General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.

- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.

- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.

- This document is paginated as submitted by the original source.

- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

Produced by the NASA Center for Aerospace Information (CASI)

"Made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dissemination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof."

79-10019
CR-157908

(E79-10019) EVALUATION OF REFORESTED AREAS USING LANDSAT IMAGERY (Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao Jose) 173 p HC A08/MF A01 CSCL 02F

N79-13432

Unclas
G3/43 00019

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Classificação INPE-COM.5/NTE
C.D.U.: 621.38SR:634.0.232

2. Período

4. Critério de Distribuição:

interna [ ]

externa [X]

3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor)

SENSORIAMENTO REMOTO

INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

ESTATÍSTICA FLORESTAL - METODOLOGIA

5. Relatório nº
INPE-1271-TPT/089

6. Data
Junho, 1978

7. Revisado por
Jorge de Mesquita

8. Título e Sub-Título

ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS ARTIFICIAIS, UTILIZANDO-SE DADOS DO LANDSAT

9. Autorizado por
Nelson de Jesus Parada
Diretor

10. Setor *DSR* Código

11. Nº de cópias *27*

12. Autoria *Pedro Hernandez Filho*
Yosio Edemir Shimabukuro

14. Nº de páginas *169*

15. Preço

13. Assinatura Responsável *Pedro Hernandez Filho*

16. Sumário/Notas *Foi realizado um estudo na Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (DIRA-RP), nordeste do Estado de São Paulo, utilizando-se imagens orbitais do LANDSAT, para avaliação de áreas reflorestadas. Através da interpretação visual e automática definiu-se classes de povoamentos florestais artificiais, especialmente com os gêneros Pinus e Eucalyptus. Foi desenvolvida uma metodologia, baseada na análise de áreas de treinamento, para a definição da legenda e caracterização espectral das classes analizadas. A análise revelou que o Pinus taeda se separa de outras espécies de Pinus e que o gênero Eucalyptus não apresentou diferenças entre espécies, separando-se em duas classes quanto a idade: E_1(até dois anos e E_2 (com mais de dois anos). Os resultados mostram que os dados do LANDSAT podem ser usados, com eficiência, no levantamento de áreas reflorestadas principalmente considerando a capabilidade de se obter informações atualizadas e contínuas dessas áreas.*

17. Observações *Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto, aprovada em 14 de dezembro de 1977.*

Aprovado pela Banca Examinadora
em cumprimento dos requisitos exigidos
para a obtenção do Título de Mestre em
Sensoriamento Remoto.

Dr.Claudio Roland Sonnenburg — Presidente da Banca

Eng.Agro.Getulio Teixeira Batista, MSc. — Orientador

Eng.Agro.Antonio Tebaldi Tardin, MSc. — Membro da Banca

Eng.Agro.Francisco J.do Nascimento Kronka — Membro da Banca -convidado-

Eco.René Antonio Novaes, MSc. — Membro da Banca

Eng^{a} Agro.Sherry Chou Chen, MSc. — Membro da Banca

Pedro Hernandez Filho — Candidato

Yosio Edemir Shimabukuro — Candidato

São José dos Campos, 14 de dezembro de 1977

ÍNDICE

RESUMO v

ABSTRACT vi

LISTA DE FIGURAS vii

LISTA DE TABELAS ix

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA 3

2.1 - Floresta 3
2.2 - Eucalyptus spp 6
2.3 - Pinus spp 8
2.4 - Imagens Orbitais no Estudo de Florestas 9
2.4.1 - Interpretação Visual 9
2.4.2 - Interpretação Automática 14

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS 19

3.1 - Área de Estudo 19
3.1.1 - Geologia 21
3.1.2 - Regiões Fisiográficas 22
3.1.3 - Clima 22
3.1.4 - Solo 22
3.1.5 - Vegetação 27
3.2 - Escolha das Áreas de Treinamento 29
3.3 - Descrição das Áreas de Treinamento 29
3.3.1 - Áreas de Treinamento para Interpretação Automática 31
3.3.2 - Áreas de Treinamento para Interpretação Visual 42
3.4 - Dados Orbitais do LANDSAT 44
3.4.1 - Fitas 47
3.4.2 - Imagens 48
3.5 - Mapas e Cartas 48

3.6 - Fotografias Aéreas 49
3.7 - Sistema I-100 49
3.8 - Metodologia 49
3.8.1 - Interpretação Visual 50
3.8.2 - Interpretação Automática 51
3.8.3 - Trabalho de Campo 58

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO 61

4.1 - Interpretação Visual 61
4.1.1 - Legenda 61
4.1.2 - Chave de Interpretação 62
4.2 - Interpretação Automática 66
4.2.1 - Legenda Preliminar 66
4.2.2 - Áreas de Treinamento 68
4.2.3 - Área de Estudo 107
4.3 - Comparação dos Resultados Obtidos nas Interpretações Visual e Automática 116

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES 119

5.1 - Interpretação Visual 119
5.2 - Interpretação Automática 120

AGRADECIMENTOS 122

BIBLIOGRAFIA 123

APÊNDICE A - Sistema "Image-100"

APÊNDICE B - Impressão em duas dimensões de um Histograma N-Dimensional (N-DIM HGM SLICE)

APÊNDICE C - Interpretação visual da área de Estudo Divisão Administrativa de Ribeirão Preto

RESUMO

Foi realizado um estudo na Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (DIRA-RP), nordeste do Estado de São Paulo, utilizando imagens orbitais do LANDSAT para avaliação de áreas reflorestadas. Nesse estudo, objetivou-se definir as classes de povoamentos florestais artificiais, levando-se em consideração a espécie e idade das áreas reflorestadas, especialmente com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, através da interpretação visual e automática. Foi desenvolvida uma metodologia, baseada na análise de áreas de treinamento, para a definição da legenda e caracterização espectral das classes analisadas. Posteriormente, essa metodologia foi extrapolada para a área de estudo (DIRA-RP). A análise através do I-100, das áreas de treinamento, revelou que o *Pinus taeda* se separa, baseado na medida "JM", das outras espécies de *Pinus* enquanto que o gênero *Eucalyptus* não apresentou diferenças entre espécies, separando-se em duas classes quanto à idade: E1 (até dois anos) e E2 (com mais de dois anos). Na análise visual também foi possível a distinção dessas mesmas classes. Os canais 6 e 7 foram os que apresentaram maior capabilidade de discriminação entre as classes reflorestadas, entretanto o canal 5 mostrou-se mais eficiente na separação dessas classes com relação aos demais alvos não florestais da região. A análise automática revelou que a maior precisão alcançada foi na classificação da classe E2, atingindo 95,12%. No levantamento da área de estudo, DIRA-RP, através da interpretação automática, foram analisadas apenas as classes de *Pinus* e *Eucalyptus*, sem separação de espécies de *Pinus* e idade de *Eucalyptus*, devido à pequena escala de trabalho. Essa análise revelou que a DIRA-RP apresenta 53.906,6 ha ocupados com *Pinus* e *Eucalyptus*. Na análise visual, trabalhando-se na escala de 1:250.000, foi possível a separação das classes de *Pinus*, E1, E2 e mata. Essa análise revelou que a DIRA-RP apresentava 59.965,5 ha ocupados por reflorestamento. Os resultados mostram que os dados do LANDSAT podem ser usados, com eficiência, no levantamento de áreas reflorestadas principalmente considerando a capabilidade de se obter informações atualizadas e contínuas dessas áreas.

ABSTRACT

A study to evaluate reforested areas using LANDSAT imagery was carried out in the Administrative Division of Ribeirão Preto (DIRA-RP) north-west of São Paulo State, with the objective of classifying the genera Pinus and Eucalyptus according to their age and species, using visual and automatic (IMAGE-100) interpretation. A methodology was derived based on training areas to define the legend and spectral characteristics of the analyzed classes, and the method was extrapolated to the study area (DIRA-RP). IMAGE-100 analysis of the training area showed that Pinus taeda was separable from the other Pinus species based on "JM" distance measurement. No differences of "JM" measurements were observed among Eucalyptus species. Two classes of Eucalyptus were separated according to their ages: 1) Eucalyptus under two years, and 2) Eucalyptus over 2 years. The above classes were also separable by visual interpretation. Channel 6 and 7 were suitable for the discrimination of reforested classes while channel 5 was efficient to separate reforested areas from non-forested targets in the region. The automatic analysis showed that the highest classification precision was obtained for Eucalyptus over 2 years (95,12%). Owing to the small scale, the study area was classified into two classes: Pinus and Eucalyptus, which covered an area of 53,906.6 ha. Visual interpretation of the imagery at the scale of 1:250,000 separated the following classes: Pinus spp, Eucalyptus under 2 years, Eucalyptus over 2 years and Natural Forest. The reforested classes covered an area of 59,965.5 ha. The results of this study showed that the LANDSAT data can be used efficiently in reforested area survey considering the system capability of obtaining timely information and its repetitive character for follow-up.

LISTA DE FIGURAS

II.1 - Situação Florestal do Estado de São Paulo (Victor e Montagna, 1970) 5

III.1 - Área de Estudo - Divisão Administrativa de Ribeirão Preto 19

III.2 - Localização das Imagens do Satélite LANDSAT que contêm a Área de Estudo 20

III.3 - Mapa Geológico Esquemático do Estado de São Paulo (Rotta, 1972) 21

III.4 - Mapa Fisiográfico do Estado de São Paulo publicado pelo Ministério da Agricultura (1960) 23

III.5 - Mapa Esquemático da Divisão Climática do Estado de São Paulo (Comissão de Solos, 1960) 24

III.6 - Mapa Esquemático mostrando a localização dos Solos mais frequentes da Área de Estudo 25

III.7 - Mapa Esquemático mostrando a localização do Latossolo Vermelho-Amarelo no Estado de São Paulo (Lepsch, 1972) 26

III.8 - Mapa Esquemático mostrando a localização do Latossolo Vermelho Escuro no Estado de São Paulo (Lepsch, 1972) 26

III.9 - Mapa Esquemático mostrando a localização dos Solos Podzolizados de Lins e Marília (Lepsch, 1972) 27

III.10 - Cobertura Vegetal da Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (Instituto Florestal de São Paulo, 1974) 28

III.11 - Localização das Áreas de Treinamento 30

III.12 - Localização da Área Reflorestada da Fazenda Campininha .. 32

III.13 - Localização da Área Reflorestada do Horto Santa Terezinha 33

III.14 - Localização da Área Reflorestada da Fazenda Prudente do Morro 35

III.15 - Localização da Área Reflorestada da Estação Experimental de Batatais 37

III.16 - Localização da Área Reflorestada da Fazenda Guatapará ... 38

III.17 - Localização da Área Reflorestada do Horto de Camaquan ... 40

III.18 - Localização da Área Reflorestada da Estação Experimental de Itirapina 41

III.19 - Localização da Área Reflorestada do Horto Boa Sorte 43

III.20 - Localização da Área Reflorestada do Horto Guarani 45

III.21 - Gráfico da Probabilidade de Classificação Correta e Distância JM (Swain e King, 1973) 56

IV.1 - Classificação Temática da Área de Treinamento Mogi-Guaçu 76

IV.2 - Classificação Temática da Área Teste para Medida de Precisão - Mogi-Guaçu 78

IV.3 - Classificação Temática da Área de Treinamento Batatais .. 83

IV.4 - Classificação Temática da Área Teste para Medida de Precisão - Batatais 84

IV.5 - Classificação Temática da Área de Treinamento Itirapina . 88

IV.6 - Classificação Temática da Área Teste para Medida de Precisão - Itirapina 90

IV.7 - Classificação Temática da Área de Treinamento Guatapará . 94

IV.8 - Classificação Temática da Área Teste para Medida de Precisão - Guatapará 96

IV.9 - Classificação Temática da Área de Treinamento Prudente .. 99

IV.10 - Classificação Temática da Área Teste para Medida de Precisão - Prudente 100

IV.11 - Classificação Temática da Área de Treinamento Camaquan .. 102

IV.12 - Classificação Temática da Área Teste para Medida de Precisão - Camaquan 103

IV.13 - Classificação Automática da Área de Estudo Divisão Administrativa de Ribeirão Preto 115

LISTA DE TABELAS

III.1 - Fitas utilizadas na interpretação automática 47

III.2 - Imagens utilizadas na interpretação visual 48

IV.1 - Chave de interpretação 62

IV.2 - Área das Classes e da Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (DIRA-RP) obtida através da interpretação visual .. 65

IV.3 - Indicação da acurácia da avaliação de Áreas Reflorestadas através da interpretação visual 66

IV.4 - Distância JM entre as Classes de Pinus utilizando os 4 Canais - (Mogi-Guaçu) 69

IV.5 - Distância JM entre as Classes de Eucalipto utilizando os 4 Canais - (Mogi-Guaçu) 70

IV.6 - Características Espectrais da Classe PE - (Mogi-Guaçu) .. 72

IV.7 - Características Espectrais da Classe PT - (Mogi-Guaçu) .. 72

IV.8 - Características Espectrais da Classe E1 - (Mogi-Guaçu) .. 73

IV.9 - Características Espectrais da Classe E2 - (Mogi-Guaçu) .. 73

IV.10 - Média das Características Espectrais das Classes nos 4 Canais - (Mogi-Guaçu) 74

IV.11 - Distância JM das melhores combinações de Canais - (Mogi-Guaçu) 74

IV.12 - Áreas ocupadas pelas Classes definidas na Legenda - (Mogi-Guaçu) 75

IV.13 - Cálculo da precisão da classificação da Área de Treinamento Mogi-Guaçu 77

IV.14 - Distância JM entre as Classes de Pinus utilizando os 4 Canais - (Batatais) 79

IV.15 - Características Espectrais da Classe PE - (Batatais) 80

IV.16 - Características Espectrais da Classe PT - (Batatais) 80

IV.17 - Média das Características Espectrais das Classes nos 4 Canais (Batatais) 81

IV.18 - Distância JM das melhores combinações de Canais - (Batatais) 81

IV.19 - Áreas ocupadas pelas Classes definidas na Legenda - (Batatais) 82

IV.20 - Cálculo da precisão da classificação da Área de Treinamento Batatais 85

IV.21 - Distância JM entre as Classes de Pinus utilizando os 4 Canais - (Itirapina) 85

IV.22 - Características Espectrais da Classe PE - (Itirapina) ... 86

IV.23 - Características Espectrais da Classe PT - (Itirapina) ... 86

IV.24 - Média das Características Espectrais das Classes nos 4 Canais - (Itirapina) 87

IV.25 - Distância JM das melhores combinações de Canais - (Itirapina) 87

IV.26 - Áreas ocupadas pelas Classes definidas na Legenda - (Itirapina) 89

IV.27 - Cálculo da precisão da classificação da Área de Treinamento Itirapina 89

IV.28 - Distância JM entre as Classes de Eucalipto utilizando os 4 Canais - (Guatapará) 91

IV.29 - Características Espectrais da Classe E1 - (Guatapará) ... 92

IV.30 - Características Espectrais da Classe E2 - (Guatapará) ... 92

IV.31 - Média das Características Espectrais das Classes nos 4 Canais - (Guatapará) 93

IV.32 - Distância JM das melhores combinações de Canais - (Guatapará) 93

IV.33 - Áreas ocupadas pelas Classes definidas na Legenda - (Guatapará) 95

IV.34 - Cálculo da precisão da classificação da Área de Treinamento Guatapará 95

IV.35 - Distância JM entre as Classes de Eucalipto utilizando os 4 Canais - (Prudente) 97

IV.36 - Características Espectrais da Classe E2 - (Prudente) 97

IV.37 - Área ocupada pela Classe E2 definida na Legenda - (Prudente) 98

IV.38 - Cálculo da precisão da classificação da Área de Treinamento Prudente 98

IV.39 - Características Espectrais da Classe E2 - (Camaquan) 101

IV.40 - Área ocupada pela Classe E2 - (Camaquan) 101

IV.41 - Cálculo da precisão da classificação da Área de Treinamento Camaquan 104

IV.42 - Características Espectrais do Pinus na DIRA I 109

IV.43 - Características Espectrais do Eucalipto na DIRA I 109

IV.44 - Cálculo da Área ocupada por Pinus e Eucalipto na DIRA I . 110

IV.45 - Características Espectrais do Pinus na DIRA II 110

IV.46 - Características Espectrais do Eucalipto na DIRA II 111

IV.47 - Cálculo da Área ocupada por Pinus e Eucalipto na DIRA II 111

IV.48 - Características Espectrais do Eucalipto na DIRA III 112

IV.49 - Cálculo da Área ocupada por Pinus e Eucalipto na DIRA III 112

IV.50 - Características Espectrais do Eucalipto na DIRA IV 113

IV.51 - Cálculo da Área ocupada por Pinus e Eucalipto na DIRA IV 113

IV.52 - Cálculo da Área Total ocupada por Pinus e Eucalipto na DIRA-RP obtida através do I-100 114

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A crescente demanda dos escassos recursos florestais para diversas finalidades, tais como, a produção de celulose, laminados, postes, lenha, moirões, estacas e demais derivados, imprimiu uma necessidade premente de reflorestamento.

Com o objetivo de fortalecer o setor florestal, o Governo Federal promulgou a lei dos incentivos fiscais, promovendo o incremento nas áreas reflorestadas nestes últimos anos.

As atividades florestais se caracterizam como um processo dinâmico. Assim sendo, a criação de um sistema de monitoramento que forneça informações rápidas e recicladas, impõe-se como medida útil e oportuna no planejamento e utilização dos povoamentos florestais.

O satélite LANDSAT, cujos dados revelam características multiespectrais e repetitividade a cada 18 dias, apresenta-se como ferramenta poderosa no manejo dos recursos florestais.

O presente trabalho visa, através dos dados orbitais do satélite LANDSAT, o estabelecimento de uma metodologia eficiente para avaliação de povoamentos florestais artificiais, bem como um estudo especial das culturas dos gêneros *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp nas suas diversas fases vegetativas. O tratamento desses dados orbitais para identificação, mapeamento e avaliação de áreas reflorestadas, será tanto visual como automático, através do Sistema Interativo de Análise de Imagem Multiespectral (I-100).

Os resultados esperados serão relevantes tanto para os órgãos governamentais como para as empresas privadas, que objetivam o planejamento, o controle e a fiscalização de projetos de reflorestamento.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - FLORESTA

Segundo Gurgel Filho (1962), floresta, em uma definição simplista, é a associação predominantemente de árvores ocupando extensa área de terra. Em Silvicultura, floresta é conceituada como uma associação florestal de natureza semelhante e independente, constituindo objeto de tratamento e exploração florestal. Entende-se como floresta natural, o resultado da vegetação que evoluiu numa área constituída por diferentes comunidades vegetais, e por florestas artificiais aquelas que provêm da ação do homem, através da semeadura ou de plantação de mudas.

De acordo ainda com Gurgel Filho (1962), as florestas são puras ou homóclitas, quando a sua constituição apresenta uma só essência, ou predominância acentuada desta (cerca de 90%). As florestas mistas ou heteróclitas ostentarão uma diversidade apreciável de espécies florestais com solicitações ecológicas semelhantes. As florestas artificiais representam, em grande parte, povoamentos puros. Com relação à idade, as florestas podem ser coetâneas, quando os indivíduos constituintes possuem a mesma idade, e dissetâneas quando apresentam idades diferentes.

Conforme o Instituto Florestal de São Paulo (1974), os reflorestamentos são formações disciplinadas e homogêneas (homóclitas) quanto às essências, plantadas em maciços para suprimento industrial e em talhões isolados, geralmente para consumo interno dos estabelecimentos rurais.

Para Ventura (1964), os aspectos da floresta artificial caracterizam-se pela homogeneidade da vegetação (floresta homóclita), como consequência do emprego de plantas de uma única espécie e de igual idade (coetâneas), geralmente alinhadas.

Ghilardi e Mainieri (1964), consideram que as madeiras comerciais, pelas características das árvores de que provêm, enquadram-se em dois grupos distintos, o das coníferas e o das folhosas.

Para Gurgel Filho (1962), as florestas de coníferas são aquelas constituídas de essências do tipo morfológico das resinosas, representadas por árvores eretas de fuste longo, copas relativamente pequenas e acículas de coloração verde escura.

Dentre as resinosas temos o pinho e suas variedades, e dentre as folhosas temos o eucalipto e suas variedades, conforme citado por Reimann (1964).

Victor e Montagna (1970), comparando a situação florestal de 1969, apresentada pelo Instituto Florestal, com a apresentada pelo Instituto Agronômico de Campinas, a partir do levantamento aerofotográfico executado em 1962 (Figura II.1), puderam concluir que:

1) Houve involução da cobertura florestal do Estado da ordem de 1,5%, isto é, uma redução de 2,5% correspondente a 610.100 ha de matas naturais, e um aumento da área coberta com florestas artificiais da ordem de 1,0%, equivalente a 243.100 ha.

2) As plantações de *Pinus* spp em relação às de *Eucalyptus* spp, as quais naquela época eram praticamente inexpressivas, aumentaram em 84.900 ha, passando de 4,60% para 16,60% da área total reflorestada do Estado, evidenciando claramente que está se verificando a desejada diversificação das essências florestais.

3) O reflorestamento industrial extensivo tradicionalmente concentrado nas áreas compreendidas no polígono de Caieiras, Jundiaí, Campinas, Piracicaba, Salto e Mogi-Guaçu, está deslocando seu eixo em direção a zona sudoeste do Estado.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

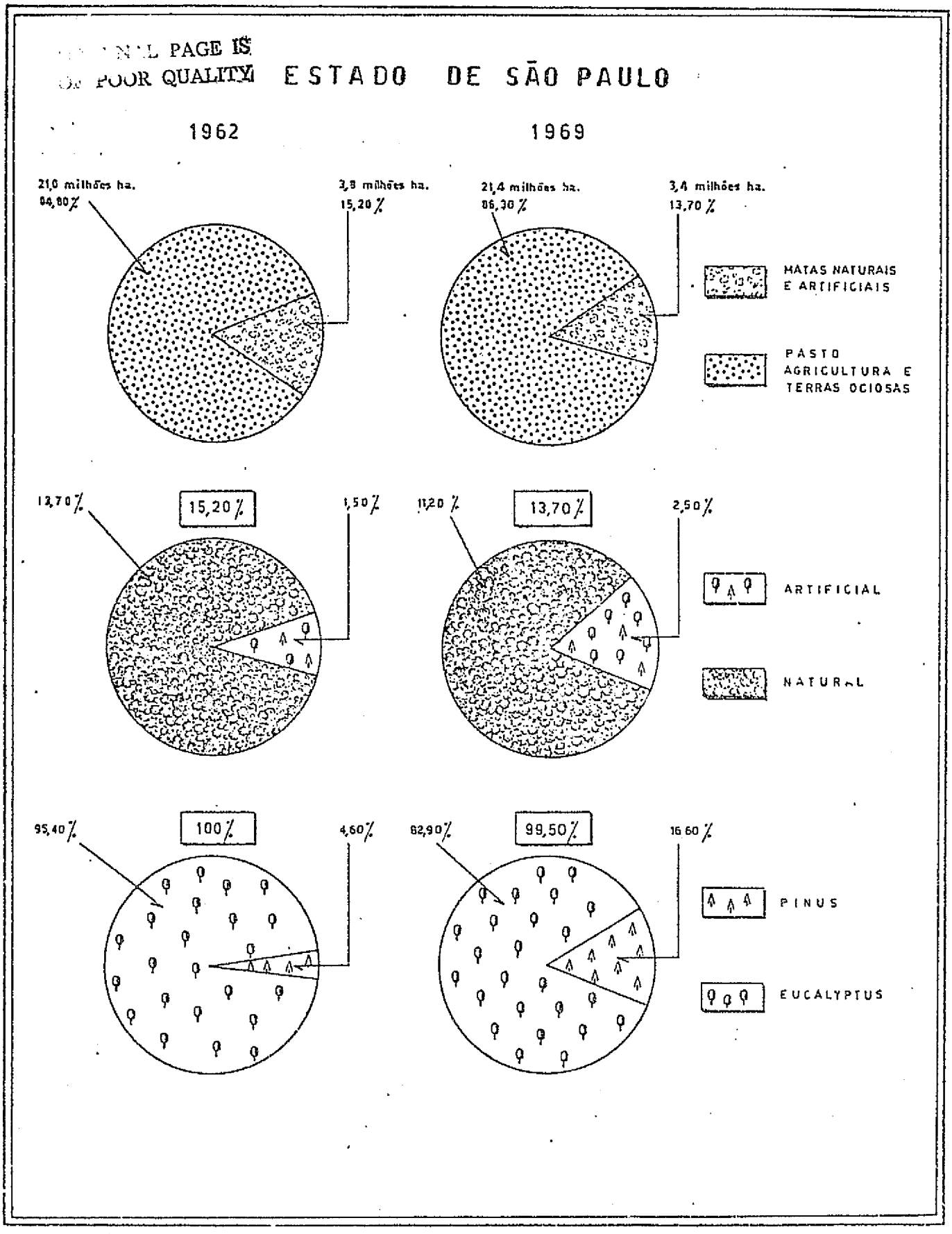


Fig. II.1 - Situação florestal do Estado de São Paulo (Victor e Montagna, 1970).

