

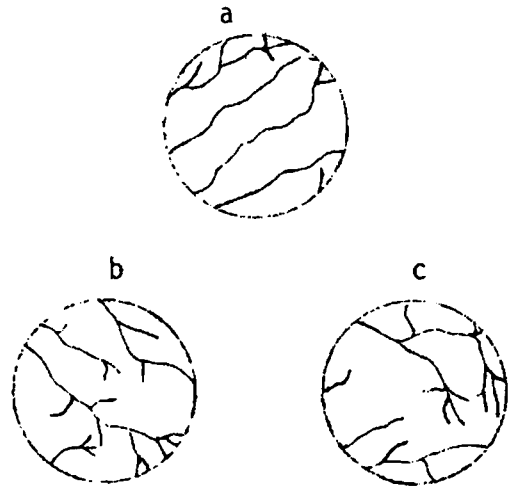


Fig. IV.24  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.5

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Alto
DENSIDADE	Baixa
UNIFORMIDADE	Uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma Orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ANGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Subparalela/paralela

PLATA Nº II

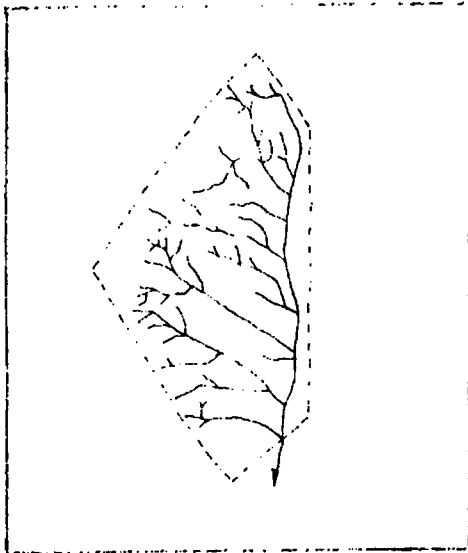


Fig. IV.7  
PADRÃO DE DRENAGEM

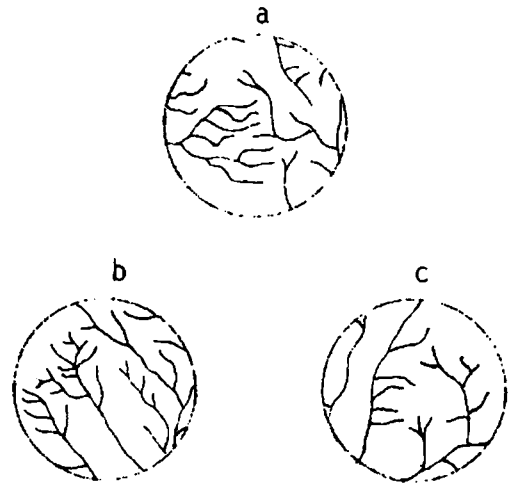


Fig. IV.25  
ANOSTIAS CIRCULARES

TABELA IV.6

RESULTADO DE ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PEQUENO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Alto
DENSIDADE	Baixa
UNIFORMIDADE	Uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma Orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Subparalela/paralela



ÁREA Nº III

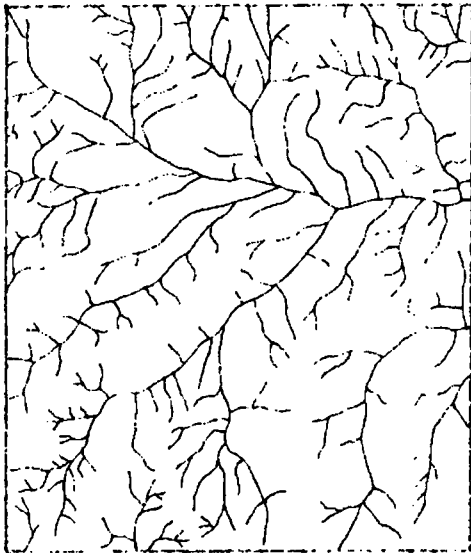


Fig. IV.8  
PADRÃO DE DRENAGEM

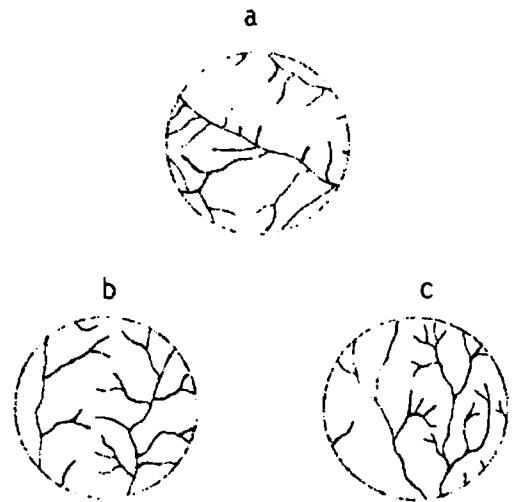


Fig. IV.26  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.7

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Alto
DENSIDADE	Baixa a média
UNIFORMIDADE	Média
ORIENTAÇÃO	Alguma Orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Subparalela/paralela

ÁREA Nº IV

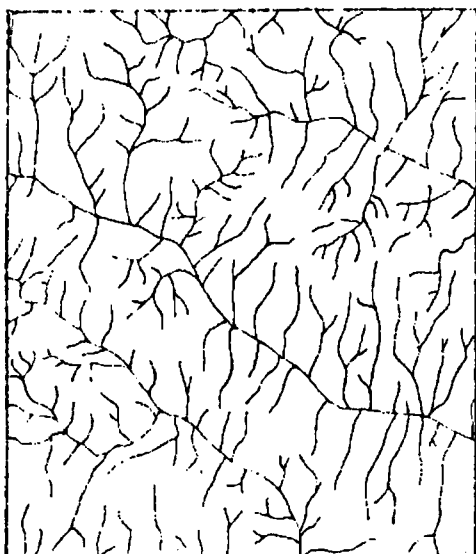


Fig. IV.9  
PADRÃO DE DRENAGEM

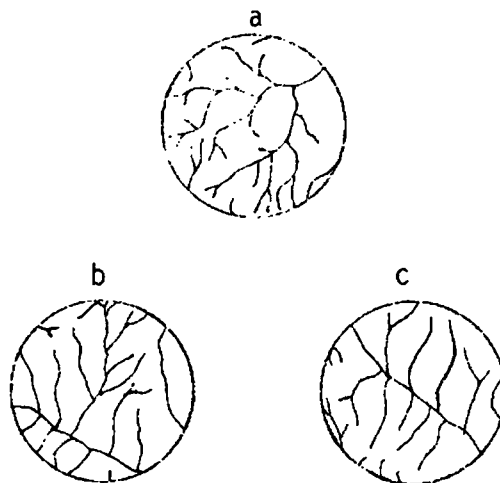


Fig. IV.27  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.8

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Alto
DENSIDADE	Baixa e média
UNIFORMIDADE	Uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Paralelo/Subparalelo

ÁREA Nº V

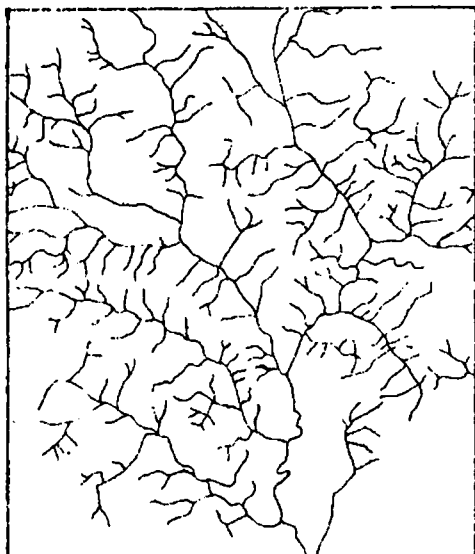


Fig. IV.10  
PADRÃO DE DRENAGEM

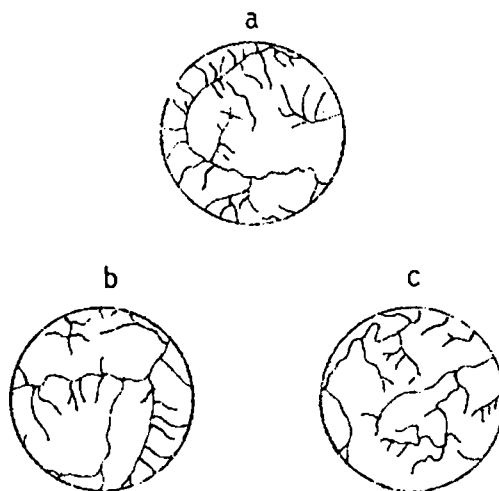


Fig. IV.28  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.9

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Médio
DENSIDADE	Média
UNIFORMIDADE	Não uniforme
ORIENTAÇÃO	Não orientado
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ANGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, passando a retos
ANGULARIDADE	Moderada
TIPO OU MODELO	Dendrítico-Modificado

ÁREA Nº VI

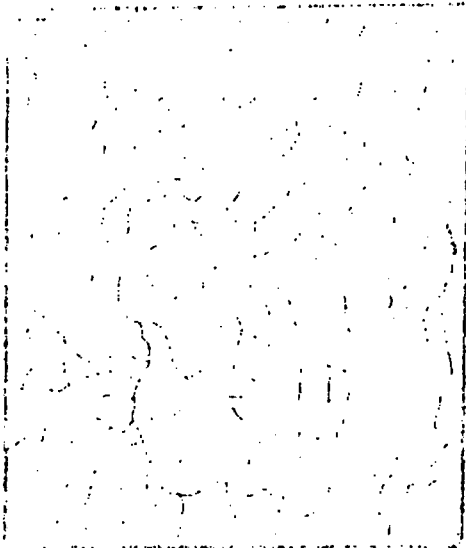


Fig. IV.11  
PADRÃO DE DRENAGEM

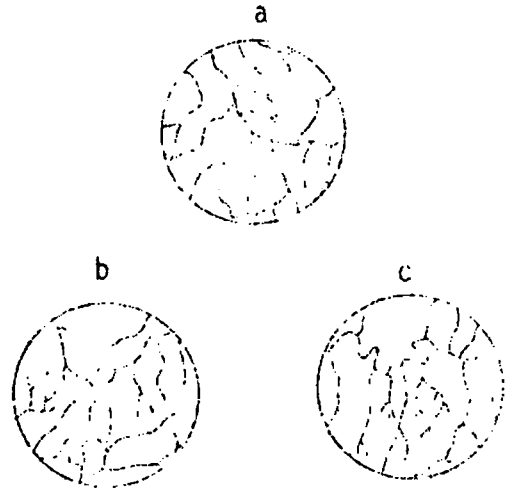


Fig. IV.29  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.10

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Alto a médio
DENSIDADE	Baixa
UNIFORMIDADE	Uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado a baixo
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudo, passando a retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Paralelo/Subparalelo

ÁREA Nº VII

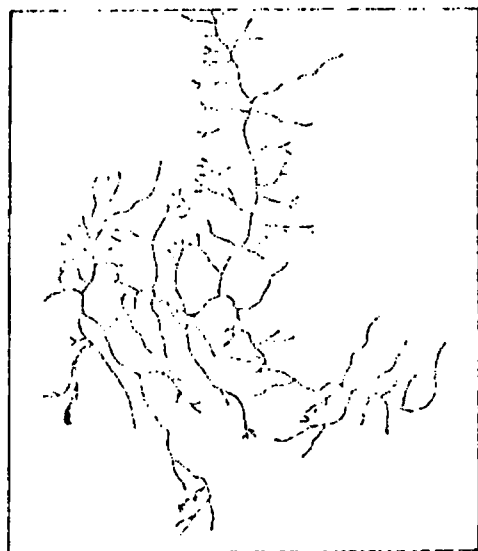


Fig. IV.12

PADRÃO DE DRENAGEM

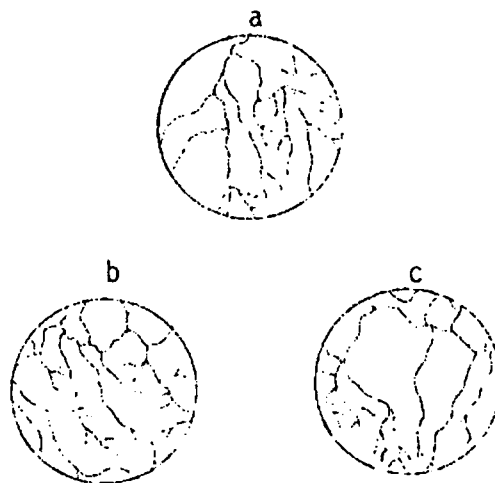


Fig. IV.30

AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.11

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Médio
DENSIDADE	Média
UNIFORMIDADE	Pouco uniforme
ORIENTAÇÃO	Pouco Orientado
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos e retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Paralelo modificado

ÁREA Nº VIII

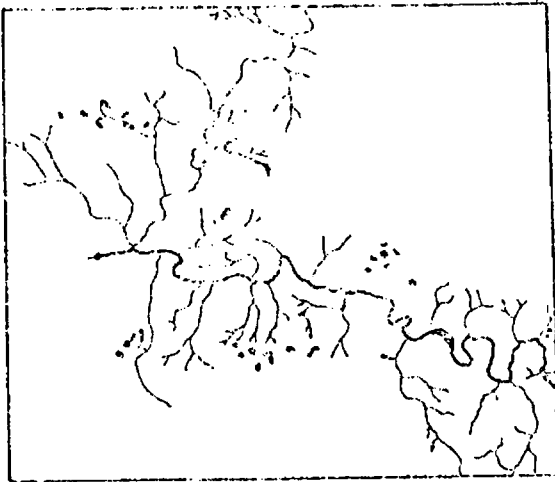


Fig. IV.13  
PADRÃO DE DRENAGEM

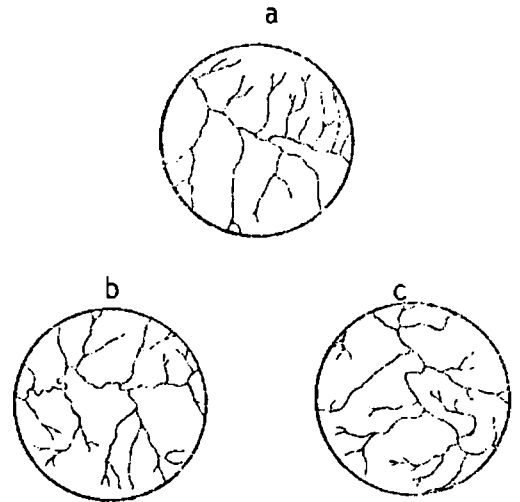


Fig. IV.31  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.12

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Baixo
DENSIDADE	Baixa
UNIFORMIDADE	Média
ORIENTAÇÃO	Pouco orientado
GRAU DE CONTROLE	Baixo
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Paralelo-desordenado

ÁREA Nº IX

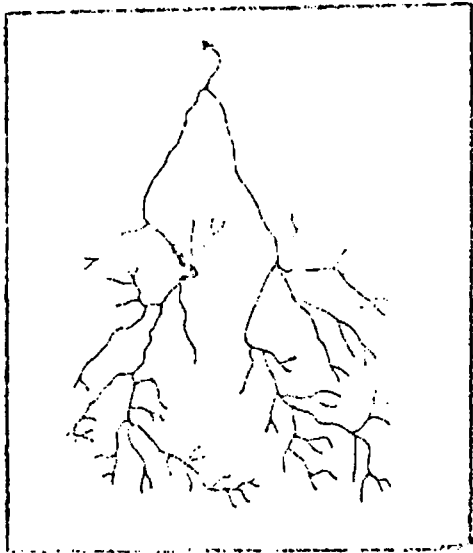


Fig. IV.14  
PADRÃO DE DRENAGEM

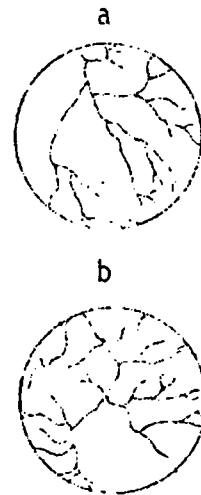


Fig. IV.32  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.13

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Médio
DENSIDADE	Baixa
UNIFORMIDADE	Média
ORIENTAÇÃO	Orientado
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos quase retos
ANGULARIDADE	Alta
TIPO OU MODELO	Paralelo - angular

ÁREA Nº X

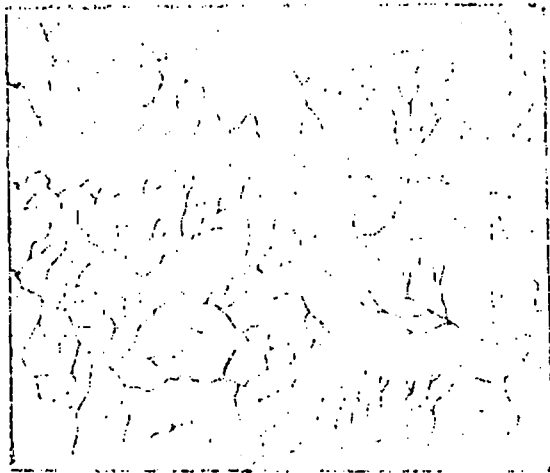


Fig. IV.15  
PADRÃO DE DRENAGEM

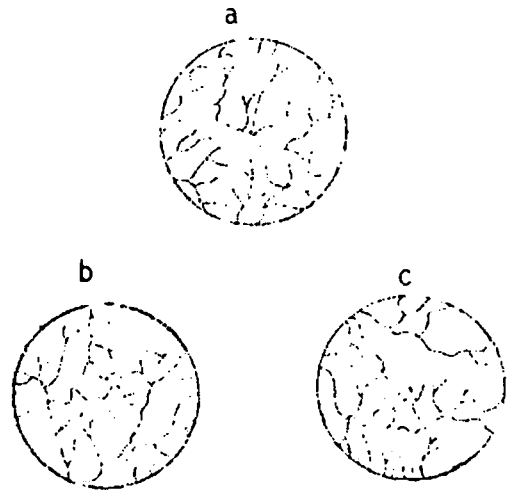


Fig. IV.33  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.14

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Baixo
DENSIDADE	Médio
UNIFORMIDADE	Não uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma Orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Médio
TIPO OU MODELO	Angular, ligeiramente assimétrica



ÁREA Nº XI

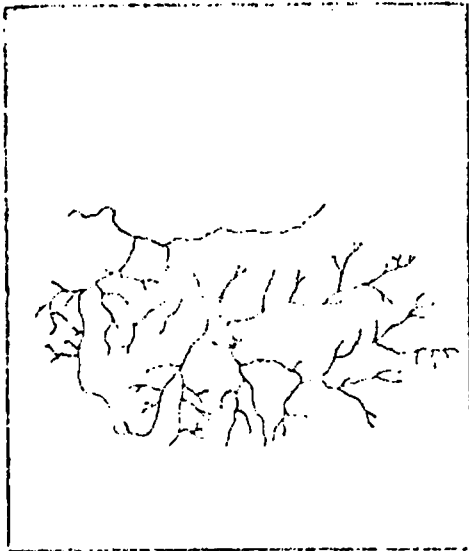


Fig. IV.16  
PADRÃO DE DRENAGEM

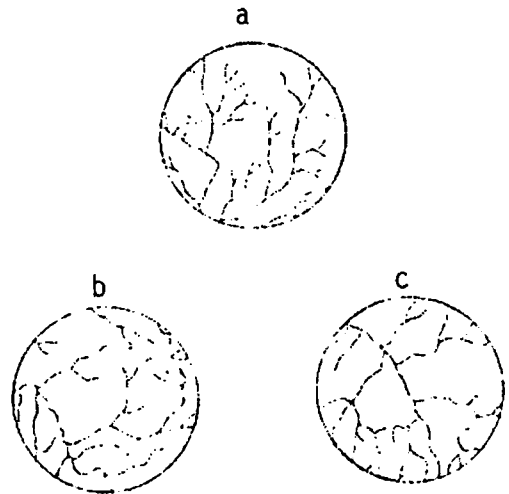


Fig. IV.34  
ANOSTPAS CIRCULARES

TABELA IV.15

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Baixa
DENSIDADE	Média
UNIFORMIDADE	Não uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado a baixo
ANGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, passando a retos
ANGULARIDADE	Média
TIPO OU MODELO	Dendritico - angular

ÁREA HOXII

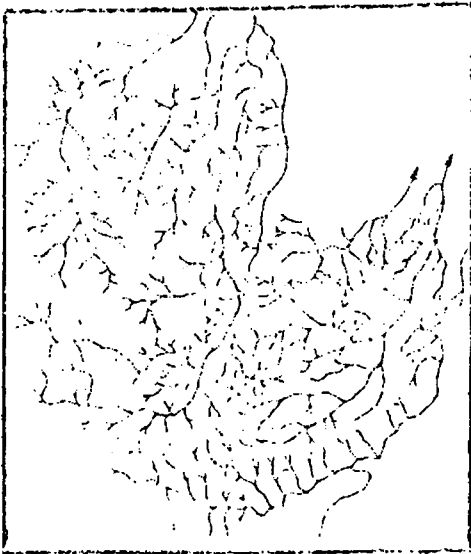


Fig. IV.17  
PADRÃO DE DRENAGEM

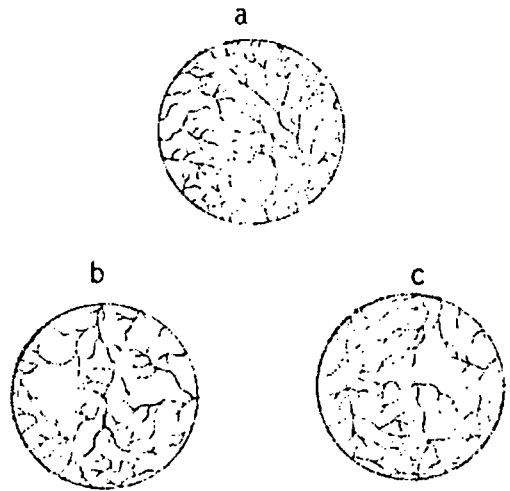


Fig. IV.35  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.16

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Baixo
DENSIDADE	Alta
UNIFORMIDADE	Uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma orientação
GRAU DE CONTROLE	Não controlada a moderado
ANGULOS DE JUNÇÃO	Agudos localmente retos
ANGULARIDADE	Ausente
TIPO OU MODELO	Dendritico

ÁREA Nº XIII

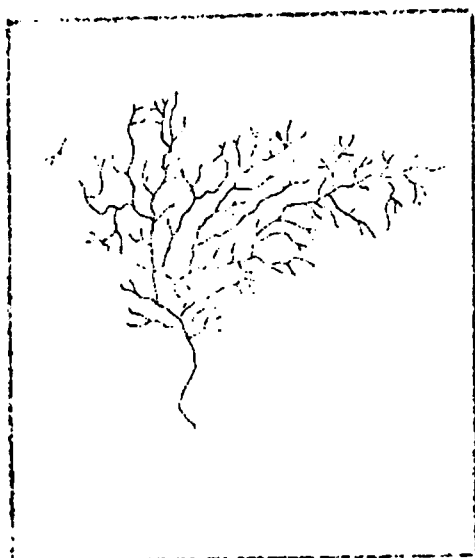


Fig. IV.18  
PADRÃO DE DRENAGEM

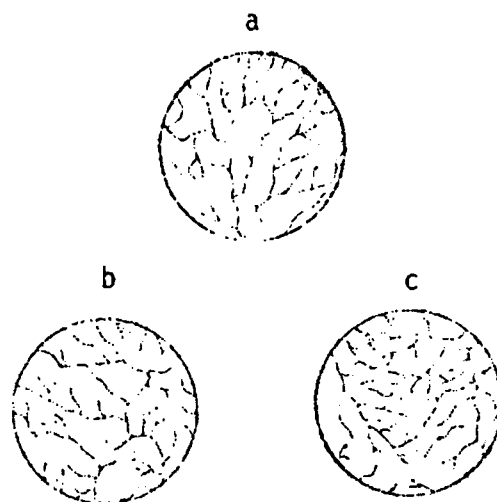


Fig. IV.36  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.17

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CAPACTERISTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Médio
DENSIDADE	Média
UNIFORMIDADE	Média a baixa
ORIENTAÇÃO	Pouco orientado
GRAU DE CONTROLE	Médio
ANGULOS DE JUNÇÃO	Agudos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Paralelo assimétrico

ÁREA Nº XIV

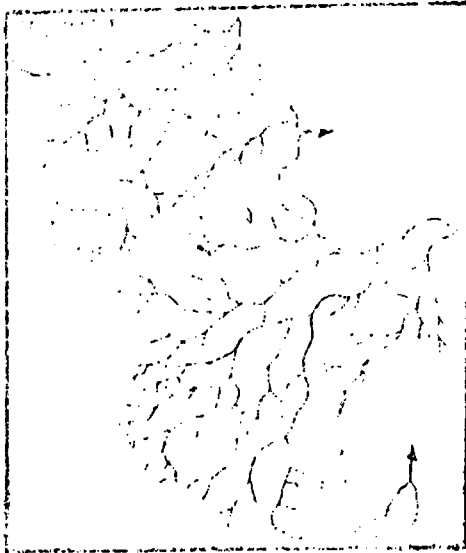


Fig. IV.19

PADRÃO DE DRENAGEM

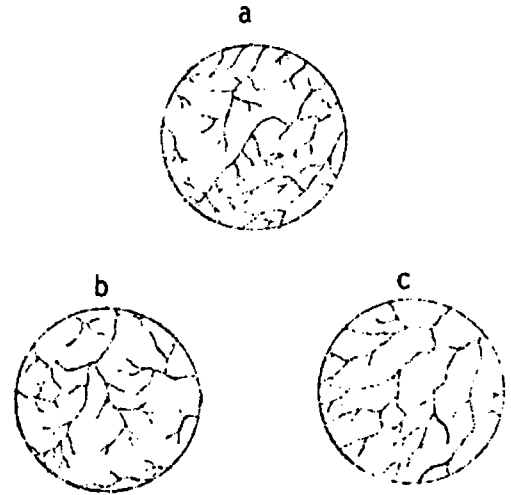


Fig. IV.37

AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.18

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Médio
DENSIDADE	Média a baixa
UNIFORMIDADE	Uniforme
ORIENTAÇÃO	Alguma orientação
GRAU DE CONTROLE	Moderado
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, aproximadamente retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Subparalelo

ÁREA Nº XV

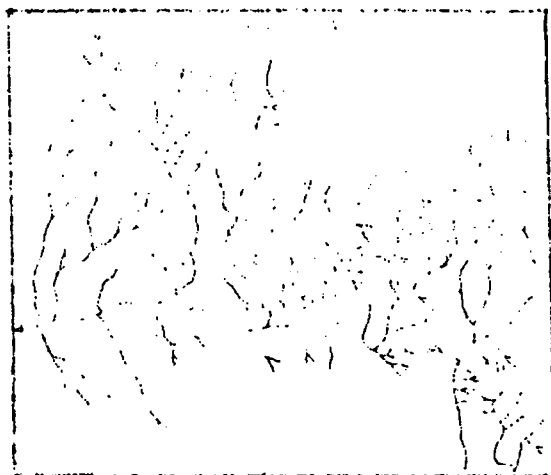


Fig. IV.20  
PADRÃO DE DRENAGEM

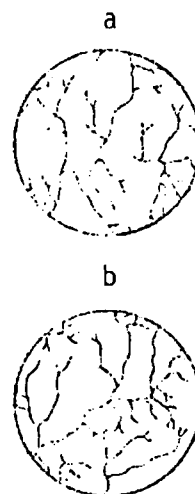


Fig. IV.38  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.19

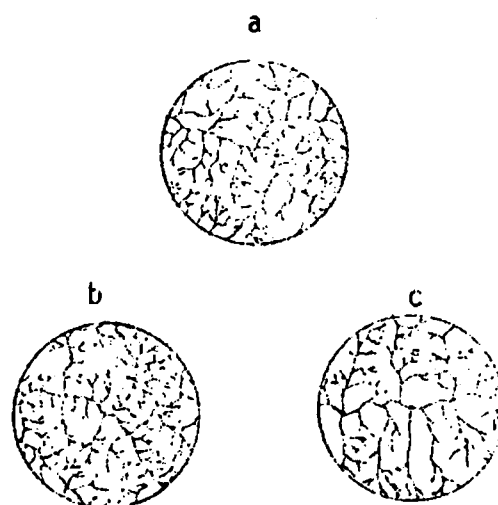
RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Médio
DENSIDADE	Média
UNIFORMIDADE	Não uniforme
ORIENTAÇÃO	Pouco orientada
GRAU DE CONTROLE	Baixa
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Média
TIPO OU MODELO	Subdendrítico