A situação florestal do Estado de São Paulo é apresentada pelo Instituto Florestal de São Paulo (1974), através da tabela seguinte:

TIPOS	ÁREA (ha)	%
Mata	2.069.920	8,33
Capoeira	1.241.090	4,99
Cerradão	105.390	0,42
Cerrado	784.990	3,16
Campo Cerrado	148.390	0,60
Campo	43.870	0,18
Reflorestamento	641.420	2,58

O detalhamento do reflorestamento, a nível de gênero, foi executado pelo Instituto Florestal de São Paulo (1975b), considerando-se duas categorias: *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp. Os demais gêneros foram agrupados sob a denominação de "Outros". O resultado desse trabalho é apresentado abaixo:

CATEGORIAS	ÁREA (ha)	%
Eucalyptus spp	490.560	76,48
Pinus spp	142.070	22,15
Outros	8.790	1,37
	641.420	100,00

2.2 - *EUCALYPTUS* SPP

Reimann (1964) salientou que o eucalipto, originário da Austrália, foi introduzido no Brasil por Navarro de Andrade que muito batalhou pelo emprego desta essência exótica na indústria de celulose.

Segundo Guimarães (1964), existem 600 espécies de eucalipto espalhadas pelo mundo. Com a introdução no início deste século e colocando em comparação com as essências nativas, pode-se positivar o acerto da

escolha do eucalipto. Nessa competição, ficou evidenciada a sua precocidade, qualidade que, aliada a riqueza de espécies, lhe dá o seu valor econômico.

Para Andrade (1961) e Coelho (1967), o eucalipto do ponto de vista florestal é a mais importante essência. Seu plantio satisfaz a diferentes objetivos, tais como abrigos, quebra ventos,fins ornamentais e sanitários, proteção de cabeceiras de erosão, fonte de óleos essenciais de importância à perfumaria e ao uso medicinal. Entretanto,a mais importante finalidade dessa atividade silvicultural é satisfazer as necessidades industriais como combustível natural, carvão, dormentes, postes e celulose.

Conforme Reimann (1964), na indústria de celulose e papel, o eucalipto é matéria prima indispensável.

De acordo com Andrade (1961), os eucaliptos prosperam numa grande diversidade de condições climatológicas,como mostra a sua disseminação por todo o vasto continente australiano. Parece que os eucaliptos têm grande facilidade de se adaptar às condições de clima bem diversas das do seu habitat. O Estado de São Paulo se presta admiravelmente à cultura do eucalipto, como atestam as exuberantes culturas disseminadas por todo o território. Ele é cultivado desde a beira mar até regiões muito elevadas. Não é muito exigente quanto à natureza do solo,desenvolvendo-se mesmo em terrenos arenosos e áridos. O eucalipto tem a faculdade, quando uma vez cortado, de se regenerar por meio de brotos.

Segundo Jacobs (1973b), após o primeiro corte, aos 7 anos, os brotos de talhadia começam a se desenvolver rapidamente dos troncos. Se estes forem devidamente desbastados e protegidos, um segundo corte poderá ser efetuado após 5 anos.

2.3 - *PINUS* SPP

Segundo Jacobs (1973a), assim que se percebeu a iminência da grave redução da floresta primitiva da única e significante conífera nativa (*Araucária angustifolia*), as indústrias de produtos florestais fizeram esforços substanciais para conseguir uma alternativa no suprimento de matéria prima de fibra longa. Muitas coníferas exóticas foram experimentadas, e algumas têm, agora, crescente significado, como é o caso do gênero *Pinus*.

Conforme Reimann (1954), das novas espécies florestais utilizáveis na indústria de celulose e papel, pode-se citar principalmente as coníferas exóticas do gênero *Pinus: P.elliottii, P.taeda, P.khasia, P.oocarpa, P.echinata, P.palustris, P.caribaea* e *P.patula*. O gênero *Pinus* foi introduzido recentemente no nosso país, e os dados de crescimento e produção são muito vagos e locais, não sendo possível generalizá-los. Mesmo assim, os resultados, até agora, são muito promissores em algumas espécies do gênero. As espécies de *Pinus* são ótimas, como matéria prima, para a indústria da celulose. Poderão ter grande utilidade na indústria extrativa de resinas, as quais também são usadas na indústria de papel depois de transformadas em breu.

Para Zobel (1965/1966), o *Pinus elliottii* cresce sob uma ampla variação de condições, desde o nível do mar até uma elevação de 600 metros nas montanhas; de um clima livre de geadas até regiões de nevascas e frio extremo; de pântanos turfosos e excessivamente úmidos até regiões quentes e secas de baixa precipitação. O *Pinus elliottii* é uma espécie de crescimento inicial rápido, que diminui significativamente em torno dos 30 anos nas melhores localidades e, frequentemente, aos 15 anos ou menos nas mais pobres. Responde bem às práticas de manejo no campo e sua forma é, em geral, excelente.

Conforme Gurgel Filho (1965/1966), o *Pinus elliottii* variedade *elliottii*, apresenta-se como essência exótica aclimatada às regiões de São Paulo, compreendidas entre os paralelos 21°S e 24°S e longitudes

47°W e 50°W. O *Pinus elliottii* variedade *elliottii* ocupa lugar de destaque no reflorestamento do tipo industrial do Estado de São Paulo, uma vez que apresenta rusticidade, desenvolvimento econômico em solos pobres e resistência aos fatores climáticos.

Segundo Zobel (1965/1966), o *Pinus taeda* é geneticamente muito diversificado e bastante sensível às mudanças de condições edafo climáticas, sendo portanto de difícil introdução comparado ao *Pinus elliottii*. O *Pinus taeda* tem desenvolvimento mais lento que o *Pinus elliottii*, mas sob boas condições mantêm bom crescimento até os 60 ou mais anos de idade; em locais muito pobres ele pode cessar o crescimento a uma idade muito jovem. Torna-se amarelo no inverno (em consequência da destruição dos cloroplastos).

De acordo com Berenhauser (1972), os plantios de *Pinus taeda* apresentam uma copa mais compacta e deixam passar pouca luz para a subsistência de outras plantas. Devido à elevada capacidade de competição dessa espécie, é recomendável o seu plantio com maior densidade, para controlar a exuberância do seu esgalhamento.

2.4 - IMAGENS ORBITAIS NO ESTUDO DE FLORESTAS

2.4.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Conforme o trabalho de Cuervo (1973), a fotografia aérea, como um suporte para informação, tem aberto novas linhas para a dasometria. Muitos países têm feito seus inventários florestais com sua ajuda, entretanto, hoje, inventários de um tipo dinâmico são requeridos, onde a atualização corra quase paralela com a evolução das massas. Na fotografia de satélite, três novos fatores no campo da fotointerpretação aparecem: a escala fotográfica, a informação periódica e o uso de ondas eletromagnéticas.

Para Kalensky e Scherk (1975), a repetitividade e a continuidade de cobertura do LANDSAT, permitem o monitoramento de florestas

em áreas remotas onde o sensoriamento remoto por avião é muito caro, e mapas florestais não existem ou estão desatualizados.

De acordo com Gimbarzevsky (1974), com a análise convencional de padrões, em imagens LANDSAT, o reconhecimento de uma área extensa pode ser obtido de modo rápido e econômico.

Conforme Wiegand et al (1973), Nosseir et al (1975), nas bandas 6 e 7 do MSS do LANDSAT-1, a reflectância do solo é usualmente menor do que da vegetação, enquanto que nas bandas 4 e 5 ela é tipicamente maior.

Segundo Valério Filho et al (1976), as imagens que melhor caracterizam os tipos de formações vegetais naturais, como também áreas reflorestadas, são as dos canais 5 e 7 do MSS do LANDSAT.

Para Yassoglou et al (1973), o canal 5 do MSS foi o melhor canal na separação entre áreas com vegetação e áreas sem vegetação.

De acordo com Murtha (1973), King e Rains (1974), Lee et al (1974), o canal 5 do LANDSAT oferece boa distinção entre áreas florestadas e áreas não florestadas.

King e Rains (1974), analisando imagens do ERTS (atualmente LANDSAT) na região do sudoeste da Etiópia, com o objetivo de avaliar essas imagens, num estudo integrado dos recursos da terra, baseado em fotografia aérea convencional, chegaram à conclusão que, devido à sua baixa reflectância na banda do vermelho do espectro visível (banda 5), áreas florestadas são mostradas como um tom escuro contínuo, em contraste com áreas cultivadas, altamente refletivas. Além disso, os mesmos autores concluíram que, embora seja difícil distinguir as mesmas áreas florestadas na banda 7 (devido à alta refletividade no infravermelho próximo), foi possível obter uma clara impressão da topografia, nessa banda.

Heath e Parker (1973), para a caracterização de floresta utilizando imagens LANDSAT, verificaram que o canal 4 foi o que deu menos informação. O canal 5 foi melhor na identificação de alguns tipos de vegetação, porém dá pouca contribuição na detecção de florestas de folhosas. No canal 6 as florestas de folhosas parecem mais evidentes enquanto que padrões de *Pinus* spp foram menos evidentes. O canal 7 apresenta uma separação aceitável, mas inferior à obtida no canal 6.

Para Kan e Dillman (1975), a utilização de imagens do LANDSAT-1 poderia efetivamente discriminar as características de florestas de folhosas e de florestas em regeneração, sendo que as bandas do vermelho e infravermelho próximo foram as melhores para tal discriminação.

Gimbarzevsky (1974), fazendo estudo de recursos biofísicos, caracterizou a vegetação através de análise visual de imagens LANDSAT. Chegou à conclusão que os padrões de vegetação mudam com os aspectos fisiográficos da paisagem. Baseado em diferenças tonais, pôde identificar áreas florestadas, e separar coníferas de florestas decíduas. Relatou ainda que a análise de imagens LANDSAT, tomadas em datas diferentes e em composições coloridas, é particularmente útil na identificação de padrões de vegetação e de outras características da terra.

Conforme Cuervo (1973), a interpretação das ampliações de 1:200.000 e 1.100.000 das imagens do LANDSAT, possibilitou uma perfeita diferenciação de tons entre os estratos constituídos dos gêneros *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp. Observou ainda, que o desempenho das bandas, da melhor para a pior, foram respectivamente 5, 4, 6 e 7.

Titus et al (1975), usaram um sistema de estimativa por amostragem para inventário de recursos madeireiros, baseado num esquema de cinco estágios de amostragem, que combinou três fontes de informação: dados do MSS do LANDSAT, dados de fotografia de grande escala e medidas de campo. O uso dos dados do MSS do LANDSAT, foi na estratificação da floresta em 4 classes. Eles observaram que esse sistema leva a vantagem de 63% sobre o sistema que não utiliza os dados do LANDSAT, comparando-se

os custos.

Segundo Wittgenstein (1972) e Kirby (1973), a utilização de composição colorida de imagens LANDSAT permitiu separações nítidas entre floresta de coníferas e de folhosas.

Para Wiegand et al (1973), a composição colorida das bandas 4, 5 e 7 do LANDSAT - 1 produz imagem com tonalidades similares às do filme infravermelho colorido.

Segundo Lee et al (1974), a composição colorida das bandas 4, 5 e 6 do LANDSAT permitiu a identificação de 4 classes: coníferas adultas, coníferas jovens, áreas em regeneração ou cortadas e florestas de folhosas.

Para Crea (1973), a utilização de dados temporais do LANDSAT para discriminação de vegetação possibilitou a identificação de florestas de folhosas e de coníferas.

Para Kan e Dillman (1975), Kalensky e Scherk (1975), a análise temporal da cobertura florestal seria superior à análise de uma única estação.

Segundo Heath (1974), são importantes os estudos temporais em inventários florestais e manejo.

Conforme Joyce e Pendleton (1973), a utilização da imagem LANDSAT, obtida em janeiro, produziu melhor resultado na separabilidade entre florestas com o gênero *Pinus* spp e floresta de folhosas, do que a imagem de agosto, para a região de planícies costeiras do Mississippi.

De acordo com Kirby (1973), a utilização da combinação das bandas espectrais do MSS e estações do ano, permitiu a separação de floresta de coníferas e floresta de folhosas.

Para Lee et al (1974), as áreas cortadas podiam ser claramente identificadas em imagens LANDSAT, e o progresso do desmatamento (corte) foi evidenciado pela comparação de áreas não cortadas com áreas cortadas em 1972 e 1973, respectivamente.

Conforme Hoffer e Anuta, citados por Valério Filho et al (1976), pode-se considerar a tonalidade como o fator mais significante na interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas de pequena escala.

Para King e Rains (1974), a mata de galeria apresenta-se escura no canal 5 e clara no canal 7 do MSS.

Para Lee et al (1974), áreas não florestadas apareceram no canal 5 do MSS em tons claros a cinza claro, em contraste com áreas florestadas, em tons de cinza escuro.

Para Murtha (1973), a clorofila da vegetação verde absorve a energia incidente na região espectral do vermelho,tornando escuras as áreas com vegetação, na banda 5 do LANDSAT.

Segundo o trabalho do Instituto Florestal de São Paulo (1974), o uso de fotografias aéreas convencionais (pancromáticas) possibilitou a obtenção de padrões de tonalidades para vários tipos de cobertura vegetal e reflorestamento, e estabeleceu as seguintes tonalidades: média para capoeira, de média a escura para cerradão, de clara a média para cerrado, clara para campo e campo cerrado, e de média a escura intensa para reflorestamento.

De acordo com Coelho (1967), o reflorestamento de *Eucalyptus* spp, em fotografias aéreas, aparece com a tonalidade escura e uniforme, tendendo a clara na fase adulta, enquanto que a mata nativa se comporta com tonalidade sempre clara e descontínua, sendo esta a principal característica diferencial.

Smith (1943), citado por Caslick (1975),relatou que os tipos de vegetação natural são caracterizados por texturas distintas e tons de cinza em fotografias aéreas. De acordo com Caslick (1975),essas características variam em detalhe com o tipo ou tipos de plantas presentes, seu espaçamento e distribuição, e a estação do ano. Onde as árvores estão suficientemente afastadas, permitindo a exposição do solo,uma aparência mosqueada é produzida. Em todos os casos, as árvores são mais escuras em cor do que os arbustos, os quais são caracterizados pela sua textura fina.

2.4.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

De acordo com Goodenough e Shlien (1974a), existem três passos no desenvolvimento de métodos de classificação automática.Primeiro, deve-se decidir quais as classes de cobertura do solo a serem individualmente distinguidas. Segundo, deve-se selecionar características próprias para se discriminarem as diferentes classes. Terceiro, deve-se estabelecer um método de decisão para definir a que classe pertence o elemento analisado. Nesse trabalho, a seleção de canais foi restrita às quatro bandas espectrais do MSS do LANDSAT. O melhor canal foi selecionado pelo cômputo da divergência para pares de classes,e escolhendo aquele que maximizou essa medida. Foi aplicada a regra de decisão de máxima probabilidade para duas suposições: 1) as distribuições das intensidades espectrais são gaussianas para cada classe; 2) as intensidades espectrais são distribuídas uniformemente dentro de um paralelepípedo. Concluíram que, onde a superposição de classes no espaço espectral era pequena, o método do paralelepípedo foi pelo menos tão preciso quanto o método gaussiano, que requereu maior tempo de processamento de computador. Os autores concluíram ainda, que a classificação de floresta é possível com 90% de precisão.

Conforme Erb (1973), a técnica de análise por computador dos dados do LANDSAT - 1 pode ser usada para detetar,identificar, localizar e medir várias características de interesse da floresta. Salientou que as técnicas de análise de imagens, através de computador,servem tão

bem ou melhor do que a interpretação visual, especialmente para classificação mais detalhada. De acordo com esse autor, a precisão de 70 a 90% poderia ser encontrada com um único conjunto de dados, podendo-se elevar essa precisão até 95%, utilizando duas ou mais passagens. Medindo áreas, utilizando dados do LANDSAT, em campos selecionados, o autor encontrou uma precisão da ordem de 90%.

Baumgardner et al (1973) utilizaram o sistema LARSYS, que é um pacote de programas de computador projetado para analisar dados multiespectrais sensoriados remotamente. Os algoritmos de processamento usados no estudo foram: técnica de agrupamento, processador estatístico, classificador de pontos, processador de impressão de resultados e processador de fotos. O algoritmo de agrupamento é um classificador não supervisionado, que agrupa vetores de dados em classes distintas espectralmente. Vetores de médias e matrizes de covariância são calculados pelo processador estatístico, e são, então, usados pelo classificador de pontos, que utiliza a classificação gaussiana de máxima probabilidade, analisando a imagem inteira elemento por elemento, isto é, "pixel" a "pixel". Os resultados da análise são mostrados, usando: 1) o processador de impressão dos resultados que produz mapas alfa numéricos; 2) o processador de fotos que mostra os resultados através do sistema digital de apresentação de imagens (tubo de raios catódicos). Informações de campo e de fotografias aéreas foram usadas na análise e na interpretação dos dados do LANDSAT. Dentre as características que foram identificadas, estão incluídas algumas culturas, pastagens, solo nu, feições hidrológicas e feições do solo.

Segundo Shlien e Goodenough (1973), é possível a utilização da regra de decisão de máxima probabilidade no reconhecimento de padrões. Esse critério tem mostrado que é ótimo no sentido de minimizar o erro de classificação.

Goodenough e Shlien (1974b), utilizaram três modelos de pré-processamento: correção radiométrica, relação entre canais e dados brutos, tendo usado os métodos do paralelepípedo e gaussiano, que utili

zam a regra de decisão de máxima probabilidade. Três áreas testes (uma com corpos d'agua, uma de vegetação e outra de agricultura) foram mapeadas tematicamente através dos dois métodos, utilizando os três modelos de pré-processamento. Os resultados obtidos nesse desenvolvimento permitiram as seguintes conclusões: o método de classificação gaussiana foi o mais preciso; os dados corrigidos radiometricamente apresentaram menos confusão entre as classes; a técnica de relação entre canais produziu melhor precisão na classificação, quando comparada com dados de verdade terrestre disponíveis; e as maiores precisões encontradas para os temas investigados, foram: a) 98% para corpos d'agua; b) 94% para área de vegetação; c) 71% para área de agricultura.

Para Safir et al (1973), a utilização de um processo de reconhecimento dos dados do MSS do LANDSAT, através de computador digital, permitiu a obtenção de resultados satisfatórios na identificação de vegetações densas, tais como: floresta, milho e soja. Entretanto, o reconhecimento de espécies foi difícil na vegetação em fase de senescência.

Segundo Heath e Parker (1973), o uso da interpretação visual convencional e da interpretação automática, através da técnica de "agrupamento", possibilitou a classificação de florestas, condições de solos e uso da terra. Foi concluído preliminarmente que a interpretação automática apresentou melhores resultados (70% de acuracidade) do que a convencional (63%).

Para Heath (1974), a classificação de florestas e padrões de uso da terra, utilizando computador, foi melhor que o método convencional de interpretação de imagens. Esse estudo foi realizado numa floresta de *Pinus* no leste do Texas. O autor usou três métodos auxiliados pelo computador. O método mais simples, foi a combinação de três dos quatros canais do LANDSAT, num instrumento que pôde simular a fotografia infravermelho ou outra combinação desejada; o segundo método foi o uso de um algoritmo de "agrupamento", e o terceiro, e mais complexo, foi o método da Universidade de Purdue, chamado LARSYS, no qual o computador é treinado para classificar determinadas condições de solos.

Para Kalensky e Scherk (1975), há possibilidade de aplicação de imagens multiespectrais do LANDSAT, registradas em fitas compatíveis com o computador, para mapeamento de florestas. O algoritmo de classificação utilizado foi a regra de decisão de máxima probabilidade gaussiana. Para os autores, o conhecimento de verdade terrestre, ao nível de serem levantados todos os pontos correspondentes aos elementos de imagem ("pixels"), foi importante para a análise de precisão num estudo piloto, mas é muito difícil na prática e não pode ser adotado num sistema operacional.

Segundo Joyce e Pendleton (1973), é possível utilizar um sistema de classificação supervisionada de máxima probabilidade, baseado em estatística gaussiana, para separar floresta de *Pinus* spp de floresta de folhosas. Os módulos do sistema empregado foram: 1) módulo "estatístico", que foi usado para computar médias, matriz de covariância e construir histogramas para cada amostra de treinamento; 2) módulo de "separação" que computa uma medida (divergência) da similaridade de pares de amostras de treinamento; 3) módulo de "classificação" utilizado para colocar cada elemento em uma determinada classe.

Conforme Kirvida e Johnson (1973), é possível o uso de um processo automático de classificação, baseado nas características espaciais e multiespectrais, para separar as seguintes classes: floresta de coníferas, floresta de folhosas, áreas sem vegetação, água e cidade.

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento deste projeto foi selecionada a área de estudo correspondente à Divisão Administrativa de Ribeirão Preto. A sua localização em relação ao Estado de São Paulo é mostrada na Figura III.1.

Fig. III.1 - Área de estudo - Divisão Administrativa de Ribeirão Preto.

A área de estudo abrange 4 imagens do LANDSAT, cujas órbitas e pontos são: 178/26, 178/27, 192/26, 192/27 (Figura III.2).

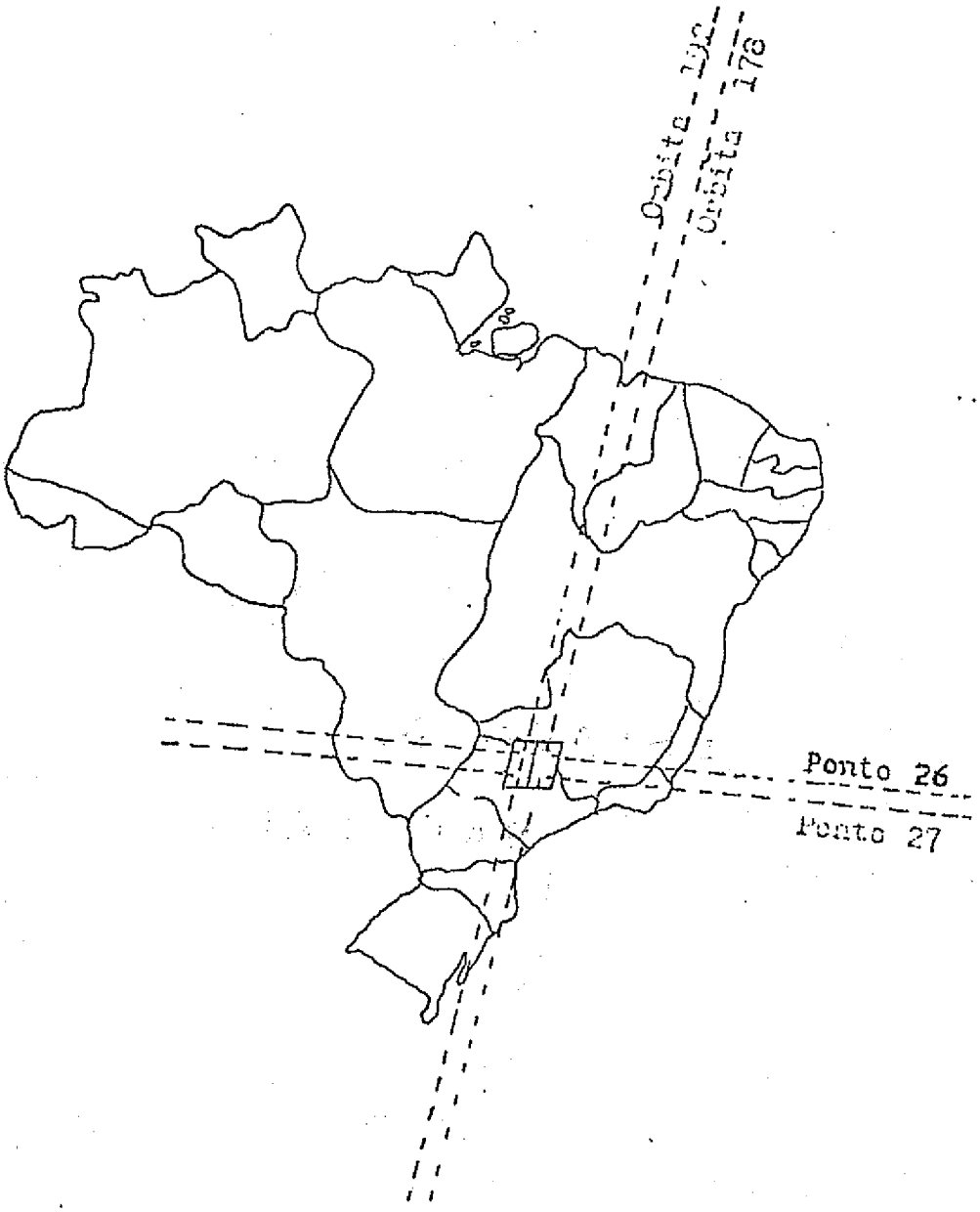
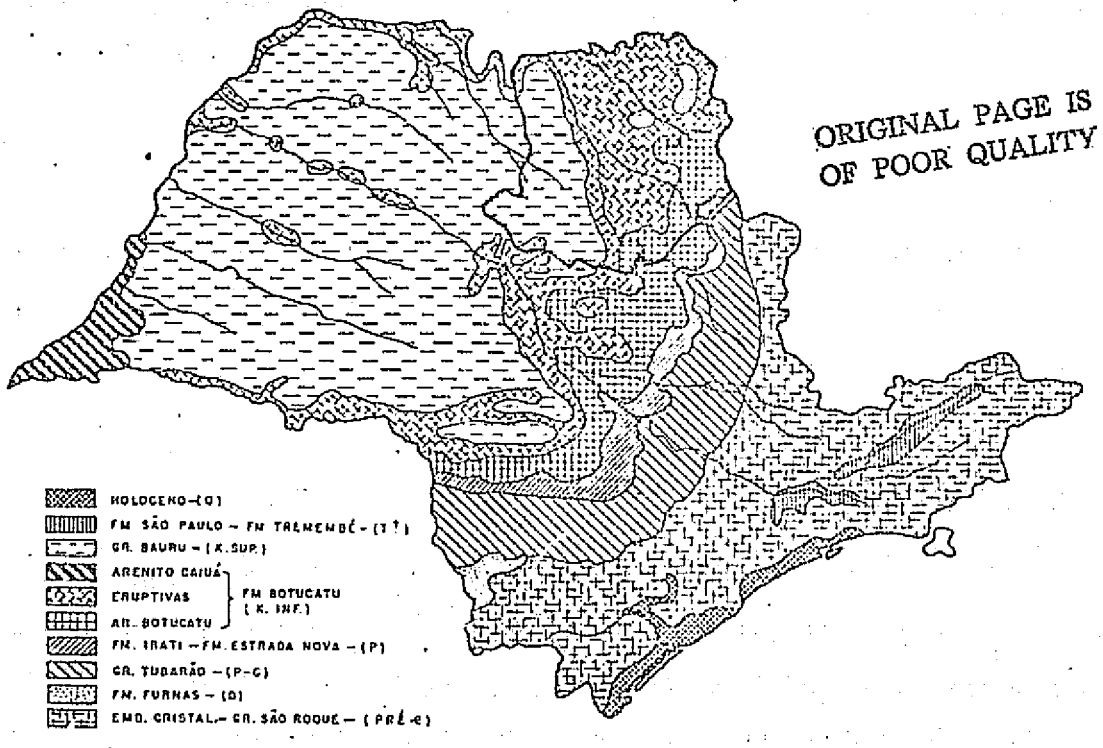


Fig. III.2 - Localização das imagens do satélite LANDSAT que contêm a área de estudo.

A sua extensão é de aproximadamente 36.000 quilômetros quadrados, abrangendo cinco Hortos Florestais, três Florestas Estaduais, duas Reservas Florestais e dois Viveiros Florestais pertencentes ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo, além de várias áreas reflorestadas e Hortos Florestais pertencentes à iniciativa privada.

3.1.1 - GEOLOGIA

De acordo com o Mapa Geológico Esquemático do Estado de São Paulo (Rotta, 1972), a geologia da área, na sua maior parte, está ocupada pelas formações Bauru (Kb) com ocorrência de Arenitos, Argilitos e Conglomerados, e Serra Geral (JKsg) onde há o domínio das Efusivas Básicas (Figura III.3).



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Fig. III.3 - Mapa geológico esquemático do Estado de São Paulo (Rotta, 1972).

3.1.2 - REGIÕES FISIOGRÁFICAS

Conforme o Mapa Fisiográfico do Estado de São Paulo, do Ministério da Agricultura (1960), a maior parte da área está localizada no Planalto Ocidental, caracterizado por enormes extensões de relevo suave, correspondendo aos terraços Paleozóicos e Mesozóicos de face norte - oriental da bacia do Paraná. Em menor escala, a área é ocupada pela Depressão Paleozóica, intercalada entre as terras altas do embasamento cristalino, que é o Planalto Atlântico, e uma forte escarpa festonada (Figura III.4).

3.1.3 - CLIMA

De acordo com o Mapa Climático do Estado de São Paulo, da Comissão de Solos, Ministério da Agricultura (1960), o tipo climático predominante na região é o Cwa, que é um clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. Um pouco menos evidente é o tipo climático Aw caracterizado como clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O índice pluviométrico varia entre 1100 e 1300 milímetros. Em menor escala, há ocorrência do tipo Cwb que apresenta clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura do mês mais quente não atinge a 22°C. O índice pluviométrico varia de 1300 a 1600 milímetros (Figura III.5).

3.1.4 - SOLO

Segundo o Mapa de Solos do Estado de São Paulo,do Ministério da Agricultura (1960), verifica-se uma diversidade a nível de grande grupo na área de estudo. De acordo com Lepsch (1972), ocupando a maior parte da área encontra-se o Latosol Roxo (LR), proveniente de rochas eruptivas básicas (Figura III.6). Em menor escala,verifica-se o Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa (LVa) (Figura III.7), Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa (LEa) (Figura III.8), Solos Podzolizados de Lins e Marília, variação Lins (Pln) e variação Marília (Pml)(Figura III.9),

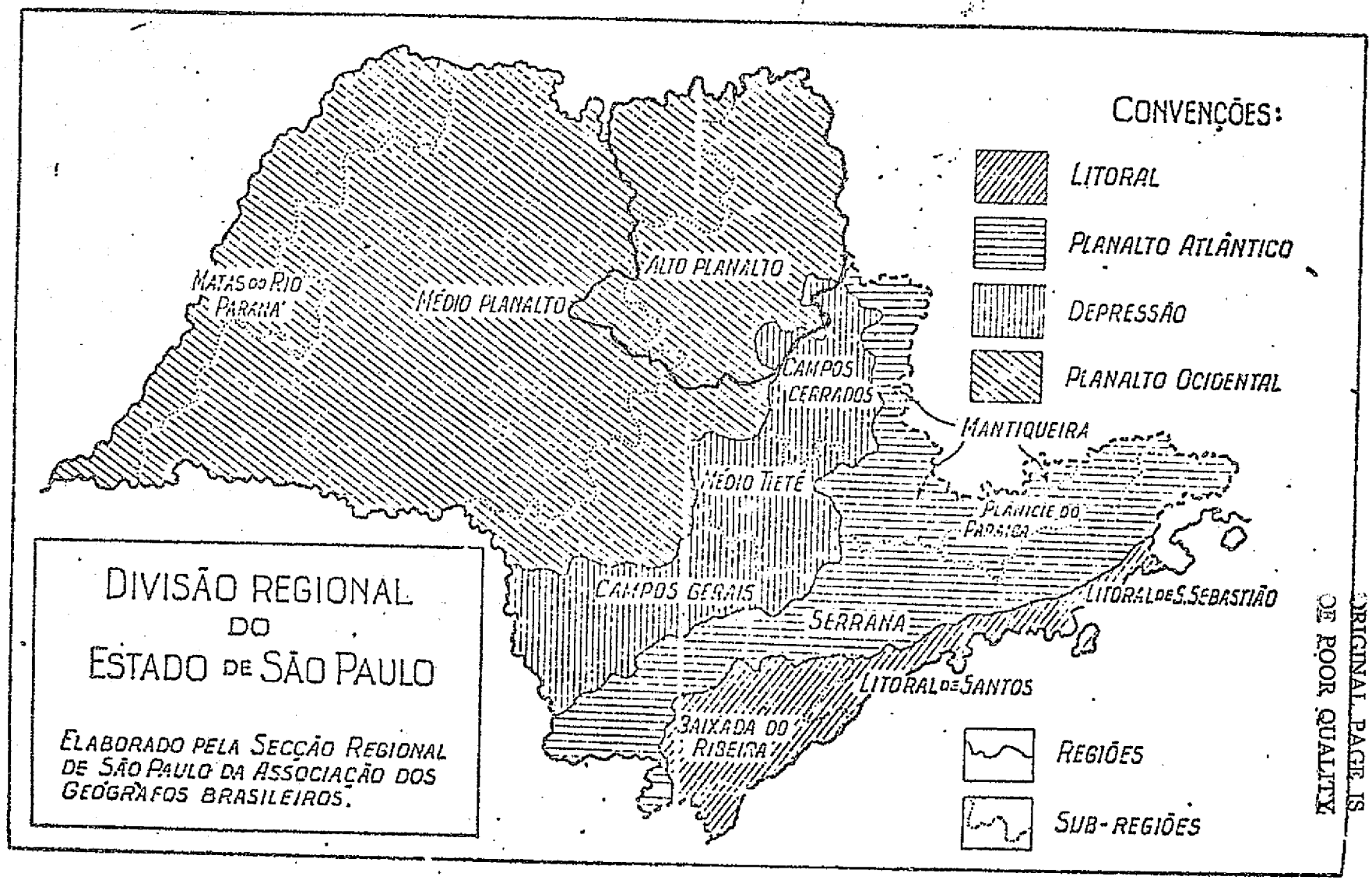
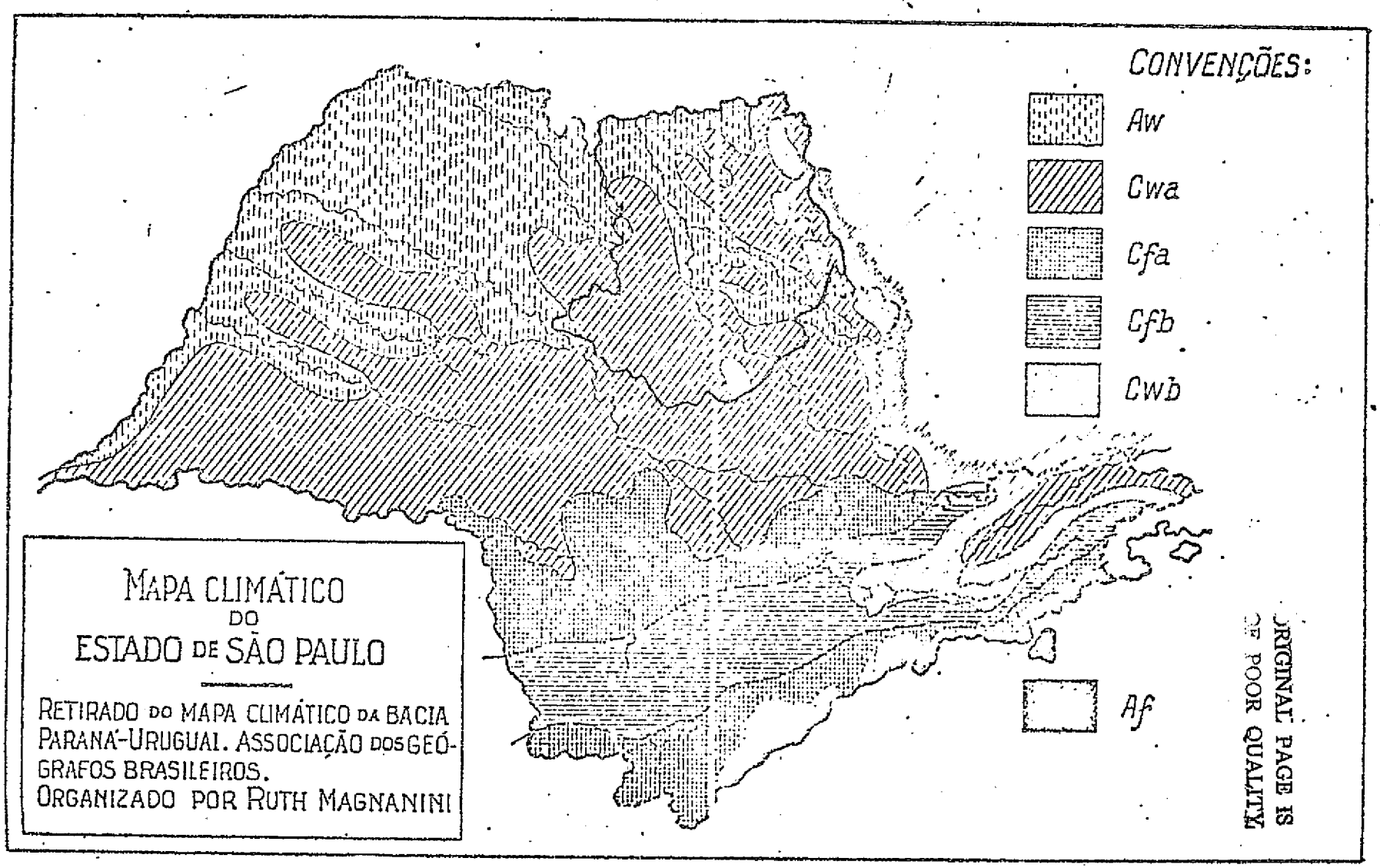


Fig. III.4 - Mapa fisiográfico do Estado de São Paulo publicado pelo Ministério da Agricultura (1960).

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY



ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

Fig. III.5 - Mapa esquemático da Divisão Climática do Estado de São Paulo (Comissão de Solos, 1960).

Solos Hidromórficos (HI), Regosol (R), grupamento indiscriminado de Regosol "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo e "intergrade" para Latosol Vermelho Amarelo, Aluviais (A), Litosol - fase substrato folhelho - argilito (Li-Ag) e Litosol - fase substrato basaltito.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

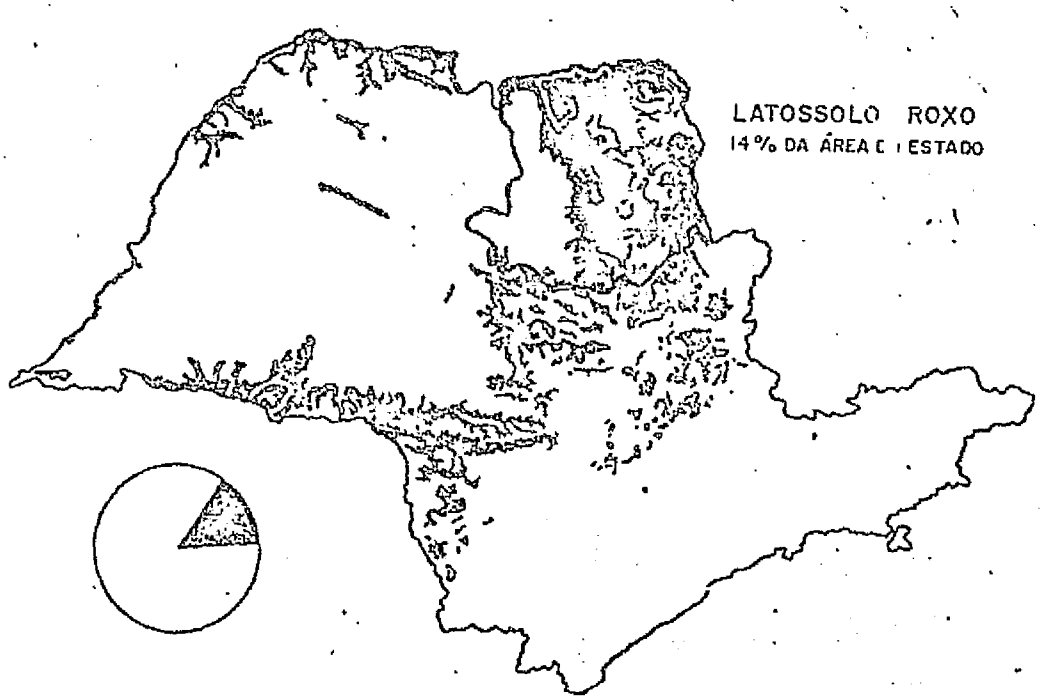


Fig. III.6 - Mapa esquemático mostrando a localização dos solos mais frequentes da área de estudo.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

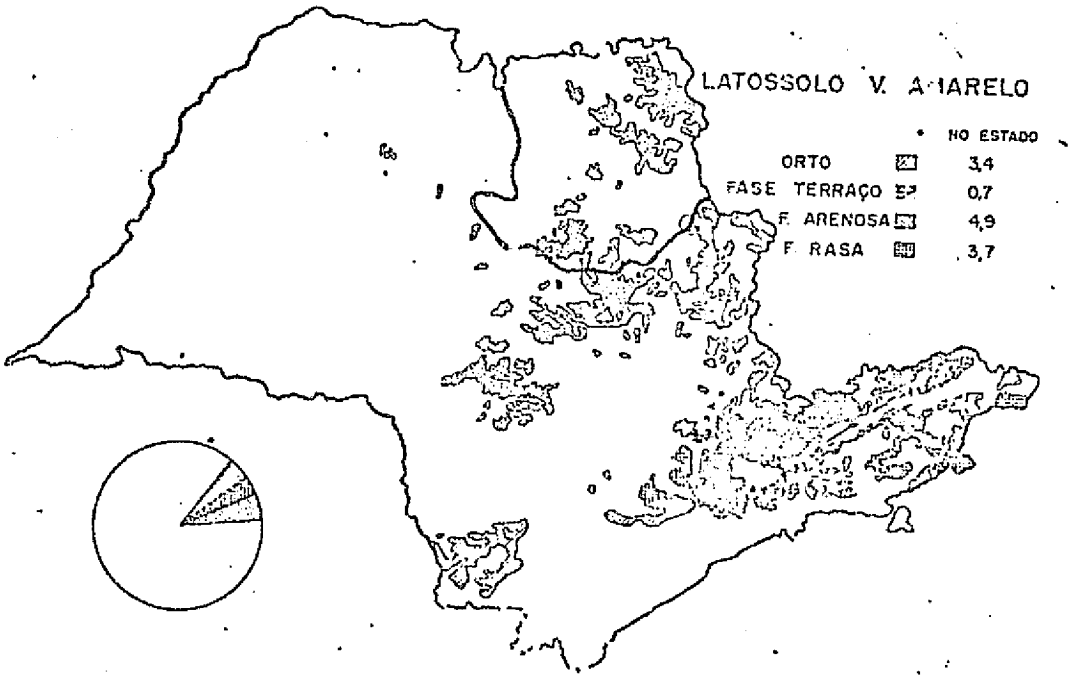


Fig. III.7 - Mapa esquemático mostrando a localização do Latossolo Vermelho Amarelo no Estado de São Paulo (Lepsch, 1972).

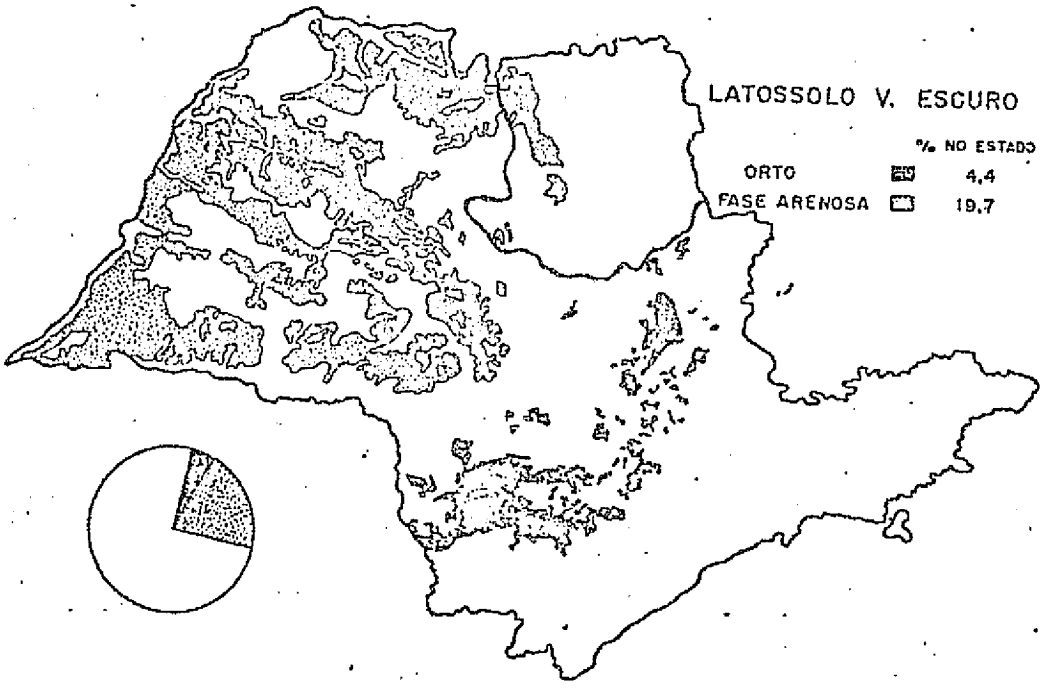


Fig. III.8 - Mapa esquemático mostrando a localização do Latossolo Vermelho Escuro no Estado de São Paulo (Lepsch, 1972).

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

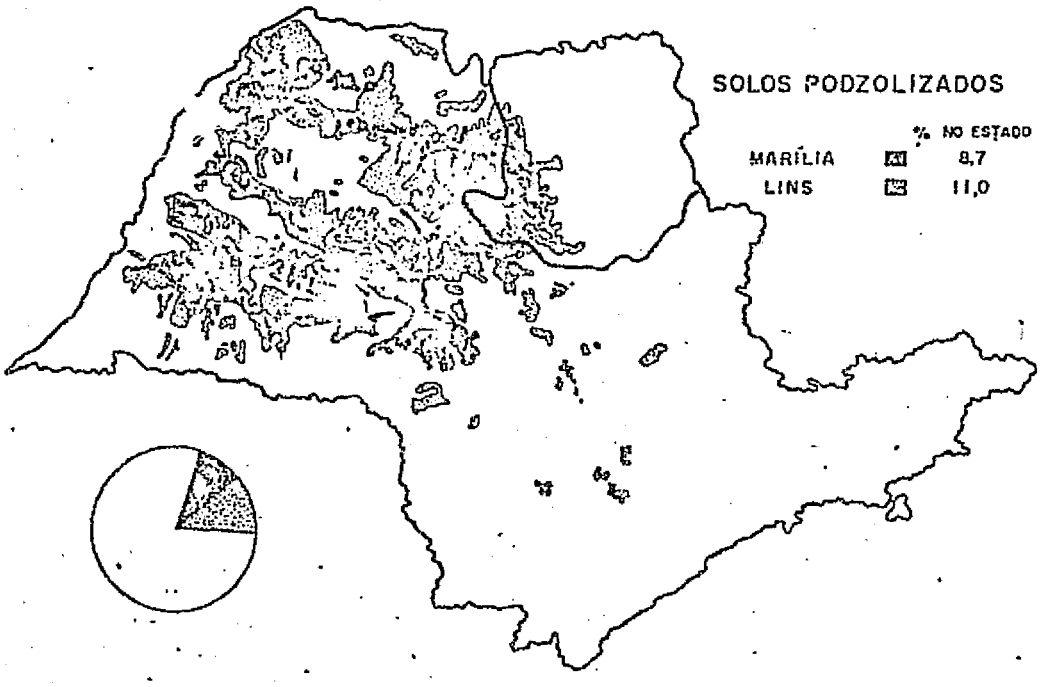


Fig. III.9 - Mapa Esquemático mostrando a localização dos Solos Podzolizados de Lins e Marília (Lepsch, 1972).

3.1.5 - VEGETAÇÃO

Conforme o trabalho realizado pelo Instituto Florestal de São Paulo (1974), a região apresenta os seguintes percentuais de cobertura vegetal: mata (1,98%), capoeira (2,28%), cerradão (1,39%), cerrado (9,94%), campo cerrado (1,37%) e reflorestamento (1,61%) (Figura III.10).

De acordo com as informações colhidas em trabalho de campo, e através de bibliografia, o reflorestamento da área de estudo é formado pelos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Embora o *P.elliottii* e *P.taeda* sejam as espécies do gênero *Pinus* mais plantadas nesta área, elas estão numa região ecológica desfavorável ao plantio, de acordo com Golfari (1967) e Instituto Florestal de São Paulo (1975a).