ÁREA Nº XVI



**Fig. IV.21**  
PADRÃO DE DRENAGEM



**Fig. IV.39**  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.20

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Alto
DENSIDADE	Alta
UNIFORMIDADE	Uniforme
ORIENTAÇÃO	Orientada a Pouco Orientado
GRAU DE CONTROLE	Médio a baixo
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, passando a retos
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Pinada

ÁREA Nº XVII

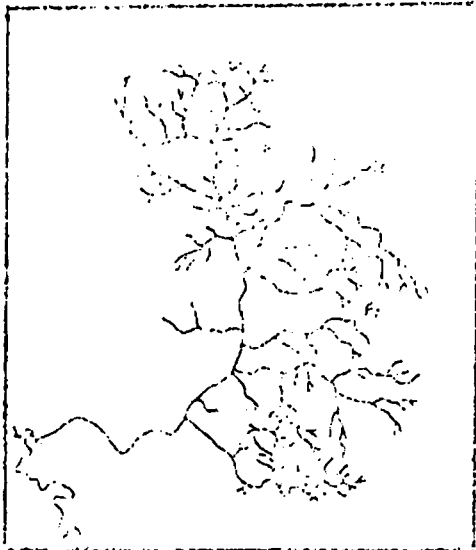


Fig. IV.22  
PADRÃO DE DRENAGEM

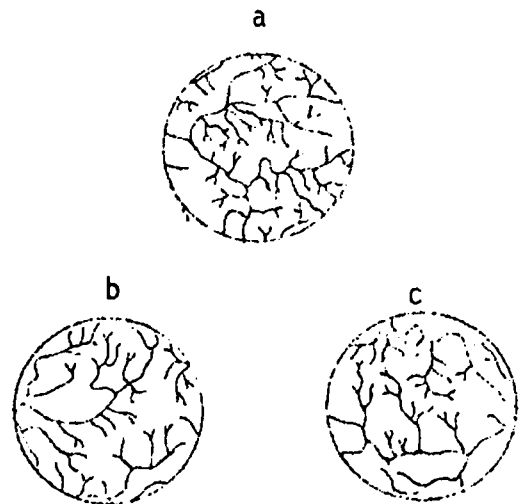


Fig. IV.40  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.21

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Baixo
DENSIDADE	Alto a médio
UNIFORMIDADE	Não uniforme
ORIENTAÇÃO	Pouco orientado
GRAU DE CONTROLE	Baixo a médio
ÂNGULOS DE JUNÇÃO	Agudos, ocasionalmente retos
ANGULARIDADE	Média
TIPO OU MODELO	Complexo

ÁREA Nº XVIII

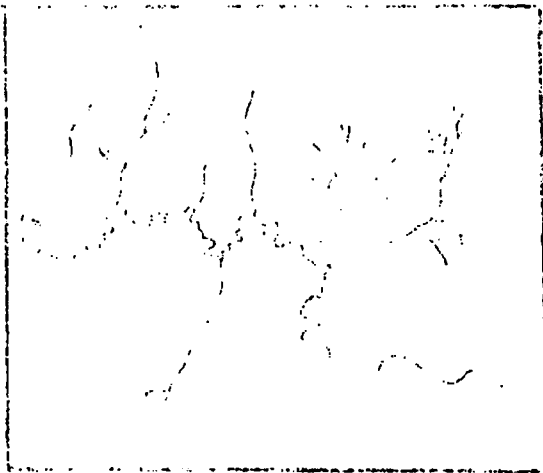


Fig. IV 23  
PADRÃO DE DRENAGEM

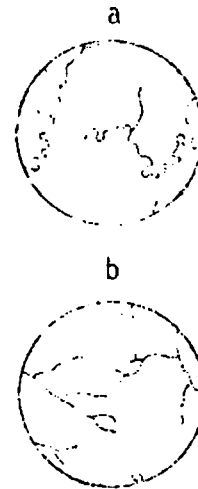


Fig. IV.41  
AMOSTRAS CIRCULARES

TABELA IV.22

RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO	DESCRIÇÃO
GRAU DE INTEGRAÇÃO	Baixo
DENSIDADE	Baixa
UNIFORMIDADE	Não uniforme
ORIENTAÇÃO	Não orientado
GRAU DE CONTROLE	Baixo
ANGULOS DE JUNÇÃO	Variáveis
ANGULARIDADE	Baixa
TIPO OU MODELO	Desordenado



textura topográfica, utilizada por Souza (1975) e outros, por se considerar que este valor não iria fornecer nenhuma informação adicional, uma vez que ele é um valor qualitativo, obtido por intermédio da razão de textura média.

De maneira geral, pode-se perceber que houve uma certa coerência nos resultados obtidos, com exceção de alguns poucos valores que se sobressairam dos demais dentro de uma mesma área homogênea.

#### 4.5.3.2 - RELAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS

Baseado nos trabalhos de França (1968), Fadel (1972), Leão (1972), Vasques Filho (1972), Gevaerd (1974) e Souza (1975), procurou-se estabelecer as relações entre as características quantitativas analisadas. Para isto utilizou-se valores de densidade de drenagem média (Ddcm), frequência de rios média (Fm) e a razão de textura média (Tmc), obtidas com amostras circulares de 100 quilômetros quadrados de área, utilizando-se as imagens MSS do LANDSAT-1.

Com esses dados foi possível estabelecer as seguintes relações:

TABELA IV.23

VALORES OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE QUANTITATIVA COM AMOSTRAS CIRCULARES (ÁREA=100Km<sup>2</sup>, PERÍMETRO=35,5Km)

ÁREA	DENSIDADE			Ddcm	DESVIO PADRÃO	FREQUÊNCIA			Fm	DESVIO PADRÃO	TEXTURA			Tmc	DESVIO PADRÃO
	a	b	c			a	b	c			a	b	c		
I	0.50	0.45	0.46	0.47	0.03	0.13	0.23	0.20	0.19	0.05	0.36	0.64	0.56	0.52	0.14
II	0.66	0.72	0.55	0.64	0.09	0.30	0.37	0.26	0.31	0.06	0.84	1.04	0.73	1.87	0.16
III	0.63	0.58	0.64	0.62	0.03	0.28	0.30	0.41	0.33	0.07	0.78	0.84	1.15	0.92	0.20
IV	0.65	0.66	0.62	0.64	0.02	0.37	0.27	0.27	0.30	0.06	1.04	0.76	0.76	0.85	0.16
V	0.80	0.65	0.73	0.73	0.08	0.47	0.36	0.40	0.41	0.06	1.32	1.01	1.12	1.15	0.16
VI	0.81	0.69	0.85	0.78	0.08	0.36	0.36	0.34	0.35	0.01	1.01	1.01	0.96	0.99	0.03
VII	0.74	0.76	0.65	0.72	0.06	0.40	0.41	0.43	0.41	0.02	1.13	1.15	1.21	1.16	0.04
VIII	0.76	0.75	0.80	0.77	0.03	0.39	0.45	0.47	0.44	0.04	1.09	1.27	1.32	1.23	0.12
IX	0.66	0.65	-	0.66	0.01	0.37	0.35	-	0.36	0.01	1.04	0.99	-	1.02	0.04
X	0.97	0.96	0.90	0.94	0.04	0.58	0.60	0.53	0.57	0.04	1.63	1.69	1.49	1.60	0.10
XI	0.82	0.75	0.75	0.77	0.04	0.53	0.35	0.39	0.42	0.09	1.49	0.99	1.10	1.19	0.26
XII	0.60	0.44	0.55	0.53	0.08	1.62	1.18	1.30	1.37	0.23	4.56	3.32	3.66	3.85	0.64
XIII	1.19	1.10	1.19	1.16	0.05	0.64	0.71	0.85	0.73	0.11	1.80	2.00	2.39	2.06	0.30
XIV	0.89	0.71	0.77	0.79	0.09	0.67	0.80	0.48	0.65	0.16	1.89	2.25	1.35	1.83	0.45
XV	0.85	0.85	-	0.85	0.0	0.62	0.69	-	0.66	0.05	1.75	1.94	-	1.85	0.13
XVI	1.61	1.78	1.50	1.63	0.14	1.74	2.14	1.51	1.80	0.32	4.90	6.03	4.25	5.06	0.90
XVII	1.24	0.99	1.00	1.08	0.14	0.99	0.70	0.68	0.79	0.17	2.79	1.97	1.91	2.22	0.49
XVIII	0.35	0.47	-	0.41	0.08	0.11	0.21	-	0.16	0.07	0.31	0.59	-	0.45	0.20

Ddcm = Densidade de drenagem média  
 Fm = Frequência de rios média  
 Tmc = Razão de textura média

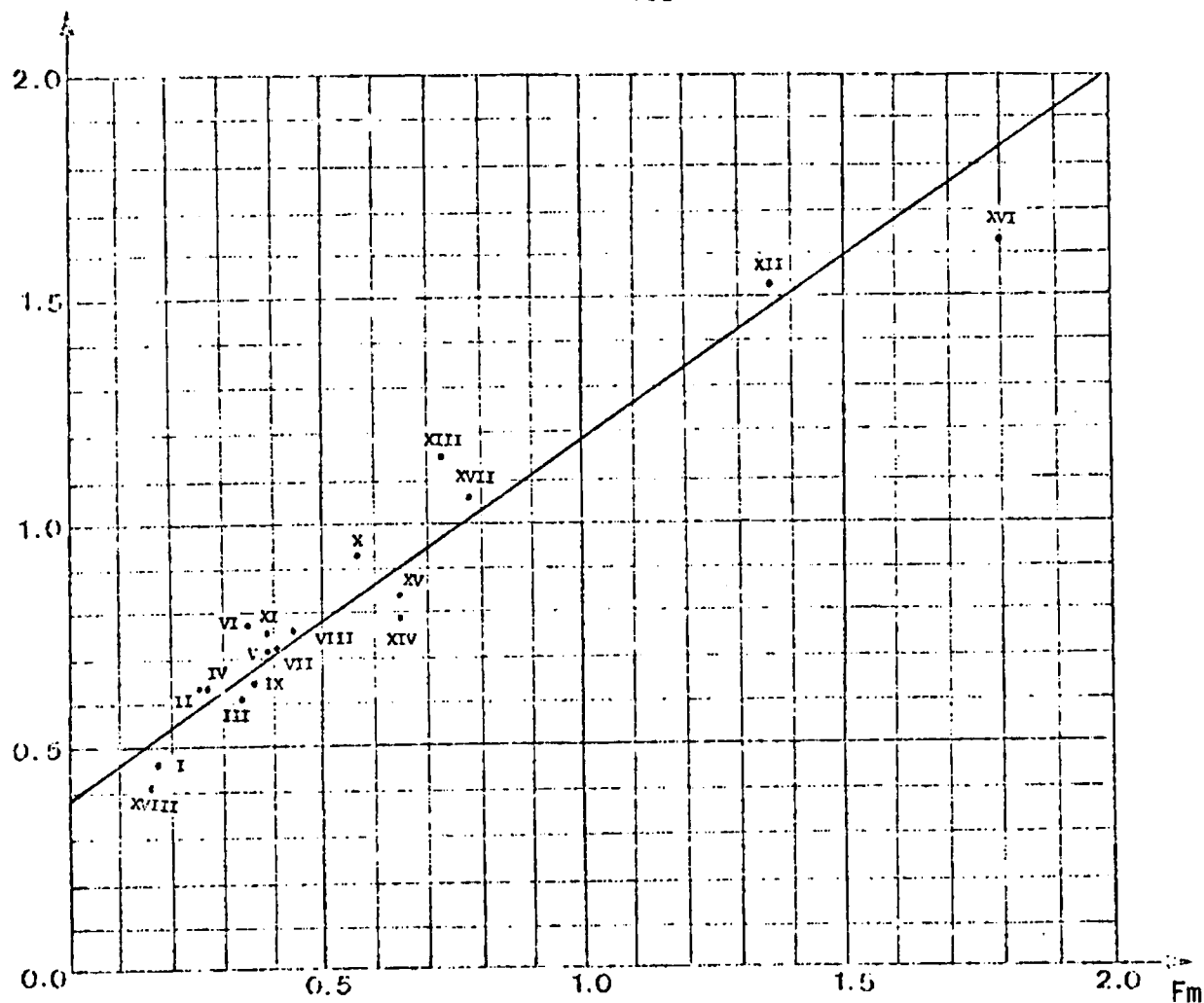
a) Relação entre a densidade de drenagem média e a frequência de rios média

Esta relação está indicada na Figura IV.42, onde também está representada a reta obtida através da análise de correlação, que mostrou um valor de correlação alto,  $r = 0,9623$ , próximo àquele obtido por Souza (1975),  $r = 0,9973$ , para os solos: Latossolo Vermelho Escuro-orto, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro-dolomítico, em fotografias aéreas na escala de 1:25.000 e amostras circulares de 10 quilômetros quadrados de área. Gevaerd (1974), confirma os resultados de Fadel (1972), Vasques Filho (1972) e Leão (1972), de que a frequência de rios e a densidade de drenagem apresentam um elevado coeficiente de correlação linear, encontrando em seu trabalho o valor de  $r = 0.954$ .

Generalizando, pode-se admitir baseado no valor elevado de correlação entre essas duas características, expressa pela equação:

$$F_m = - 0,4678 + 1,2294 D_{dcm},$$

para diferentes solos que, conhecendo-se uma delas, é possível calcular o valor da outra, através da equação acima, sujeita a um erro pequeno, de aproximadamente 7,40%, sem a necessidade de calcular portanto os dois valores para caracterizar a rede de drenagem.



Equação da reta:  $Fm = -0,4678 + 1,2294 Ddcm$

Correlação Linear = 0,9623

Fig. IV.42 - Relação funcional entre os valores médios de densidade de drenagem (Ddcm) e valores médios de frequência de rios (Fm), para as dezoito áreas selecionadas

b) Relação entre a densidade de drenagem média e a razão de textura média

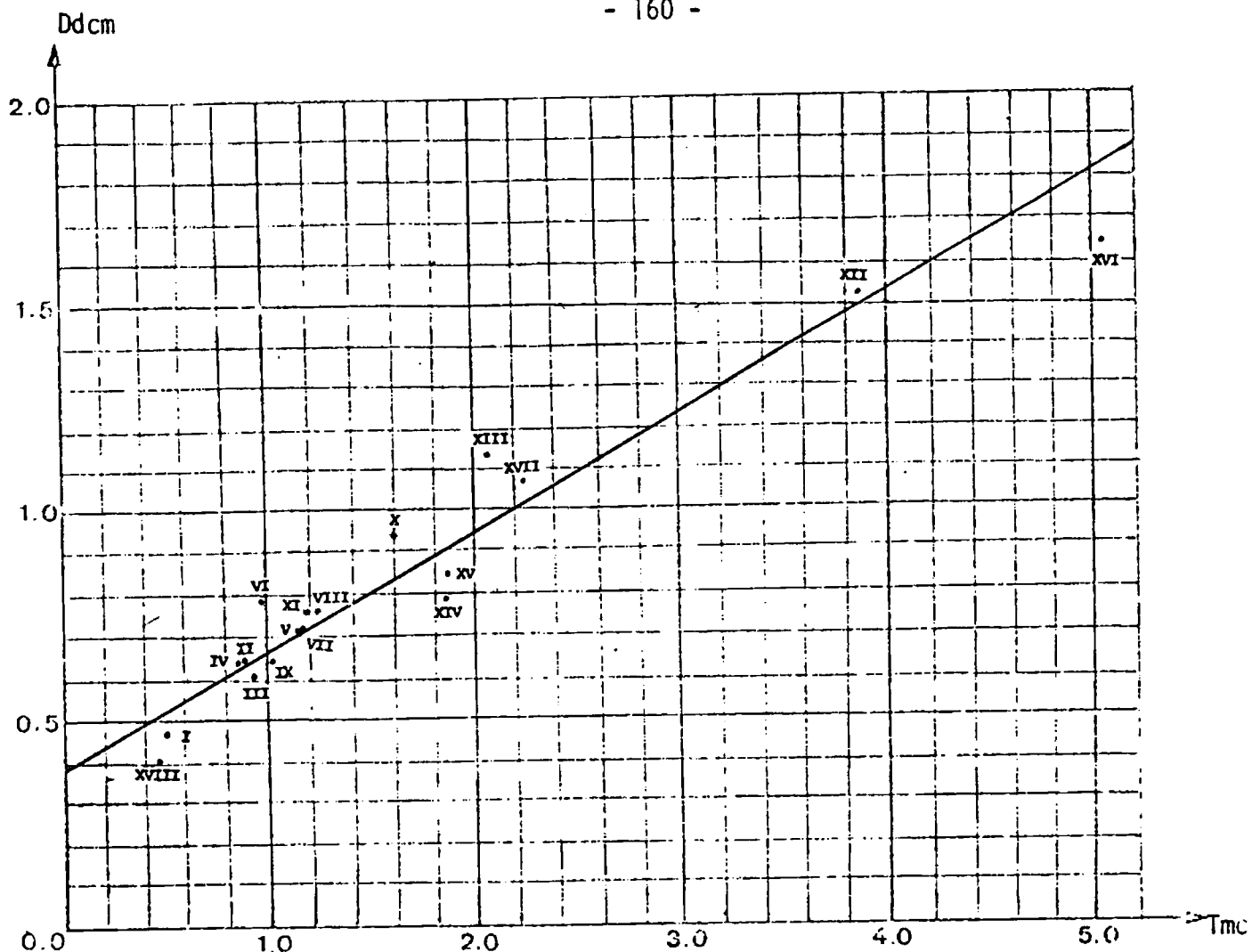
Como no caso anterior a análise de correlação revelou um valor alto ( $r = 0,9624$ ), também próximo daquele obtido por Souza (1975) ( $r = 0,9959$ ) para as mesmas condições anteriores (Figura IV.43).

Esta relação é linear e pode ser expressa pela equação:

$$T_{mc} = - 1,3107 + 3,4537 D_{dcm},$$

para os diferentes solos, donde também se pode supor que o conhecimento de uma dessas características, permite o cálculo da outra, com erro aproximado de 7,38%, sendo portanto desnecessário o cálculo de uma delas para caracterizar os solos.

Fadel (1972), analisando a densidade de drenagem determinada em amostras circulares e a razão de textura média ponderada, encontrou a existência de uma correlação linear positiva expressa pela equação  $y = 0,486 + 0,936X$ , altamente significativa ( $r = 0,964$ ), para as três séries de solos por ele estudadas. Resultados semelhantes foram obtidos por França (1968), Vasques Filho (1972) e Leão (1972). Gevaerd (1974), discordou desses autores encontrando uma correlação baixa,  $r = 0,260$ , para esta relação.



Equação da Reta:  $Tmc = -1,3107 + 3,4537 Ddcm$

Correlação Linear:  $r = 0,9624$

Fig. IV.43 - Relação funcional entre os valores médios de densidade de drenagem (Ddcm) e a razão de textura média (Tmc), para as dezoito áreas se lecionadas

c) Relação entre a frequência de rios média e razão de textura média

Foi encontrado para esta relação, o valor máximo de correlação,  $r = 1,000$ . Este resultado permite dizer que conhecendo o valor da frequência de rios em amostras circulares, não é necessário calcular o valor da razão da textura média, uma vez que, matematicamente, não se obteria mais informações para a análise da rede de drenagem com o cálculo desses dois índices, do que a já obtida com o conhecimento da frequência de rios.

A razão de textura média serviria apenas para evidenciar pequenas diferenças, uma vez que, a amplitude de variação seria aumentada. No entanto, este valor poderia ser calculado para os diferentes tipos de solos através da relação,  $Tmc = 0,0035 + 2,8091 Fm$ . Esta afirmativa deveria ser confirmada, através de maior volume de valores.

Considerando ainda que existe alta correlação entre a frequência de rios e a densidade de drenagem, pode-se concluir que não é necessário o cálculo dessas três características quantitativas para a análise da rede de drenagem. Tendo em vista que o cálculo da frequência de rios está menos sujeita a erro de medida, do que as outras duas, sendo portanto, mais preciso, além de ser mais fácil e rápida a sua obtenção, o seu conhecimento dispensaria o cálculo das outras características para a análise de uma rede de drenagem.

Esse resultado concorda com a afirmativa de Fadel (1972), discordando das opiniões de Horton (1945), França (1968) e Vaques Filho (1972), e parcialmente de Leão (1972), que não aceita a afirmativa de que a densidade não oferece a mesma segurança que a frequência de rios.

Convém ressaltar, que neste trabalho não se chega a afirmar que a densidade de drenagem não oferece a mesma segurança que a frequência de rios, mas apenas, que ela está mais sujeita a erro de medidas, apesar de que, os valores de densidade de drenagem apresentaram menor variação entre as amostras circulares, dentro de cada área homogênea, com desvio padrão médio igual a 0.06, do que a frequência de rios, com um desvio padrão médio igual a 0.09.

Os resultados gerais desta análise, discordam daqueles obtidos por Souza (1975), quanto a importância atribuída à razão de textura média em amostras circulares, uma vez que esta pode ser derivada da frequência de rios por uma equação linear, com valor máximo de correlação entre essas duas medidas, além de apresentar uma maior variação entre amostras, cuja média é igual a 0,25, do que as outras duas medidas. Este autor destacou a frequência de rios em amostras circulares, como a mais adequada para evidenciar as diferenças entre os solos.



#### 4.5.4 - ANÁLISE CONJUNTA

Uma vez analisadas as redes de drenagem das duas áreas em estudo quanto às suas características qualitativas e quantitativas, correlacionaram-se os principais resultados obtidos com os grupos de solos encontrados em cada área homogênea selecionada. Na Tabela IV.24 pode ser observada esta relação. Os solos colocados entre parênteses, ocorrem dentro da área, porém, em menor escala.

Como as metodologias adotadas para as duas áreas não foram iguais, é conveniente efetuar as análises separadamente.

##### 4.5.4.1 - ÁREA DE DOURADOS/AMAMBAÍ - MT

Como já foi comentado, a uniformidade da rede de drenagem desta área, dificultou a separação de áreas homogêneas. Em vista disto, tomou-se o mapa de solos feito pelo Ministério da Agricultura (1971), como base para a seleção dos padrões de drenagem e das amostras circulares.

A área I, corresponde ao Latossolo Roxo eutrófico, foi caracterizada por uma densidade de drenagem determinada em amostras circulares, igual a  $D_{dcm} = 0,47$ , diferindo consideravelmente daquele encontrado por Gevaerd (1974) que obteve o valor de  $D_{dcm} = 1,25$ , para o mesmo tipo de solo no Nordeste Paranaense, sendo que os resultados da análise qualitativa mos

TABELA IV.24

TIPOS DE SOLOS QUE PODEM SER ENCONTRADOS NAS ÁREAS SELECIONADAS

Nº DA ÁREA	TIPO DE SOLO ENCONTRADO NA ÁREA
I	Latossolo Roxo Eutrófico
II	Latossolo Roxo Distrófico
III	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico
IV	Areias Quartzosas distróficas
V	Podzólico Vermelho Amarelo eq. eutrófico
VI	Latossolo Roxo
VII	Latossolo Roxo (Regossol)
VIII	Latossolo Roxo ( $H_1$ , AL, $LE_a$ )
IX	Latossolo Roxo ( $LV_a$ )
X	Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa (LR, $LE_a$ , $PVL_s$ )
XI	Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa (LR, R, $PL_n$ )
XII	Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa (LR, R, $LE_a$ )
XIII	Latossolo Roxo
XIV	Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa (LR, $PL_n$ , $LV_a$ )
XV	Solos Podzolizados var. Lins
XVI	Solos Podzolizados var. Lins (Pm1)
XVII	Regossol e Latossolo Roxo (Li)
XVIII	Latossolo Roxo, Regossol e $LV_a$

traram uma relativa semelhança.

Para o Latossolo Vermelho Escuro distrófico correspondente à área III, foi obtido o valor de  $Ddcm = 0,61$ , diferindo dos valores encontrados por Fadel (1972) com fotografias aéreas verticais na escala de 1:25.000 e amostras circulares de 10 quilômetros quadrados, para as séries de Araçoiaba e Realengo deste mesmo tipo de solo, no Município de Araçoiaba da Serra, do Estado de São Paulo, sendo de respectivamente,  $Ddcm = 2,79$  e  $Ddcm = 1,57$ .

Esse mesmo autor, sob as mesmas condições, encontrou para o solo Podzólico Vermelho Amarelo o valor de  $Ddcm = 3,20$ , bastante diferente do encontrado neste trabalho, cujo valor foi de  $Ddcm = 0,72$ . As características descritivas apresentaram muitas semelhanças, principalmente quanto ao tipo ou modelo do padrão de drenagem.

A observação global dos dados quantitativos e o tipo de modelo do padrão de drenagem, permitiu separar as cinco áreas selecionadas, numeradas de I a V, em três grupos, conforme apresentado na Tabela IV.25.

A análise desses resultados, mostrou preliminarmente, a dificuldade do estudo da rede de drenagem obtida através das imagens orbitais do LANDSAT-1, da área de Dourados/Amambaí - MT, para a separação dos solos: Latossolo Roxo distrófico, Latossolo Vermelho Escuro distrófico e Areias

Quatzosas, que apresentaram índices quantitativos semelhantes, variando ao redor de Ddcm.  $\bar{x} = 0,63$ ,  $s = 0,02$ , Fm:  $\bar{x} = 0,31$ ,  $s = 0,02$  e Tmc:  $\bar{x} = 0,88$ ,  $s = 0,04$ .

Essa análise parece ter sido de alguma utilidade para a separação do Latossolo Roxo eutrófico, do Latossolo Roxo distrófico, apesar de que, aparentemente, é difícil estabelecer um limite entre eles, mesmo conhecendo a sua localização na região. Um maior volume de amostras circulares e estudos mais detalhados, poderiam fornecer resultados mais categóricos.

TABELA IV.25

AGRUPAMENTO DAS ÁREAS SELECIONADAS EM DOURADOS/AMAMBÁ-MT  
BASEADO NAS SUAS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E NO  
TIPO DO MODELO DO PADRÃO DE DRENAGEM

GRUPO	TIPO DE PADRÃO	ÁREAS ABRANGIDAS	Ddcm	Fcm	Tmc
1	Subparalelo / paralelo	I	0,47	0,18	0,52
2	Subparalelo / paralelo	II	0,64	0,31	0,87
		III	0,61	0,33	0,92
		IV	0,64	0,30	0,85
3	Dendrítico Modificado	V	0,72	0,41	1,15

O solo Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico, foi o que permitiu melhor definição através da rede de drenagem desta região, apesar de não ter sido tentado separá-lo em manchas semelhantes às aquelas

apresentadas no mapa de solo da área. Este solo foi o que apresentou os valores mais altos dos índices avaliados, como pode ser observado na Tabela IV.25, já mencionada. Dentre as suas características qualitativas, o tipo do padrão de drenagem dendrítico modificado ligeiramente para paralelo, permitiu a sua diferenciação.