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

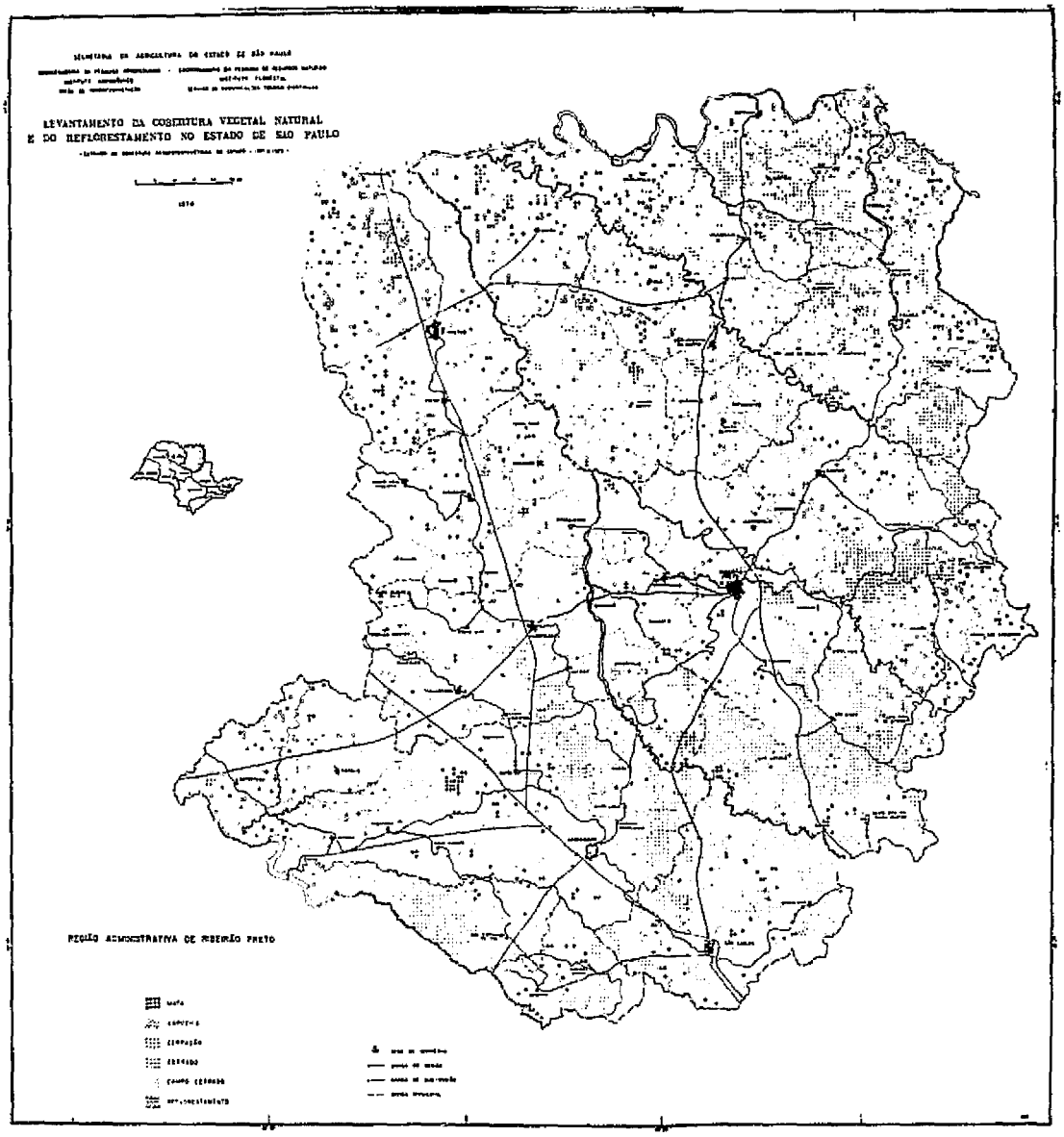


Fig. III.10 - Cobertura vegetal da Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (Instituto Florestal de São Paulo, 1974)

3.2 - ESCOLHA DAS ÁREAS DE TREINAMENTO

Como a fisiografia da área não apresenta grandes variações, a escolha das áreas de treinamento ficou restrita a fatores que melhor representavam a área de estudo. Assim, optou-se por áreas que apresentavam a maior diversidade de categorias de áreas reflorestadas e que possuiam informações prévias de campo para minimizar trabalho de obtenção de verdade terrestre.

Dentro desse conceito escolheram-se as seguintes áreas de treinamento (Figura III.11):

1) Mogi-Guaçu
2) Prudente
3) Batatais
4) Guatapará
5) Camaquan
6) Itirapina
7) Boa Sorte
8) Guarani

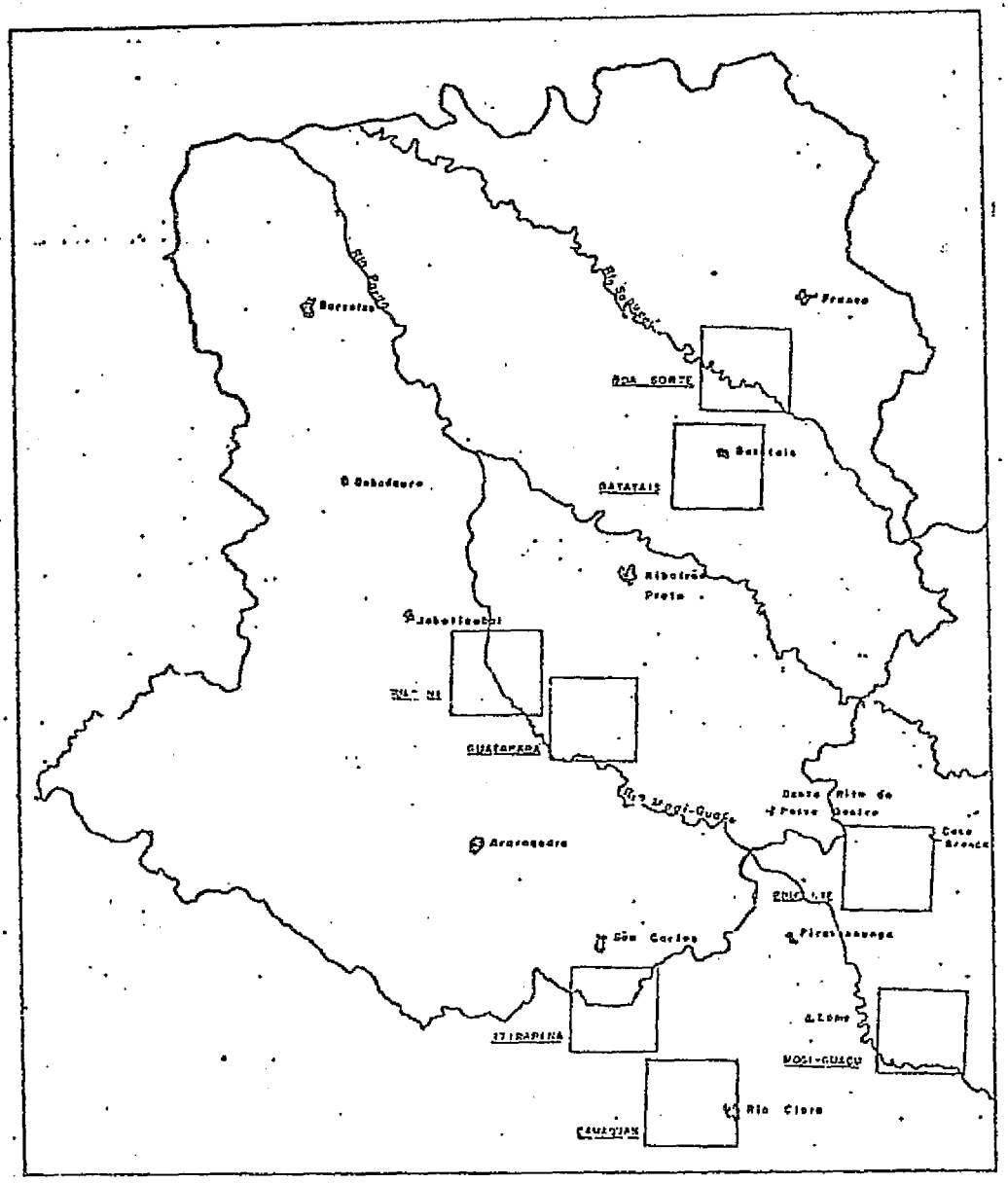
3.3 - DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE TREINAMENTO

As áreas de treinamento correspondem a quadrados de, aproximadamente, 460 quilômetros quadrados, que contêm uma ou mais classes de reflorestamento e outras classes de uso do solo. Nessas áreas foram obtidas informações de mapas de fazendas e de trabalho de campo.

Em função da sua utilização, as áreas de treinamento serão apresentadas em dois grupos distintos: áreas de treinamento para interpretação automática e áreas de treinamento para interpretação visual.

As informações sobre as unidades taxionômicas de solo, regiões fisiográficas e tipos climáticos, que aparecem na descrição das áreas, foram extraídas dos trabalhos realizados no Levantamento de Solos

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



REGIÃO ADMINISTRATIVA DE RIBEIRÃO PRETO

ÁREA DE TREINAMENTO

Fig. III.11 - Localização das áreas de treinamento.

do Estado de São Paulo, Ministério da Agricultura (1960). Os dados geológicos foram obtidos do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, IGG (1974).

A descrição das áreas de treinamento, apresentada a seguir, refere-se apenas às partes reflorestadas dessas áreas.

3.3.1 - ÁREAS DE TREINAMENTO PARA INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

Essas áreas foram utilizadas para treinamento do sistema I-100, na avaliação de povoamentos florestais artificiais. Foram utilizadas com o objetivo de definir e caracterizar as classes de reflorestamento, bem como proporcionar parâmetros para a classificação e a avaliação das áreas ocupadas por essas classes, além de permitir a determinação do cálculo da precisão da classificação.

1) Área de Treinamento Mogi-Guaçu

A área de treinamento Mogi-Guaçu contém a Fazenda Campininha (Figura III.12), pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo, e o Horto Santa Terezinha (Figura III.13), de propriedade da Champion Celulose e Papel S/A. Está situada no município de Mogi-Guaçu apresentando altitude média de 650 metros. É constituída por rochas pertencentes ao grupo Tubarão, de idade Carbonífera e Permiana, mais areias, argilas, cascalhos, arenitos e folhelhos pirobetuminosos do Cenozóico. Está inserida nas unidades taxionômicas de solo denominadas Latosol Roxo (LR), Latosol Vermelho Escuro (LE), Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa (LVa) e Hidromórficos (HI). O tipo climático é o Cwa definido por clima quente de inverno seco. Está localizada na região fisiográfica denominada Depressão Paleozóica.

A Fazenda Campininha é uma Estação Experimental do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. A maior parte da fazenda está reflorestada com *Pinus elliottii*; em menor escala aparecem as espécies: *P.taeda, P.caribaea hondurensis, P.caribaea caribaea, P.caribaea bahamensis, P.oocarpa e P.palustris*. A maioria do plantio foi realizada de

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

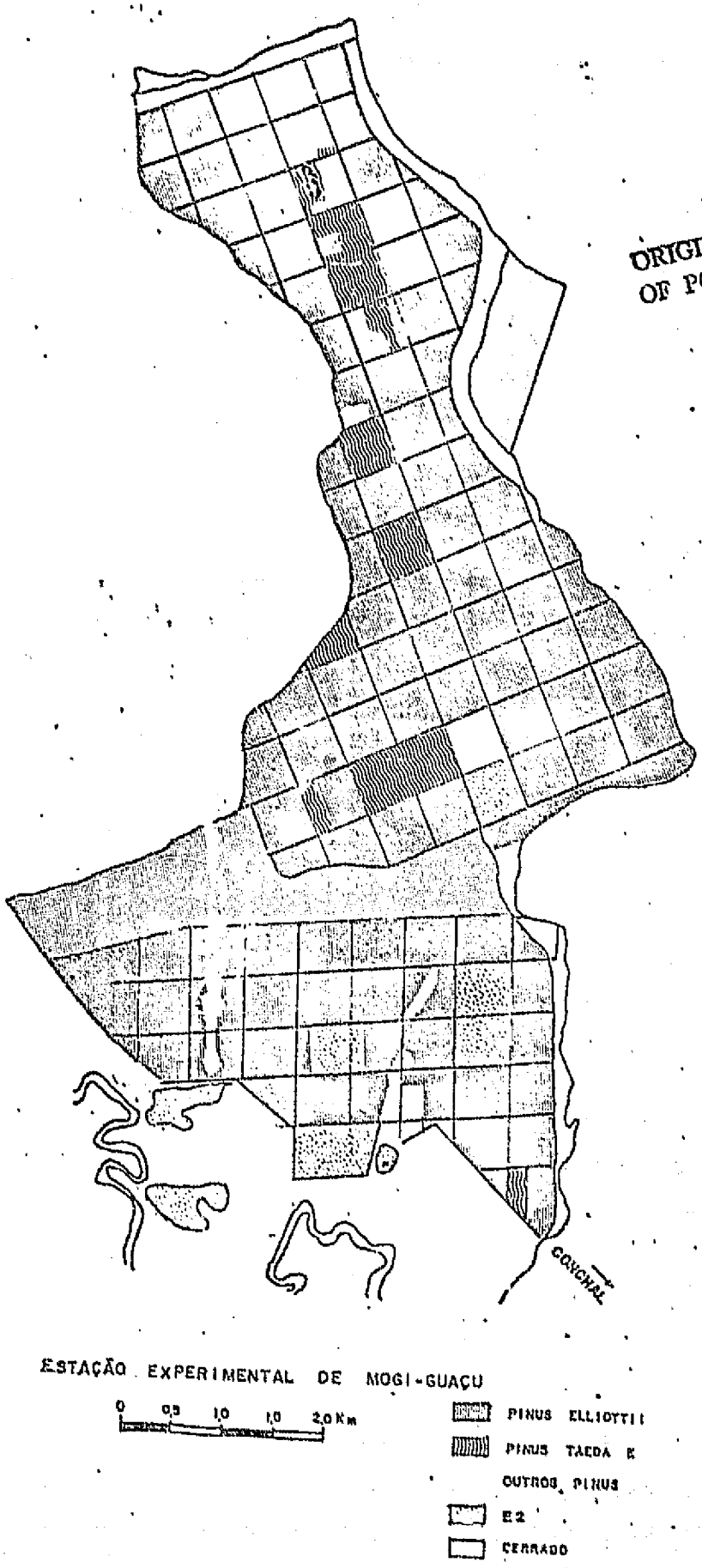
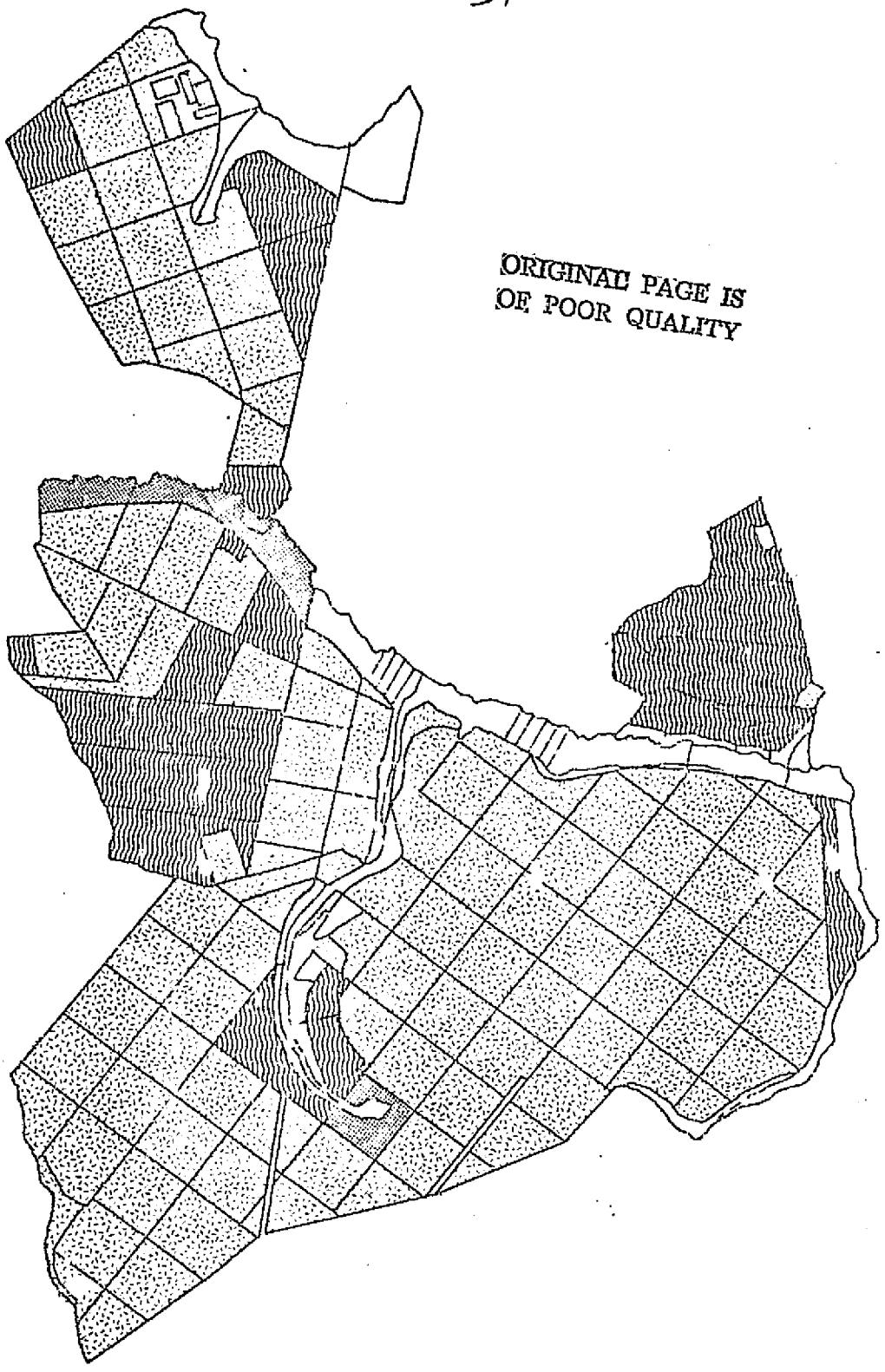


Fig. III.12 - Localização da área reflorestada da Fazenda Campininha.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



HORTO SANTA TEREZINHA

0 0,5 1,0 1,5 2,0 Km

E2

E1

PINUS..

Fig. III.13 - Localização da área reflorestada do horto Santa Terezinha.

1958 a 1969, apresentando normalmente o espaçamento de 2 metros por 2 metros. A porcentagem de extração foi em torno de 40 a 50% nos talhões desbastados. A fazenda apresenta alguns talhões do gênero *Eucalyptus*.

O Horto Santa Terezinha apresenta-se com talhões das espécies *E.alba* e *E.saligna*. Foram efetuados cortes rasos em alguns talhões que estão em fase de regeneração. Existem talhões que foram plantados recentemente e não sofreram corte. O Horto apresenta alguns talhões do gênero *Pinus*.

2) Área de Treinamento Prudente

A área de treinamento Prudente contém a Fazenda Prudente do Morro, de propriedade particular (Figura III.14). Está situada nos municípios de Casa Branca e Santa Cruz das Palmeiras a uma altitude média de 630 metros. Está constituída por rochas pertencentes ao grupo Tubarão, de idade Carbonífera - Permiana. Está inserida na unidade taxionômica de solo denominada Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa (Lva). O tipo climático é o Cwa, definido por clima quente de inverno seco. Está localizada na região fisiográfica denominada Depressão Paleozóica.

As áreas reflorestadas da Fazenda Prudente do Morro apresentam quase que totalmente plantios do gênero *Eucalyptus*, com as espécies *E.saligna* e *E.grandis*. Os plantios foram iniciados em 1969 e terminaram em 1972. O espaçamento utilizado foi normalmente 3 metros por 2 metros não havendo cortes até o momento. Em 1970 a espécie *P.caribaea* foi utilizada para um reflorestamento, que é pouco significativo em termos de área.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

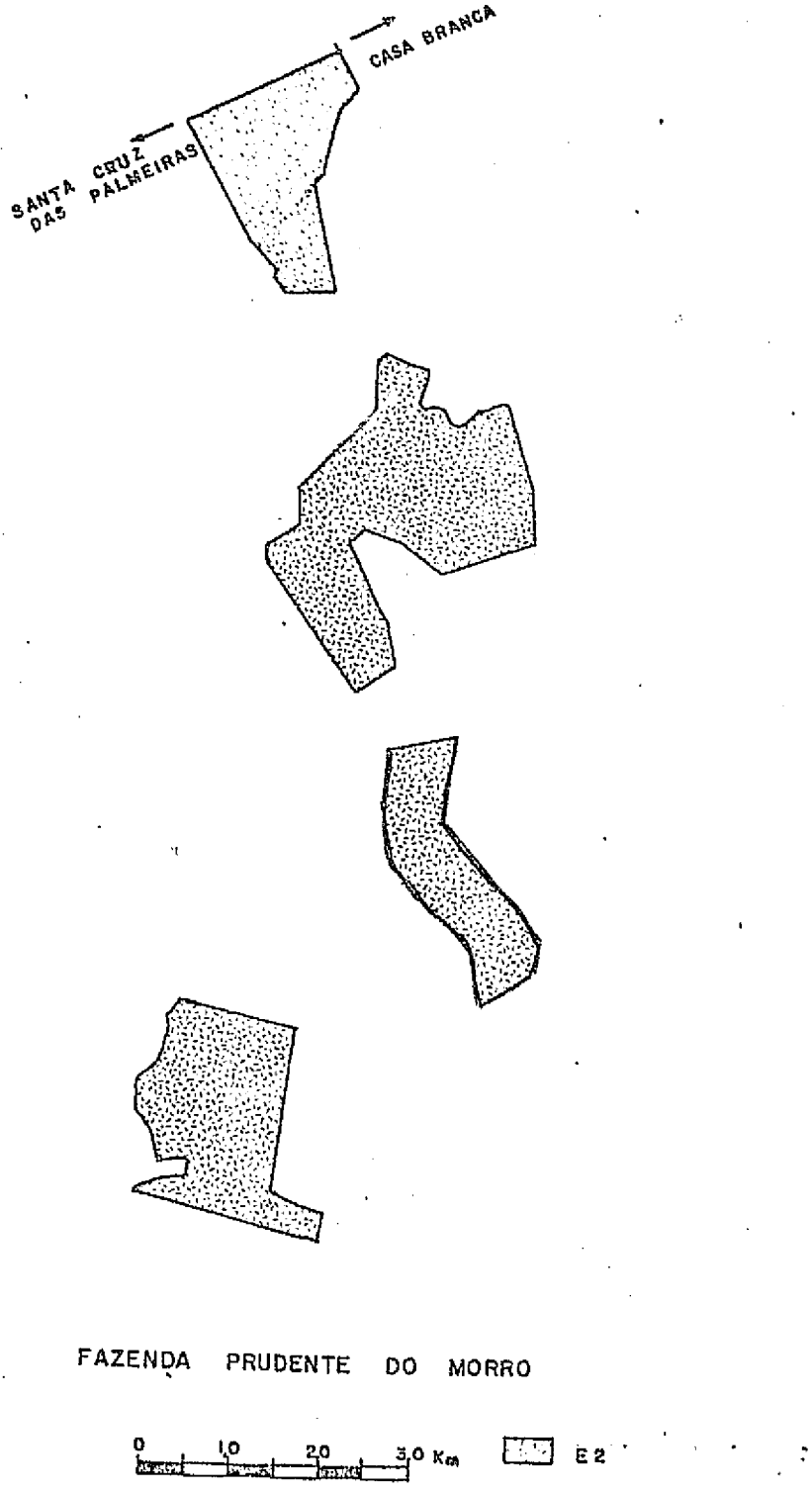


Fig. III.14 - Localização da área reflorestada da fazenda Prudente do Morro.

3) Área de Treinamento Batatais

A área de treinamento Batatais contém a Floresta Estadual de Batatais de propriedade do Instituto Florestal de São Paulo (Figura III.15). Está situada no município de Batatais, apresentando altitude média de 880 metros. A área é constituída por areias, argilas, cascalhos, arenitos e folhelhos pirobetuminosos do Cenozóico. Está inserida na unidade taxionômica de solo denominada Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa (LVa). O tipo climático é o Cwa definido por clima quente de inverno seco. Está localizada na região fisiográfica denominada Planalto Ocidental.