Os resultados obtidos para esta área podem ser considerados como padrão, em vista da relação solo/drenagem ser confiável, devido à precisão do mapa (verificada pelos pequenos deslocamentos dos acidentes geográficos, quando comparado com as imagens orbitais) e também pelo nível de detalhamento em que foi confeccionado.

#### 4.5.4.2 - ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO - SP

Pode-se verificar pela Tabela IV.24, já citada, que na área de Ribeirão Preto - SP, há ocorrência de solos diferentes dentro de uma mesma área homogênea, segundo o mapa de solos da região. Em vista disto foi observado, quais os grupos de solos que poderiam ser encontrados dentro de cada amostra circular, de modo a se verificar até que ponto os resultados obtidos são confiáveis. Esta observação é sumarizada na Tabela IV.26.

Como pode ser visto, existem amostras circulares muito heterogêneas quanto aos solos encontrados dentro delas (segundo o mapa de

TABELA IV.26

GRUPOS DE SOLOS QUE PODEM SER ENCONTRADOS DENTRO DE CADA AMOSTRA CIRCULAR, PARA CADA ÁREA HOMOGÊNEA SELECIONADA

Nº DA ÁREA	GRUPO DO SOLO ENCONTRADO NA AMOSTRA CIRCULAR		
	A	B	C
I	$LR_e$	$LR_e$	$LR_e$
II	$LR_d$	$LR_d$	$LR_d$
III	$LE_d$	$LE_d$	$LE_d$
IV	AQ	AQ	AQ
V	$PE_e + LE_d$	$PE_e + LE_d$	$PE_e + LE_d$
VI	$LR + H_i$	LR	LR
VII	$LR + H_i + LV_a$	$LR + H_i + R$	$LR + H_i$
VIII	$R + LR + H_i$	$LR + R$	$LR + H_i + LV_a$
IX	$LR + H_i + LV_a$	$LR + LV_a$	-
X	$LV_a + LR + H_i$	$LV_a + LR$	LR
XI	$PL_n + LR$	$LR + R$	$LV_a + R + H_i$
XII	$LE_a + LR$	$LV_a + LR$	$LV_a + LR$
XIII	LR	$LR + R$	$LR + H_i$
XIV	$LE_a + PL_n$	$LE_a + LR$	$LR + LV_a + PL_n$
XV	$PL_n$	$PL_n + LV_a$	-
XVI	$PL_n$	$P_m L + PL_n$	$PL_n + P_m L$
XVII	LR	$LR + LV_a$	$R + LR$
XVIII	$H_i + LR + LV_a$	$LR + R$	-

solo). Procurou-se então, agrupar os resultados dos índices quantitativos daquelas amostras circulares que apresentassem um mesmo grupo de solo, ou associações de solos. O resultado deste procedimento é apresentado na Tabela IV.27.

A análise desta tabela, revela uma certa incoerência nos resultados assim obtidos. Considerando que o mapa de solos desta área, publicado pelo Ministério da Agricultura (1960), apresenta um grande deslocamento dos acidentes geográficos com relação às imagens orbitais do LANDSAT-1 e que o nível de generalizações nesta área é bem mais elevado do que na área de Dourados/Amambaí-MT, pode-se supor que a relação mapa de solo/drenagem não é satisfatória para esta área.

Procurando-se contornar esta dificuldade, realizou-se uma análise conjunta dos resultados obtidos através da análise qualitativa e as relações obtidas entre as características quantitativas (veja figura IV.42 e IV.43), o que permitiu o agrupamento das áreas homogêneas selecionadas em seis grupos, conforme Tabela IV.28, que sumariza esta análise.

Grupo I - O grupo 1, correspondendo a área homogênea XVIII, que é caracterizada por um padrão de drenagem do tipo paralelo desordenado e os valores quantitativos mais baixos, assemelha-se em parte com a área I (Dourados/Amambaí - MT) podendo, portanto, encontrar-se nesta área o

TABELA IV.27

INDICES QUANTITATIVOS OBTIDOS EM AMOSTRAS CIRCULARES, PARA CADA TIPO DE SOLO OU ASSOCIAÇÃO DE ACORDO COM O MAPA DE SOLO DA ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO - SP

TIPOS DE SOLO E/OU ASSOCIAÇÃO	Nº DA AMOSTRA	ÁREA CIRCULAR	CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS		
			U <sub>dem</sub>	F <sub>om</sub>	I <sub>nc</sub>
LR	VI	B	0,19	0,76	1,01
	VI	C	0,85	0,14	0,96
	X	C	0,90	0,51	1,49
	XIII	A	1,19	0,64	1,80
	XVII	A	1,74	0,99	2,79
LR + H <sub>i</sub>	VI	A	0,91	0,36	1,01
	VII	C	0,65	0,43	1,21
	XIII	C	1,19	0,85	2,32
LR + R	VIII	B	0,75	0,45	1,27
	XI	B	0,65	0,35	0,99
	XIII	B	1,10	0,71	2,00
	XVII	C	1,00	0,68	1,91
	XVIII	B	0,47	0,21	0,59
LR + R + H <sub>i</sub>	VII	B	0,76	0,41	1,15
	VIII	A	0,76	0,39	1,09
LR + H <sub>i</sub> + LV <sub>a</sub>	VII	A	0,74	0,40	1,13
	VIII	C	0,90	0,47	1,32
	IX	A	0,66	0,37	1,04
	X	A	0,97	0,56	1,63
	XVIII	A	0,35	0,11	0,31
LV <sub>a</sub> + LR	IX	B	0,65	0,35	0,99
	XII	B	1,44	1,18	3,32
	XII	C	1,55	1,30	3,66
	XVII	B	0,99	0,70	1,97
	X	B	0,96	0,60	1,69
LV <sub>a</sub> + R + H <sub>i</sub>	XI	C	0,75	0,39	1,10
LE <sub>a</sub> + LR	XII	A	1,60	1,62	4,66
	XIV	B	0,76	0,80	2,25
LE <sub>a</sub> + PL <sub>n</sub>	XIV	A	0,89	0,67	1,29
PL <sub>n</sub> + PL <sub>a</sub>	XV	A	0,85	0,62	1,76
	XVI	A	1,61	1,74	4,90
	XVI	B	1,78	2,14	6,03
	XVI	C	1,50	1,51	4,25
PL <sub>n</sub> + LV <sub>a</sub>	XV	B	0,85	0,69	1,94
PL <sub>n</sub> + LR + LV <sub>a</sub>	XIV	C	0,77	0,48	1,35
PL <sub>n</sub> + LR	XI	A	0,82	0,53	1,49



TABELA IV.28

AGRUPAMENTOS DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS SELECIONADAS PARA RIBEIRÃO PRETO - SP,  
BASEADO NAS SUAS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E O TIPO DE PADRÃO DE

DRENAGEM

GRUPO	TIPO DO PADRÃO	ÁREAS ABRANGIDAS	Ddcm	Fm	Tmc
1	Paralelo/desordenado	XVIII	0,41	0,46	0,45
2	Paralelo/angular	IX	0,66	0,36	1,01
3	Paralelo/Subparalelo	VI	0,78	0,35	0,99
		VII	0,72	0,41	1,16
		VIII	0,77	0,44	1,23
	Dendrítico/angular	XI	0,77	0,42	1,19
4	Angular	X	0,94	0,57	1,60
	Subparalelo	XIV	0,79	0,65	1,83
	Subdendrítico	XV	0,85	0,66	1,84
5	Paralelo assimétrico	XIII	1,16	0,73	2,06
	Complexo/paralelo	XVII	1,08	0,79	2,22
6	Dendrítico	XII	1,53	1,37	3,85
	Pinado	XVI	1,63	1,80	5,06

mesmo solo, o Latossolo Roxo eutrófico. Correlacionando-se esta área com o mapa de solos e dados de verdade terrestre, verifica-se a possibilidade da ocorrência de solos do grupo Regossol, Latossolo Vermelho Amarelo e o Latossolo Roxo. Trata-se portanto, de uma área não homogênea, cujas características de drenagem não permitiram diferenciá-los.

Esses resultados concordam em parte com aqueles obtidos por França (1968), que encontrou para o Regossol e o Latossolo Vermelho Amarelo, os valores mais baixos de densidade de drenagem em amostras circulares de 10 quilômetros quadrados de área, através de fotografias aéreas, na escala de 1:25.000, cujos valores são  $D_{dcm} = 0,36$  e  $D_{dcm} = 0,53$ , respectivamente. Ele também não conseguiu separar esses dois solos, na região de Piracicaba-SP. Apesar da semelhança das outras características qualitativas, este autor caracterizou o padrão de drenagem como sendo do tipo dendrítico, enquanto que nesse trabalho eles foram caracterizados pelo tipo desordenado.

Convém no entanto relatar, que esta área apresentou muita dificuldade para o traçado dos canais de drenagem, devido à densa cobertura vegetal. Talvez a inexistência desta permitisse melhores resultados. Esta dificuldade também foi mencionada por Moraes (1975).

Grupo 2 - O grupo 2, correspondente à área homogênea IX, apresentou valores quantitativos bem próximos àqueles do grupo 2 da área de Doura-

dos/Amambaí -MT, diferindo deste pelo tipo de padrão de drenagem, que foi classificado como Paralelo/angular. Diante destes resultados pode-se pensar em três solos; porém, correlacionando-se esta área com o mapa de solos, verificou-se a predominância de Latossolo Roxo. Não foi encontrado na literatura resultado semelhante a este, mas parece que esta associação solo/drenagem pode ser característica para outras áreas, devido à homogeneidade dos resultados.

Grupo 3 - No grupo 3, considerando-se a grande área ocupada, a homogeneidade do padrão, a convergência de evidências proporcionada pelos outros critérios de interpretação e a correlação mapa de solos/padrão de drenagem, pode-se aceitar a área homogênea VI, como bem representativa do Latossolo Roxo, o que também está relativamente de acordo com os resultados obtidos na área de Dourados/Amambaí - MT. Desta forma, os valores quantitativos e as características qualitativas desta área, podem ser considerados como característicos para este grupo de solo, na área de Ribeirão Preto - SP.

Assim sendo, comparando-se os valores obtidos para esta área com as demais áreas abrangidas no grupo 3 e caracterizadas pelo padrão de drenagem do tipo paralelo/subparalelo, pode-se supor que nas áreas VII e VIII, também deve ser encontrado o Latossolo Roxo. Para maior ênfase, são apresentadas a seguir as características em comum destas três áreas homogêneas:

a) Padrão de drenagem com predominância do tipo paralelo, podendo-se optar também pelo tipo subparalelo, com algumas modificações, devido provavelmente à influência de outros tipos de solos, como o Hidromórfico e o Aluvial, além do relevo e mesmo outros fatores que, devido às características deste trabalho não serão pesquisados.

b) Os índices quantitativos variando ao redor de:

$$Ddcm: \bar{x} = 0,7566 \quad , \quad s = 0,0608$$

$$Fm: \bar{x} = 0,4011 \quad , \quad s = 0,0437$$

$$Tmc: \bar{x} = 1,1277 \quad , \quad s = 0,1233$$

Esses resultados, concordam em parte com aqueles obtidos por França (1968) para este mesmo grupo de solo, utilizando fotografias aéreas na escala de 1:25.000 e amostras circulares de 10 quilômetros quadrados de área. Este autor associou ao Latossolo Roxo o padrão de drenagem do tipo paralelo a subparalelo e encontrou para a densidade de drenagem determinada em amostras circulares o valor de  $Ddcm = 0,99$ , com o desvio padrão de  $s = 0,16$ .

Como já mencionado no estudo da área de Dourados/Amambaí-MT, Gevaerd (1974) encontrou para o Latossolo Roxo eutrófico no Nordeste Paranaense, o valor de  $Ddcm = 1,25$ , o desvio padrão da média igual a  $-0,14$  e o padrão de drenagem do tipo dendrítico subparalelo.

Ainda dentro do grupo 3, está a área homogênea XI, que se diferencia das demais pelo padrão de drenagem do tipo dendrítico/angular. De acordo com Souza (1975), esse padrão de drenagem caracterizou o Latosolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa, na região de Ponta Grossa, Paraná, encontrando-se para a densidade de drenagem em amostra circular de 10 quilômetros quadrados de área, através de fotografias aéreas na escala de 1:25.000, o valor de  $D_{dcm} = 8.79$ , bem superior àquele obtido neste trabalho,  $D_{dcm} = 0,77$ , sendo que Leão (1973) encontrou para este mesmo tipo de solo no Distrito Federal, Brasília, o valor de  $D_{dcm} = 0,64$  e o padrão de drenagem do tipo subparalelo. França (1968), encontrou para o Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, o padrão de drenagem do tipo dendrítico e o valor de densidade de drenagem de  $D_{dcm} = 0,53$ , para as mesmas condições acima, porém no Município, de Piracicaba -SP. Marchetti (1969), obteve para este mesmo solo o valor de  $D_{dcm} = 0,8$ .

A comparação das áreas delimitadas com esse padrão de drenagem (área XI), com o mapa de solos da região (Ministério da Agricultura, 1960), revelou uma grande predominância do Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, apesar de ocorrer alguma interferência de outros solos, principalmente do Latossolo Roxo, o que pode explicar a semelhança dos índices quantitativos.

Grupo 4 - O grupo 4 apresenta uma situação mais confusa (veja Tabela IV.28), podendo ser subdividido em três subgrupos, de acordo com o tipo de padrão de drenagem. O primeiro subgrupo a ser considerado foi o relativo a área X, caracterizado por um padrão de drenagem do tipo angular, lembrando também o tipo dendrítico, portanto semelhante ao da área XI. Difere desta, por apresentar índices quantitativos mais elevados. Apesar disto, esta área pode ser enquadrada da mesma forma que a área XI, correspondendo também em sua maior parte ao Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa.

A elevação dos valores das características quantitativas, pode ser explicada pela maior movimentação do relevo nesta região. Sofre também a interferência do Latossolo Vermelho Escuro, Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras e o Latossolo Roxo.

O segundo subgrupo seria representado pela área XIV, que apresenta o padrão de drenagem do tipo subparalelo e o valor de  $Ddcm = 0,94$ , podendo ser confundido com o padrão típico do Latossolo Roxo (área VI). Porém, através de suas características quantitativas, pode-se fazer a sua separação, como indicado na Tabela IV.28.

O Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa é o solo dominante dentro dessa área, de acordo com o mapa de solos da região. Podem também ser encontrados o Latossolo Roxo, o Latossolo Vermelho Amarelo

fase arenosa e os solos Podzolizados de Lins e Marília.

Esta correlação solo/drenagem concorda em parte com os resultados encontrados na área de Dourados/Amambaí - MT, onde esse solo apresentou o mesmo padrão de drenagem, porém, diferiu nos valores das características quantitativas, que neste caso são mais elevados. Esta elevação poderia ser explicada pela maior movimentação do relevo e a influência dos solos Podzolizados de Lins e Marília.

Esses resultados diferem daqueles obtidos por Souza (1975), que estudou o Latossolo Vermelho Escuro ortó e o dolomítico, para a região de Ponta Grossa, Paraná, encontrando para o primeiro o valor de  $D_{dcm} = 2,22$  e associou ao padrão de drenagem do tipo complexo, tendendo para o angular e para o dolomítico, o valor de  $D_{dcm} = 6,85$  e o padrão de drenagem do tipo dendrítico modificado. Fadel (1972), estudando o Latossolo Vermelho Escuro, série Realengo e Araçoiaba, no município de Araçoiaba da Serra - SP, encontrou para o primeiro o valor de  $D_{dcm} = 1,57$  e o padrão de drenagem do tipo subparalelo e para o segundo o valor de  $D_{dcm} = 2,79$  e o padrão do tipo dendrítico modificado.

O padrão de drenagem do tipo subdendrítico, característico da área XV, serviu para separar este terceiro subgrupo. Ele apresenta características quantitativas semelhantes ao da área XIV com um ligeiro aumento ( $D_{dcm} = 0,85$ ). Correlacionando-se esta área com o mapa de solos,

observou-se o predomínio de solos Podzólizados de Lins e Marília. Não foi encontrada nenhuma referência às características de drenagem deste solo, na literatura consultada.

Grupo 5 - O grupo 5, também pode se subdividido em dois subgrupos, através do tipo de padrão de drenagem. Um subgrupo é caracterizado pelo padrão do tipo paralelo e corresponde a área XIII. O outro subgrupo, relativo à área XVII, apresenta o padrão de drenagem do tipo complexo com tendência para o tipo paralelo.

O relativo paralelismo apresentado por este grupo indica a ocorrência de solos submetidos ao processo de Latossolização, sendo o relevo o principal agente responsável pelas modificações da rede de drenagem. Realmente, a correlação dessas áreas com o mapa de solos revelou a predominância do Latossolo Roxo, com a presença também do Regossol.

Como pode ser observado a influência do solo sobre o padrão de drenagem, foi bem maior do que nas suas características quantitativas, cujos valores foram praticamente o dobro daqueles obtidos para a área típica do Latossolo Roxo (área VI) nesta região (veja Tabela IV.28).

Grupo 6 - Apesar da diferença relativamente grande que existe entre as áreas XII e XVI, abrangidas no grupo 6, quando comparada com as dos outros grupos, elas foram assim agrupadas por apresentarem os índices



quantitativos mais elevados.

A área XII é caracterizada por um padrão de drenagem do tipo dentrítico e valores mais baixos que das outras áreas. Pode ser considerada como uma área problema pela diversidade de solos que podem ser encontrados, quando correlacionada com o mapa de solos, apesar dos seus limites serem os que apresentam as maiores correlações com os do mapa de solos.

Nesta área pode ser encontrado o Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa cuja análise quantitativa revelou os seguintes valores:

$$Ddc = 1,55, Fc = 1,30 \text{ e } Tc = 3,66$$

Em outro local, este padrão está sobre o Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e apresenta os seguintes valores quantitativos:  $Ddc = 1,60$ ,  $Fc = 1,62$  e  $Tc = 4,56$ , bastante superiores àqueles encontrados na área XIV, que caracterizou este solo.

Num terceiro local, esse padrão apresenta-se um pouco modificado, mostrando um contorcimento dos rios para uma determinada direção e o mapa de solo revelou a presença do Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Roxo e Litossol. A análise quantitativa proporcionou os seguintes resultados:  $Ddc = 1,44$ ,  $Fc = 1,18$  e  $Tc = 3,32$ .

Finalmente o outro subgrupo do grupo 6, correspondente à área XVI, é caracterizada por um padrão de drenagem do tipo pinado, modificação do padrão básico dendrítico, apresentando os valores quantitativos mais elevados de todas as áreas estudadas. Correlacionando-se esta área com o mapa de solo, encontrou-se uma boa relação com os solos Podzolizados de Lins e Marília. Não foi encontrado na literatura consultada, estudos da rede de drenagem sobre este solo.

#### 4.5.4.3 - RELAÇÃO DRENAGEM/SOLO

A observação dos resultados obtidos através da análise conjunta, permitiu concordar em parte com a opinião de Ranzani (1969) de que, para as regiões subtropicais o padrão de drenagem dendrítico é em geral indicador da presença de sedimentos arenosos sujeitos ao mecanismo de Podzolização. Isto ficou bem evidenciado para a área XVI, apesar das exceções como aconteceu na área XII.

Ainda em concordância com esse autor, pode ser dito que a drenagem pouco densa, retilínea, pouco ramificada, atingindo os cursos d'água maiores em ângulo reto, sugere a presença de materiais porosos, apesar de argilosos, sujeitos ao mecanismo de latossolização, como no caso das áreas I, II, III, VI, VII e VIII, principalmente.

Pode ser verificado neste trabalho que os solos Latossolo

Roxo e Latossolo Vermelho Escuro, comportam-se da mesma forma, quanto à permeabilidade, que os solos do grupo Areias Quartzosas ou Regossol. Esta verificação complementa as afirmativas de Dunbar (1959), França(1968), Fadel (1972) e Souza (1975) de que esses solos apresentam-se mais permeáveis do que os solos arenosos do grande grupo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

A observação conjunta da rede de drenagem, a topografia do terreno e a distribuição dos solos, sugerem uma generalização da conclusão chegada por Souza (1975) de que o desenvolvimento das redes de drenagem teve como principal fator o relevo, que modificou a dinâmica da água, originando diferentes relações infiltração/deflúvio.

Na Tabela IV.29, é mostrado um sumário das características apresentadas pelos principais grupos de solos, dentro das duas áreas estudadas. Estes dados foram obtidos através da média aritmética dos valores atribuídos a cada área homogênea, agrupadas como mostra a Tabela IV.30.

#### 4.5.4.4 - RELAÇÃO DRENAGEM/IMAGEM ORBITAL

Pelos resultados encontrados, pode-se dizer que as imagens orbitais do LANDSAT-1, devem ser colocadas ao lado dos mapas topográficos e das fotografias aéreas, para o estudo da rede de drenagem visando a caracterização dos solos.

TABELA IV.29

CARACTERÍSTICAS DAS REDES DE DRENAGEM

ÁREA	GRUPO DE SOLO	PADRÃO DE DRENAGEM		E <sub>dc</sub> m	DESVIO PADRÃO	F <sub>m</sub>	DESVIO PADRÃO	T <sub>hc</sub>	DESVIO PADRÃO
		BÁSICO	MODIFICADO						
DOURADOS AMAMBAI - MATO GROSSO	Latossolo Roxo eutrófico	Paralelo	Subparalelo	0.47	0.03	0.19	0.05	0.52	0.14
	Latossolo Roxo distrófico	Paralelo	Subparalelo	0.64	0.09	0.31	0.06	0.87	0.16
	Latossolo Vermelho Escuro distrófico	Paralelo	Subparalelo	0.62	0.03	0.33	0.07	0.92	0.20
	Areias Quartzosas	Paralelo	Subparalelo	0.54	0.02	0.30	0.06	0.85	0.16
	Podzólico Vermelho Escuro eutrófico	Dendrítico	Paralelo	0.73	0.08	0.41	0.06	1.15	0.16
	Latossolo Roxo	Paralelo	Vários	0.74	0.07	0.39	0.04	1.11	0.12
RIBEIRÃO PRETO - SÃO PAULO	Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa	Retangular	Angular	0.86	0.10	0.50	0.10	1.40	0.29
	Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa	Paralelo	Subparalelo	0.79	0.09	0.65	0.16	1.83	0.45
	Solos Podzolisados de Lins e Marília	Dendrítico	Subdendrítico	0.85	0.00	0.66	0.05	1.85	0.13
			Pinado	1.63	0.14	1.80	0.32	5.06	0.90

TABELA IV.30

DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS SEGUNDO O GRUPO  
DO SOLO NELA ENCONTRADO

REGIÃO	GRUPO DE SOLO	ÁREAS REPRESENTATIVAS
DOURADOS/ AMAMBAÍ - MATO GROSSO	Latossolo Roxo eutrófico	I
	Latossolo Roxo distrófico	II
	Latossolo Vermelho Escuro distrófico	III
	Areias Quartzozas	IV
	Podzólico Vermelho Escuro eutrófico	V
RIBEIRÃO PRETO - SÃO PAULO	Latossolo Roxo	VI, VII, VIII e IX
	Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa	X e XI
	Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa	XIV
	Solos Podzolizados de Lins e Marília	XV e XVI

As imagens orbitais até certo ponto mostram a mesma desvantagem apresentada por Ricci & Petry (1965) para os mapas topográficos, (ver revisão da literatura) que pode ser praticamente eliminada com a utilização das imagens do SKYLAB e no futuro com o uso de outros recursos destas imagens, ainda não explorados totalmente.

Por outro lado, elas eliminam as desvantagens descritas por Ricci & Petri (1965) para as fotografias aéreas de grande escala, (ver revisão de literatura) apresentando uma grande economia de tempo, recursos humanos e monetários para a sua interpretação.

Suas grandes vantagens são: a possibilidade da observação dos aspectos globais de uma região e a repetitividade das imagens, podendo assim substituir as fontes convencionais de dados para estudos quantitativos da rede de drenagem, em concordância com Moraes (1975).

A observação dessas imagens permitiu a caracterização qualitativa da rede de drenagem num nível mais elevado do que nas fotografias aéreas, pela visão global de diferentes padrões de drenagem numa única imagem. A utilização de modelos de padrões de drenagem como apresentado por Parvis (1950), organizados com padrões obtidos através das imagens orbitais e com maior número de modelos permitiria diminuir a subjetividade e o significado relativo, atribuídos por França (1968), Marchetti (1969), Fadel (1972), Vasques Filho (1972) e Gevaerd (1974), às características descritivas da rede de drenagem.

Desta forma aumentaria o grau de segurança atribuído por Leão (1972) à utilização do modelo, isolado ou combinado com outras características descritivas do padrão de drenagem, para evidenciar diferenças entre solos.

#### 4.6 - MEDIDAS ESPECTRAIS DE SOLOS NO CAMPO

Para os resultados obtidos com os valores de reflectância tomados no campo, não se levou em consideração a influência de certos elementos que atuam direta ou indiretamente na reflectância dos solos, segundo as observações do Bowers & Hanks (1965), Ordov citado por Myers e Allen (1968), Hoffer & Johannsen (1969) e Crown & Pawluk (1974).

Os dados espectrais (reflectância dos solos) coletados no campo, após serem devidamente processados foram estabelecidos e os valores médios da reflectância dos diferentes grupos de solos para cada canal estão apresentados na Tabela IV.31, onde se pode verificar, de imediato, que cada grande grupo de solo possui valores médios de reflectância distintos entre si. Estes mesmos dados submetidos a análise de variância e aplicando o teste F, demonstraram ser altamente significativos conforme se verifica na Tabela IV.32, comprovando os estudos realizados por Crown & Pawluk (1974), os quais verificaram que os solos em condições naturais ou de laboratório, possuem uma resposta espectral característica, que é função direta de suas propriedades físicas e químicas.

TABELA IV.31

VALORES MEDIOS DE REFLECTÂNCIA MEDIDOS NO CAMPO PARA CINCO DIFERENTES  
GRUPOS DE SOLOS, NOS QUATRO DIFERENTES CANAIS DO EARTH GROUND RADIOMETER

(VALORES DADOS EM PERCENTAGENS)

TIPOS DE SOLOS	CANAL 4	CANAL 5	CANAL 6	CANAL 7
Latossolo Roxo	5,4250	11,0936	13,3109	11,2445
Latossolo Vermelho Escuro Fase arenosa	9,3441	16,7976m	20,7641	19,4588
Latossolo Vermelho Amarelo Fase arenosa	10,9663	18,2418	21,8672	20,9045
RPV/RLV	15,8800	23,6460	26,5040	25,9020
Regosso1	20,8740	30,1920	33,7680	30,8460

RPV/RLV = Regosso1 "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo e "intergrade" para Latossolo Vermelho Amarelo.  
Grupamento indiscriminado



TABELA IV.32

ANÁLISE DOS VALORES MÉDIOS DE REFLECTÂNCIA MEDIDOS  
EM CAMPO PARA CINCO DIFERENTES GRUPOS DE SOLOS

CANAIS	TESTE DE TUKEY $\alpha = 0,05$	F	CV	$\bar{Sx}$	TESTE DE DUNCAN $\alpha = 0,05$
CANAL 7	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>	** *	16%	0,4407	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>
CANAL 6	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>	** *	17%	0,5010	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>
CANAL 5	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>	** *	15%	0,3963	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>
CANAL 4	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>	** *	15%	0,2453	LR <u>LEa</u> <u>LVa</u> <u>RPV/RLV</u> <u>R</u>

Pela Tabela IV.32, verifica-se também, que a aplicação do teste de Tukey, revela uma diferença significativa, quanto aos valores médios de reflectância entre o Latossolo Roxo, o RPV/RLV, o Regossol e a associação Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e o Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, que não apresentaram diferenças significativas nos canais 5, 6 e 7, sendo no entanto separados no canal 4.

Os mesmos dados médios de reflectância dos diferentes grupos de solos, foram analisados segundo o teste de Duncan, conforme pode ser observado ainda na Tabela IV.32, mostrando que o Latossolo Vermelho Escuro e o Latossolo Vermelho Amarelo, somente apresentam indiscriminação no canal 6, ao passo que nos demais canais pode-se notar a discriminação entre os cinco grupos de solos. Este resultado é explicado pelo fato do teste de Duncan ser menos rígido que o de Tukey; assim sendo, a diferenciação entre os dois grupos de solos é possível nos canais 4, 5 e 7.

Como as medidas de reflectância dos diferentes grupos de solos foram tomadas em diferentes horários no campo, procurou-se analisar os dados em períodos de uma (1) hora, segundo os testes de significância de F, Duncan e Tukey para verificar se os solos apresentavam mudanças nas respostas espectrais quando medidos em diferentes horários conforme a Tabela IV.33.

Nesta tabela de resultados das análises, aparecem somente três grandes grupos de solos, isto porque os dois restantes não apresentaram n

TABELA IV.33

ANÁLISE DOS DADOS DE REFLECTÂNCIA MEDIDOS EM CAMPO  
PARA TRES DIFERENTES GRUPOS DE SOLOS, PARA VARIOS  
HORÁRIOS

TIPO DE SOLO	TESTE DE TUKEY	F	CV	Sx	TESTE DE DURKAN
CANAL 7 α = 0,05	LR 13-14 15-16 10-11 9-10	*	16%	0,3651	13-14 15-16 10-11 9-10
	LVa 9-10 10-11 11-12	*	15%	0,9376	9-10 10-11 11-12
	LEa 14-15 13-14 15-16 10-11 11-12	n	18%	0,7012	14-15 13-14 15-16 10-11 11-12
CANAL 6 α = 0,05	LR 13-14 15-16 10-11 9-10	*	15%	0,4174	13-14 15-16 10-11 9-10
	LVa 9-10 10-11 11-12	*	14%	0,9137	9-10 10-11 11-12
	LEa 14-15 15-16 13-14 10-11 11-12	n	19%	0,8369	14-15 15-16 13-14 10-11 11-12
CANAL 5 α = 0,05	LR 10-11 13-14 15-16 9-10	**	12%	0,2817	10-11 13-14 15-16 9-10
	LVa 10-11 9-10 11-12	*	22%	0,1417	10-11 9-10 11-12
	LEa 14-15 15-16 10-11 13-14 11-12	n	20%	0,8121	14-15 15-16 10-11 13-14 11-12
CANAL 4 α = 0,05	LR 13-14 15-16 10-11 9-10	*	15%	0,1705	13-14 15-16 10-11 9-10
	LVa 9-10 10-11 11-12	*	16%	0,5512	9-10 10-11 11-12
	LEa 14-15 15-16 13-14 10-11 11-12	n	19%	0,4477	14-15 15-16 13-14 10-11 11-12

mero suficiente de leituras em horários diferentes para serem analisados.

Pela tabela, pode-se verificar que a reflectância do Latossolo Roxo (LR) no horário de 9 a 10 horas é diferente da dos demais horários em ambos os testes, já o Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa (LVa), com exceção do canal 7, segundo os testes de Tukey e de Duncan, apresenta valores de reflectância distintos no horário de 9 (nove) às 11 horas para o horário de 11 às 12 horas, e no canal 7 esses valores de reflectância medidos no horário de 9 às 10, 10 às 11 e 11 às 12, segundo ambos os testes a que foram submetidos, demonstraram que os valores são distintos entre os diferentes horários.

Os dados de reflectância para o Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa (LEa), não apresentaram diferenças significativas dos valores de reflectância, quando tomados em diferentes horários ou seja, no período de 10 às 16 horas.

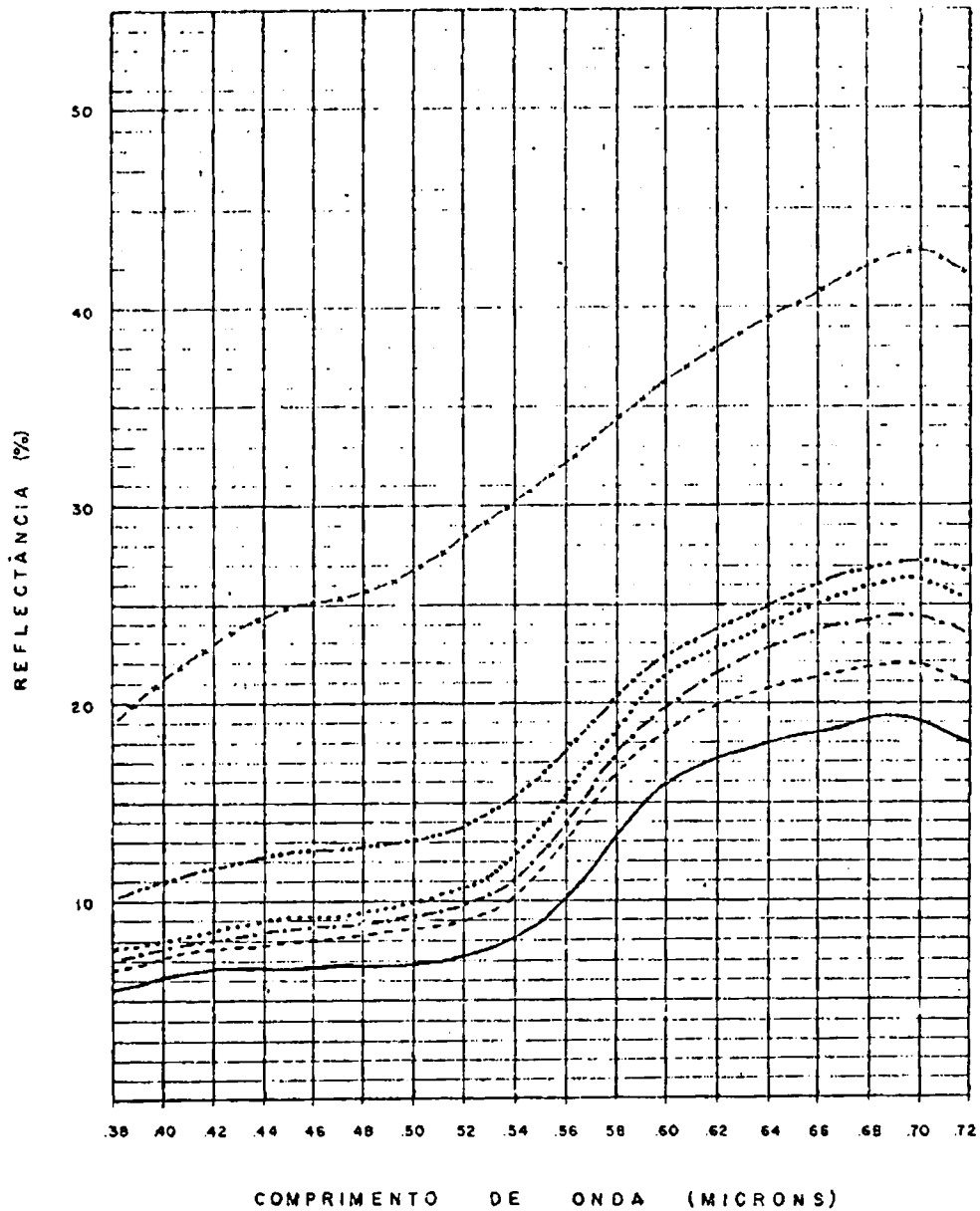
Pelo exposto, pode-se dizer que há necessidade de fixar horário para a realização das medidas de reflectância no campo para que seja eliminada a maior ou menor influência da variação da energia solar, isto também pode ser observado na Tabela IV.33, que mostra um coeficiente de variação média para todos os grupos de solos, o qual poderia ser reduzido utilizando-se horários mais rígidos e um maior volume de dados, de preferência um horário que correspondesse àquele da passagem do satélite LANDSAT-1, pe

la região.

Infelizmente a associação entre os dados do campo e as fitas CCT (Computer Compatible Tape) do MSS, não foi realizado pelo fato de não ter sido possível a obtenção das fitas em tempo hábil para a realização deste trabalho.

#### 4.7 - MEDIDAS ESPECTRAIS DOS SOLOS NO LABORATÓRIO

A Figura IV.44, mostra as assinaturas espectrais construídas com os valores médios de reflectância das diferentes amostras de solos, as quais foram agrupadas conforme indicado na Tabela IV.34.



SIMBOLO

GRUPO DE SOLO

————

Latossolo Roxo

-----

Latossolo Vermelho Amarelo

- . - .

Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa

.....

Solos Podzolizados de Lins e Marília

---.---.---

Transição de Regossol com outros grupos

- x - x -

Regossol

Fig. IV.44 - Curvas Espectrais de seis (6) diferentes Grupos de Solos

TABELA IV.34

AGRUPAMENTOS DAS AMOSTRAS DE SOLOS COLETADAS EM  
CAMPO DE ACORDO COM SUA CLASSIFICAÇÃO

GRUPO	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	Nº DA AMOSTRA
1	Latossolo Vermelho Escuro Fase arenosa	5, 2, 4, 3, 6
2	Latossolo Roxo	19, 9, 8, 16, 30, 20, 18, 17
3	Latossolo Vermelho Amarelo	15, 10, 11, 31, 23, 14, 27
4	Regossol	24, 25
5	Solos Podzolizados de Lins e Marília	1, 26
6	RPV/RLV	12, 13, 22, 21

A observação da Figura IV.44, permite inferir diferenças espectrais entre os solos analisados, sendo mais evidente a resposta do Regossol, a qual pode ser confirmada com as medidas de reflectância tomadas no campo para este mesmo grupo de solo, o qual provou possuir alta reflectância quando medido com o Earth Ground Truth Radiometer.

Para uma melhor comparação das respostas espectrais dos solos tomadas no campo e as obtidas em laboratório, elaborou-se a Tabela IV.35, na qual estão representados os valores da reflectância obtidos no laboratório, através do somatório das respostas espectrais de 10 em 10 nanômetros nas faixas espectrais de 500 a 600 e de 600 a 700 nanômetros, correspondentes aos canais 4 e 5 do MSS, e os valores de reflectância para as medidas de campo.

Steiner & Gutermann, citados por Kumar (1972) concluíram que as leituras de reflectância de solos no campo são geralmente opostas àquelas de laboratório. Esta conclusão não se aplica aos dados médios de reflectância encontrados (como pode ser visto na Tabela IV.35), isto porque a maioria dos dados para os diferentes solos são muito próximos entre si.

Pela mesma tabela, verifica-se que a reflectância dos solos arenosos tanto em campo como em laboratório é maior que a dos solos argilosos, o que discorda com a afirmação de Steiner & Gutermann os quais verificaram que a reflectância de solos arenosos em condições de laboratório é



TABELA IV.35  
VALORES DE REFLECTÂNCIA DOS SOLOS OBTIDOS NO CAMPO E  
LABORATÓRIO, EXPRESSOS EM PERCENTAGENS

GRUPO DE SOLO	CANAL 4		CANAL 5	
	ESPECTRO - FOTÔMETRO	EARTH GROUND TRUTH RADIOMETER	ESPECTRO - FOTÔMETRO	EARTH GROUND TRUTH RADIOMETER
Latossolo Roxo	8,5	5,425	17,9	11,0936
Latossolo Vermelho Amarelo	12,5	10,9663	20,6	18,2418
Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa	13,6	9,3441	22,7	16,7976
Podzólico Lins e Marília	14,7	-	24,2	-
RPV/RLV	17,1	18,8800	25,2	23,6460
Regosol	31,4	20,8740	39,9	30,1920

menor que a dos solos argilosos e concorda com a afirmação dos autores que, em condições de campo, os solos arenosos possuem reflectância maior que os solos argilosos.

Pela Tabela IV.35, pode-se também dizer que os valores de reflectância levantados no campo são inferiores aos medidos em laboratório, com excessão ao grupo RPV/RLV, o qual possui reflectância maior no canal 4, isto se deve provavelmente ao fato de serem estes solos de transição e dotados de características físicas e químicas variáveis.

O fato das medidas de campo serem diferentes das de laboratório já era esperado, devido a variação nas condições de medidas.

Dos resultados apresentados pode-se verificar que tanto em condições de campo como de laboratório, cada grupo de solo apresenta resposta espectral distinta.

#### 4.8 - MEDIDAS DE TONALIDADE

##### 4.8.1 - TONALIDADE/IMAGENS ORBITAIS

Os resultados das leituras de tonalidade, realizadas no "Image 100 System" relativos às transparências positivas dos quatro canais do MSS, são apresentados nas Tabelas IV.36, IV.37, IV.38 e IV.39.

TABELA IV.36

RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO DOS VALORES DE TONALIDADE, MEDIDOS NO CANAL 4 DO MSS, RELATIVOS AOS 20 (VINTE) CAMPOS DE TREINAMENTO SELECIONADOS

NÚMERO SEQUENCIAL DO PONTO	VALORES DO PONTO		MÉDIA	SÍMBOLO DA MÉDIA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	VARIÂNCIA	LIMITE INFERIOR NORMAL	LIMITE SUPERIOR NORMAL	VALOR NORMAL
	1	2								
1	19.63	19.73	19.05	18.70	19.63	19.35	*	16.00	22.00	19.5
2	16.50	16.47	16.67	16.00	16.40	16.41	-	16.00	20.00	18.8
3	20.93	20.67	20.62	20.92	20.37	20.59	+	17.40	23.80	21.8
4	25.20	24.58	23.92	24.63	24.53	24.57	#	19.00	28.80	22.2
5	24.47	27.37	24.37	24.35	24.62	24.23	o	23.60	27.60	26.9
6	31.22	31.04	30.27	30.73	30.52	30.76	†	26.60	34.40	29.7
7	41.28	41.13	40.02	40.90	40.47	40.96	‡	37.20	44.80	39.3
8	31.32	32.20	30.48	31.27	31.97	31.43	/	28.60	35.00	30.6
9	27.47	27.65	26.30	26.73	26.02	26.73		23.40	30.00	25.5
10	29.54	29.60	28.92	29.57	29.07	29.37	!	26.40	32.40	29.5
11	30.55	30.17	30.02	31.07	29.33	30.25	(	26.40	35.00	29.2
12	31.94	32.42	30.97	31.72	31.43	31.70	)	28.60	34.80	30.0
13	33.95	33.83	33.30	33.45	33.17	33.74	?	30.60	37.00	33.3
14	32.58	32.54	32.48	32.25	32.57	32.51	‡	29.40	35.00	29.7
15	30.42	30.62	30.73	30.68	30.70	30.71	◊	25.40	34.00	29.2
16	33.77	33.20	33.75	33.77	33.53	33.70	▷	35.60	43.60	37.3
17	35.24	36.08	36.77	36.65	36.63	36.26	◁	31.60	39.80	32.7
18	43.95	44.32	42.94	41.42	43.63	43.26	1	39.00	47.20	39.0
19	32.43	32.33	32.47	31.47	32.18	31.68	1	31.40	43.40	29.4
20	19.80	19.44	19.67	18.97	18.58	19.22	≥	16.00	22.40	16.5

TABELA IV.37

RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO DOS VALORES DE TONALIDADE MEDIDOS NO  
CANAL 5 DO MSS, RELATIVOS AOS 20 (VINTE) CAMPOS DE TREINAMENTO SELECIONADOS

NÚMERO SÍMBOLO DO PUNTO	CANAL 5												
	VALORES DO PUNTO	MÉDIA	SÍMBOLO DA MÉDIA	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	VARIÂNCIA	LÍMITE INFERIOR NORMAL	LÍMITE SUPERIOR NORMAL	VALO NORMA				
1	13.61	12.22	13.52	13.27	13.57	13.14	*	11.20	15.60	1.00	10.25	16.25	13.1
2	14.83	13.77	12.73	12.00	15.30	13.95	-	11.60	17.20	1.44	9.50	20.50	14.0
3	13.27	14.37	14.58	14.15	14.95	14.39	*	11.60	17.60	1.66	10.50	18.75	15.3
4	17.79	17.34	17.52	17.47	17.15	17.52	*	13.20	20.40	2.80	11.75	21.75	15.4
5	20.27	19.49	20.04	19.14	20.05	19.80	*	16.40	22.80	2.24	16.75	24.50	18.4
6	21.42	21.57	21.74	21.80	21.72	21.73	*	19.20	24.80	1.83	14.00	26.00	20.5
7	24.53	23.27	24.14	24.25	24.67	24.18	*	20.80	28.00	3.29	19.75	29.75	22.7
8	17.35	14.85	14.25	14.55	14.42	14.28	/	15.80	22.40	2.59	14.25	23.25	17.4
9	24.75	27.23	27.30	27.33	27.99	24.33	/	23.70	32.80	4.34	19.75	34.25	24.7
10	14.17	13.72	13.43	13.88	13.50	13.82	/	11.20	17.00	1.85	9.75	17.50	13.3
11	15.68	13.80	13.77	13.40	13.57	13.64	/	11.40	14.00	1.44	10.00	17.25	12.6
12	10.99	11.47	24.43	29.33	24.41	29.93	/	23.20	35.20	7.54	21.75	36.00	27.1
13	16.27	17.78	17.54	17.40	17.99	17.58	/	13.40	21.60	3.47	13.00	22.50	15.6
14	20.33	17.22	19.54	17.33	17.40	19.77	/	15.40	27.80	2.36	14.75	23.75	17.3
15	20.43	20.45	20.22	19.43	19.63	20.07	/	16.20	24.60	3.04	15.25	25.50	18.4
16	47.73	47.52	49.15	44.42	49.35	44.43	>	39.00	54.00	10.50	35.50	54.50	41.9
17	20.42	20.55	21.60	21.00	21.27	21.09	<	17.40	24.80	2.42	15.75	25.50	18.9
18	24.10	24.23	27.20	26.44	26.44	27.28	/	21.20	31.20	5.35	20.75	32.00	23.6
19	23.52	23.57	23.32	23.50	24.02	23.59	/	21.00	26.20	1.44	20.50	27.50	22.8
20	14.42	16.70	14.22	14.27	16.77	14.56	>	14.60	22.40	2.56	13.75	23.00	16.3

TABELA IV.38

RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO DOS VALORES DE TONALIDADE MEDIDOS NO CANAL 6 DO MSS RELATIVOS AOS 20 (VINTE) CAMPOS DE TREINAMENTO SELECIONADOS

NÚMERO DO PUNTO	SÍMBOLO DO PUNTO	VALORES DO PUNTO		MÉDIA	SÍMBOLO DA MÉDIA	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	VARIÂNCIA	LÍMITE INFERIOR NORMAL	LÍMITE SUPERIOR NORMAL	VALOR NORMAL
		1	2								
1	1	5.50	5.75	5.67	+	4.20	7.20	0.56	3.50	8.25	6.0
2	2	5.93	5.95	6.07	-	4.20	7.60	0.52	3.75	8.50	6.7
3	3	5.93	5.93	5.90	+	4.20	7.40	0.51	4.00	8.25	6.5
4	4	15.90	16.25	15.43	#	12.60	18.60	2.37	11.50	19.25	14.7
5	5	14.52	14.77	14.03	o	15.40	21.00	1.52	13.25	22.00	15.7
6	6	18.68	18.34	18.57	x	14.80	21.20	1.91	14.00	22.25	16.8
7	7	20.37	19.55	19.70	s	16.40	23.60	2.82	16.00	24.00	17.0
8	8	17.05	17.92	13.72	/	10.60	15.80	1.45	9.50	16.25	11.2
9	9	11.98	11.57	11.48	t	8.60	13.40	1.57	8.25	15.00	10.3
10	0	15.68	16.72	15.83	f	13.00	18.80	1.72	12.25	20.75	15.3
11	A	10.45	13.75	13.19	(	10.00	18.00	3.17	8.75	19.00	13.6
12	B	14.27	14.10	15.30	)	11.80	19.00	2.86	10.50	19.75	13.6
13	C	16.62	17.75	16.78	7	16.00	19.60	1.58	12.50	19.50	15.9
14	U	15.92	15.88	15.33	4	11.60	19.60	2.56	10.25	19.75	13.5
15	E	15.68	15.72	15.92	#	11.20	20.40	4.17	10.00	20.25	12.0
16	F	17.28	20.15	18.35	>	18.40	23.20	3.53	12.75	25.00	15.8
17	G	19.33	19.67	19.17	<	16.20	22.20	1.84	15.00	22.75	17.6
18	H	14.95	18.94	17.87	7	15.00	27.20	2.82	13.25	23.25	16.7
19	I	18.33	18.78	18.95	7	14.80	22.80	2.92	13.00	23.50	15.2
20	J	16.20	16.45	17.17	2	13.20	20.00	2.51	11.75	21.50	14.5

TABELA IV.39

RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO DOS VALORES DE TONALIDADE MEDIDOS NO CANAL  
7 DO MSS RELATIVOS AOS 20 (VINTE) CAMPOS DE TREINAMENTO SELECIONADOS

NÚMERO DO PONTO	SÍMBOLO DO PONTO	VALORES DO PONTO										CANAL 7			LIMITE INFERIOR NORMAL	LIMITE SUPERIOR NORMAL	VALOR NORMAL		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				14	15
1	1	13.55	17.38	13.72	13.97	13.73	13.66	1	11.20	15.80	0.97	7.75	13.25	11.6					
2	2	14.20	13.40	13.90	14.17	13.60	13.87	-	11.80	16.20	0.92	11.00	17.75	14.6					
3	3	7.14	6.97	6.97	7.20	7.15	7.08	+	5.40	9.00	0.76	4.75	9.25	7.9					
4	4	25.40	26.18	26.80	25.42	25.93	25.99	±	21.40	30.00	2.81	20.00	31.25	23.5					
5	5	25.45	26.53	26.60	25.47	24.77	25.76	0	21.60	28.40	2.45	19.75	30.25	23.3					
6	6	26.15	25.93	25.05	25.18	25.87	25.64	±	22.00	29.40	2.36	19.75	30.75	23.6					
7	7	24.08	25.05	24.85	24.47	25.74	24.88	±	21.00	28.00	2.32	18.50	28.50	20.6					
8	8	17.43	18.37	16.37	14.77	16.37	17.54	/	14.60	20.60	1.88	12.75	22.00	16.8					
9	9	20.20	19.62	19.87	19.50	19.85	19.81	±	17.20	23.00	1.82	16.75	24.25	21.4					
10	0	32.18	31.02	30.22	31.55	30.05	31.00	±	27.00	35.00	3.16	25.50	38.00	30.3					
11	1	24.47	24.45	30.52	29.08	28.55	29.09	(	25.00	32.40	3.03	23.25	35.25	29.4					
12	8	14.30	14.17	14.13	13.40	13.90	13.98	)	11.40	16.60	1.16	10.00	17.50	13.2					
13	6	25.23	25.57	25.98	26.22	25.07	25.61	7	21.80	29.00	2.54	22.00	31.25	24.1					
14	0	23.62	23.27	22.33	21.72	22.08	23.00	±	19.60	26.40	2.37	18.00	26.25	21.2					
15	5	15.77	14.90	15.16	15.77	14.48	15.22	=	12.20	18.60	1.52	11.00	19.00	15.0					
16	6	31.42	33.82	33.35	31.05	32.07	32.34	>	26.00	37.20	5.65	22.25	39.25	25.4					
17	6	24.40	24.23	23.75	24.52	24.30	24.24	<	20.00	26.80	2.26	17.75	25.00	21.4					
18	4	15.50	14.73	15.85	16.38	16.35	15.76	1	13.00	18.20	1.47	10.75	20.00	16.0					
19	1	32.87	33.30	32.47	32.62	32.33	32.72	)	28.60	36.80	4.00	25.25	38.50	30.5					
20	J	21.22	20.65	19.77	17.48	18.70	19.62	>	16.60	22.60	2.08	14.25	24.50	18.4					

Os efeitos causados por mudanças nas condições climáticas, posição geográfica e práticas agrícolas, podem influenciar a uniformidade dos resultados. Isto pode ser evitado com a utilização de áreas de treinamento menores do que a utilizada neste trabalho, requerendo porém a utilização direta de fitas digitalizadas.

A análise dos resultados apresentados nas figuras IV.45 a IV.50 correlacionados com os tipos de solos, supostos ocorrerem na área de cada campo de treinamento, permitem as seguintes observações:

1 - O Latossolo Roxo, constituído pelos campos de treinamento nº I, II e III, pode ser diferenciado dos outros grupos de solos utilizando-se qualquer combinação de imagens MSS, duas a duas. Porém, a melhor separação é obtida utilizando-se conjuntamente imagens dos canais 6 e 7.

Os valores de reflectância desse solo, realmente detectados pelos sensores do MSS, relativos às diferentes tonalidades nas imagens fotográficas, estão apresentados individualmente na Tabela IV.40.