A Floresta Estadual de Batatais apresenta principalmente plantios do gênero *Pinus* e, em menor proporção, de *Eucalyptus*. A espécie *P.elliottii* foi a mais plantada do gênero *Pinus* surgindo em proporções menores as espécies *P.taeda*, *P.caribaea*, *P.khasya* e *P.patula*. Os plantios foram realizados de 1959 a 1969 apresentando normalmente o espaçamento de 2 metros por 2 metros. A porcentagem de extração foi em torno de 40 a 50% nos talhões desbastados. Os primeiros plantios do gênero *Eucalyptus* foram realizados em 1949 e 1951, sendo que os mais recentes foram executados em 1975. Os talhões mais antigos estão em fase de rebrota e com aspecto bastante desuniforme.

4) Área de Treinamento Guatapará

A área de treinamento Guatapará contém a Fazenda Guatapará, de propriedade da Guatapará Florestal S/A Planejamento e Reflorestamento (Figura III.16). Está situada no município de Ribeirão Preto, apresentando altitude média de 620 metros. A área é constituída por rochas pertencentes à formação Serra Geral do Grupo São Bento, de idade Jurássica - Cretácea e por rochas das formações Botucatu e Pirambóia, pertencentes ao Grupo São Bento, de idade Cretácea. Está inserida na unidade taxionômica de solo denominada Latosol Roxo (LR). O tipo climático é o Cwa definido por clima quente de inverno seco. Está localizada na região fisiográfica denominada Planalto Ocidental.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

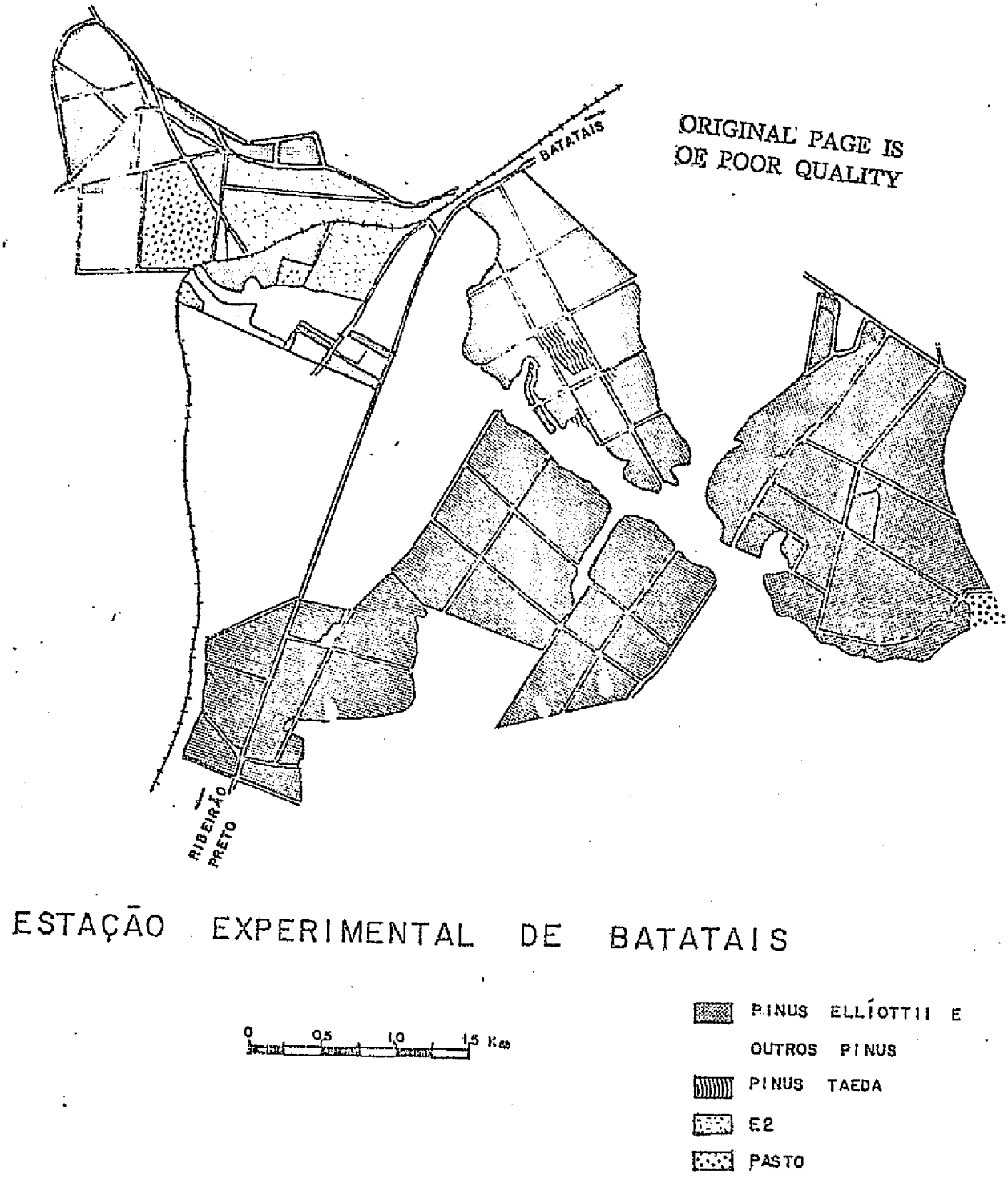


Fig. III.15 - Localização da área reflorestada da Estação Experimental de Batatais.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

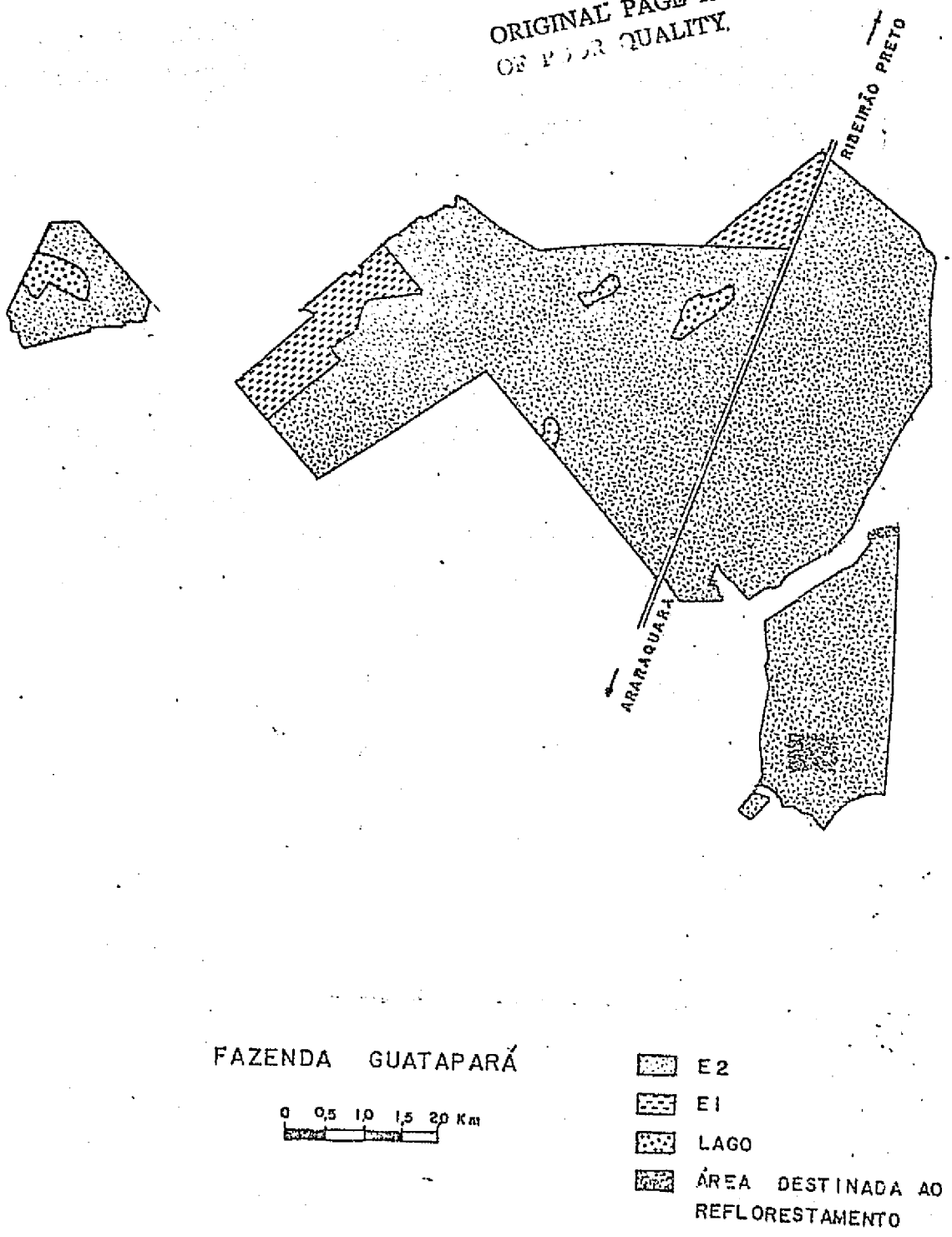


Fig. III.16 - Localização da área reflorestada da fazenda Guatapará.

As áreas reflorestadas da Fazenda Guatapará apresentam plantios das espécies *E.grandis* e *E.saligna*. O plantio foi executado de 1970 a 1974. O espaçamento utilizado foi geralmente de 3 metros por 2 metros, não apresentando áreas desbastadas. Os talhões apresentavam uma boa uniformidade no plantio.

5) Área de Treinamento Camaquan

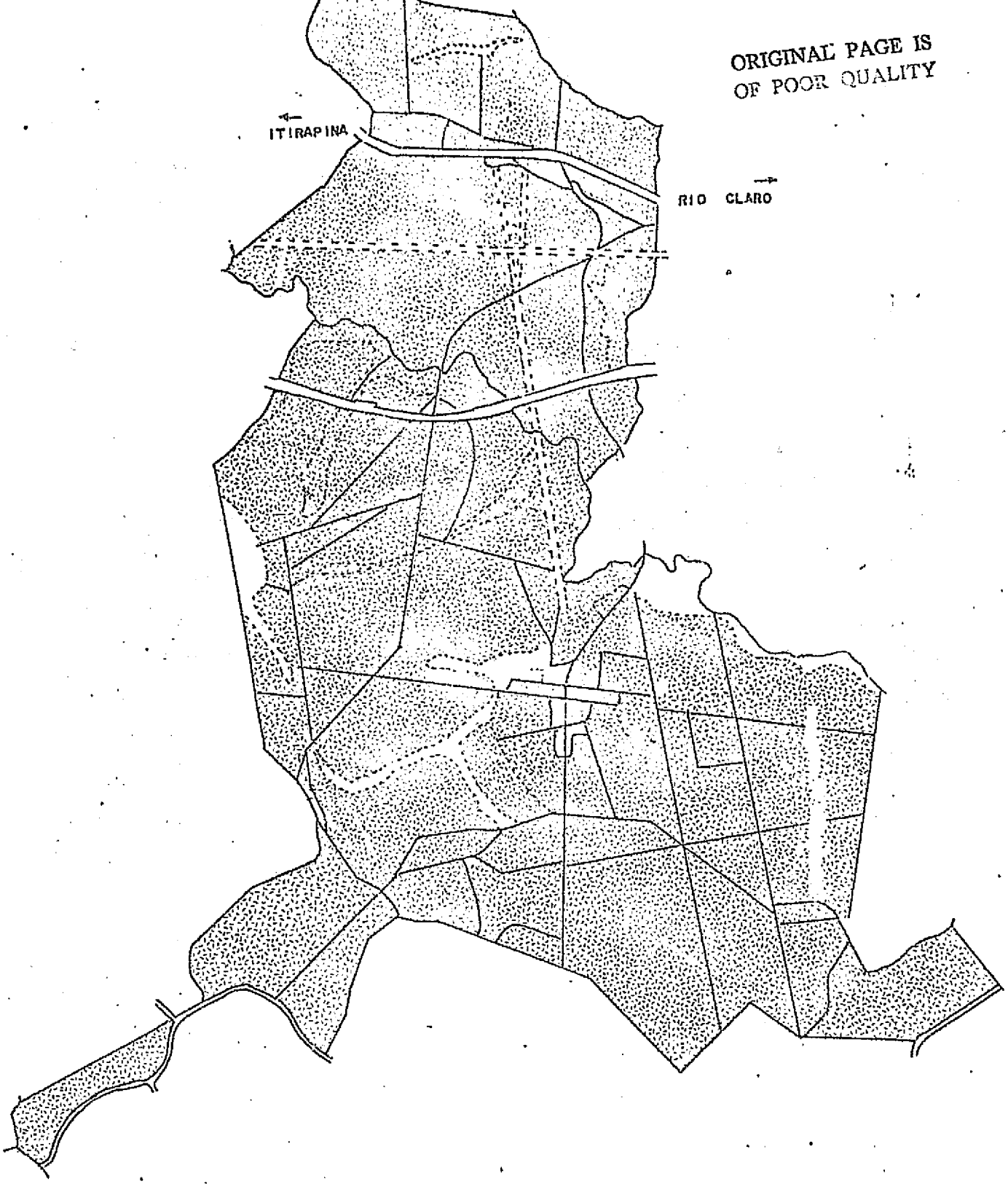
A área de treinamento Camaquan contém o Horto Florestal Camaquan, de propriedade da Ferrovias Paulistas S/A-FEPASA (Figura III.17). Está situada no município de Charqueada, apresentando altitude média de 660 metros. A área é constituída por rochas das formações Botucatu e Pirambóia, pertencentes ao grupo São Bento, de idade Cretácea. Está inserida na unidade taxionômica de solo denominada Podzólico Vermelho Amarelo variação Piracicaba (PVp). O tipo climático é o Cwa definido por clima quente de inverno seco. Está localizada na região fisiográfica denominada Depressão Paleozóica.

O Horto Florestal Camaquan apresenta plantios do gênero *Eucalyptus*. Foram plantadas as espécies: *E.teriticornis*, *E.saligna*, *E. alba* e *E.citriodora*. A maioria dos plantios foi realizada de 1941 a 1944. Grande parte dos talhões sofreu o terceiro corte, sendo que os mais recentes foram executados em 1973. Alguns talhões mostravam aspecto irregular devido ao ataque de formigas.

6) Área de Treinamento Itirapina

A área de treinamento Itirapina contém a Floresta Estadual de Itirapina, de propriedade do Instituto Florestal de São Paulo (Figura III.18). Está situada no município de Itirapina apresentando altitude média de 760 metros. Está inserida nas unidades taxionômicas de solo denominadas Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa (LVa), Regosol (R) e Solos Hidromórficos (HI). A área é constituída por rochas pertencentes à formação Serra Geral do Grupo São Bento, de idade Jurássica - Cretácea. O tipo climático é o Cwa definido por clima quente de inverno se

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



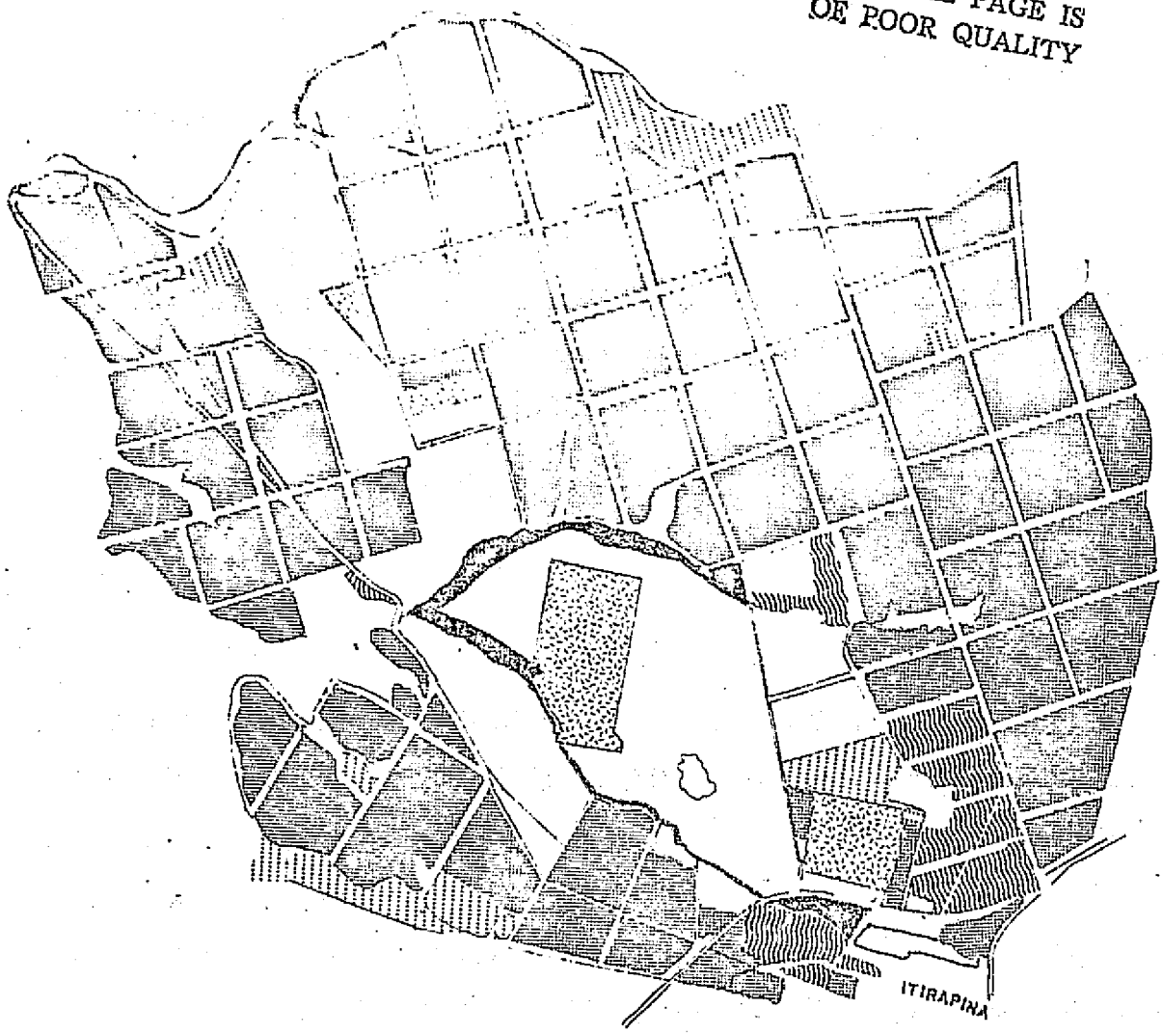
HORTO FLORESTAL CAMAQUAN

0 0,5 1,0 Km

E2

Fig. III.17 - Localização da área reflorestada do Horto de Camaquan.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE ITIRAPINA

0 0,5 1,0 1,5 Km

PINUS ELLIOTTII E OUTROS PINUS

PINUS TAEDA

E2

MATA

ÁREA LIVRE PARA REFLORESTAMENTO

Fig. III.18 - Localização da área reflorestada da Estação Experimental de Itirapina.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

co. Está localizada na região fisiográfica denominada Planalto Ocidental.

A Floresta Estadual de Itirapina apresenta principalmente plantios do gênero *Pinus* e, em menor escala, de *Eucalyptus*. Do gênero *Pinus*, a espécie *P.elliottii* foi plantada em maior escala. As espécies *P caribaea*, *P.khasya*, *P.oocarpa* e *P.taeda* foram introduzidas em menores proporções. Os espaçamentos utilizados foram de 1,5 metros por 1,5 metros, 2 metros por 2 metros e 3 metros por 2 metros, sendo realizado de 1 a 2 desbastes, extraindo-se em média de 40 a 50% de cada talhão do povoamento. Os plantios do gênero *Eucalyptus* apresentam as espécies *E.resinifera*, *E.saligna*, *E.alba*, *E.citriodora*, e *E.grandis*, cujos plantios foram realizados de 1967 a 1969.

3.3.2 - ÁREAS DE TREINAMENTO PARA INTERPRETAÇÃO VISUAL

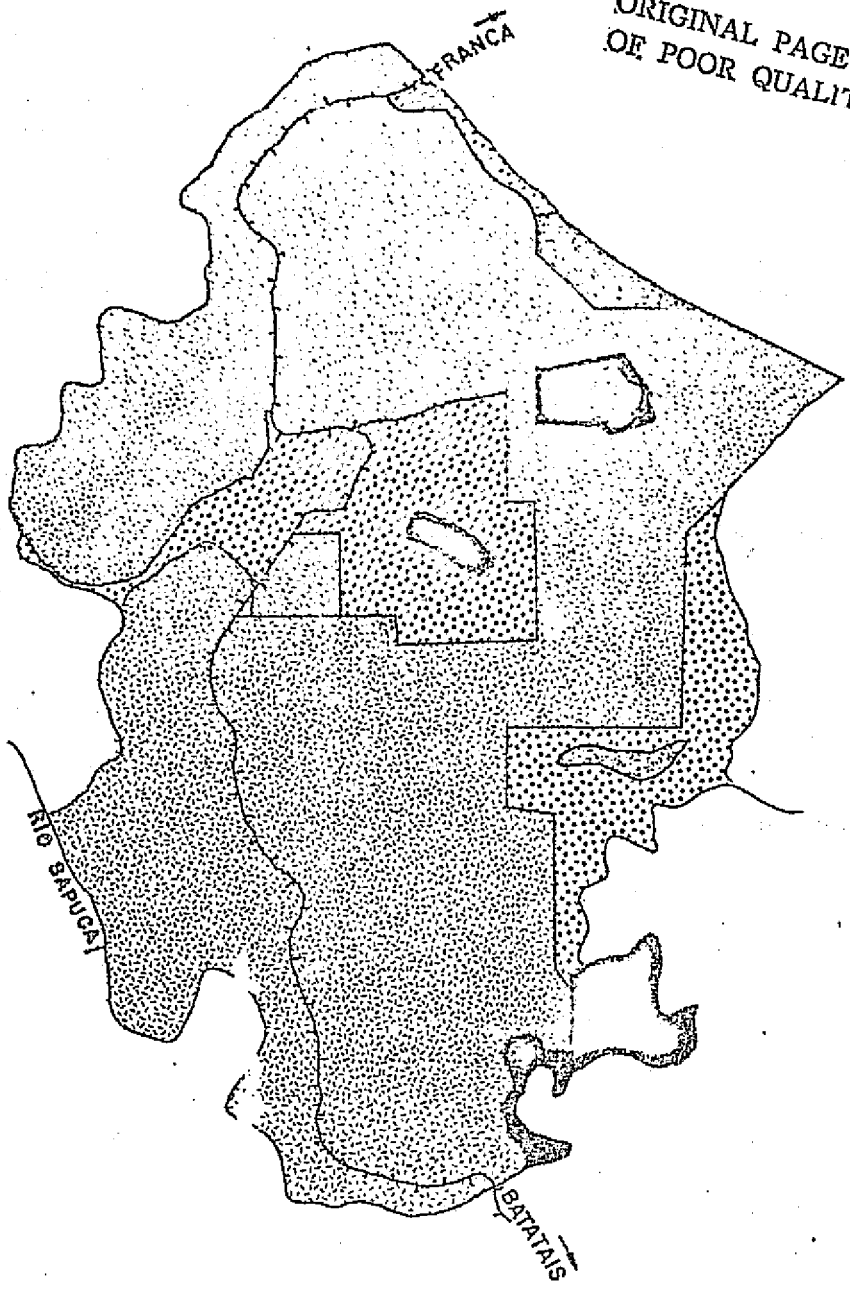
Para o estabelecimento da chave de interpretação visual foram utilizadas todas as áreas usadas no tratamento automático, descritas no ítem 3.3.1, além das áreas de treinamento Boa Sorte e Guarani.

Para a determinação da precisão da superfície da área, avaliada através das imagens fotográficas do LANDSAT, foram utilizadas as áreas de Guatapará e Batatais, também descritas no ítem 3.3.1, além das áreas de Boa Sorte e Guarani, descritas a seguir.

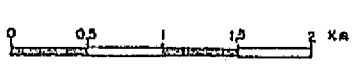
1) Área de Treinamento Boa Sorte

A área de treinamento Boa Sorte contém o Horto Florestal Boa Sorte, de propriedade da Ferrovias Paulistas S/A - FEPASA (Figura III.19). Está situada no município de Restinga, apresentando a altitude média de 730 metros. A área é constituída por rochas pertencentes a formação Serra Geral, do Grupo São Bento, de idade Jurássica - Cretácea. Está inserida na unidade taxionômica de solo denominada Latosol Roxo (LR). O tipo climático é o Cwa, definido por clima quente de inverno seco. Está localizada na região fisiográfica denominada Planalto Ocidental.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



HORTO FLORESTAL BOA SORTE



E2
MATA
CAPOEIRA
PASTO

Fig. III.19 - Localização da área reflorestada do Horto Boa Sorte.