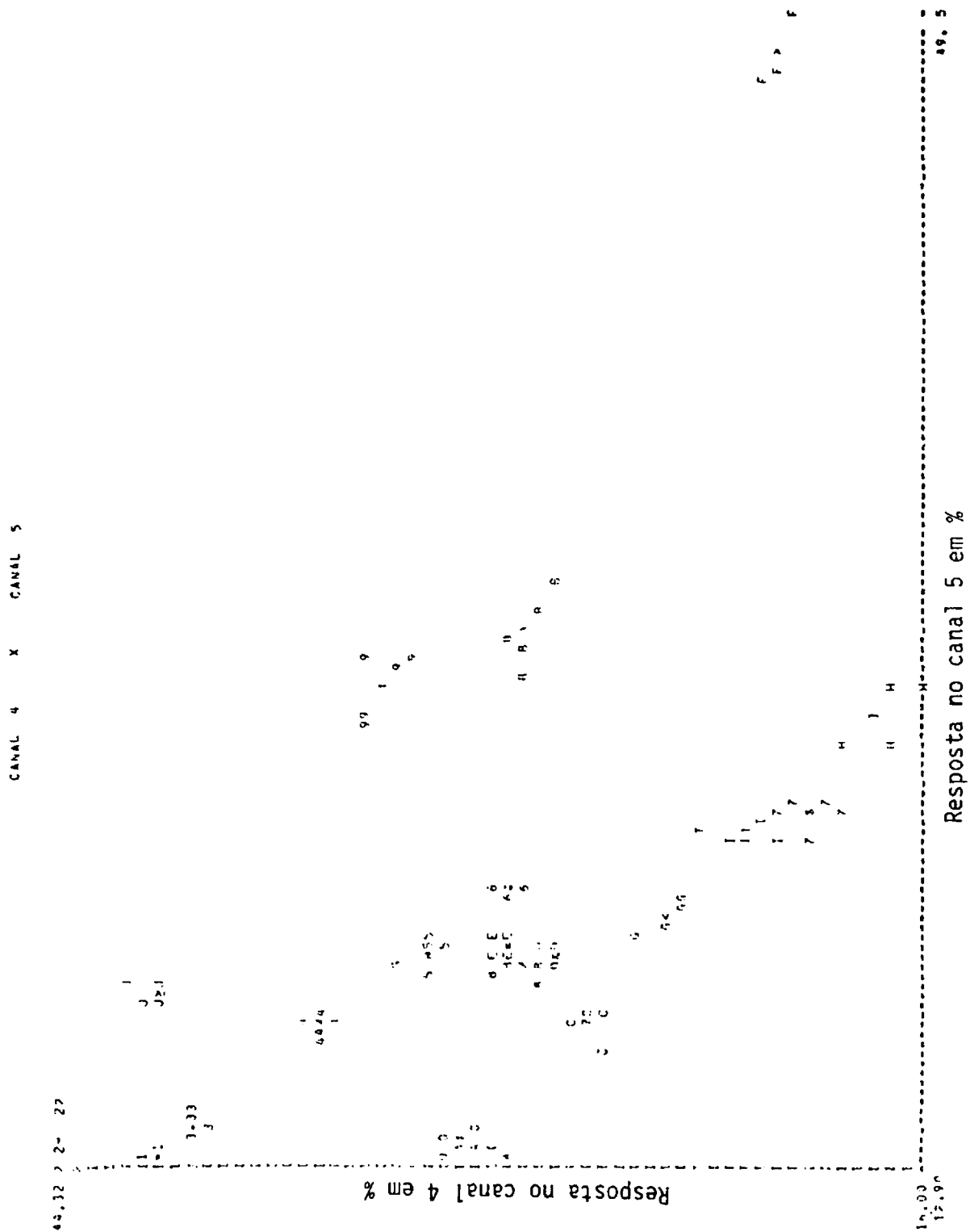


Fig. IV.4.5 - Gráfico da combinação dos valores médios de tonalidades obtidos nos canais 4 e 5 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados



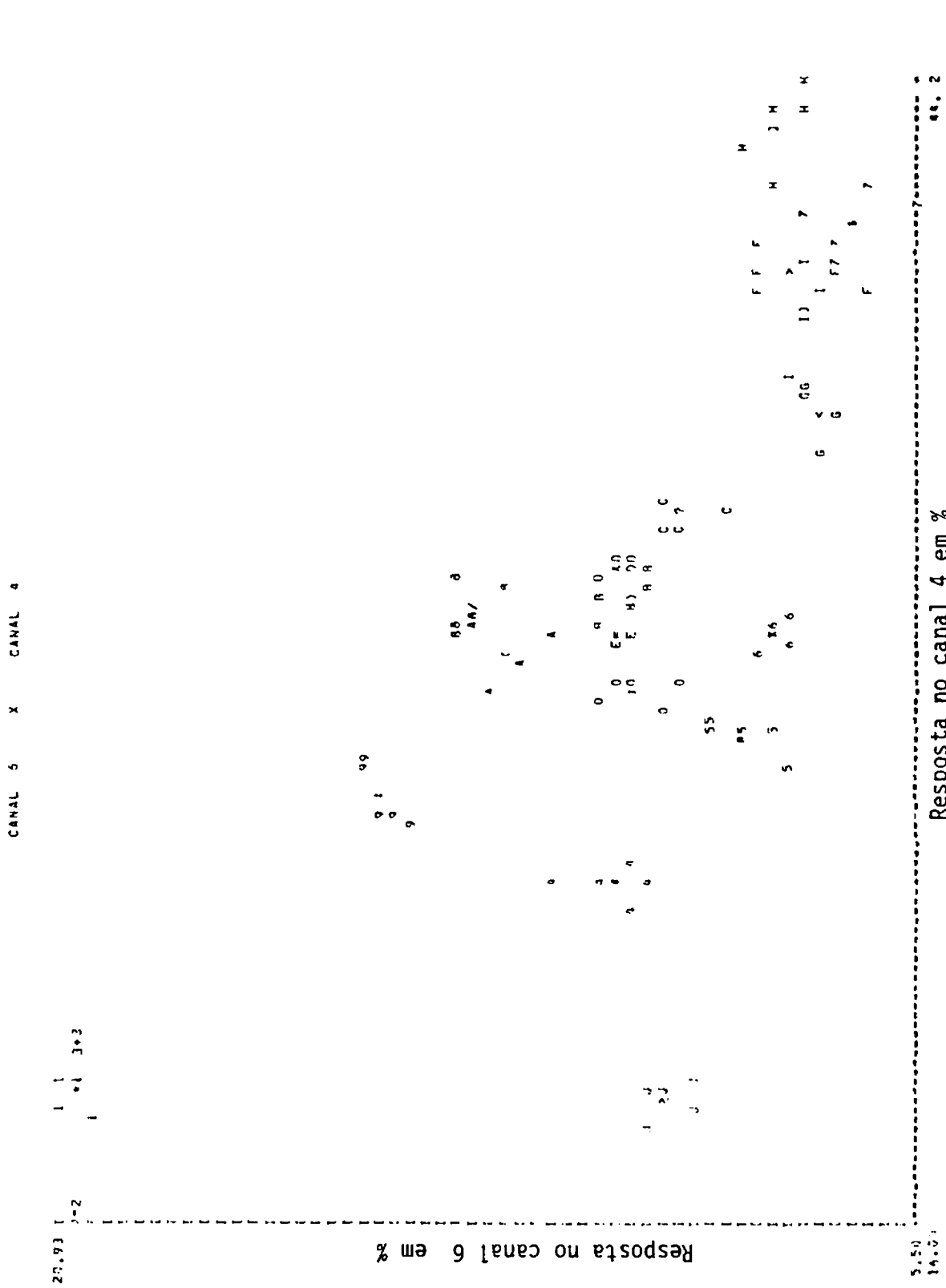


Fig. IV.46 - Gráfico da combinação dos valores médios de tonalidades obtidos nos canais 6 e 4 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados

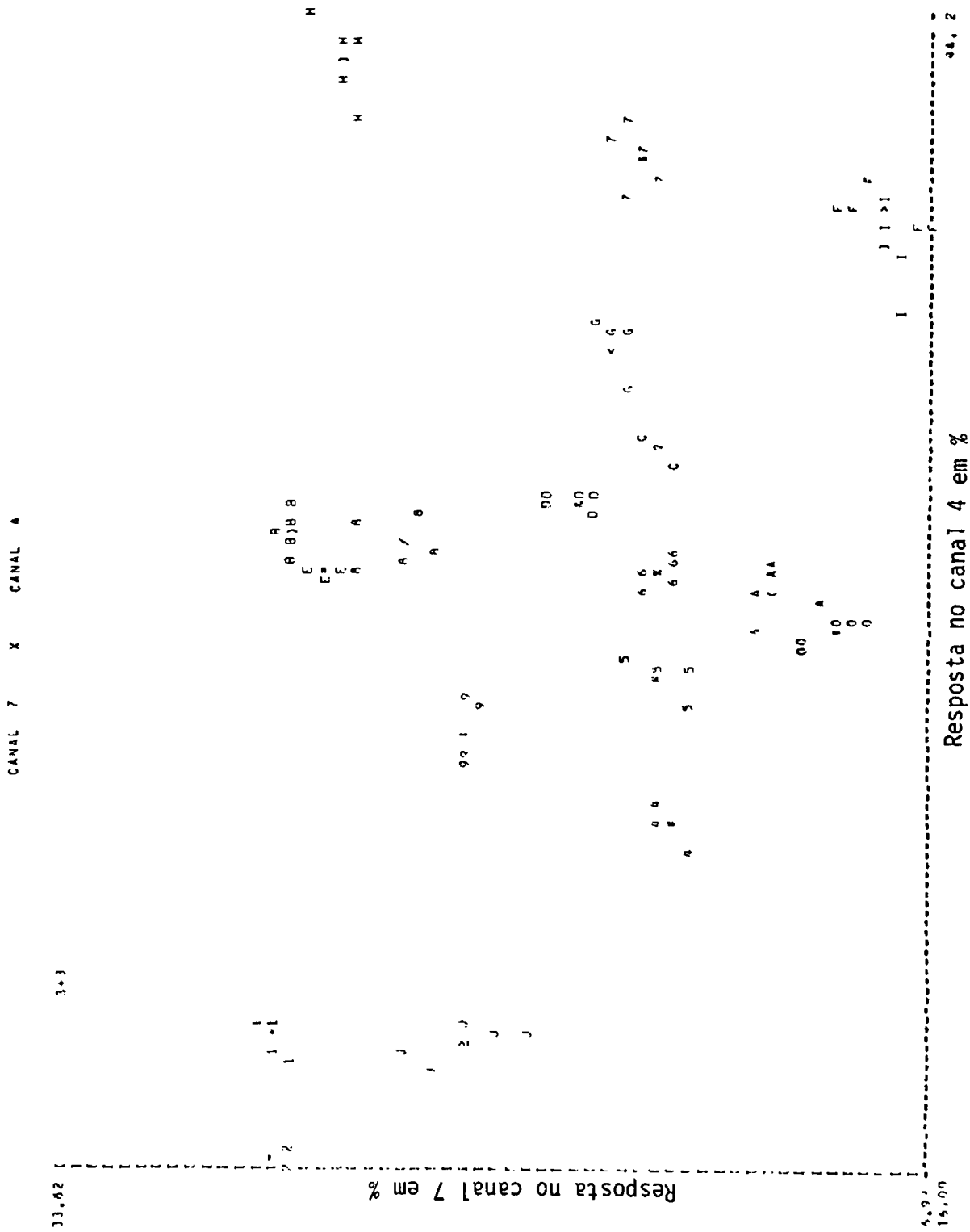


Fig. IV.47 - Gráfico da combinação dos valores médios de tonalidades obtidos nos canais 7 e 4 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados

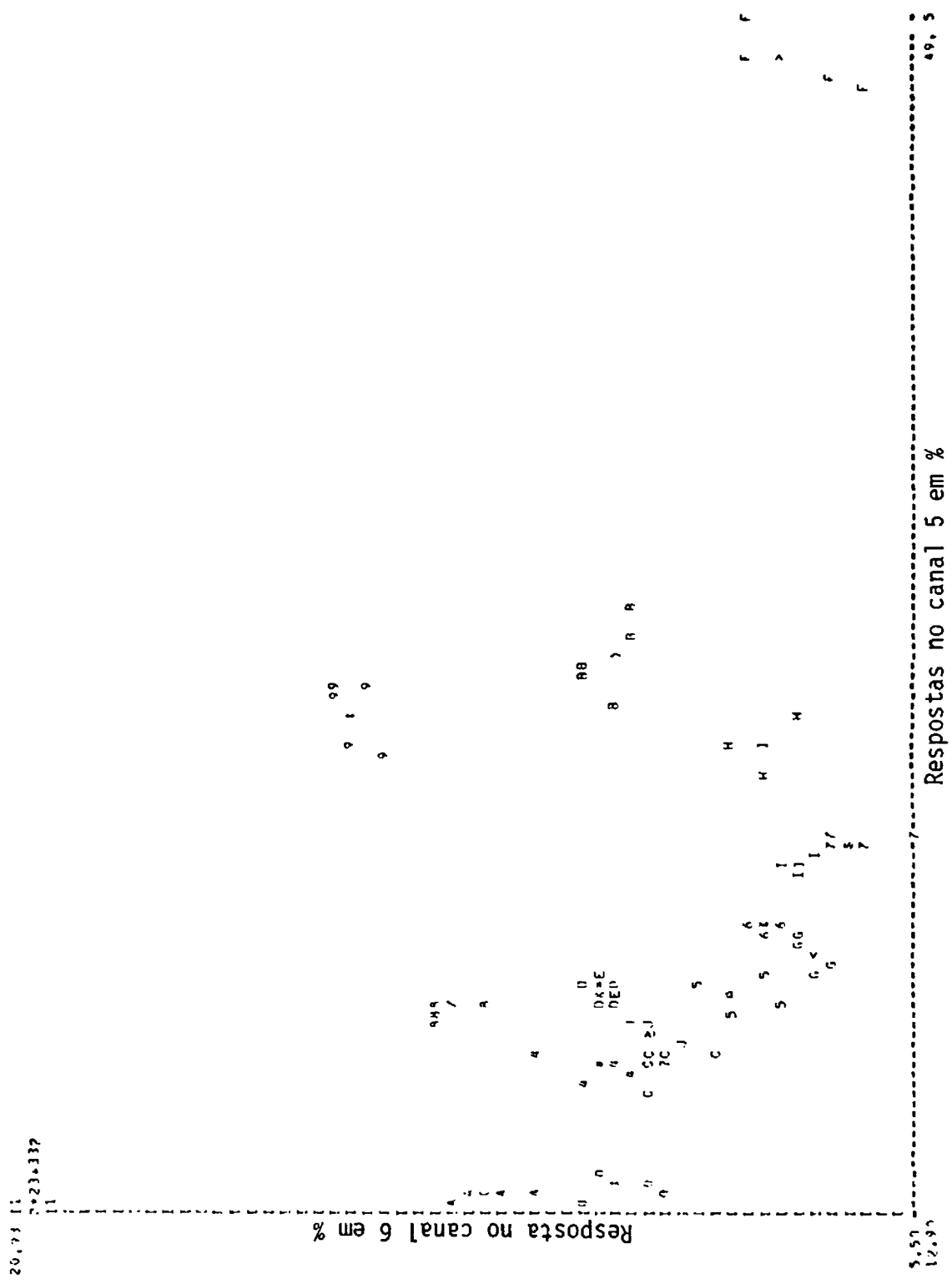


Fig. IV.48 - Gráfico da combinação dos valores médios de tonalidades obtidas nos canais 6 e 5 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados

CANAL 7 X CANAL 5

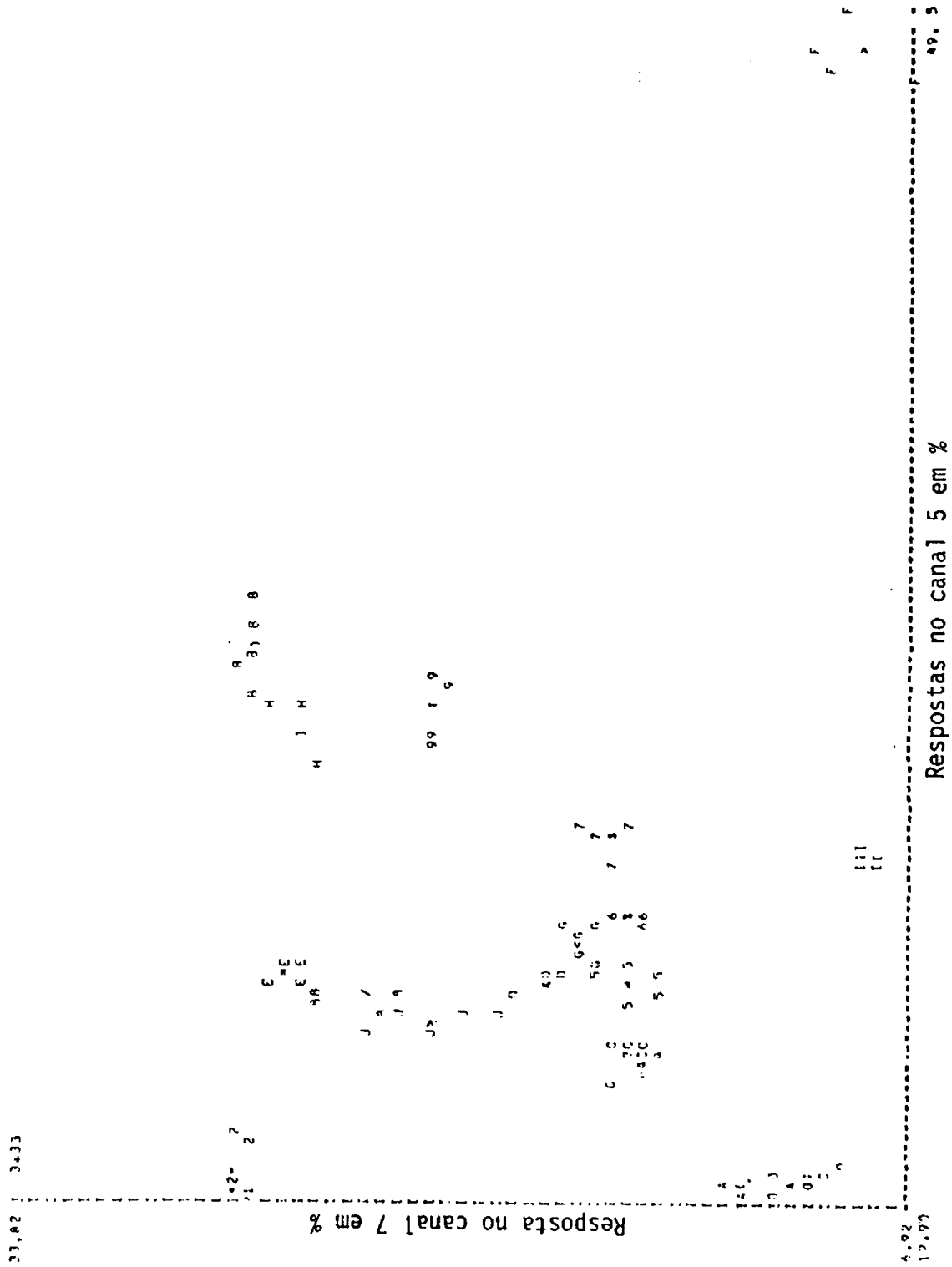


Fig. IV. 49 - Gráfico da combinação dos valores médios de tonalidade obtidos nos canais 7 e 5 do MSS, relativos aos 20 (vinte) campos de treinamento selecionados



TABELA IV.40

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELOS CAMPOS  
DE TREINAMENTO I, II, E III, NAS TRANSPARÊNCIAS POSITIVAS  
DO MSS

<u>CANAL</u> Nº DE CAMPO	4	5	6	7
I	19,35	13,34	5,84	13,66
II	16,41	13,95	5,96	13,87
III	20,59	14,39	5,89	7,08

O baixo valor atribuído ao campo de treinamento nº III na trans<sub>par</sub>ência positiva relativa ao canal 7 do MSS, pode ser devido à presença nesta área de solos hidromórficos e aluviais (segundo o mapa de solos do Mi<sub>n</sub>istério da Agricultura (1960)), cuja umidade, explicaria a alta absorção da radiação infravermelha, o que acarretaria na sua menor reflectância.

Sendo valida esta suposiao pode-se considerar os campos I e II, como tendo respostas espectrais características para esse solo nessa região. Assim a média aritmética dos valores relativos a estes campos, pode representá-los. Desta forma o Latossolo Roxo apresenta nas imagens orbitais do LANDSAT-1, as características quantitativas de tonalidade indicadas na Tabela IV.41.

TABELA IV.41

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELO LATOS-  
SOLO ROXO NA ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO-SP, NAS TRANSPAREN-  
CIAS POSITIVAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	17,88	15,00	21,00	1,72
5	13,64	11,40	16,40	1,42
6	5,90	4,20	7,40	0,54
7	13,76	11,50	16,00	0,94

2 - O Regossol, constituído pelos campos de treinamento nº IV, V e VI, não se apresenta tão bem caracterizado como o solo anterior. Apesar deles apresentarem um certo relacionamento (Figura IV.45 a IV.50), as respostas do campo de treinamento nº IV, principalmente, não se apresentam muito homogêneas quando comparadas com as dos outros dois campos. Isto pode ser observado também, na Tabela IV.42, que apresenta os seus valores médios.

TABELA IV.42  
CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELOS CAMPOS  
DE TREINAMENTO IV, V E VI, NAS TRANSPARÊNCIAS POSITIVAS  
DO MSS

CANAL Nº DE CAMPO	4	5	6	7
IV	24,57	17,52	15,57	25,99
V	28,23	19,80	18,01	25,76
VI	30,76	21,73	18,54	26,64



Considerando apenas os campos de treinamento nº V e VI como representativos desse tipo de solo, as médias das características destes campos podem ser utilizadas para caracterizar o Regossol, como mostra a Tabela IV.43.

TABELA IV.43  
CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELO REGOSSOL  
NA ÁREA DE RIBEIRÃO PRETO - SP NAS TRANSPARÊNCIAS POSITI  
VAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	29,49	25,10	33,5	3,67
5	20,76	18,0	23,80	2,03
6	18,27	15,30	21,10	1,71
7	25,70	21,80	28,90	2,40

Pela análise das Figuras IV.45 a IV.50, a melhor combinação de canais para a caracterização desse solo é a que reúne as imagens fotográficas do canal 7 e do canal 4.

3 - Os campos de treinamento nº VII, VIII e IX, foram escolhidos para representar o Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa. Não foi possível agrupar os valores de tonalidade destes campos de treinamento porque nenhuma combinação de canais foi satisfatória. Os valores relativos a cada campo diferiram muito um dos outros, sendo que os resultados do campo nº IX, apresentaram-se bem isolados de todos os demais observados, em quase todas as combinações de canais. Na Tabela IV.44 estão apresentados os valores médios correspondentes a cada campo:

TABELA IV.44  
CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELOS CAMPOS  
DE TREINAMENTO VII, VIII E IX, NAS TRANSPARÊNCIAS POSI  
TIVAS DO MSS

<u>CANAL</u> <u>Nº DE</u> <u>CAMPO</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
<u>VII</u>	<u>40,96</u>	<u>24,18</u>	<u>19,92</u>	<u>24,88</u>
<u>VIII</u>	<u>31,43</u>	<u>19,28</u>	<u>13,03</u>	<u>17,54</u>
<u>IX</u>	<u>26,73</u>	<u>28,33</u>	<u>11,44</u>	<u>19,81</u>

Trabalhos intensivos de verdade terrestre poderiam explicar o motivo destas variações, permitindo também a escolha de campos de treinamento mais representativos para este solo.

4 - No Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, foram selecionados os campos de treinamento nº X, XI e XII. A observação das Figuras IV.45 a IV.50 de combinação de canais, permitiu agrupar os resultados relativos aos campos X e XI, sendo que o XII não mostrou uma boa relação com os outros dois, principalmente nos canais 5 e 7 como indica a Tabela IV.45.

TABELA IV.45  
CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELOS  
CAMPOS DE TREINAMENTO X, XI E XII, NAS TRANSPARÊNCIAS  
POSITIVAS DO MSS

<u>CANAL</u> <u>Nº DE</u> <u>CAMPO</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
<u>X</u>	29,37	13,82	16,01	31,00
<u>XI</u>	30,25	13,64	13,71	29,09
<u>XII</u>	31,70	29,93	15,79	13,98

Considerando os resultados relativos aos campos X e XI co  
mo representativos desse solo, o mesmo pode ser caracterizado pelos valo  
res médios desses dois campos, como mostra a Tabela IV.46.

TABELA IV.46

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELO  
LATOSSOLO VERMELHO ESCURO FASE ARENOSA NA ÁREA  
DE RIBEIRÃO PRETO - SP, NAS TRANSPARÊNCIAS PO-  
SITIVAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	29,81	26,40	33,90	2,46
5	13,73	11,30	16,50	1,66
6	14,86	11,50	18,50	2,44
7	30,04	26,00	33,70	3,09

A melhor combinação de canais para identificação deste solo,  
considerando a validade do parágrafo anterior, é aquela que reúne as ima  
gens fotográficas dos canais 7 e 5.

5 - Para a caracterização dos solos Podzólicos de Lins e Marília, de acordo com as suas tonalidades aparentes nas imagens fotográficas do MSS, foram selecionadas os campos de treinamento XV, XVIII, e XIX. Pela análise dos gráficos das combinações de canais, não foi possível encontrar nenhuma relação entre estes campos, que auxiliasse a caracterização desse solo. Isto pode ser observado na Tabela IV.47.

TABELA IV.47

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELOS  
CAMPOS DE TREINAMENTO XV, XVIII, E XIX, NAS TRANS  
PARÊNCIAS POSITIVAS DO MSS

CANAL Nº DE CAMPO	CANAL			
	4	5	6	7
XV	30,71	20,07	15,75	15,22
XVIII	43,26	27,28	18,62	15,76
XIX	38,68	23,59	19,27	32,62

6 - Para os campos de treinamento números XIII, XIV, XVI e XVII não foi possível através do mapa de solos da região e nem com os dados de verdade terrestre, estabelecer com certeza o solo, ou solos que podem ser encontrados nos mesmos. Com o objetivo de caracterizar os solos destes campos através dos seus valores de tonalidade medidas nas transparências positivas do MSS, estas áreas foram estudadas isoladamente.

a) O campo de treinamento XIII, apresentou as características de tonalidades indicadas na Tabela IV.48.

TABELA IV.48

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADES APRESENTADAS PELO CAMPO DE TREINAMENTO -  
XIII, NAS TRANSPARÊNCIAS POSITIVAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	33,74	30,60	37,00	2,00
5	17,58	13,60	21,60	3,47
6	16,83	14,00	19,60	1,58
7	25,61	21,80	29,00	2,54

Comparando essas características com aquelas apresentadas pelo Latossolo Roxo, que, como mostrado na Tabela III.11, pode ocorrer dentro deste campo de treinamento, verifica-se um grande aumento nos valores de tonalidades, portanto este solo não deve ocorrer nesta área. Devido à impossibilidade de se estabelecer valores médios característicos para o Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, que também pode ser encontrado nesta área, não é possível inferir precisamente a sua presença na mesma. No entanto, da comparação dos valores obtidos para o campo de treinamento com os atribuídos para este solo é possível observar alguma correlação entre esses valores o que induz a supor que esta área pode ser ocupada pelo Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa.

b) A Tabela IV.49, mostra os valores obtidos para o campo de treinamento XIV.

Pelo mapa de solos da região, podem ocorrer nesta área o Latossolo Roxo ou o Regossol em transição com outros solos (RPV/RLV). Comparando esses valores, com os característicos do Latossolo Roxo, verifica-se uma grande diferença. Assim, os valores deste campo, foram comparados com aqueles considerados como característicos para o Regossol, constatando-se uma grande semelhança no canal 7, valores um pouco inferiores nos canais 5 e 6, e valor mais alto do que o do Regossol no canal 4. Apesar dessas semelhanças, a análise das figuras de combinações de respostas espectrais, mostrou comportamento bem diferente para os seus respectivos campos

de treinamento.

TABELA IV.49

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELO CAMPO DE  
TREINAMENTO XIV, NAS TRANSPARÊNCIAS POSITIVAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	35,51	29,40	35,00	2,40
5	19,77	15,60	22,80	2,36
6	15,67	11,60	19,40	2,56
7	23,00	19,60	26,40	2,37

c) No campo XVI, pela observação do mapa de solos da região, pode ser encontrado o Regossol ou o Latossolo Roxo, ou ambos. Na Tabela IV.50 estão apresentados os valores médios de tonalidades obtidos para este campo.



TABELA IV.50  
CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELO  
CAMPO DE TREINAMENTO XVI, NAS TRANSPARÊNCIAS PO  
SITIVAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	39,70	35,60	43,60	3,29
5	48,43	39,00	54,00	10,50
6	18,91	14,40	23,20	3,53
7	32,34	26,00	37,20	5,65

A comparação desses resultados com aqueles apresentados pelo Latossolo Roxo e Regossol, revela uma grande discrepância, sendo que os mesmos apresentam valores relativos de tonalidade bem superiores aos dos outros campos de treinamento analisados. Nada é possível afirmar quanto ao solo que pode ser encontrado nesta área a partir dos mesmos. De acordo com a experiência de campo e de Laboratório, é de se esperar nesta área a ocorrência de um solo bastante arenoso.

d) Situação semelhante às anteriores foi encontrado no campo de treinamento XVII, que pode corresponder ao Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa ou o Regossol (de acordo com o mapa de solo da região). Os valores relativos de tonalidades obtidos para este campo estão apresentados na Tabela IV.51

TABELA IV.51

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELO CAMPO DE TREINAMENTO XVII NAS TRANSPARÊNCIAS POSITIVAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	36,28	31,60	39,80	3,39
5	21,09	17,60	24,80	2,42
6	19,23	16,20	22,20	1,84
7	24,24	20,00	26,80	2,26

O mesmo procedimento anterior foi empregado, sendo observado que os resultados apresentam maior semelhança com aqueles obtidos para o Regossol, porém não pode ser também deixado de observar uma

semelhança com os resultados obtidos para o Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa. Isto conduz à suposição de que estes dois solos apresentam características de tonalidade semelhantes, devido talvez a textura arenosa apresentada por ambos.

7 - O solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras, representado pelo campo de treinamento XX, foi razoavelmente caracterizado, pela análise das figuras de combinação de respostas espectrais. A Tabela IV.52, apresenta seus valores médios relativos.

TABELA IV.52

CARACTERÍSTICAS DE TONALIDADE APRESENTADAS PELO CAMPO DE TREINAMENTO XX, NAS TRANSPARÊNCIAS POSITIVAS DO MSS

CANAL	MÉDIA	LIM. INF.	LIM. SUP.	VARIÂNCIA
4	19,22	16,00	22,40	1,82
5	18,56	14,60	22,40	2,56
6	16,61	13,20	20,00	2,51
7	19,62	16,60	22,60	2,08

A comparação desses resultados, com os já apresentados permitiu observar a individualidade deste campo de treinamento. Tendo em vista, que foi utilizado apenas um campo de treinamento para este solo, não é aconselhável generalizar estes resultados como representativos do solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

#### 4.8.2 - TONALIDADE/PROPRIEDADES ESPECTRAIS DE SOLOS

Considerando que, com os resultados obtidos só foi possível caracterizar os tres grupos de solos:

- a) Latossolo Roxo;
- b) Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa;
- c) Regossol.

procurou-se mostrar na Figura IV.51 uma representação do comportamento desses tres solos baseados nas características apresentadas pelos mesmos nos quatro canais do MSS, como mostrado nas Tabelas IV.36 a IV.39, já mencionadas, supondo que a distribuição dos valores de tonalidades obedecem à distribuição normal.

Como pode ser observado, esta figura fornece idéia clara do comportamento espectral desses três solos nas transparências positivas do MSS. Convém mencionar que quanto mais altos forem os valores relativos de tonalidade, mais claros aparecerão os solos nas transparências positivas e conseqüentemente, quanto mais baixos esses valores, mais escuros

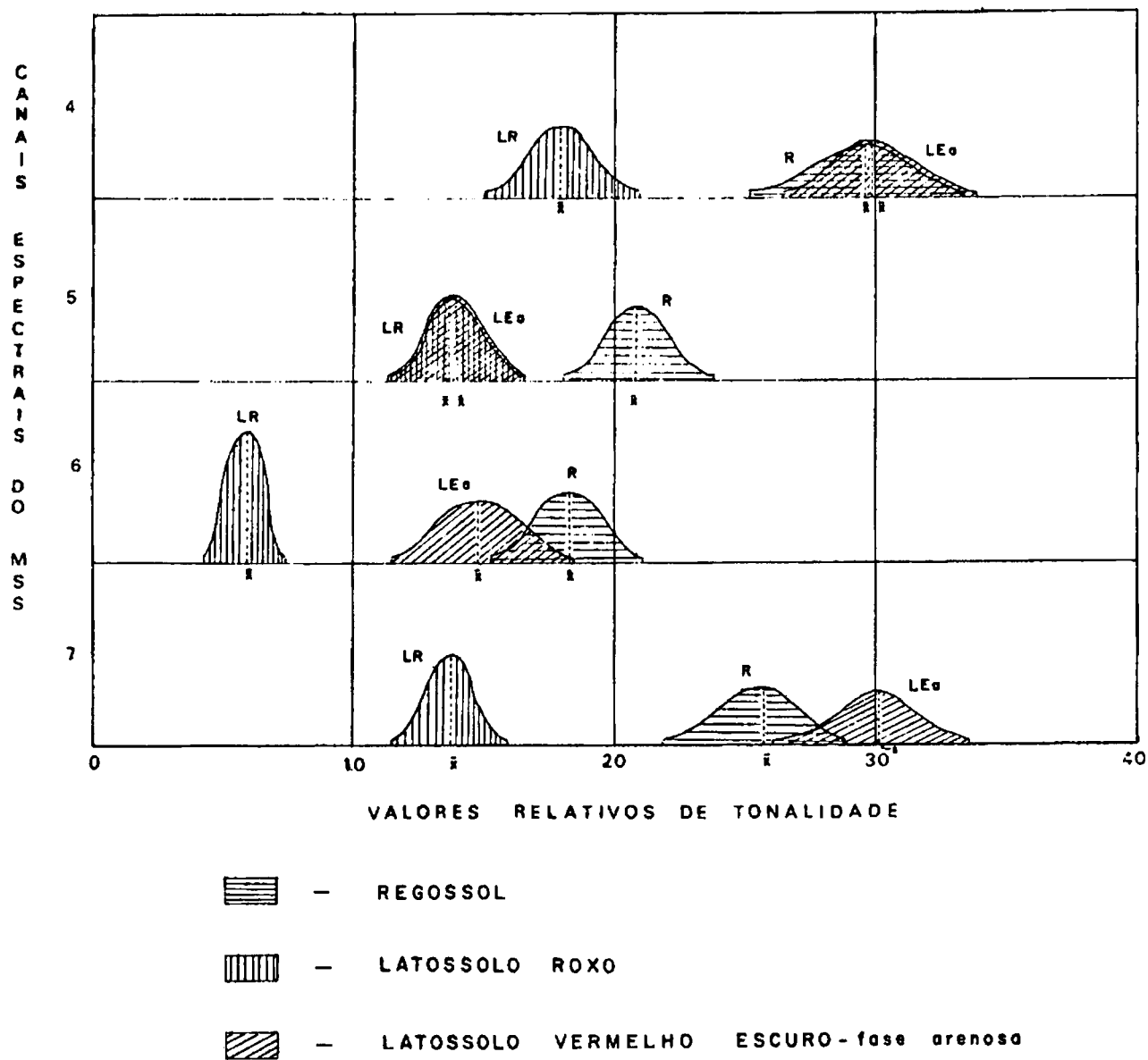


Fig. IV.51 - Representação Gráfica dos resultados relativos de tonalidade de de tres grupos de solos nas transparências positivas do MSS

aparecerão estes solos.

A observação desta figura permite uma extrapolação direta desses valores para a interpretação visual das imagens orbitais do LANDSAT-1, sendo que a utilização de fitas digitalizadas permitiria uma interpretação mais rápida e precisa das imagens orbitais com vistas ao levantamento de solos.

Estes resultados concordam com as observações de Cipra e outros (1972), Cipra (1973) Matheus e outros (1973), Elbersen (1973), Parks & Bodenheimer (1973), e Westin & Myers (1973).

Concorda-se plenamente com Hoffer e Anuta (1972), quando eles afirmam que a tonalidade é um dos fatores mais significantes usado na interpretação de imagens de satélite. Esta afirmação está apoiada na observação das características apresentadas pelo sistema LANDSAT-1, que elimina quase todas as limitações apresentadas por Ray (1963), Ricci & Petri (1967), Averbeck & Santos (1969) e Amaral & Audi (1972), para o uso desta característica na imagem fotográfica.

A análise dos resultados obtidos, permitiu concordar com Obukhov e Orlov; citados por Myers & Allen (1968), de que os solos possuem reflectividade espectral característica relativa a sua cor, e ainda que a região do vermelho (canal 6) e infravermelho próximo (canal 7), do

espectro eletromagnético são as mais favoráveis para as caracterizações qualitativas e quantitativas dos mesmos.

A influência da cor do solo se faz notar principalmente na transparência positiva do canal 5 do MSS, concordando em parte com a afirmação feita por Crown & Pawluk (1974). Na região do infravermelho, as características de textura dos solos, parecem influenciar a sua resposta na imagem orbital.

Este resultado foi obtido comparando-se as respostas apresentadas pelo Latossolo Roxo (solo argiloso) e o Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, que apresentam praticamente a mesma coloração e estrutura bem semelhante, no entanto, mostram respostas bem diferentes, na região do infravermelho como pode ser observado na Figura IV.51. Baseando-se nestes resultados preliminares, discorda-se de Ordov, citado por Myers & Allen (1968), de que a influência da estrutura do solo na reflectância é maior do que a da textura, concordando portanto com Bolonogava e outros citados por Ordov.

A técnica de análise dos níveis de cinza apresentados nas imagens multiespectrais do LANDSAT-1 mostrou-se útil também para o mapeamento de cobertura vegetal e do uso da terra, por Hoffer e outros (1972), Horton & Heilman (1973) e Weiss e outros (1973), o que visualmente também foi verificado neste trabalho.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO



## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES

Considerando-se os resultados obtidos com o estudo do balanço hídrico para as áreas em estudo, os resultados das interpretações das imagens orbitais para os elementos normalmente utilizados na caracterização de diferentes grupos de solos como o Uso da Terra, Drenagem, Relevo, Vegetação Natural, bem como, as medidas espectrais no campo e laboratório, chegou-se às seguintes conclusões:

. O balanço hídrico normal serviu para a escolha da época adequada para a realização da missão de campo e para a seleção de imagens;

. Para esclarecer as modificações aparentes nas imagens de épocas diferentes, provocadas por mudanças sazonais da vegetação em função da disponibilidade de água no solo, o balanço hídrico anual realizado para o ano relativo ao da obtenção das imagens mostrou-se de grande utilidade;

. O estudo de imagens relativas a um período de seca e a um período chuvoso, permite afirmar que a utilização de imagens em diferentes épocas do ano é um recurso que não deve ser dispensado para a observação, principalmente, da vegetação natural e uso da terra;

. Todos os elementos analisados a partir das imagens, ou seja, vegetação natural, uso da terra, relevo, rede de drenagem e medidas de tonalide, mostraram-se úteis na caracterização dos solos, devendo ser utilizados conjuntamente, sendo que o maior ou menor valor de cada um deles para a interpretação das imagens pode variar de uma região para outra;

. Para o estudo das tonalidades relativas às diferentes respostas espectrais dos solos das regiões estudadas, os canais 6 e 7 mostraram ser mais eficientes. No entanto, a análise deve partir do tratamento dos 4 canais para que se possa determinar a melhor combinação. Os elementos interpretativos, vegetação natural, uso da terra e drenagem foram melhor observados nas imagens relativas aos canais 5 e 7 do MSS, e o relevo ficou mais evidenciado na imagem do canal 6;

. Quanto à escala de trabalho, as imagens na escala de 1:1000000 mostraram um melhor contraste dos elementos interpretativos, porém, a delimitação e o delineamento dos mesmos foram mais eficientes com a utilização de imagens na escala de 1:500000. O uso simultâneo destas duas escalas melhorou a qualidade das interpretações;

. As imagens colorida e infravermelho colorido do SKYLAB e as composições coloridas e falsa-cor dos diapositivos do MSS, mostraram-se eficientes para a caracterização da vegetação natural e o uso da terra

. A análise dos resultados obtidos através do estudo dos elementos, mostrou que a vegetação natural e o uso da terra são elementos que devem ser utilizados com relativa cautela, para a caracterização de grupo de solos;

. Para a área de Dourados/Amambaí-MT., as imagens relativas à época chuvosa, foram as que mostraram melhor caracterização dos diferentes tipos de vegetação;

. A área de Dourados/Amambaí-MT., apresentou grandes áreas homogêneas de vegetação natural, revelando relativamente pouca atividade humana. Situação oposta foi verificada na área de Ribeirão Preto-SP. O estudo da vegetação natural para área de Dourados/Amambaí possibilitou associar o Latossolo Roxo eutrófico à vegetação natural Mata-Cerradão e ao Latossolo Roxo distrófico, na sua grande maioria, a vegetação tipo campo cerrado. Para a área de Ribeirão Preto, foi também associada a vegetação tipo Mata Cerradão ao solo do grupo Latossolo Roxo, o qual pode ser inferido como eutrófico, face ao padrão de vegetação apresentar-se semelhante ao da área de Dourados/Amambaí. Ainda na área de Ribeirão Preto, outros grupos de solos com excessão do Latossolo Roxo, estão associados ao tipo de vegetação campo-cerrado;

. Pela interpretação das imagens orbitais, quanto ao elemento uso da terra, foi possível caracterizar áreas de reflorestamento, áreas ur

banas, áreas de exploração agropecuária e a vegetação natural a qual foi classificada em Mata de Galeria, Mata-Cerradão, Cerrado e Campo-Cerrado. Não foi possível separar com bastante precisão e com o trabalho de campo, as áreas ocupadas pela vegetação do tipo mata natural das do tipo cerradão. O mesmo pode ser afirmado com relação as áreas ocupadas pela vegetação tipo campo limpo e campo cerrado propriamente dito;

. De uma maneira geral, nas duas áreas em estudo, associou-se às regiões de intensa atividade agrícola, os solos de alto potencial à exploração agrícola, e, as regiões de pouca atividade humana, associou-se os solos de menor aptidão agrícola.

. A interpretação das imagens orbitais do LANDSAT-1, permitiram a separação de três classes de relevo: (1) plano a suavemente ondulado. (2) ondulado a fortemente ondulado e (3) montanhoso. Verificou-se que o tamanho dos campos de cultivo, a angularidade e densidade da rede de drenagem, ofereceram meios para a caracterização do relevo de uma região. Ao relevo mais acidentado, estão associados campos de cultivo menores e rede de drenagem com maiores angularidades e densidades, e vice-versa;

. Foi possível fazer associações entre o solo e o relevo. Desta forma, pode-se observar que nas duas áreas estudadas, os solos podzolizados e Litossolos, foram associados com o relevo ondulado a fortemente ondulado e o montanhoso, e ao relevo plano a suavemente ondulado, os Latossolos, solos

aluviais e hidromórficos;

.No delineamento da rede de drenagem das duas regiões através das imagens orbitais, verificou-se que os rios principais, as lagoas e as áreas sujeitas à inundação foram melhor observadas nas imagens relativas ao canal 7 do MSS, e os tributários menores e canais de erosão evidenciaram-se melhor na imagem do canal 5 do MSS. Os resultados das análises qualitativa e quantitativa das redes de drenagem estudadas, permitiram concluir que de ntre as características qualitativas observadas, a classificação do padrão de acordo com o tipo ou modelo é a mais importante, e dentre as características quantitativas analisadas o valor da frequência de rios determinada em amostras circulares, é suficiente para a caracterização de grupos de so los;

. O estudo da rede de drenagem forneceu indícios significantes pa ra a caracterização de alguns grupos de solos na área de Ribeirão Preto-SP. O mesmo não ocorreu com tanta evidência para a área de Dourados/Amambaí-MT. Porém, para as duas áreas estudadas, o padrão de drenagem do tipo pa ralelo ou pa ralelo modificado, caracterizou os solos submetidos ao processo de La tossolização, e o padrão dendrítico ou dendritico modificado, caracterizou os solos submetidos ao processo de podzolização;

. Os resultados das medidas espectrais do solo no campo e no labo ratório, mostraram que os solos analisados possuem respostas espectrais ca racterísticas;

racterísticas que podem ser utilizadas para a sua operação. Verificou-se que os solos arenosos, apresentam valores de resposta espectral maiores do que os solos argilosos, nas duas situações acima mencionadas;

. Este mesmo aspecto apresentado pelos solos arenosos e argilosos, foi observado também, ao se analisar os valores de tonalidade relativa, obtidas em transparências positivas dos quatro canais do MSS (LANDSAT 1). A quantificação da tonalidade apresentada pelos solos nessas transparências, possibilitou a caracterização preliminar do Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e o Regossol; e

. Ao usuário interessado em utilizar as imagens orbitais obtidas por intermédio do satélite LANDSAT, é conveniente um conhecimento preliminar das características peculiares as mesmas, o que poderá ser alcançado através de um estudo objetivo das principais técnicas de Sensoriamento Remoto;

Para o desenvolvimento das atividades de Levantamento dos Recursos Naturais deverão ser utilizados todos os recursos disponíveis, envolvendo entre outros, imagens orbitais do SKYLAB, composições coloridas do LANDSAT, transparências preto e branco e coloridas, cópias coloridas em papel para diferentes escalas, fitas CCT (LANDSAT) e fotografias aéreas (quando necessário);

Além desses recursos, deverão ser utilizadas todas as informações disponíveis sobre as áreas a serem estudadas, tanto através de bibliografia, informações coletadas no campo e a própria experiência anterior dos membros da equipe de interpretação na área. Estes conhecimentos permitirão estabelecer mais criteriosamente os elementos de maior relevância para os trabalhos de interpretação das imagens.

A utilização máxima de todos esses recursos, permitirá uma maior precisão das interpretações e um melhor rendimento das atividades desenvolvidas.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO



AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Diretor do Instituto de Pesquisas Espaciais, Dr. Fernando de Mendonça por ter permitido a realização deste trabalho.

Aos Engenheiros Agrônomos Orlando Bartocci (Diretor da Divisão Regional Agrícola de Ribeirão Preto) e Mário Quiarini, pelo apoio prestado na realização dos trabalhos de campo.

Ao Orientador Engenheiro Agrônomo M.S. Antônio Tebaldi Tardin pela orientação e colaboração.

Ao Engenheiro Florestal Yosio Edemir Shimabukuro pelo apoio prestado na elaboração dos programas de computador, utilizados no processamento dos dados obtidos.

Ao Engenheiro Agrônomo M.S. Carlos Vicente Barbieri Palestino pelo incentivo e sugestões apresentadas.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, A.Z. & AUDI, R. Fotopedologia, In: MONIZ, A.C. *Elementos de Pedologia*, São Paulo, Polígono, Editora da USP, 1972. Cap. 35, p. 429-442
- AVERBECK, H. & SANTOS, R.D. *Manual de Fotointerpretação para Solos* (1a. aproximação). Rio de Janeiro - Ministério da Agricultura, 1969.
- BOWER, S.A. & HANKES, R.J. *Reflection of Radiant Energy from Soils*. 1965. p. 130-138 (Soil Science, 100).
- BROWN, D; GAMBLE, J; PRESTIN, S; TRIPPLER, D. ERTS-1 Applications to Mine sota Land use Mapping. In: NASA *Symposium on significant results obtained from earth resources technology satellite-1*, New Carrollton, 1973, V.1, Sec. B, p. 991-998 (Paper L14).
- BUCKMAN, H. O. & BRADY, N.C. *Natureza e Propriedades dos Solos* 2. ed. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, 1968.
- BURGOS, J.J. & VIDAL, A.L. *Los Climas de la Republica Argentina segun la nueva classificacion de Thorntwaite*. Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, 1951 (Serie Agrometeorologica, 3).
- BURING, P. The Applications of aerial photografs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of Photographic Interpretation* Washington, cap. 11, p. 633-666, 1960.
- CAMARGO, A.P. *Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo*. Tese de doutoramento. Piracicaba, 1961, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da USP.

- CARROLL, D.M. Remote sensing techniques and their applications to soil science. *Soil & Fertilizers*. 36(7): 259-266, Jul. 1973.
- CIPRA, J.E; BAUM GARDNER, M.F; STONER, E.R; MACDONALD, R. B. Measuring radiance characteristics of soil with a field spectroradiometer. *Soil Science Society of America Proceedings*, 35 (6): 1.014-1.017, Nov. Dec. 1971.
- CIPRA, J.E; SWAIN, P.H; GILL, J.H; BAUMGARDER, M.F. KRISTOF, S.J. Definition of spectrally separable classes for soil survey. In: *PROCEEDINGS of eighth international symposium on remote sensing of environment*. Ann Arbor, University of Michigan, 1972 p. 765-770.
- CIPRA, J.E. Mapping soil associations using ERTS MSS data. In: *CONFERENCE on Machine Processing of Remotely for Applications of Remote Sensing*. Purdue University, W. Lafayette, 1973.
- CROWN, P. H. & PAWLUK, S. Spectral signatures from selected soils in the Edmonton Vegreville Area. In: *SECOND Canadian symposium on remote sensing*. Guelph, S.L. 1974 Vol. II p. 449-462.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, *Balanco Hídrico do Brasil*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1972.
- . *Boletim Agroclimatológico*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Fev. Dez., 1973.
- DUNBAR, R.A. Problems of interpretation in tropical regions. In: LUEDER, D.R. *Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications*. New York, McGraw Hill, 1959, p. 426-427.

- ELBERSEN, G.W.W. Interpretation of ERTS images of a Savanna area in Eastern Colombia. In: NASA *Symposium on significant results obtained from ERTS-1*. Maryland, 1973, V.I., Sec. A.p. 105-120.
- ENGELN, O.D. *Geomorphology: Systematical and Regional*. New York, McMillan, 1942.
- ESTES, J.E. THAMAN, R.R.; SENGGER, L.W. Application of ERTS-1 satellite imagery for land use mapping and resources inventories in the Central Coastal Region of California. In: NASA. *Third earth resources technology satellite symposium*, New Carrollton, Dec. 1973 V.1, Sec. A p. 457-490.
- EYRE, S.P. *Vegetation and Soils - A World Picture*, 21. ed. London, Edward Arnold, 1968.
- FADEL, H. *Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de tres séries de solos da Fazenda Ipanema, município de Araçoiaba da Serra (SP)* Tese de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), 1972.
- FRANÇA, G.V. *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de Doutorado, Piracicaba, ESALQ, 1968.
- FRAZEE, C.J.; MYERS, V.I; WESTIN, F.C. Remote sensing for detection of soil limitations in agricultural areas. In: *PROCEEDINGS of the seventh international symposium on remote sensing of environment*. South Dakota; South Dakota University Brookings, 1971. V.1 p. 327-344.

- GENERAL ELECTRIC COMPANY *Image 100 interactive multispectral image analysis system.* Daytona, 1974 (Proposal nº 717001M)
- GEVAERD, I. *Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região Nordeste Paranaense.* Tese de Mestrado Piracicaba, ESALQ, 1974.
- HILWIG, F.W.; GOOSEN, D; KATSIERIS, D. Preliminary results of the interpretation of ERTS-1 imagery for soil surveys in the merida region Spain. *The ITC Journal*, 3: 289-312, 1974.
- HOFFER, R.M. & JOHANNSEN, C.J. Ecological potentials in spectral signature analysis. In: JOHNSON, P.L. *Remote Sensing in Ecological.* Athews University of Georgia Press. 1969, p. 1-16.
- HOFFER, R.M; ANUTA, P.E; PHILLIPS, T.L. ADP, multiband and multiemulsion digitized photos. Laboratory for applications of remote sensing. *Photogrammetric Engineering*. 38 (10): 989-1001 - Oct. 1971.
- HORTON, M.L. & HEILMAN, J.L. *Crop Identification Using ERTS Imagery.* In: NASA. *Symposium on significant results obtained form the earth resources technology satellite.* New Carrollton, Mar. 1973. V.1, Sec.A, p. 27-34.
- HORTON, R.E. Erosonial development of streams and their drainage basins: Hidrophysical approach to quantitative morphology. *Boletin Geologic Society American.* 56: 275-370, 1945.
- HOWARD, A.D. *Drainage analysis in geologic interpretations: A Sumation* Stanford, S.ed., 1967.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF) Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. *Boletim Técnico da Secretaria da Agricultura* 11: 1-53, Ago. 1974.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) *Carta do Brasil, Escala 1:50.000.* Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, 1973.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) *Carta do Brasil ao Milionésimo.* Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, 1971.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) Projeto SERE. *Seminário de Sensoriamento remoto IBGE/INPE.* São José dos Campos, Jan. 1975. (LAFE-586-RI/275).
- JOYCE, A.T. Land use and mapping. In: NASA *Third earth resources technology symposium.* Washington, 1973 V.II, p. 136-146.
- KUMAR, R. *Radiation from plants - reflection and emission: a review.* Lafayette, Purdue University, Feb. 1972.
- LAUER, D.T. & THORLEY, G.A. *Quantitative analysis of multiband photography. Presented at the 37 th Annual Convention of the American Society of Photogrammetry.* Washington, American Society of Photogrammetry, 1971.
- LEÃO, S.R.F. *Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidas em dois solos do Distrito Federal.* Dissertação. Piracicaba, ESALQ, 1972.
- LOBECK, A.K. *Geomorphology: an introduction to the study of landscapes.* New York, Mc Graw Hill, 1939.

- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation. Principles and applications.* Mc Graw-Hill, New York, 1959.
- MAGNANINI, R.L.C. Bacia Paran  - Uruguai: Mapa Climático. In: *CONDI ES geográficas e aspectos geoecon micos da bacia Paran -Uruguai.* São Paulo 1965, V.1 p. 103-110.
- MARCHETTI, D.A.B. *Fotointerpreta o de atributos de relevo aplicada a solos da região de Piracicaba.* Tese de Doutorado, Piracicaba, ESALQ, 1969.
- MATHEWS, H.L; CUNNINGHAM, R.L; CIPRA, J.E; WEST, T.R. Application of multispectral remote to soil survey research in Southeastern Pennsylvania. *Soil Science Society of America Proceedings.* 37 (1): 88-93, Jan/Fev. 1973.
- MILLER, V.C. & MILLER, C.F. *Photogeology.* New York, Mac Graw-Hill, 1961.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. *Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agron micas.* 12: 1-634, 1960.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Sul do Estado de Mato Grosso. *Boletim Técnico.* 18: 1-839, 1971.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Balanço Hídrico do Brasil.* Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Meteorologia, 1972.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO *Reconhecimento Detalhado e Aptidão dos Solos em  rea Piloto no sul do Estado de Minas Gerais.* Rio de Janeiro, IBC/GERCA - Serviço de Fotointerpreta o, 1972.

- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. *Programa Estratégico de Desenvolvimento, 1968-1970. Estudo Especial-Zoneamento Agrícola e Pecuário do Brasil*, Rio de Janeiro, 1960.
- MONIZ, A.C. *Decomposição de Rochas e Formação de Minerais de Argila*.  
In: ———. *Elementos de Pedologia*, São Paulo, USP, 1972. cap. 25, p. 305-324.
- MORAES, E.M.L. *Análise Morfológica de Bacias Hidrográficas através de imagens do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, Ago. 1975 (728/NTI-026).
- MOWER, M.R.D. The interpretation of Multispectral Imagery: An Analysis of Automated Versus Human Interpretation Techniques, In: *PROCEEDINGS of the eight international Symposium on remote sensing of environment*. Ann Arbor, University of Michigan, Oct. 1971. V.II, p. 789-814.
- MYERS, V.I. & ALLEN, W.A. Electrooptical Remote Sensing Methods as non Destructive testing and measuring Techniques in Agriculture. *Applied Optics*. 7: 1819-1838, 1968.
- NASA. *Data user Handbook - ERTS*. Baltimore, Goddard Space Flight Center, 1972.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry*. Washington, 1970.
- NOSSEIR, M.K., PALESTINO, C.V.B. BATISTA, G.T. *Mapeamento da Vegetação Natural dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (Região Leste do Brasil), através de Imagens MSS do ERTS-1*. São José dos Campos - INPE Fev. 1975.



- OLIVEIRA, J.B. & ROTTA, C.L. Apreciações generalizadas sobre a variação das características químicas das unidades de solos da Estação Experimental de Limeira, S.P., *Bragantia*, 32: 61-92, 1973.
- OLIVEIRA, J.B. Fatores de Formação. In: MONIZ, A.C. *Elementos de Pedologia*. São Paulo, USP, 1972, cap. 23, p. 275-288, 1972.
- PARKS, W.L. & BODENHEIMER, R.E. Delineation of major soil association using ERTS-1 imagery. IN: NASA, *Symposium on significant results obtained from the Earth resources technology satellite-1*. New Carrollton Mar. 1973, V.1 sec. A, p. 121-126.
- PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soil and bedrocks. *Photogrammetric Engineering*, 16: 387-409, 1950.
- PLACE, J.L. Change in land use in the Phoenix (1:250.000) Quadrangle, Arizona between 1970 and 1972; Successful use of a land use classification system. In: NASA *Symposium on significant results obtained from the Earth resources technology satellite-1*. New Carrollton, Mar. 1973, V.1, sec. B. p. 899-906.
- RANZANI, G. & FRANÇA, G.V. *Apontamento de agrotecnia. Centro de Estudos de Solos*. Piracicaba, ESALQ, 1968.
- RANZANI, G. *Manual de Levantamento de Solos*. São Paulo, Editora da USP, 1969.
- RAY, R.G. & FISCHER, W.A. Quantitative photography: a Geological Research Tool. *Photogrammetric Engineering*, 26: 143-160, 1960.