O Horto Florestal Boa Sorte apresenta plantio do gênero *Eucalyptus*. Foi plantada a espécie *E.citriodora*, de 1959 a 1967.Os espaçamentos utilizados foram de 2 metros por 2 metros, ocorrendo áreas sem desbastes e outras desbastadas. Alguns talhões apresentam falhas provocadas pelo ataque das formigas, condicionando um aspecto irregular.

2) Área de Treinamento Guarani

A área de treinamento Guarani contém o Horto Florestal Guarani, de propriedade da Ferrovias Paulistas S/A - FEPASA (Figura III.20). Está situada nos municípios de Pradópolis e Ribeirão Preto,apresentando altitude média de 620 metros. A área é constituída por rochas pertencentes à formação Serra Geral do Grupo São Bento, de idade Jurássica - Cretácea. Está inserida nas unidades taxionômicas de solo denominadas Latosol Roxo (LR) e Solos Hidromórficos (HI). O tipo climático é o Cwa definido por clima quente de inverno seco. Está localizada na região fisiográfica denominada Planalto Ocidental.

O Horto Florestal Guarani apresenta plantios do gênero *Eucalyptus*. As principais espécies plantadas foram: *E.saligna*, *E.alba*, *E.teriticornis* e *E.citriodora*. Uma grande parte dos plantios foi realizada de 1938 a 1944 e uma outra parte foi instalada de 1969 a 1974. As espécies mais antigas sofreram até o terceiro desbaste e as mais recentemente introduzidas estão intactas.

3.4 - DADOS ORBITAIS DO LANDSAT

As informações sobre o programa LANDSAT foram obtidas do seminário de sensoriamento remoto IBGE/INPE, Instituto de Pesquisas Espaciais (1975), Valério Filho et al (1976) e Koffler (1976); dados mais detalhados podem ser encontrados no Manual da NASA (1972).

O programa LANDSAT foi desenvolvido com a finalidade de se obter uma ferramenta útil no controle e exploração racional dos recursos da Terra.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

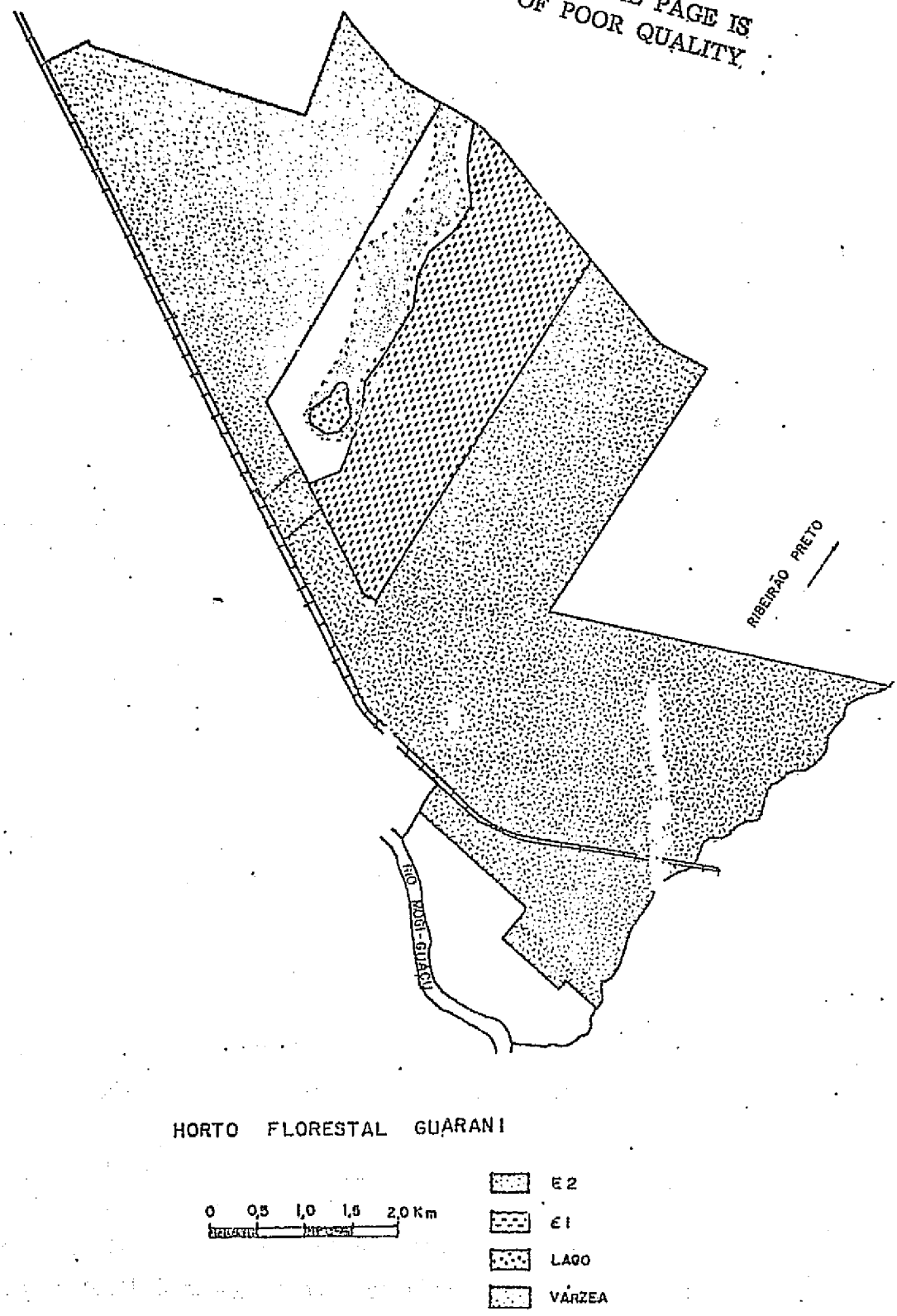


Fig. III.20 - Localização da área reflorestada do Horto Guarani.

Os primeiros satélites tiveram os seus lançamentos, respectivamente, a 23 de julho de 1972 e a 22 de janeiro de 1975, apresentando idênticas características e defasagem de 9 dias na tomada de imagens de uma mesma cena.

A órbita do satélite é quase circular, síncrona com o sol e aproximadamente polar, possuindo a altitude aproximada de 920 quilômetros. A Terra é sensoriada de modo contínuo e cada imagem abrange uma área de, aproximadamente, 35.000 quilômetros quadrados. Após 251 revoluções, o satélite volta a imagear o mesmo local, o que corresponde a uma repetitividade de 18 dias.

O satélite LANDSAT possui dois sub-sistemas sensores: o conjunto de três câmeras RBV (Return Beam Vidicon) atualmente desligado, e o imageador multiespectral MSS (Multispectral Scanner Sub-System).

O imageador é um sensor ótico mecânico de varredura contínua, operando na faixa do espectro eletromagnético de 0,5 a 1,1 micrometros. Obtém imagens da superfície da Terra em quatro bandas espectrais, simultaneamente:

CANAL	FAIXA (micrometros)	COR
4	0,5 a 0,6	(verde-laranja)
5	0,6 a 0,7	(laranja-vermelho)
6	0,7 a 0,8	(vermelho-infravermelho próximo)
7	0,8 a 1,1	(infravermelho-próximo)

A energia refletida pelos alvos, componentes de uma cena, é recebida por um espelho que oscila de $\pm$ 2,89^{o}, subtendendo um ângulo de visada de 11,56^{o}. A energia recebida pelo espelho é focalizada através de um sistema ótico que possui 24 detetores, sendo 6 detetores para cada banda espectral. A resolução espacial é de 79 metros na direção longitudinal e 56 metros na direção transversal.

Os sinais dos detetores são transmitidos via telemetria para uma estação rastreadora que grava os dados em fita magnética. Na estação de processamento de imagens, essa fita é transformada em produtos que são imagens em diversas escalas, em papel ou transparência, e fitas CCT (fitas compatíveis com computador).

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes produtos do LANDSAT:

3.4.1 - FITAS

TABELA III.1

FITAS UTILIZADAS NA INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

TÍTULO	DATA	ORB/PONTO	COORD. DO CENTRO
1.75.256.12.11.24	13/09/75	178/26	S 20°09' W 47°15'
1.75.256.12.11.47	13/09/75	178/27	S 21°36' W 47°39'
1.75.257.12.17.04	14/09/75	192/26	S 20°07' W 48°40'
1.75.257.12.17.29	14/09/75	192/27	S 21°33' W 49°02'

3.4.2 - IMAGENS

TABELA III.2

IMAGENS UTILIZADAS NA INTERPRETAÇÃO VISUAL

Nº DE IDENT:	ÓRBITA E PONTO	DATA	CANAIS	TIPO DE APRES.	ESCALA
275 211 - 122 650	178/26	30/07/75	5 e 7	Papel	1:1.000.000
175 130 - 121 838	178/26	10/05/75	5 e 7	Papel	1: 250.000
275 211 - 122 715	178/27	30/07/75	5 e 7	Papel	1:1.000.000
175 130 - 121 903	178/27	10/05/75	5 e 7	Papel	1: 250.000
275 212 - 123 233	192/26	31/07/75	5 e 7	Papel	1:1.000.000
175 131 - 122 419	192/26	11/05/75	5 e 7	Papel	1: 250.000
275 230 - 123 224	192/27	18/08/75	5 e 7	Papel	1:1.000.000
175 131 - 122 444	192/27	11/05/75	5 e 7	Papel	1: 250.000
275 229 - 122 642	178/27	17/08/75	5 e 7	Papel	1: 250.000

3.5 - MAPAS E CARTAS

Para identificação de acidentes geográficos, orientação de trabalho de campo e informações gerais sobre a área de estudo, foram utilizados os seguintes mapas e cartas:

. Carta do Brasil ao Milionésimo (IBGE-1972);

. Carta do Brasil - escala 1:50.000. Foram utilizadas 70 folhas (IBGE-1973);

. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 - (IGG 1974);

. Cartas dos Solos do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, Ministério da Agricultura (1960);

. Mapa Esquemático de Divisão Climática de São Paulo,Ministério da Agricultura (1960);

. Mapa Fisiográfico do Estado de São Paulo (1960);

. Mapas do reflorestamento das áreas de treinamento, fornecidos pelo Instituto Florestal de São Paulo, FEPASA e companhias particulares.

3.6 - FOTOGRAFIAS AÉREAS

Com a finalidade de obter maiores informações sobre as áreas de treinamento, foram utilizadas as fotografias aéreas verticais na escala de 1:25.000, obtidas pelo aerolevantamento executado pela Cruzeiro em 1972 para o Serviço de Fotointerpretação do Instituto Brasileiro do Café (IBC), e fotografias infravermelho colorido obtidas pelo INPE (1975 e 1976).

3.7 - SISTEMA I-100

É um sistema automático de análise multiespectral,que foi utilizado com a finalidade de identificar e avaliar áreas reflorestadas através de fitas compatíveis com computador (CCT). O esquema e o funcionamento desse sistema são apresentados no Apêndice A.

3.8 - METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho de avaliação de povoamentos florestais artificiais, utilizando dados orbitais do LANDSAT através de interpretação visual e automática, foi dividida em três fases.

A primeira fase consistiu na revisão bibliográfica sobre reflorestamento e sobre trabalhos realizados utilizando sensoriamento remoto, principalmente dados orbitais do LANDSAT, no estudo de florestas.

A segunda fase consistiu no trabalho preliminar, em que foram coletadas todas as informações referentes à área de estudo, e feita um análise das funções e programas do Sistema I-100, para serem utilizados no desenvolvimento da interpretação automática. Com base nas informações coletadas sobre a área de estudo, foram escolhidas várias áreas de treinamento representativas da área de estudo, com referência às classes de reflorestamento. Essas áreas apresentavam reflorestamentos de vários aspectos quanto ao gênero, espécie e idade. Levando-se em consideração esses fatores, foi feita uma legenda preliminar, formada por todas as classes possíveis de reflorestamento. Da análise do Sistema I-100 foram selecionados vários programas e funções utilizadas na interpretação automática.

A terceira fase consistiu na interpretação visual e automática das áreas de treinamento e da área de estudo, Divisão Administrativa de Ribeirão Preto. Essa fase é caracterizada pela definição da legenda, e pela apresentação de resultados tais como: classificação,mapeamento, cálculo de área e determinação da precisão de classificação.

3.8.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

A interpretação visual dos povoamentos florestais consistiu de duas fases: correlação e interpretação.

A fase de correlação foi desenvolvida utilizando-se as imagens dos canais 5 e 7 do MSS do LANDSAT, nas escalas de 1:250.000 e 1:1.000.000. Esta fase consistiu da análise das áreas de treinamento,buscando-se superpor as informações de verdade terrestre (trabalho de campo, mapa da área e revisão bibliográfica) com os dados das imagens orbitais do LANDSAT. Através desta correlação se caracterizou como cada aspecto distinto, das áreas de treinamento, se apresenta nas imagens. Com isto foi possível o estabelecimento de uma legenda, que representa as unidades do povoamento florestal, e uma chave de interpretação que descreve como as unidades aparecem em cada canal do MSS do LANDSAT.

Com a obtenção da legenda e da chave de interpretação para cada área de treinamento, foi feita uma compilação dos resultados de todas as áreas, sendo obtida uma legenda geral e uma chave de interpretação para a área de estudo.

A segunda fase consistiu na interpretação da área de estudo "Divisão Administrativa de Ribeirão Preto", através das imagens dos canais 5 e 7 do LANDSAT na escala 1:250.000, utilizando-se da legenda e da chave de interpretação. Assim, foi possível a obtenção de um mapa das classes e, posteriormente, o cálculo das áreas reflorestadas e das áreas ocupadas por mata natural. Este cálculo foi realizado através da superposição de papel milimetrado no mapa obtido. Finalmente, foi calculada a precisão das medidas de área nos reflorestamentos das áreas de treinamento: Guarani, Boa Sorte, Guatapará e Batatais usando-se o mesmo procedimento de superposição de papel milimetrado. As áreas encontradas através desse processo foram relacionadas com as áreas fornecidas pelos mapas das fazendas, obtendo-se o desvio percentual (C) entre as duas áreas, através da fórmula:

$$C = \frac{B - A}{A} \times 100$$

onde: A = área fornecida pelo mapa da fazenda em ha

B = área da classe determinada na imagem do LANDSAT em ha

3.8.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

A interpretação automática foi feita através do Sistema I-100, utilizando-se fitas CCT do LANDSAT, correspondentes à mesma época das imagens utilizadas na interpretação visual citadas no ítem 3.4.

Como o Sistema I-100 é uma ferramenta nova na interpretação de recursos florestais, fez-se um estudo preliminar dos programas e funções implementadas no sistema, para testar sua aplicabilidade nesse trabalho. Dessa análise foram selecionados os seguintes programas e suas

respectivas utilizações neste trabalho:

"INPERTS": Leitura de fitas CCT do LANDSAT.

"CORREÇÃO RADIOMÉTRICA": Correção radiométrica dos dados da fita, com o objetivo de eliminar ruídos.

"VÍDEO I/O": Foi usado para gravar as imagens do vídeo (memória) em fita magnética e transportar os dados desta fita gravada para o vídeo (memória). A recuperação dos dados gravados por este programa é muito mais rápida do que a dos dados originais da fita CCT.

"SCAL CURSOR" - Coordenadas: Foi utilizado para localizar determinada área na fita do LANDSAT, para posteriormente ampliá-la ou obter uma mesma área já trabalhada.

"CURSOR": Foi utilizado para: coleta de amostras de treinamento para classificação e cálculo da distância JM; delimitação das áreas utilizadas na medida de precisão e dos limites da área de estudo.

"WINDOW": Foi utilizado para facilitar a obtenção de amostras de treinamento através da ampliação de partes da área de estudo.

"JMTEMAS": Foi usado para calcular a medida de separabilidade (JM) entre as classes de reflorestamento analisadas nas áreas de treinamento.

"PIX": Esse programa lista os valores de níveis de cinza para cada canal do LANDSAT. Fornece também um histograma para cada canal desses níveis de cinza. Foi utilizado para verificar se os "pixels" das amostras são pertencentes à classe amostrada.

"1 - CELL SIGACQ" - Aquisição de assinaturas de "célula única": Foi utilizado para classificação das áreas reflorestadas nas áreas de treinamento e na área de estudo. Fornece os parâmetros das amostras

de treinamento tais como: limite superior e inferior da resposta espectral, média, frequência e variância para cada canal.

"1 - DIM HGM DSPLY" - Modificação dos limites do histograma: foi utilizado para refinar a classificação obtida pelo programa "1-CELL SIGACQ", permitindo estreitar ou ampliar o intervalo de resposta espectral em cada canal.

"CLSTR SYNTH" - Agrupamento: Foi utilizado com a finalidade de recuperar a mesma classificação obtida através do programa "1 - CELL SIGACQ" e melhorada pelo programa "1 - DIM HGM DSPLY". A obtenção da classificação, através desse programa, é mais rápida, dispensando a coleta de amostras.

"N - DIM HGM SLICE" - Impressão em duas dimensões de um histograma n-dimensional: Foi utilizado para mostrar o comportamento espectral das classes, de forma mais detalhada, apresentando a distribuição de frequência dentro dos limites da resposta relativa das classes, permitindo uma visualização da separabilidade entre as classes.

"THEME AREAS" - Área: Programa utilizado para a obtenção das áreas (hectares) ocupadas pelas várias classes classificadas.

"PIT 8": Foi utilizado para a apresentação do resultado de classificação obtida no I-100. O resultado é mostrado através de mapas alfanuméricos produzidos pela impressora. Essa impressão é feita de forma amostral e sistemática, onde aproximadamente 5 "pixels" do vídeo correspondem a um símbolo da impressora.

"ALPHA - NUMERIC THEME PRINT": Foi usado para apresentação do resultado da classificação das áreas onde foi medida a precisão.O resultado é mostrado através de mapas alfanuméricos produzidos pela impressora, onde cada símbolo associado a uma classe, corresponde a um "pixel" dessa mesma classe no vídeo do I-100.

A interpretação automática foi desenvolvida em duas fases: interpretação das áreas de treinamento e interpretação da área de estudo.

1) Interpretação das áreas de treinamento

Esta fase teve como objetivo treinar o sistema na avaliação de áreas reflorestadas. As áreas de treinamento foram identificadas na fita CCT através do vídeo do I-100. Posteriormente, essas áreas foram ampliadas para a escala aproximada de 1:82.000, abrangendo uma área de 457,6 quilômetros quadrados. Na leitura dos dados foi utilizado o programa de correção radiométrica como pré-processamento.

Esta fase foi dividida em três etapas:

a) Definição da legenda das classes separáveis: foi feita utilizando a medida de distância JM (Jeffreys - Matusita Distance), descrita por Swain e King (1973), cuja fórmula é:

$JM = 2\ (1 - e^{-\alpha})$ onde

$$\alpha = \frac{1}{8}\ (U_1 - U_2)^T \Sigma^{-1} (U_1 - U_2) + \frac{1}{2} \log_e \left[\frac{\det \Sigma}{\sqrt{\det \Sigma_1 \cdot \det \Sigma_2}} \right]$$

e, U_1 = matriz de médias da classe 1;

U_2 = matriz de médias da classe 2;

$(\ )^T$ - matriz transposta;

$(\ )^{-1}$ - matriz inversa;

$\Sigma = \frac{1}{2}\ |\ \Sigma_1 + \Sigma_2\ |$;

Σ_1 - matriz de covariância da classe 1;

Σ_2 - matriz de covariância da classe 2;

$\det\Sigma_1$ - determinante da matriz de covariância da classe 1;

$\det\Sigma_2$ - determinante da matriz de covariância da classe 2.

Através do vídeo do I-100 foram identificadas as várias classes de reflorestamento e, utilizando o cursor, foram escolhidas várias amostras de cada classe. Através do programa "JMTEMAS", implementado no Sistema I-100, foram obtidas as medidas de distância JM entre essas classes.

A definição das classes separáveis foi baseada no gráfico de probabilidade de classificação correta - (ordenada) e distância JM - (abcissa) (Figura III.21), apresentado no trabalho de Swain e King (1973). Considera-se que duas classes são separáveis quando o valor da distância JM entre elas é maior ou igual a 1,00, o que corresponderia a uma probabilidade de classificação correta maior ou igual a 85%.

b) Classificação temática e caracterização espectral das classes: a classificação foi feita utilizando o programa "1 - CELL SIGACQ", e melhorada através do programa "1 - DIM HGM DSPLY". Simultaneamente à obtenção da classificação desejada, obtem-se a caracterização espectral das classes, através do terminal gráfico do I-100.

Após a caracterização espectral das classes, isto é, obtida a assinatura espectral dessas classes, foi utilizado o programa "CLSTR SYNTH" para se obter sempre a mesma classificação.

c) Avaliação do resultado: esta etapa foi dividida em duas partes. A primeira parte, avaliação qualitativa da classificação através do vídeo do I-100, foi realizada simultaneamente com a classificação temática, descrita no ítem anterior. O objetivo dessa fase foi determinar vi

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

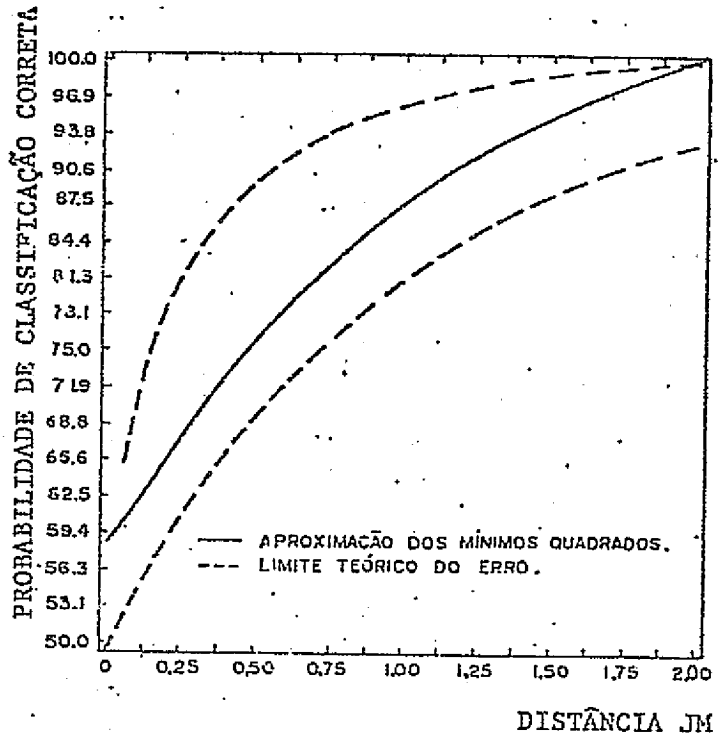


Fig. III.21 - Gráfico da probabilidade de classificação correta e distância JM (Swain e King), 1973).

sualmente quando uma classificação é satisfatória, ou seja, quando a classificação feita apresenta os menores erros de omissão e comissão. A segunda parte foi uma avaliação quantitativa, onde foi obtido o cálculo da área e a determinação da precisão de classificação. O cálculo da área foi obtido através do programa "THEME AREAS", implementado no Sistema I-100. A determinação da precisão de classificação foi feita comparando-se "pixel" a "pixel" as informações obtidas no I-100, e as informações de verdade terrestre fornecidas por mapas de fazendas, fotografias aéreas e trabalho de campo. Essa comparação foi feita numa área teste, dentro de cada área de treinamento, utilizando-se o mapa alfanumérico obtido pela impressora através do programa "ALPHA - NUMERIC THEME PRINT".

Os índices usados para definir a precisão foram:

PA - porcentagem de ocorrência da classe dentro da área teste;

Pa - porcentagem de classificação correta;

Pb - porcentagem de erro de comissão.

Esses valores foram calculados do seguinte modo:

a) $PA = \frac{NA}{NT}$ b) $Pa = \frac{NC}{NA}$ c) $Pb = \frac{NE}{NT - NA}$

onde: NA - número de pontos da classe dentro da área teste;

NT - número total de pontos da área teste;

NC - número de pontos da classe, classificados corretamente;

NE - número de pontos classificados incorretamente como pertencentes à classe.

2) Interpretação da área de estudo

Esta segunda fase, interpretação automática da área de estudo, foi feita utilizando a metodologia desenvolvida na fase anterior.

Como a área de estudo estava situada em 4 fitas CCT do LANDSAT, a interpretação foi feita por partes em cada uma das fitas. A delimitação dos limites da área de estudo foi feita através do cursor.

A área de estudo abrange uma área de 38.489 quilômetros quadrados (obtida pelo I-100), e a escala de trabalho foi de 1:705.485 (escala horizontal) e de 1:711.304 (escala vertical).

Como a escala era muito pequena para a escolha de amostras de treinamento, foi feita a ampliação de determinadas partes da área de estudo através do programa "WINDOW".

As assinaturas espectrais de cada classe da legenda foram obtidas nas partes ampliadas através do programa "1 - CELL SIGACQ" e "1 - DIM HGM DSPLY", e a seguir foi feita a classificação utilizando o "CLSTR SYNTH".

Após a classificação foram obtidos os mapas de cada parte da área de estudo, através da impressora do I-100, utilizando-se o programa "PIT 8", e obtido o cálculo da área (hectares) pelo programa "THEME AREAS".

3.8.3 - TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo constou de 3 etapas.

A primeira etapa foi realizada na área de treinamento Mogi-Guaçu, que contém a Fazenda Campininha, de propriedade do Instituto Florestal de São Paulo e o Horto Santa Terezinha, pertencente a Champion, Celulose e Papel S/A. Nessa área foram observados os diversos talhões plantados que apresentavam diferentes aspectos do reflorestamento.

A segunda etapa foi realizada após a interpretação preliminar das áreas de treinamento Prudente, Batatais, Boa Sorte, Guatapará, Camaquan e Itirapina. Foram eleitos os pontos a serem visitados no cam

po, e foram anotadas as informações do gênero, espécie, ano de plantio, ocorrência de desbastes, tipo de solo e aspectos fitossanitários do povoamento florestal.

As informações de verdade terrestre obtidas nas duas fases anteriores, correlacionadas com as respostas dos alvos nas imagens LANDSAT, serviram para o estabelecimento da legenda e a criação de uma chave de interpretação para povoamentos florestais artificiais.

A terceira etapa foi realizada com o objetivo de se comparar a interpretação final, tanto automática como visual, com a verdade terrestre. Foi feita uma avaliação qualitativa da interpretação, procurando-se verificar se havia concordância entre classes interpretadas e classes observadas no campo. No caso de divergência, observaram-se os fatores que influiram nas respostas espectrais das classes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Com a metodologia desenvolvida foi possível o estabelecimento da legenda, da chave de interpretação, do mapa das áreas reflorestadas e de matas, da tabela de área ocupada pelas classes da legenda e da tabela indicadora da acurácia da medida de área, através de dados do LANDSAT.

4.1.1 - LEGENDA

A análise visual das imagens do LANDSAT, aliada às informações de campo, permitiram o estabelecimento de três classes de reflorestamento e uma classe de mata natural. As áreas reflorestadas com o gênero *Pinus* foram reunidas numa única classe. O *Pinus taeda* embora apresente aspecto distinto, visualmente observável nas imagens LANDSAT, ocorre em áreas pequenas e, portanto, dificilmente delimitáveis na escala 1:250.000. Quanto ao gênero *Eucalyptus* foi possível a sua separação em duas classes levando-se em consideração a idade; entretanto, não foi possível a distinção entre suas espécies. Com o auxílio das cartas do IBGE, escala 1:50.000, de 1965, foi possível a delimitação das manchas de matas naturais da área de estudo. Assim, foi obtida a seguinte legenda:

Pinus - plantio de idade variada (5 a 20 anos), em espaçamentos variando de 1,5 metros por 1,5 metros e 2 metros por 2 metros, apresentando percentagens de extração de 0 a 50%. Alturas de 4 metros a 20 metros.

E1 - plantio recente efetuado com o gênero *Eucalyptus*, mostrando aspecto homogêneo nas copas e folhas, cobrindo totalmente o solo. Os espaçamentos variam geralmente de 2 metros por 2 metros a 2 metros por 3 me

tros, não apresentando desbastes. São plantios geralmente de 8 meses até 2 anos de idade, com altura variando de 2 a 10 metros.

E2 - plantio efetuado com o gênero *Eucalyptus* que apresenta desuniformidade nas copas e falhas na cobertura do solo. Os espaçamentos geralmente de 2 metros por 2 metros e 2 metros por 3 metros, apresentando ou não desbastes com percentagem de extração variada. São plantios geralmente de mais de dois anos de idade tendo normalmente alturas de 10 a 30 metros.

Mata - vegetação natural constituída por exemplares lenhosos, distribuídos em três níveis distintos: nível superior, apresentando exemplares variando de 15 a 20 metros de altura e baixa densidade; nível médio, mostrando indivíduos de 10 a 15 metros de altura, com alta densidade e copas bem fechadas; nível inferior, formada por ervas e arbustos.

4.1.2 - CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

A chave de interpretação define as respostas das classes da legenda, nos canais 5 e 7 do MSS, conforme apresentado na Tabela IV.1.

TABELA IV.1

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

CLASSE	CANAL 5	CANAL 7
E1	Cinza Escuro	Cinza Claro
E2	Cinza Médio a Escuro	Cinza Claro a Médio
Pinus	Cinza Escuro	Cinza Médio a Escuro
Mata	Cinza Escuro	Cinza Médio

Como se pode verificar na Tabela IV.1,utilizando-se somente o canal 5 foi difícil a separação entre as classes da legenda. Entretanto, quando a classe E2 apresentava falhas devido ao plantio, conservação ou idade e,consequentemente, menor cobertura do solo, este canal permitiu distinguí-la das outras classes da legenda. O canal 5 permitiu a separação das classes estudadas, dos outros alvos existentes na área de estudo, analisando-se dados da estação seca.

O canal 7 forneceu a separabilidade das áreas reflorestadas com gênero *Pinus* das áreas reflorestadas com gênero *Eucalyptus*. Neste canal foi possível verificar a diferenciação entre os plantios do gênero *Eucalyptus*, separando-os em duas classes: E1 e E2.Neste canal, foi possível ainda, verificar a diferenciação das áreas ocupadas por mata das classes de reflorestamento. Para as áreas de mata, que não se apresentaram bem definidas, foi necessário realizar uma comparação com as cartas topográficas na escala de 1:50.000.

Outro critério, utilizado na separação da classe mata das demais, foi em relação à forma da área. Normalmente, as áreas ocupadas por mata apresentam forma irregular, quando comparada com as classes de reflorestamento, cuja forma apresenta-se geralmente regular.

A classe E1 apresentou uma resposta constante e definida em toda área de estudo, bem evidenciada no canal 7.

As classes E2 e *Pinus*, em algumas situações, apresentaram respostas semelhantes no canal 7, principalmente quando o plantio de eucalipto apresentava-se heterogêneo, com sub-bosque bem desenvolvido. Quando ocorreu essa situação, e o canal 5 não permitiu a separação, o mapeamento foi feito em função das informações de campo.

O mapeamento das classes utilizadas na interpretação visual é mostrado no Apêndice C. Nesta figura, verifica-se que há uma grande concentração de áreas reflorestadas, próximo às cidades de São Simão e Luis Antonio. Existem poucas áreas ocupadas pelo gênero *Pinus* e as maio

res concentrações estão localizadas nas regiões de Batatais e São Simão. A maior concentração das áreas reflorestadas, com gênero *Eucalyptus*, está localizada na região de Luis Antonio.

Após o mapeamento das classes foram calculadas as áreas reflorestadas com gêneros *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp, bem como a área ocupada por mata. Esses dados são mostrados na Tabela IV.2. Nessa Tabela verifica-se que, na Divisão Administrativa de Ribeirão Preto, a implantação do gênero *Eucalyptus*, em relação ao gênero *Pinus*, foi muito mais intensa. A área ocupada por Eucalipto é cerca de 18 vezes maior do que a ocupada por *Pinus*.

A avaliação das áreas reflorestadas, através da interpretação visual, apresenta um acréscimo de 1.085 ha (1,84%) em relação aos dados divulgados em 1974 pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

Com relação à mata natural, o método de avaliação visual apresentou um acréscimo de 15.000 ha (20%), quando comparado com os dados fornecidos pelo Instituto Florestal de São Paulo (1974). Tal fato se deve a uma diferente definição da classe mata natural nos dois levantamentos realizados. Neste trabalho, foram incluídas como mata natural as áreas de capoeira, enquanto que, no levantamento do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, capoeira e mata constituiram-se em duas classes distintas. Assim sendo, somando-se as áreas de mata e capoeira fornecidas pelo Instituto Florestal, citadas no Capítulo II - Revisão Bibliográfica, observa-se que houve uma redução acentuada dessas áreas, comparadas com os dados obtidos na interpretação visual.

TABELA IV.2

ÁREA DAS CLASSES E DA DIVISÃO ADMINISTRATIVA
DE RIBEIRÃO PRETO (DIRA-RP)
OBTIDA ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL

CLASSE	ÁREA (ha)	%
Eucalipto	56.810,12	1,60
Pinus	3.159,38	0,09
Mata	87.643,25	2,46
Reflorestamento	59.969,50	1,69
Total (DIRA-RP)	3.549.834,43	100,00

Os resultados da indicação da acurácia da medida de áreas, através da interpretação visual das imagens LANDSAT, realizada nas áreas de treinamento Guarani, Boa Sorte, Guatapará e Batatais, são apresentados pela Tabela IV.3. A tabela mostra que as áreas calculadas apresentam-se maiores que as áreas "reais" fornecidas pelos mapas das fazendas. Um dos fatores que determinou este aumento foi o fato de se ter computado áreas ocupadas por aceiros e carreadores, juntamente com áreas reflorestadas.

Percebe-se que as áreas reflorestadas de Guarani e Boa Sorte, pertencentes à FEPASA, apresentaram as maiores percentagens de desvio. Isto foi motivado pela presença de maior número de aceiros e carreadores em relação às demais áreas.

Foi notado que a área de Batatais, percentente ao Instituto Florestal de São Paulo, possui na sua composição um plantio predominante do gênero *Pinus*, apresentando a menor taxa percentual de desvio.

Isto foi provocado pelo fato do reflorestamento de *Pinus* apresentar-se bem uniforme e com alto contraste em relação aos demais alvos.

TABELA IV.3

INDICAÇÃO DA ACURÁCIA DA AVALIAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL

ÁREA DE TREINAMENTO	ÁREA "REAL" (ha) (A)	ÁREA CALCULADA (ha) (B)	$\frac{(B-A)100}{A}$
GUARANI	3.075,25	3.456,25	+12,21
BOA SORTE	1.775,00	1.931,25	+ 8,80
GUATAPARÁ	4.652,00	4.956,25	+ 6,54
BATATAIS	1.135,00	1.193,75	+ 5,18

4.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

4.2.1 - LEGENDA PRELIMINAR

Foi feita uma análise preliminar das áreas de treinamento, baseada em mapas de fazendas e trabalho de campo, para a definição das classes de reflorestamento existentes. Essa análise teve como objetivo coletar informações sobre gênero, espécie e idade de reflorestamento, bem como a área ocupada por ele.

Da correlação dessas informações com a análise preliminar realizada no I-100, foram definidas 12 classes:

PE (até 62)	- *Pinus elliottii* plantados antes de 1962;
PE (depois 62)	- *Pinus elliottii* plantados após 1962;
OP (até 62)	- Outros *Pinus* plantados antes de 1962;
OP (depois 62)	- Outros *Pinus* plantados após 1962;
PT (até 62)	- *Pinus taeda* plantados antes de 1962;
E (8M - 2A)	- Eucaliptos de 8 meses até 2 anos;
E (2A - 4A)	- Eucaliptos de 2 anos até 4 anos;
E (4A - 7A)	- Eucaliptos de 4 anos até 7 anos;
E (7A - 20A)	- Eucaliptos de 7 anos até 20 anos;
E (Maior que 20A)	- Eucaliptos com mais de 20 anos;
E (2º Corte - até 2A)	- Eucaliptos de segundo corte com idade de até 2 anos; e
E (2º Corte - 2A - 9A)	- Eucaliptos de segundo corte com idade entre 2 e 9 anos.

As classes de *Pinus* foram divididas levando-se em conta a espécie e a variação de idade dos plantios. Quanto a espécie, as classes foram divididas em: *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e outros *Pinus*. A classe de outros *Pinus* engloba várias espécies. A classe de *Pinus elliottii* foi definida como contendo somente a espécie *P.elliottii*, pois é a espécie de *Pinus* mais plantada na região de estudo. A classe de *Pinus taeda* foi definida separadamente, pois embora o seu plantio seja insignificante em relação ao *Pinus elliottii*, a análise preliminar no I-100 mostrou ser evidente a separação entre o *Pinus taeda* e as outras espécies de *Pinus*.

Os plantios de *Pinus* foram feitos continuadamente desde o ano de 1957 até 1970. Como a análise preliminar no I-100 não mostrava diferenças entre idades dentro das espécies de *Pinus*, separou-se o gênero *Pinus* em apenas dois grupos com relação à idade. Assim, separaram-se os plantios feitos antes do ano de 1962 (até 62) e após 1962 (depois 62). A definição desses dois grupos de idade de *Pinus*, permitiu a obtenção de amostras representativas para a identificação e análise dessas classes no I-100.

Para a definição das classes de *Eucalyptus* levou-se em consideração somente a variação de idade. A definição das classes de *Eucalyptus* foi feita pela análise preliminar no I-100, e procurando-se obter áreas representativas das classes, para permitir a respectiva identificação e análise. Com isso foram definidas as seguintes classes:E(8M-2A), E (2A -4A), E (4A - 7A), E (7A - 20A), E (Maior que 20A), E (2º Corte - até 2A), e E (2º Corte - 2A - 9A).

Para a classe de *Eucalyptus* não foram levadas em consideração as espécies pois, através de trabalho de campo, sentiu-se a dificuldade de diferenciação entre elas. Essa dificuldade foi devido a dois fatores: primeiro, as espécies de *Eucalyptus*, existentes na área de estudo, apresentam aspectos morfológicos pouco distintos; segundo, diversos talhões apresentam mistura de espécies.

4.2.2 - ÁREAS DE TREINAMENTO

No desenvolvimento da interpretação automática, para avaliação de povoamentos florestais artificiais, foram utilizadas 6 áreas de treinamento: Mogi-Guaçu, Batatais, Itirapina, Prudente, Guatapará e Camaquan.

Cada área de treinamento, identificada na fita CCT do LANDSAT, e ampliada para a escala aproximada de 1:82.000, abrange 457,6 quilômetros quadrados.

Os resultados das áreas de treinamento serão apresentados individualmente para cada área. Para a obtenção desses resultados utilizou-se a resolução "128" para os 4 canais no I-100. A análise dessas áreas, através da metodologia apresentada no Capítulo III, revelou os seguintes resultados:

- Tabelas de distância JM entre as classes, utilizando os 4 canais, para definição das classes separáveis da legenda preliminar;

- Definição da legenda das classes separáveis, em cada área de treinamento, e tabelas representando as características espectrais de cada classe;
- Tabelas apresentando a média das características espectrais das classes nos 4 canais;
- Tabelas de distância JM entre as classes, apresentando os maiores valores de todas as combinações possíveis dos 4 canais (1 a 1,2 a 2, 3 a 3 e 4 a 4);
- Figuras mostrando o resultado da classificação temática obtida através da impressora;
- Tabelas apresentando a área ocupada pelas classes, e suas respectivas porcentagens dentro da área de treinamento;
- Figuras mostrando o resultado da classificação temática das áreas testes, utilizadas para medida de precisão dessa classificação;
- Tabelas apresentando o resultado da medida de precisão das classes analisadas. Para o cálculo da medida de precisão foram consideradas somente as informações de mapas de fazendas, sem considerar as falhas e os desbastes ocorridos nos talhões.

1) Área de Treinamento Mogi-Guaçu

TABELA IV.4

DISTÂNCIA JM ENTRE AS CLASSES DE PINUS UTILIZANDO OS 4 CANAIS - (MOGI-GUAÇU)

CLASSE \ CLASSE	PE (DEPOIS 62)	OP (ATÉ 62)	PT (ATÉ 62)
PE (ATÉ 62)	0,21747	1,9220	1,7048
PE (DEPOIS 62)		1,7921	1,3699
OP (ATÉ 62)			0,66592

De acordo com as distâncias JM (Tabela IV.4) entre as classes de *Pinus*, considerou-se que as classes de PE (até 62) e PE (depois 62) não são separáveis, pois apresentam o valor 0,21747, que é menor que 1,00, considerado o limite mínimo de separabilidade entre classes. As classes PT (até 62) e OP (até 62) também não são separáveis, pois a distância entre elas é 0,66592.

TABELA IV.5

DISTÂNCIA JM ENTRE AS CLASSES DE EUCALIPTO

UTILIZANDO OS 4 CANAIS - (MOGI-GUAÇU)

CLASSE / CLASSE	E (2A - 4A)	E (4A - 7A)	E (7A - 20A)	E (2º Corte até 2A)	E (2º Corte 2A - 9A)
E (8M - 2A)	1,9867	1,9874	1,9830	1,9395	1,9779
E (2A - 4A)		0,41328	0,23067	0,51155	0,31348
E (4A - 7A)			0,62633	0,69654	0,49123
E (7A - 20A)				0,56036	0,54836
E (2º Corte até 2A)					0,23424

Conforme a Tabela IV.5, que mostra a distância JM entre as classes de Eucalipto, somente a classe de E (8M - 2A) é considerada separável das outras classes, pois apresenta valores de JM maiores do que 1,00 para todas as comparações feitas.

Após essa verificação, definiu-se a legenda para essa área de treinamento:

Legenda

PE = PE (até 62) + PE (depois 62)

PT = PT (até 62) + OP (até 62)

E1 = E (8M - 2A)

E2 = E (2A - até 2º corte - 9A)

As Tabelas IV.6 a IV.9 apresentam as características espectrais para as classes PE, PT, E1 e E2, respectivamente.

A Tabela IV.10 mostra a média de resposta espectral em cada canal, para as 4 classes de reflorestamento consideradas. Pela tabela, os canais 6 e 7 apresentam as maiores diferenças entre as médias das classes.

TABELA IV.6

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE PE - (MOGI-GUAÇU)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	17	21	5	19,0	0,8
5	11	15	5	13,3	1,0
6	18	26	9	22,2	2,5
7	27	32	6	30,1	2,5

TABELA IV.7

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE PT - (MOGI-GUAÇU)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	19	2	18,5	0,2
5	11	15	5	13,3	1,0
6	16	21	6	19,1	2,3
7	24	26	3	25,4	0,7

TABELA IV.8

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE E1 - (MOGI-GUAÇU)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	21	4	19,6	1,0
5	12	19	8	14,5	2,5
6	35	42	8	36,7	3,8
7	42	56	15	48,1	7,9

TABELA IV.9

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE E2 - (MOGI-GUAÇU)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	21	4	19,8	1,0
5	13	18	6	15,2	2,0
6	24	34	11	27,6	4,6
7	34	44	11	37,6	7,7

TABELA IV.10

MÉDIA DAS CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS

DAS CLASSES NOS 4 CANAIS - (MOGI-GUAÇU)

CANAL / CLASSE	4	5	6	7
PE	19,0	13,3	22,2	30,1
PT	18,5	13,3	19,1	25,4
E1	19,6	14,5	36,7	48,1
E2	19,8	15,2	27,6	37,6

TABELA IV.11

DISTÂNCIA JM DAS MELHORES COMBINAÇÕES DE CANAIS - (MOGI-GUAÇU)

CLASSE / CLASSE	PT	E1	E2
PE	0,10375 (7) 1,7694 (4,7) 1,7749 (4,6,7) 1,7788 (TODOS)	0,25498 (7) 1,9998 (6,7) 1,9999 (4,6,7) 2,0000 (TODOS)	0,03218 (5) 1,9789 (5,7) 1,9843 (5,6,7) 1,9863 (TODOS)
PT		0,53994 (7) 2,0000 (6,7) 2,0000 (4,6,7) 2,0000 (TODOS)	0,18245 (7) 2,0000 (6,7) 2,0000 (4,6,7) 2,0000 (TODOS)
E1			0,16506 (7) 1,8853 (6,7) 1,8908 (4,6,7) 1,8960 (TODOS)

Pela Tabela IV.11, que mostra a distância JM entre as classes de reflorestamento da área de treinamento Mogi-Guaçu, o canal 7 apresenta-se como o melhor canal na separação entre elas. A combinação dos canais 6 e 7 apresenta-se como a melhor, utilizando-se 2 canais.

Comparando-se os valores da Tabela IV.11 com o gráfico de probabilidade e classificação correta e distância JM, apresentado no Capítulo III, a combinação de dois canais já é suficiente para a separação dessas classes de reflorestamento, sendo esperada uma probabilidade de classificação correta maior que 90%.

A Figura IV.1 mostra a classificação da área de treinamento Mogi-Guaçu.

Pela Tabela IV.12 a área de treinamento Mogi-Guaçu apresenta a classe E2 como a classe de reflorestamento de maior ocorrência, ocupando 10,38% da área. A classe PT ocupa uma área de 15,5 ha, que corresponde a 0,34% da área. Essa classe é a de menor ocorrência na área de treinamento.

TABELA IV.12

ÁREAS OCUPADAS PELAS CLASSES DEFINIDAS NA LEGENDA - (MOGI-GUAÇU)

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PE	2.055,2	4,49
PT	155,0	0,34
E1	466,6	1,02
E2	4.749,4	10,38

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

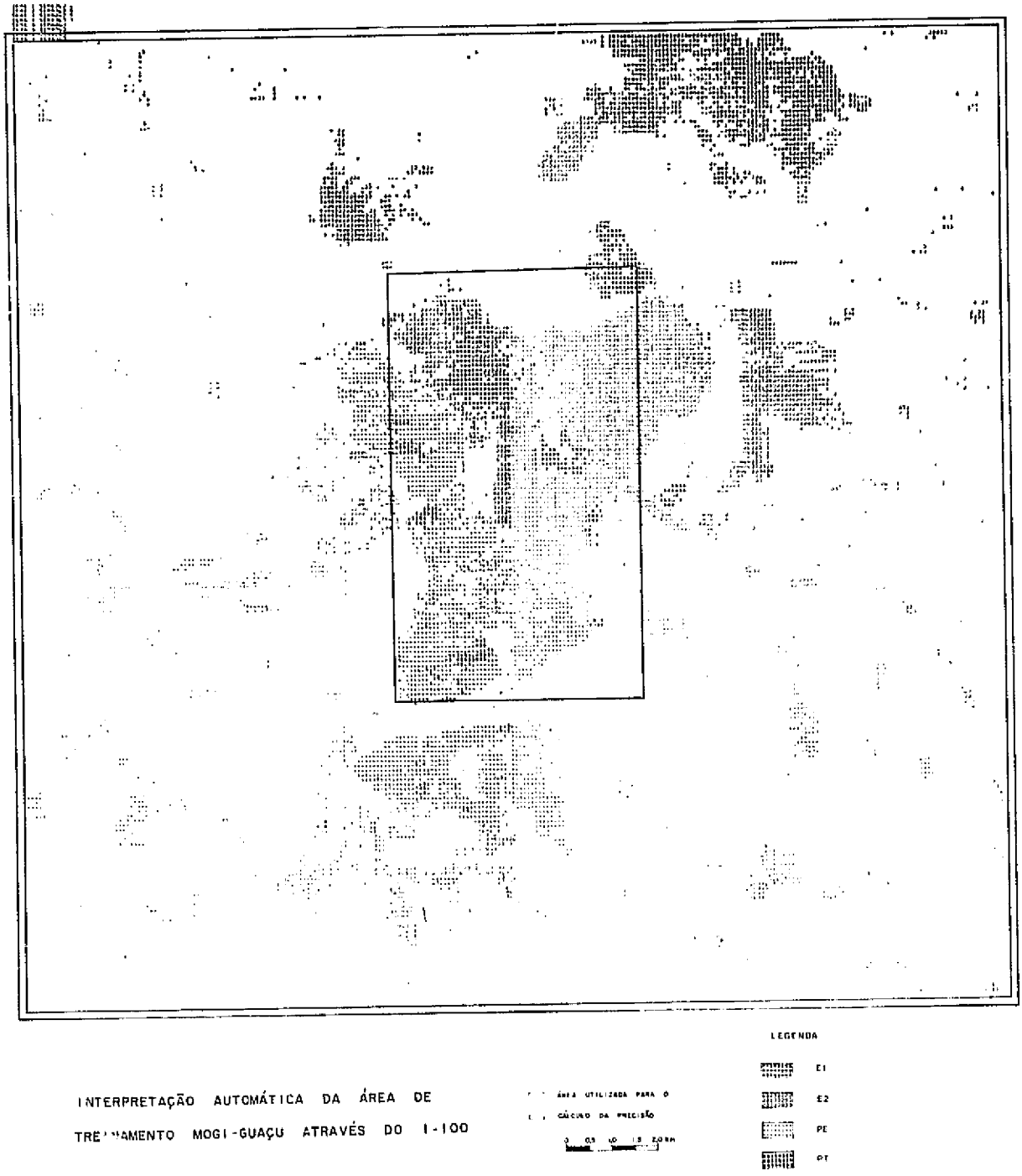


Fig. IV.1 - Classificação temática da área de treinamento Mogi-Guaçu

A Figura IV.2 mostra a classificação temática da área teste utilizada para o cálculo da precisão.