- RAY, R.G. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico.*  
Traduzido por Jesuino Felicíssimo Jr. (U.S. Geological Survey  
Professional paper 373, 1960). São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico,  
1963.
- RICCI, M. & PETRI, S. *Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica.*  
São Paulo, Editora Nacional, 1965.
- ROURKE, J.D. & AUSTIN, M.E. *Uso de fotografias aéreas para a classificação  
de solos e mapeamento no campo.* (Departamento de Agricultura nos Estados  
Unidos) Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969.
- SALAS, F.; PINERA, M; ARISMENDI, A. Photointerpretation of ERTS-A  
multispectral images analysis of vegetation and land use for the Valencia  
Lake Basin Region. In: NASA. *Third earth resources technology  
satellite-1 symposium.* Dec. 1973, New Carrollton, 1973, V.I, Sec. A,  
p. 585-594.
- SCHRUMPT, B.J. *Natural vegetation inventory.* Oregon State University  
Corvallis, 1973 (Paper, A.7).
- SEEVERS, P.M.; LEWIS, D.T.; DREW, J.V. Applications of ERTS-1 imagery in  
mapping and managing soil and range resources in the Sand Hills of  
Nebraska. In: NASA. *Third earth resources technology satellite-1  
symposium.* New Carrollton, Dec. 1973. V.I sec. A, p. 225-232.
- SETZER, L. *Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo.*  
São Paulo, D.E.R., 1946. IX a XI p. 1-127.

- SOIL CONSERVATION SERVICE. *Aerial photo interpretation in classifying and mapping soils.* United States Department of Agriculture, 1966. (Agriculture Handbook, 294).
- SOUZA, M.P.L. *Fotointerpretação das redes de drenagem de tres solos com horizonte B latossólico ocorrentes no Município de Ponta Grossa. PR.* Tese de Mestrado. Piracicaba, ESALQ, 1975.
- STHALER, A.N. Hypometric analysis of erosional topography. *Bulletin Geologic Society American*, 63: 1117-1142, 1952.
- SWAIN, P.H. *Pattern Recognition A Basis for Remote Sensing Data Analysis.* Lafayette. Laboratory for Application of Remote Sensing. S.L. Purdue University, 1972. (LARS Information, 111572).
- THORNTWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.* 38: 55-94, 1948.
- THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. *The water balance Centerton,* New Jersey, S.ed., 1955 (Publications in climatology, V.8, n.1).
- TUELLER, R.T. & LORAIN, G. ERTS-1 evaluations of natural resources management applications in the Great Basin. IN: NASA. *Symposium on significant results obtained from the earth resource technology satellite.* V.1, sec. A - p.77-85, 1973.
- VASQUES FILHO, J. *Critérios morfométricos aplicados à fotointerpretação de redes de drenagem em tres unidades de solos no município de Piracicaba (SP).* Piracicaba, 1972, Tese de Mestrado ESALQ.

WEG, R.F. *Patrones de drenaje*. Centro Interamericano de Fotointerpretación, Bogotá, 1966.

WEISZ, J.P.; RICCIARDI, H.J; VENTURA, G.; SZAKALICKI, O.A.; FERNANDEZ, S; DOMINGUES, O.; CAPANNINI, D.A.; CARVALHO, E.; MARLENKO, N. Cuantificación de datos, de transparencias de tercera generación del ERTS-1, mediante el uso de microdensitómetros. In: CNIE. *Panel Sobre Aplicaciones de la Teledetección de Recursos Naturales Terrestres*. Buenos Aires, 1973. p. 59-60.

WESTIN, F.C. ERTS-1 Imagery: its use in delineating soil associations and as a base map for publishing soils information. In: NASA *Third Earth resources Technology Satellite-1 Symposium*. New Carrollton, Dec. 1973. V.I., sec. A, p. 183-204.

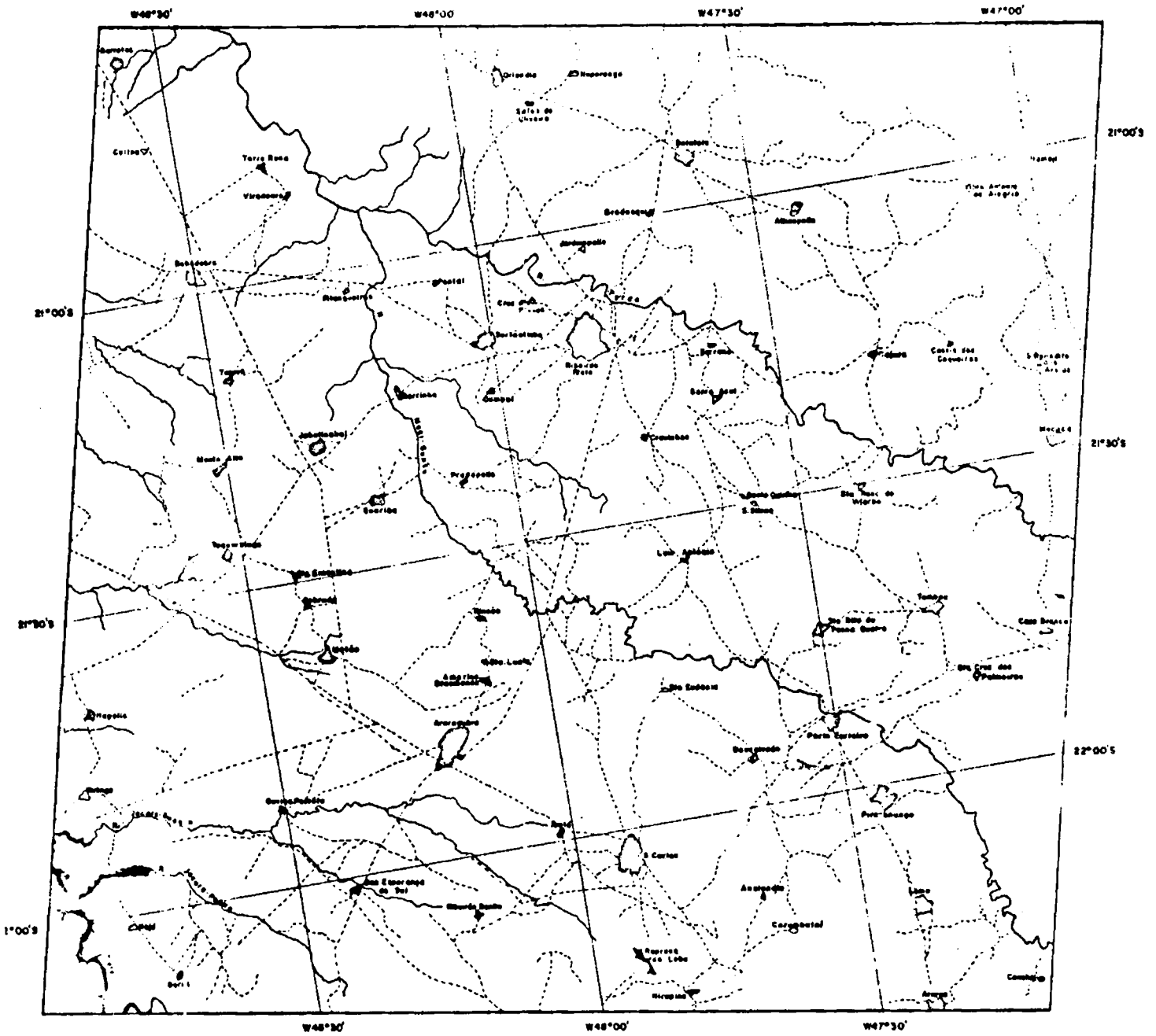
WESTIN, F.C. & MYERS, V.I. Identification of soil associations in Western South Dakota on ERTS-1 imagery. In: NASA *Symposium on significant results obtained from the earth resources technology satellite-1*. New Carrollton, Marc. 1973. V.I, sec. B, p. 965-972.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

## APÊNDICE - A

Esboço da Rede Viária da Área de Ribeirão Preto baseado em Dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.2
Esboço da Rede Viária da Área de Dourados/Amambaí-MT, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.3
Esboço Geológico da Área de Dourados/Amambaí-MT, baseado nos trabalhos de F.F.M. Almeida (1965) e K. Beurlen (1956).....	A.4
Mapa Geológico da Área de Ribeirão Preto-SP, Escala de 1:500.000 retirado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo-IGG, 1974 .....	A.5
Mapa de Solos da Área de Ribeirão Preto-SP (Extraído da Carta dos Solos do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000, Ministério da Agricultura (1960).....	A.6
Levantamento de Reconhecimento de Solos do Sul do Estado de Mato Grosso (Dourados/Amambaí). .....	A.7
Esboço de Localização dos Pontos de Verdade Terrestre e Campos de Treinamento na Área de Ribeirão Preto-SP.....	A.8
Ficha de Campo .....	A.9
Esboço da Vegetação Natural da Área de Ribeirão Preto-SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.10
Esboço da Vegetação Natural da Área de Dourados/Amambaí-MT, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.11
Esboço do Uso Atual do Solo da Área de Ribeirão Preto-SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1.....	A.12
Esboço do Uso Atual do Solo da Área de Dourados/Amambaí-MT, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.13
Esboço das Classes de Relevo da Área de Ribeirão Preto-SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1.....	A.14
Esboço das Classes de Relevo da Área de Dourados/Amambaí-MT, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.15
Esboço da Rede de Drenagem da Área de Ribeirão Preto-SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.16
Esboço da Rede de Drenagem da Área de Ribeirão Preto-SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1 .....	A.17

# APÊNDICE A.2



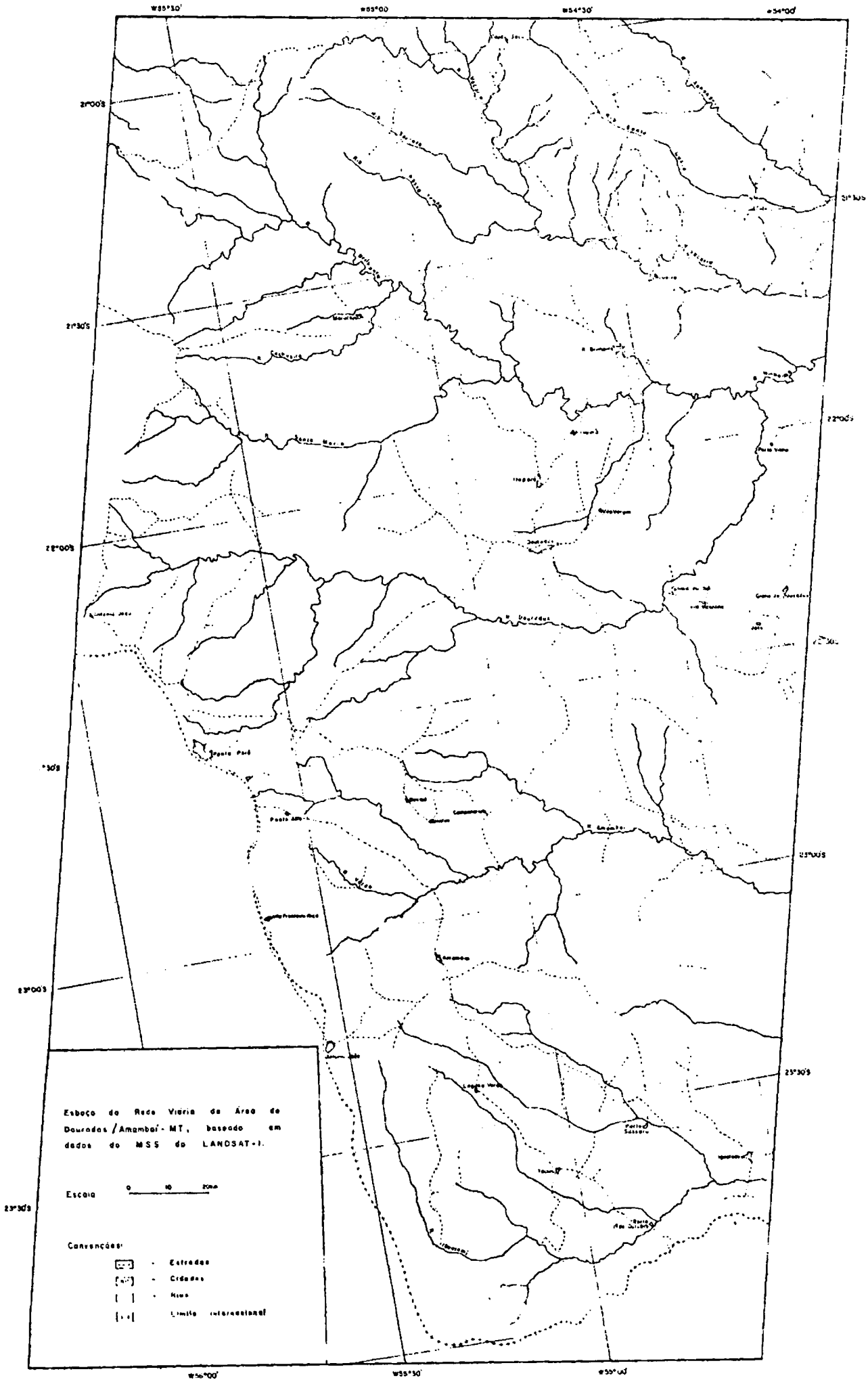
Esboço da Rede Viária de Área de Ribeirão Preto-SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1

Escala 0 10 20km

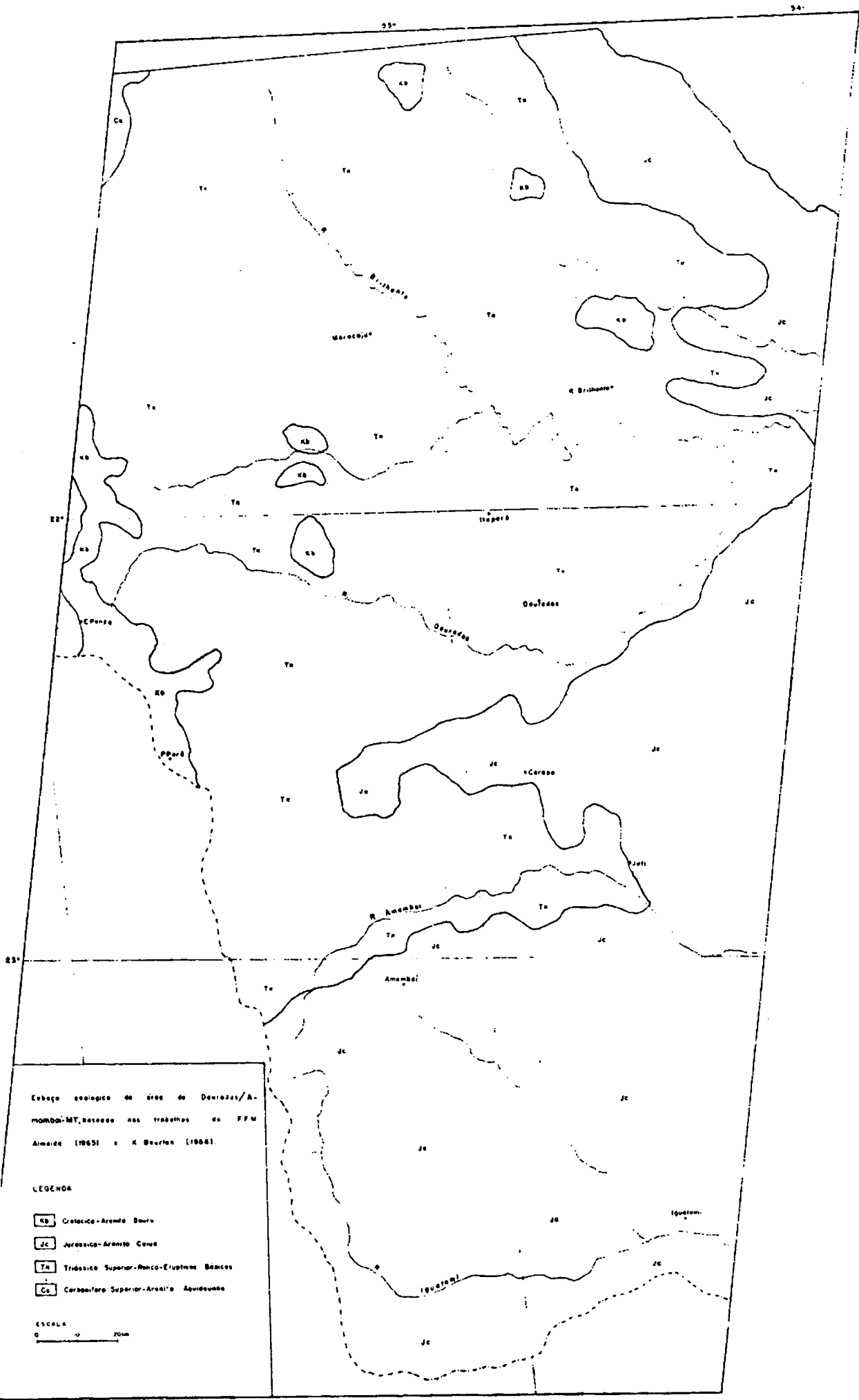
Convenções

- - Cidades
- - Estradas
- - Rios

# APÊNDICE A3







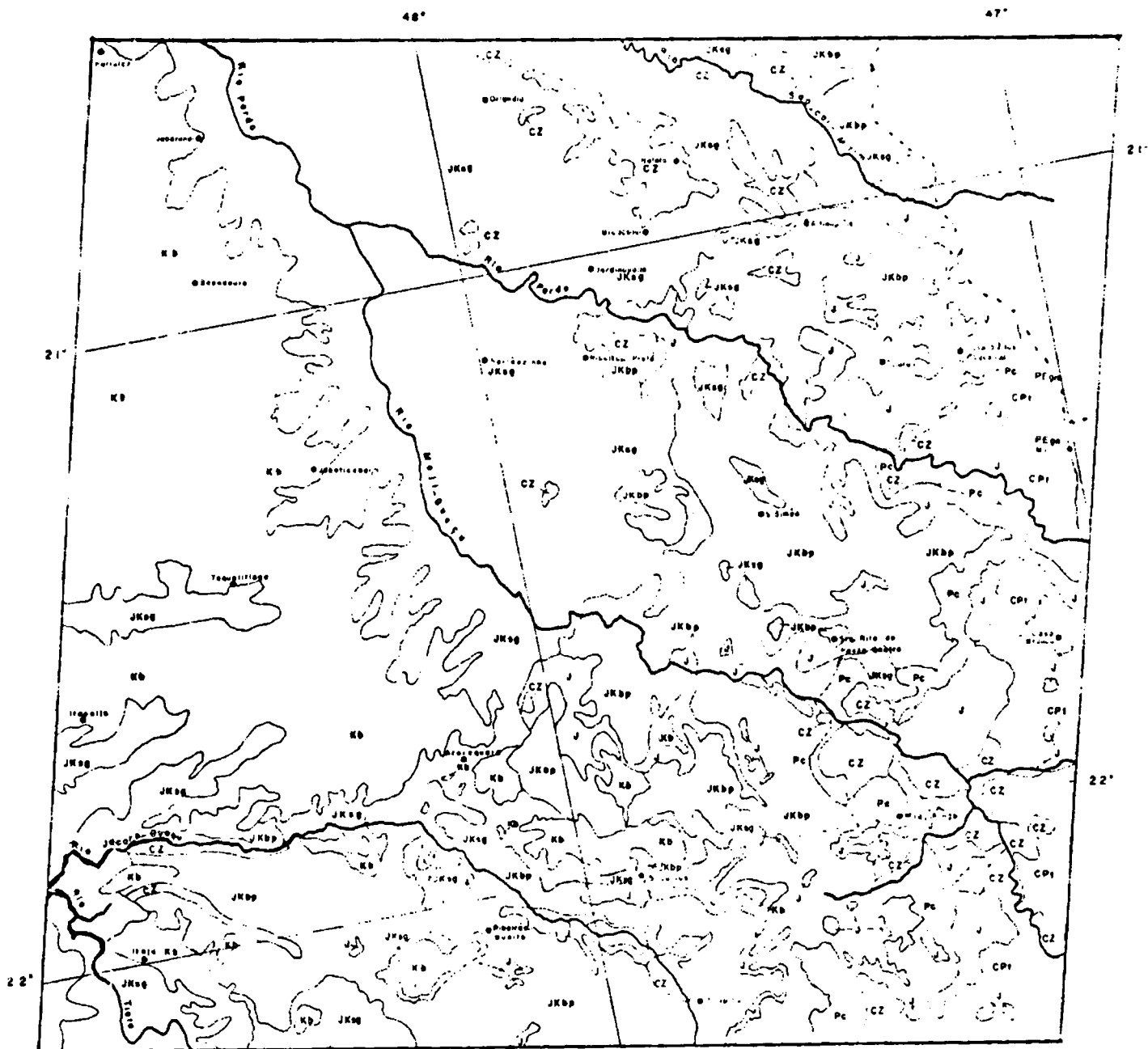
Esboço geológico de áreas de Dourados/Amambai-MT, baseado nos trabalhos de FFM Almeida (1961) e K. Beurlen (1968).

LEGENDA

- Kb Cretáceo-Arenito Branco
- Jc Jurássico-Arenito Coque
- Tn Triássico Superior-Renca-Eruptivos Básicos
- Ca Carbonífera Superior-Arenito Aquidauana

ESCALA  
0 10 20km

# APÊNDICE A.5

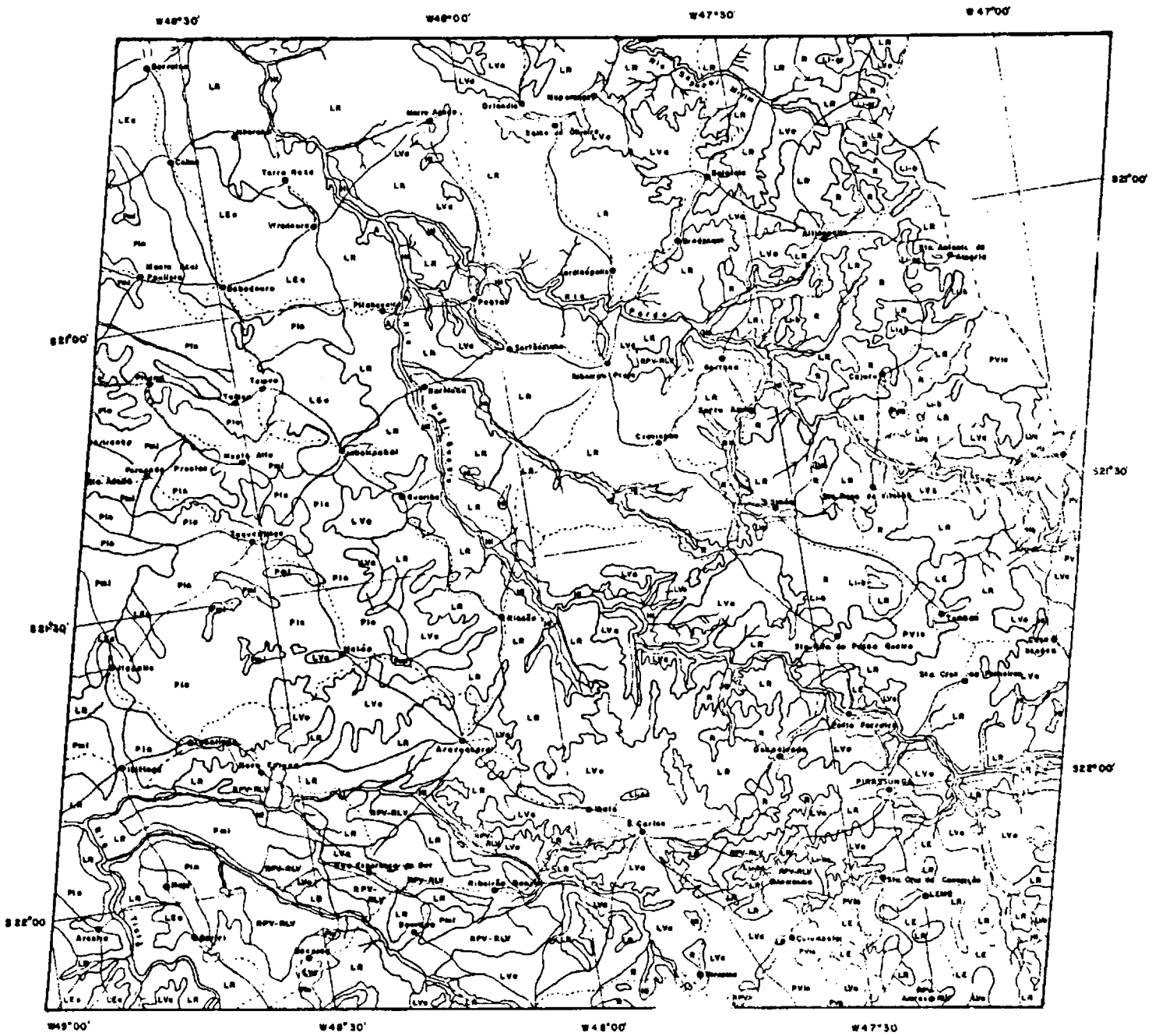


Mapa Geológico da área de "Ribeirão Preto-SP", escala 1:500000 (Retirado do Mapa Geológico do Est. de São Paulo (IGU, 1974)

**Convenções**

CENOZOICO	CZ		areias, argilas, calcários, arenitos e folhosos protuberantes
CRETÁCEO SUPERIOR	Kb	FORMAÇÃO BAURU	arenitas, siltes, conglomerados, argilas e calcários
JURASSICO	JKsg	FORMAÇÃO SERRA GERAL	efusões básicas
CRETÁCEO	JKbp	FORMAÇÃO BOUTUCATU-PIRAMBOIA	arenitas, argilas e conglomerados
CARBONIFERO PERMIANO	CP1		arenitas, siltes, diáclitos, rêmidos e mistos
JURASSICO - CRETÁCEO	J		intrusões básicas
PERMIANO	Pc	FORMAÇÃO CORURATAI	siltes, folhosos, arenitas, calcários e sílex
PRE-CAMBRIANO	PEgn		gnaisse e migmatitos

# APENDICE A.6



MAPA DE SOLDOS DA ÁREA DE "RIBEIRÃO PRETO-SP" [Extraído de Carta dos Solos do Est. de São Paulo, escala 1:500000, MA, 1960.]

**CONVENÇÕES:**

<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">PV</span> PODZÓLICO VERMELHO AMARELO - ORTO	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LVe</span> LATOSOL VERMELHO AMARELO - FASE ARENOSA
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">PVp</span> PODZÓLICO VERMELHO AMARELO - VAR. PIRACICABA	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M1</span> SOLOS MERMOMÓRFICOS
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">PVi</span> PODZÓLICO VERMELHO AMARELO - VAR. LARAS	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</span> SOLOS ALUVIAIS
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pi</span> SOLOS PODZOLIZADOS DE LMS E MARILIA - VAR. LMS	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Li-d</span> LITOSOL - FASE SUBSTRATO BASALTITO
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pm</span> SOLOS PODZOLIZADOS DE LMS E MARILIA - VAR. MARILIA	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Li-gr</span> LITOSOL - FASE SUBSTRATO GRANITO - GNAISSÉ
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LR</span> LATOSOL ROXO	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Li-ss</span> LITOSOL - FASE SUBSTRATO ARENITO CALCÁRIO
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LE</span> LATOSOL VERMELHO ESCURO - ORTO	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</span> REGOSOL
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LEa</span> LATOSOL VERMELHO ESCURO - FASE ARENOSA	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">RPV-RLV</span> REGOSOL "INTERGRADE" PARA PODZÓLICO VERMELHO AMARELO E M-TERGRADE PARA LATOSOL VERMELHO AMARELO - GRUPO MERMOMÓRFICO





# APÊNDICE A.9

1.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS -

PROJETO SERE

FICHA DE CAMPO -

## I - OBSERVAÇÕES

1. Área Teste -----

2. Localização Nº -----

3. Rodovia ou Via de Acesso

Nome -----

Km -----

OBS.: -----

-----

-----

4. Nome popular do local.

-----

5. Ponto fixo conhecido mais próximo

-----

-----

-----

6. Número do mapa -----

7. Data da observação -----

8. Hora da observação -----

9. Responsável -----

## 10. Observações:

-----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----

## II - Características da Área.

## 11. Tipo de vegetação

 Natural Artificial Floresta Floresta Artificial Cerradão Cerrado Cultura Anual Campo Cultura Perene Alagadiço Pastagem

11.1. Estimativa da área ocupada: -----

11.2. Época normal de cultivo -----

11.3. Época normal de colheita -----

11.4. Fase da cultura -----

11.5. Práticas de manejo: -----

-----

-----

11.6. Épocas em que o solo esta exposto.

-----

-----

11.7. Tipo da Cultura -----

11.8. Observações:

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

12. Solo.



12.1. Condições do Solo

- ( ) Solo arado
- ( ) Solo descoberto não arado
- ( ) Queimada
- ( ) Vegetação
- ( ) Vegetação rasteira
- ( ) Vegetação arbustiva
- ( ) Floresta
- ( ) Restos Culturais (                    )

12.2. Condições de umidade do solo.

Profundidade da amostra -----  
Teor de umidade -----  
Hora -----

12.3. Classificação do Solo

-----  
-----

12.4. Cor Munsell.

-----

12.5. Observações:

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### 13. Forma do Terreno

#### 13.1. Tipo do Relevo

- Normal
- Excessivo
- Subnormal

#### 13.2. Classe do Relevo

- Plano
- Suavemente ondulado
- Ondulado
- Fortemente Ondulado
- Montanhoso

#### 13.1. Declividade

- 0 - 2% - plano
- 2 - 5% - suave
- 5 - 10% - moderado
- 10-20% - forte
- 20-40% -
- > 40% - ingrime

#### 13.4. Tipo de Erosão.

- Natural ou Geológica - Laminar
- Acelerada - voçorocas.

## 14. Clima

## 14.1. Condições Atmosféricas

 Clara Normal Escura

## 14.2. Presença de nuvens

 muitas Algumas Nenhuma

14.3. Data da última chuva -----

14.4. Posição do Sol  
-----

## III - Material Fotográfico

## 15. Filme colorido normal.

15.1. Marca

15.2. Especificações.

Nº DO FILME	Nº DA CHAPA	ORIENTAÇÃO	ABERTURA	VELOCIDADE

## 16. Filme Infravermelho

16.1- Marca

16.2- Especificações

Nº DO FILME	Nº DA CHAPA	ORIENTAÇÃO	ABERTURA	VELOCIDADE

- Catena ou Toposequência

IV - Croqui de Campo.

## FICHA PARA REGISTRO DE DADOS FORNECIDOS PELO ISCO

COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	INTENSIDADE	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	INTENSIDADE	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	INTENSIDADE
380		670		960	
390		680		970	
400		690		980	
410		700		990	
420		710		1000	
430		720		1010	
440		730		1020	
450		740		1030	
460		750		1040	
470		760		1050	
480		770		1060	
490		780		1070	
500		790		1080	
510		800		1090	
520		810		1100	
530		820			
540		830			
550		844			
560		850			
570		860			
580		870			
590		880			
600		890			
610		900			
620		910			
630		920			
640		930			
650		940			
660		950			

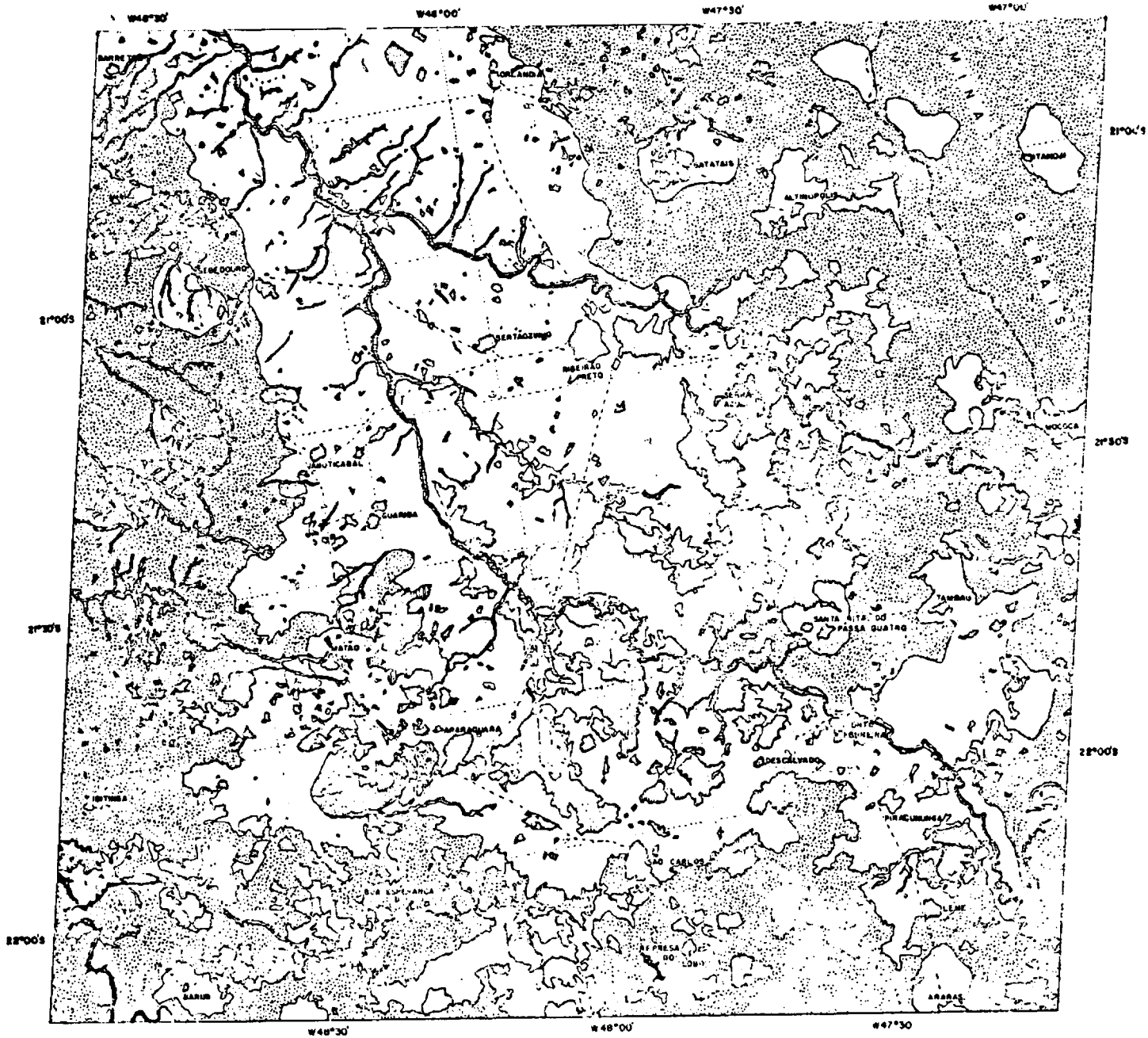
















# APÊNDICE A.12



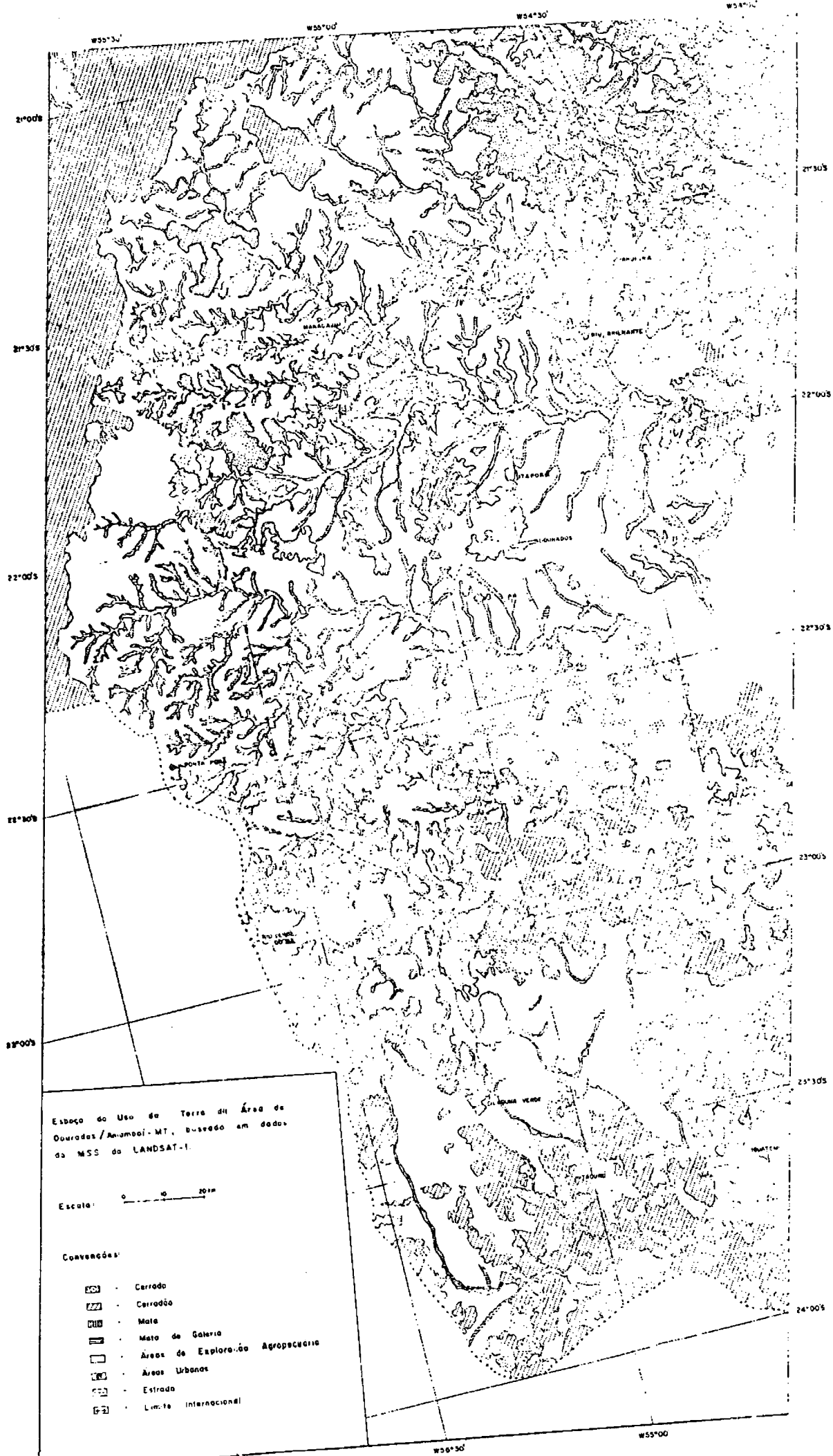
Esboço do Uso da Terra da Área de Ribeirão Preto - SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT - 1

Escala - 0 10 20km

**Legenda**

-  - Áreas de Exploração Agropecuária
-  - Campo Cerrado
-  - Mata
-  - Mata da Galeria
-  - Áreas Reflorestadas
-  - Estradas
-  - Áreas Urbanas
-  - Limite Estadual

APÊNDICE A-13



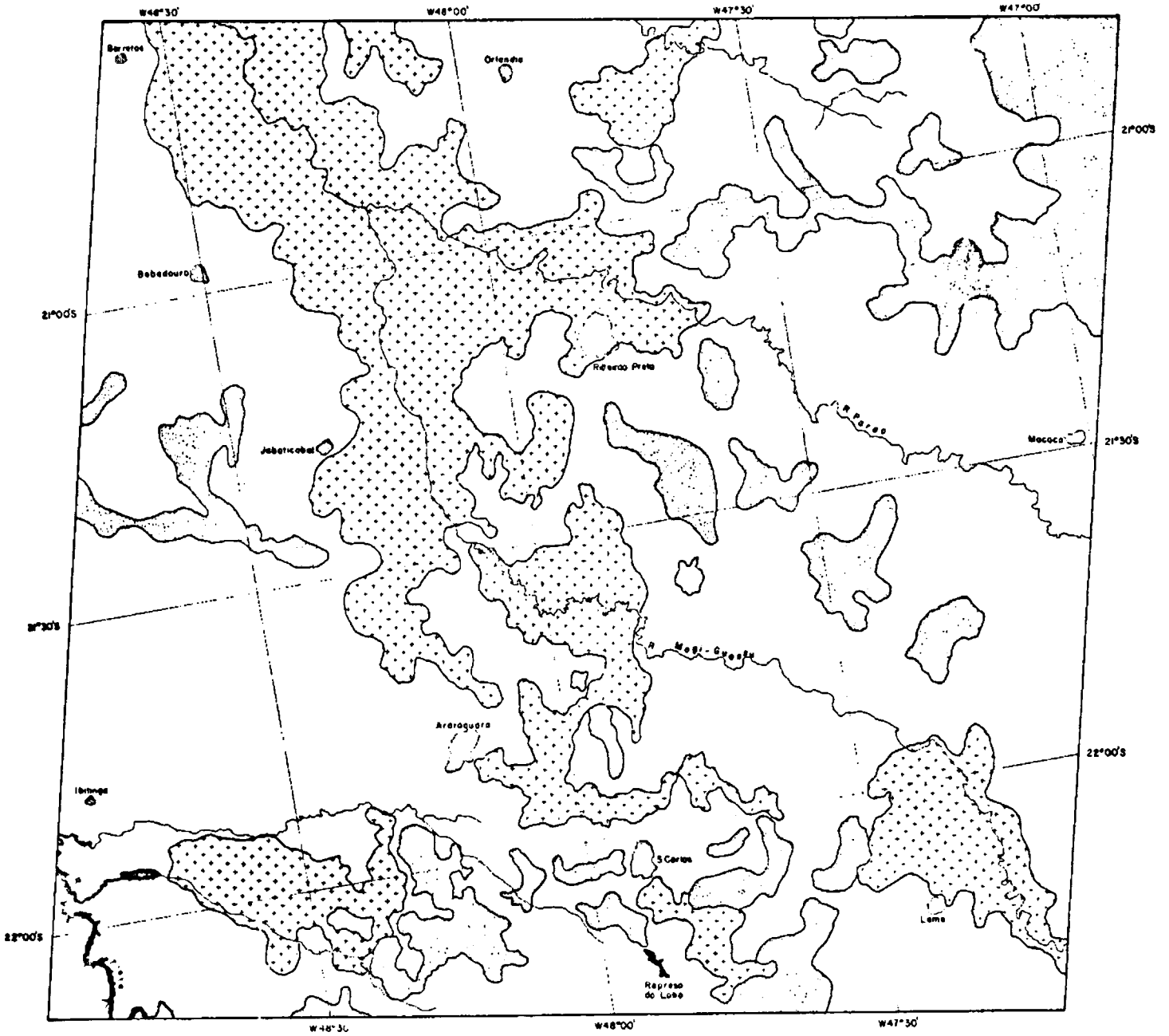
Esboço do Uso da Terra da Área de Quarados / Anumbal - MT, baseado em dados da MSS do LANDSAT-1.

Escala: 0 10 20 km

Convenções:

- Cerrado
- Cerradão
- Mata
- Mata de Galeria
- Áreas de Exploração Agropecuária
- Áreas Urbanas
- Estrada
- Limite Internacional





# APÊNDICE A.14



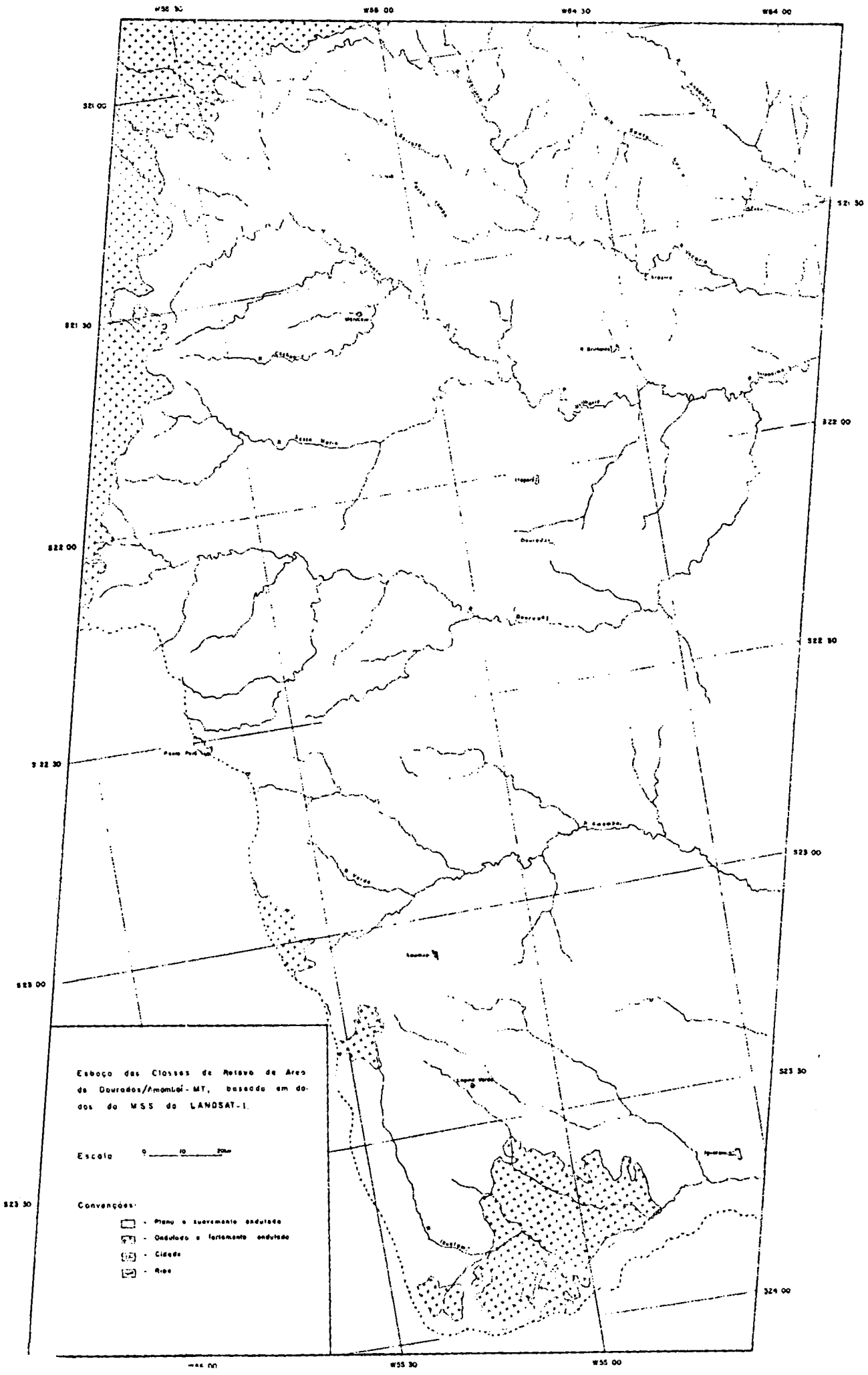
Esboço das classes de relevo da área de "Ribeirão Preto-SP", baseada em dados do MSS do LANDSAT-1.

Escala: 0 10 20 km

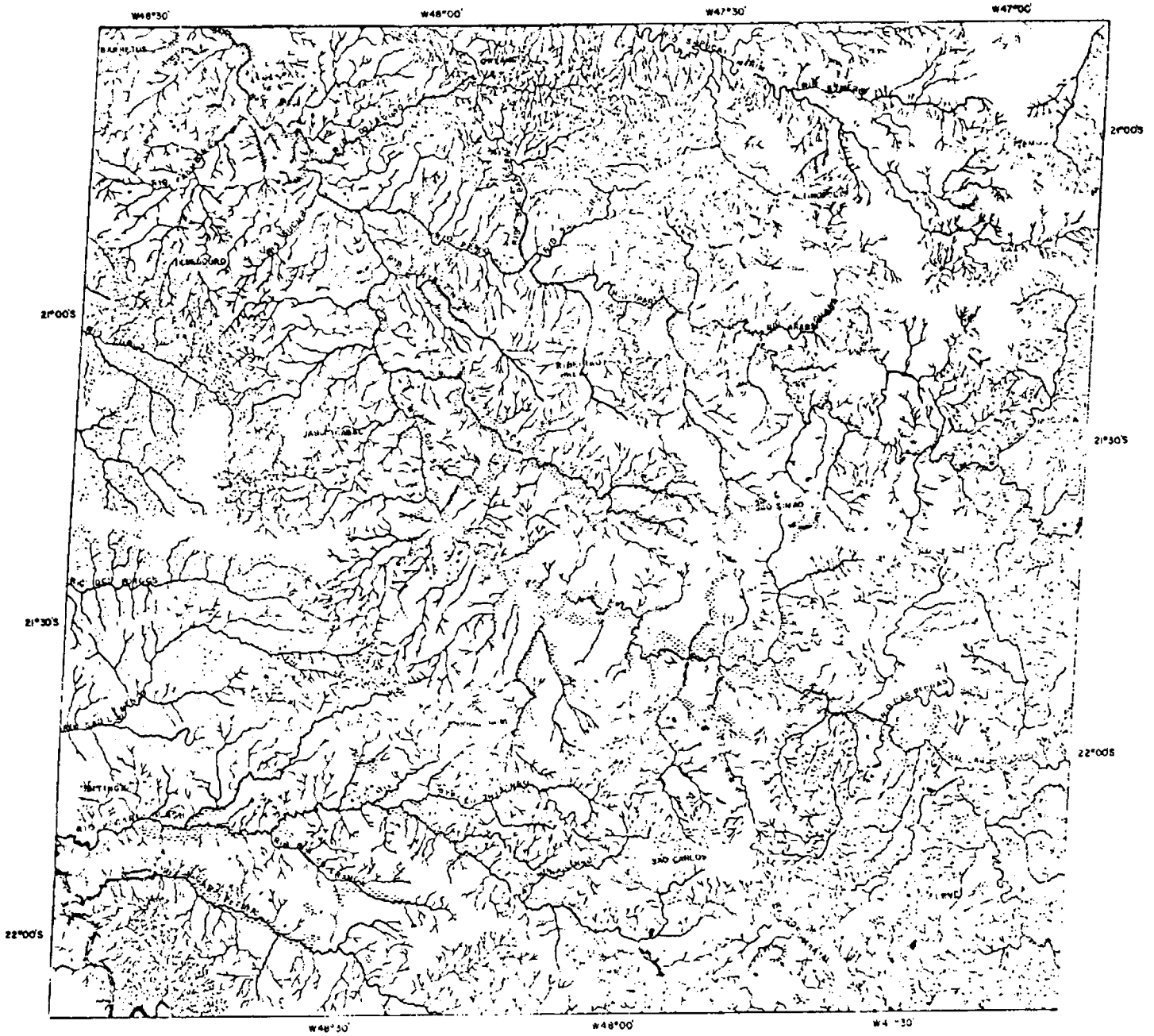
Legenda:

-  - Plano a suavemente ondulada
-  - Ondulada a fortemente ondulada
-  - Montanhoso
-  - Cidades

APÊNDICE A-15



# APÊNDICE A.16



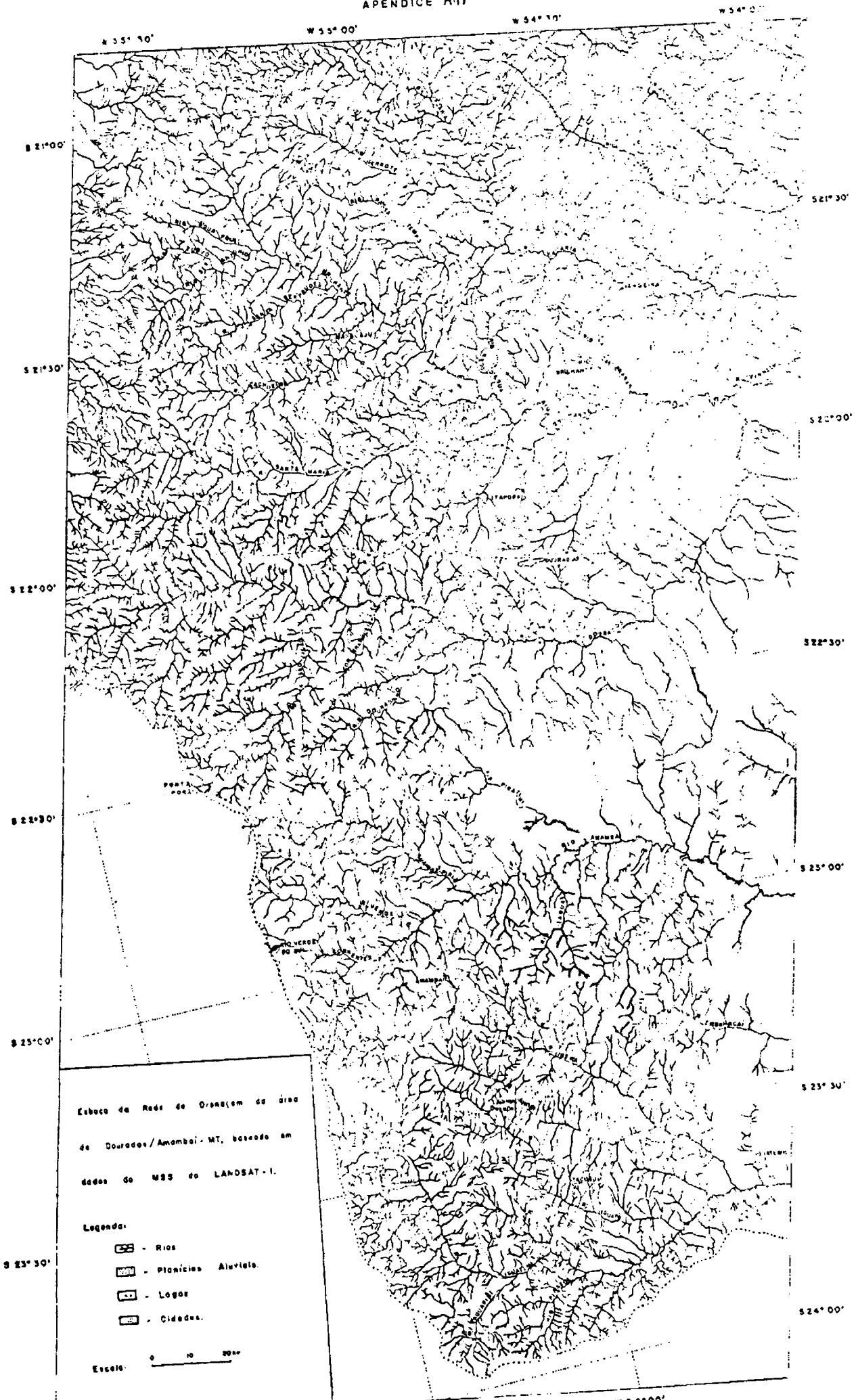
Esboço da Rede de Drenagem do Área de Ribeirão Preto - SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1

**Legenda**

- Rios
- Planícies Aluviais
- Lagos
- Cidades

Escale 0 10 20 Km

# APÊNDICE A.17



Esboço da Rede de Drenagem da área de Dourados/Amambai - MT, baseado em dados do MSS do LANDSAT - 1.

**Legenda:**

- Rios
- Planícies Aluviais
- Lagos
- Cidades.

Escala: 0 10 20km