De acordo com a Tabela IV.13, verifica-se que a classe E2 é a mais frequente dentro dessa área teste, vindo a seguir as classes PE, E1 e por último PT.

TABELA IV.13

CÁLCULO DA PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE TREINAMENTO MOGI-GUAÇU

CLASSE	PA	Pa	Pb
PE	0,2507	0,7973	0,0224
PT	0,0340	0,5493	0,0016
E1	0,0635	0,9412	0,0061
E2	0,3302	0,6626	0,0499

A maior porcentagem de classificação correta foi para a classe E1 (94,12%), devido ao plantio dessa classe ser mais homogêneo que das outras classes.

O menor valor de porcentagem de classificação correta foi para a classe PT. Isto ocorreu porque, nessa área de treinamento, a classe PT não é uma classe homogênea, englobando o *Pinus taeda* e as outras espécies de *Pinus*.

As porcentagens de classificação correta para as classes PE, E2 e PT, poderiam ser melhoradas caso fossem consideradas informações de verdade terrestre atualizadas, uma vez que essas classes frequentemente apresentam falhas e desbastes que não foram considerados.

ORIGIN
OF P

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

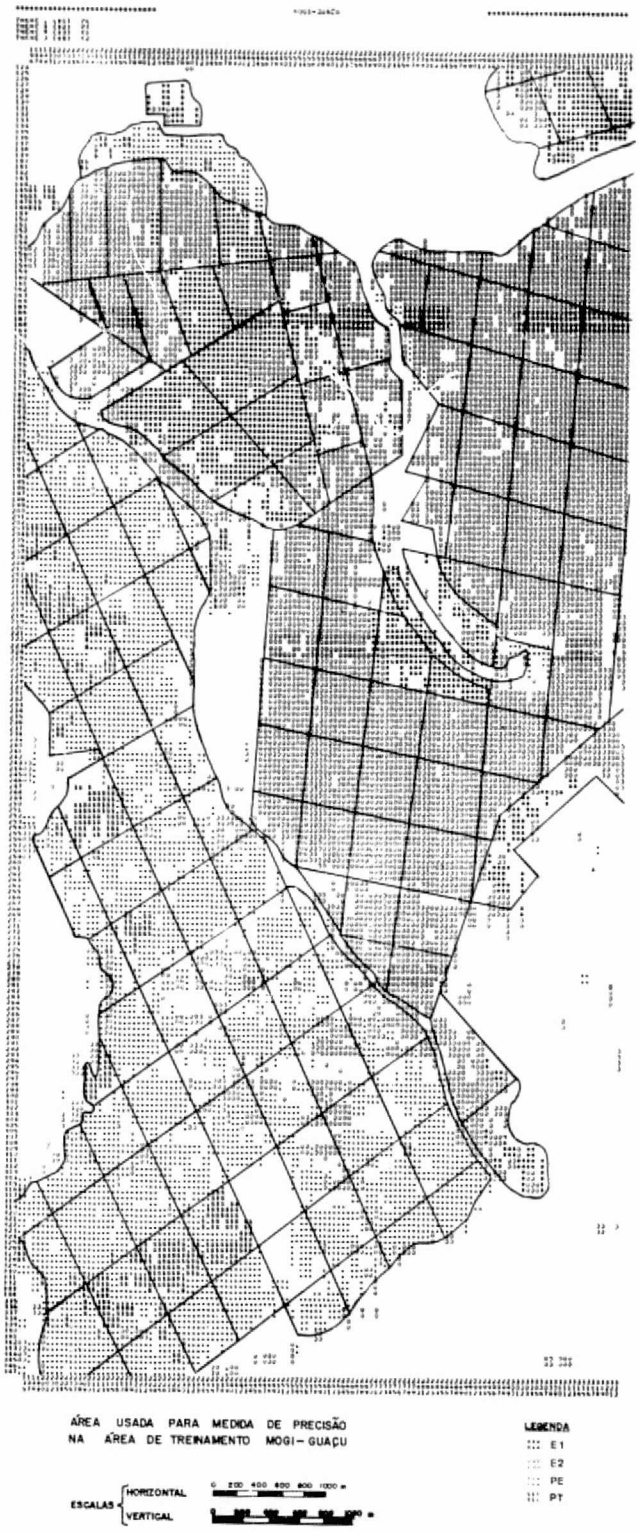


Fig. IV.2 - Classificação temática da área teste para medida de precisão - Mogi-Guaçu

2) Área de Treinamento Batatais

De acordo com as distâncias JM calculadas entre as classes (Tabela IV.14), consideram-se as classes PE (até 62) e PE (depois 62) não separáveis. Consideram-se também não separáveis as classes PE (até 62) e OP (depois 62) embora o valor JM calculado (1,1266) seja maior do que o limite pré-estabelecido. Essa consideração foi feita levando-se em conta que o PE (até 62) não se separa do PE (depois 62), e esse não se separa do OP (depois 62).

Após essa análise, foi definida a legenda para essa área de treinamento:

Legenda

PE = PE (até 62) + PE (depois 62) + OP (depois 62)

PT = PT (até 62)

TABELA IV.14

DISTÂNCIA JM ENTRE AS CLASSES DE PINUS

UTILIZANDO OS 4 CANAIS - (BATATAIS)

CLASSE / CLASSE	PE (depois 62)	OP (depois 62)	PT (até 62)
PE (até 62)	0,22736	1,1266	1,8312
PE (depois 62)		0,94247	1,7539
OP (depois 62)			1,9766

As tabelas IV.15 e IV.16, apresentam as características espectrais para as classes PE e PT, respectivamente.

TABELA IV.15

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE PE - (BATATAIS)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	17	21	5	19,1	1,2
5	12	17	6	14,5	3,0
6	22	28	7	25,5	2,7
7	31	38	8	34,3	3,5

TABELA IV.16

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE PT - (BATATAIS)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	19	2	18,2	0,2
5	12	14	3	13,3	0,6
6	20	21	2	20,6	0,2
7	28	30	3	29,2	0,8

Pela Tabela IV.17 verifica-se que, nessa área de Batatais, os melhores canais, ou seja, os que apresentam maiores diferenças entre as médias de PE e PT, são os canais 6 e 7.

TABELA IV.17

MÉDIA DAS CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS

DAS CLASSES NOS 4 CANAIS - (BATATAIS)

CANAL / CLASSE	4	5	6	7
PE	19,1	14,5	25,5	34,3
PT	18,2	13,3	20,6	29,2

Verifica-se, pela Tabela IV.18, que com apenas os canais 6 e 7 as classes PE e PT são separáveis com alta probabilidade de classificação correta. A adição do canal 4 ou dos canais 4 e 5 não contribui, praticamente, para a separação dessas classes.

TABELA IV.18

DISTÂNCIA JM DAS MELHORES COMBINAÇÕES DE CANAIS - (BATATAIS)

CLASSE / CLASSE	PT
PE	0,55437 (4) 1,9803 (6,7) 1,9861 (4,6,7) 1,9895 (TODOS)

A Figura IV.3 mostra a classificação da área de treinamento Batatais.

Pela Tabela IV.19, a área de treinamento Batatais apresenta-se com pequena área reflorestada. A maior parte dessa área reflorestada é ocupada pela classe PE com 1.184,3 ha correspondendo a 2,59% da área de treinamento. A classe PT ocupa uma área de apenas 9,2 ha, que corresponde a 0,02% da área de treinamento.

TABELA IV.19

ÁREAS OCUPADAS PELAS CLASSES DEFINIDAS NA LEGENDA - (BATATAIS)

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PE	1.184,3	2,59
PT	9,2	0,02

A Figura IV.4 mostra a classificação temática da área teste utilizada para o cálculo da precisão.

Conforme a Tabela IV.20, a classe PT, embora ocorra em apenas 0,02% da área de treinamento (Tabela IV.19), possui uma assinatura bastante típica nessa área de treinamento, apresentando uma precisão maior do que a obtida para a classe PE, e um erro de comissão (Pb) praticamente nulo.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DA ÁREA DE TREINAMENTO BATATAIS ATRAVÉS DO I-100

ÁREA UTILIZADA PARA O CÁLCULO DA PRECISÃO

0 0.5 1.0 1.5 2.0 Km

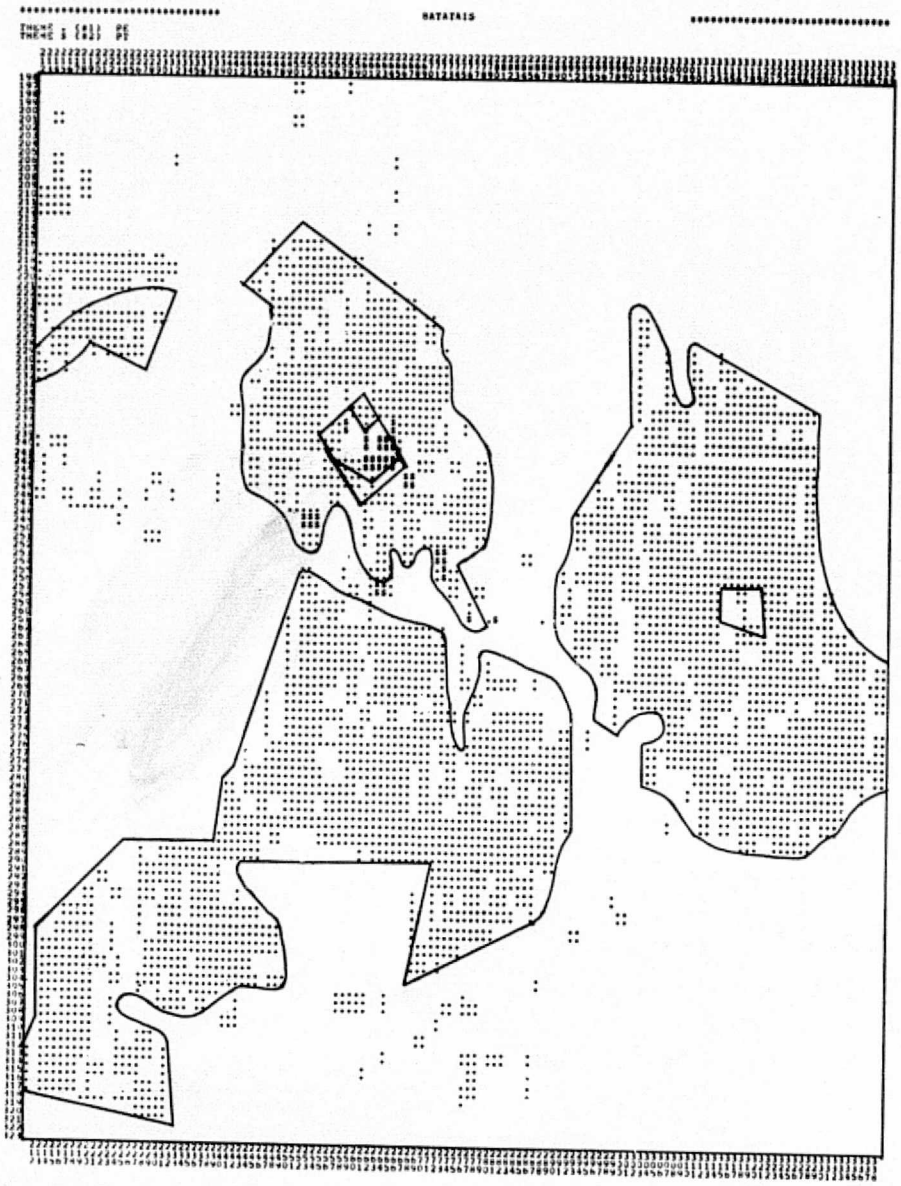
LEGENDA

PE

PT

Fig. IV.3 - Classificação temática da área de treinamento Batatais.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



ÁREA USADA PARA MEDIDA DE PRECISÃO
NA ÁREA DE TREINAMENTO BATATAIS

LEGENDA
::: PE
PT

ESCALAS { HORIZONTAL 0 200 400 600 800 100 m
VERTICAL

Fig. IV.4 - Classificação temática da área teste para medida de precisão - Batatais

TABELA IV.20

CÁLCULO DA PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO

DA ÁREA DE TREINAMENTO BATATAIS

CLASSE	PA	Pa	Pb
PE	0,3012	0,8069	0,0393
PE	0,0030	0,8163	0,0003

3) Área de Treinamento Itirapina

De acordo com a Tabela IV.21, considera-se que as classes PE (até 62), PE (depois 62) e OP (depois 62) não são separáveis, pois as distâncias JM calculadas entre elas é menor do que o limite considerado. A classe PT (até 62) foi separável das demais, resultando a legenda:

PE = PE (até 62) + PE (depois 62) + OP (depois 62)

PT = PT (até 62)

TABELA IV.21

DISTÂNCIA JM ENTRE AS CLASSES DE PINUS

UTILIZANDO OS 4 CANAIS - (ITIRAPINA)

CLASSE \ CLASSE	PE (DEPOIS 62)	OP (DEPOIS 62)	PT (ATÉ 62)
PE (ATÉ 62)	0,54965	0,70115	1,8372
PE (DEPOIS 62)		0,91718	1,7505
OP (DEPOIS 62)			1,6652

As Tabelas IV.22 e IV.23, apresentam as características espectrais para as classes PE e PT, respectivamente.

TABELA IV.22

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE PE - (ITIRAPINA)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	22	5	20,8	0,9
5	12	17	6	15,7	1,5
6	18	26	9	23,1	3,2
7	27	34	8	30,6	3,8

TABELA IV.23

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE PT - (ITIRAPINA)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	21	4	20,0	0,6
5	13	16	4	14,6	1,1
6	16	18	3	17,3	0,4
7	24	26	3	24,8	0,6

Pela Tabela IV.24, verifica-se que nessa área de Itirapina, os canais 6 e 7 apresentam as maiores diferenças entre as médias de PE e PT.

Através da Tabela IV.25, verifica-se que com apenas os canais 5 e 7 as classes PE e PT são separáveis com alta probabilidade de classificação correta.

TABELA IV.24

MÉDIA DAS CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS

DAS CLASSES NOS 4 CANAIS - (ITIRAPINA)

CANAL / CLASSE	4	5	6	7
PE	20,8	15,7	23,1	30,6
PT	20,0	14,6	17,3	24,8

TABELA IV.25

DISTÂNCIA JM DAS MELHORES COMBINAÇÕES DE CANAIS - (ITIRAPINA)

CLASSE / CLASSE	PT
PE	0,04458 (5) 1,7552 (5,7) 1,7838 (5,6,7) 1,7992 (TODOS)

A Figura IV.5 mostra a classificação da área de treinamento Itirapina.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

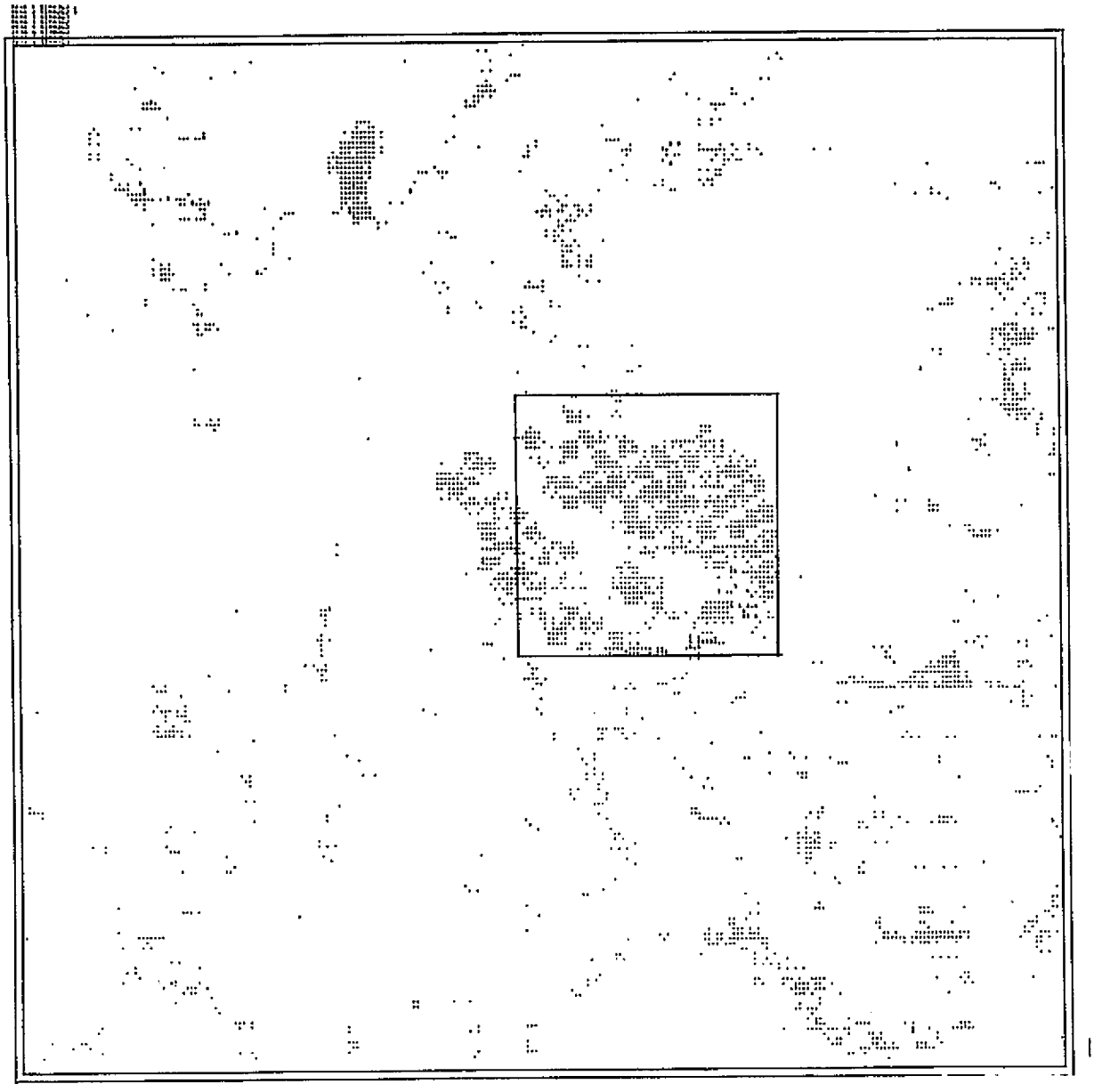


Fig. IV.5 - Classificação temática da área de treinamento Itirapina

Pela Tabela IV.26, a maior parte da área reflorestada na área de treinamento Itirapina, é ocupada pela classe PE com 2.596,7 ha. A classe PT ocupa uma área de apenas 60,1 ha, que corresponde a 0,13% da área de treinamento.

TABELA IV.26

ÁREAS OCUPADAS PELAS CLASSES DEFINIDAS NA LEGENDA - (ITIRAPINA)

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PE	2.596,7	5,67
PT	60,1	0,13

A figura IV.6 mostra a classificação temática da área teste utilizada para o cálculo da precisão.

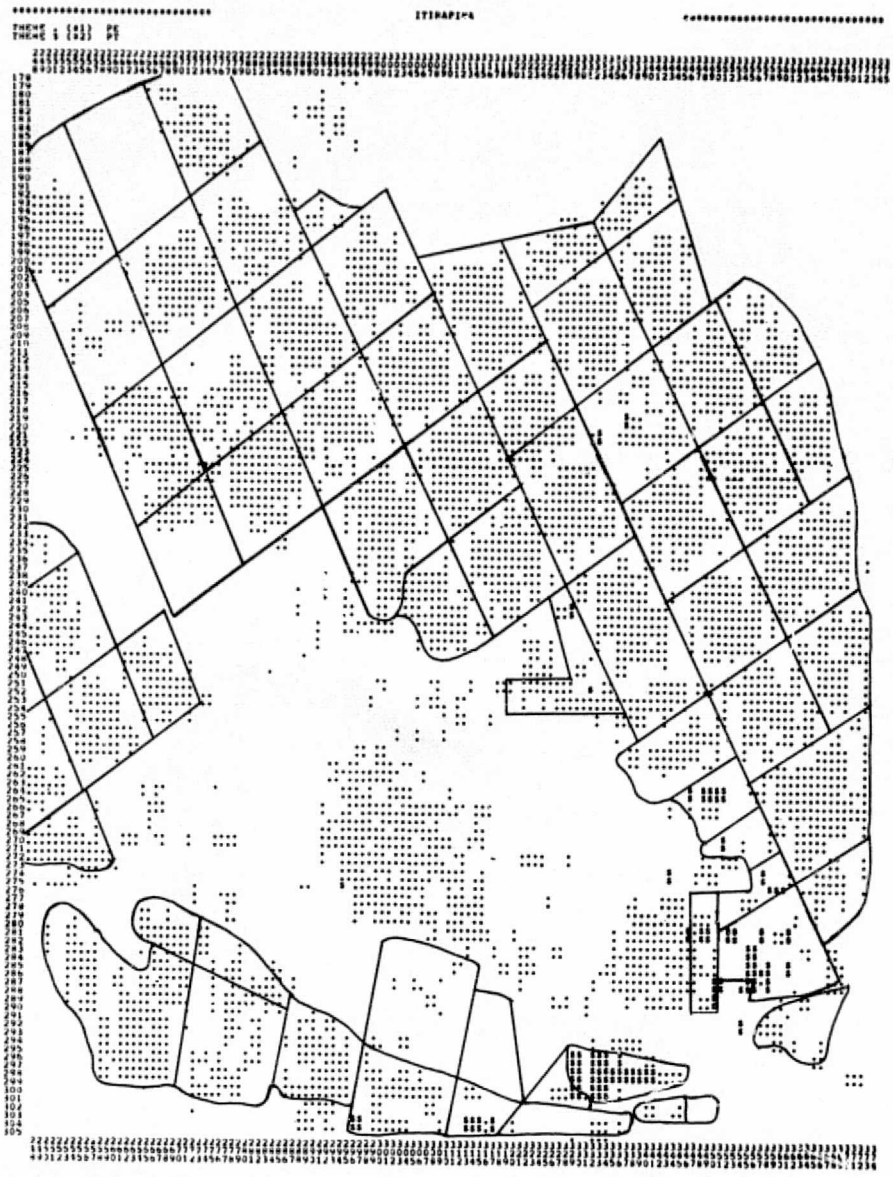
Conforme a Tabela IV.27, a porcentagem de classificação correta é muito baixa tanto para a classe PE quanto para a classe PT. No caso da classe PT, não foi possível a seleção de amostras representativas, devido ao pequeno tamanho dos talhões plantados com a espécie *P. taeda*. Quanto à classe PE, que engloba diversas espécies de *Pinus*, verificou-se que o *Pinus elliottii* foi bem classificado, enquanto que as outras espécies foram as principais responsáveis pela baixa precisão.

TABELA IV.27

CÁLCULO DA PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE TREINAMENTO ITIRAPINA

CLASSE	PA	Pa	Pb
PE	0,4741	0,5637	0,1056
PT	0,0222	0,2665	0,0016

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



ÁREA USADA PARA MEDIDA DE PRECISÃO
NA ÁREA DE TREINAMENTO ITIRAPINA

LEGENDA

::: PE

::: PT

ESCALAS { HORIZONTAL 0 200 400 600 800 1000 m
VERTICAL 0 200 400 600 800 1000 m

Fig. IV.6 - Classificação temática da área teste para medida de precisão - Itirapina

C-2

4) ÁREA DE TREINAMENTO GUATAPARÁ

De acordo com as distâncias JM calculadas entre as classes (Tabela IV.28), considera-se que as classes E (2A - 4A) e E (4A - 7A) não são separáveis, resultando a seguinte legenda:

E1 = E (8M - 2A)

E2 = E (2A - 7A)

TABELA IV.28

DISTÂNCIA JM ENTRE AS CLASSES DE EUCALIPTO UTILIZANDO OS 4 CANAIS - (GUATAPARÁ)

CLASSE / CLASSE	E (2A - 4A)	E (4A - 7A)
E (8M - 2A)	1,3667	1,6412
E (2A - 4A)		0,43541

As Tabelas IV.29 e IV.30 apresentam as características espectrais para as classes E1 e E2, respectivamente.

TABELA IV.29

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE E1 - (GUATAPARÁ)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	21	4	19,6	1,1
5	13	16	4	14,7	0,6
6	33	37	5	34,2	0,8
7	38	42	5	40,0	1,5

TABELA IV.30

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE E2 - (GUATAPARÁ)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	21	4	19,8	1,1
5	13	18	6	15,7	1,8
6	24	30	7	27,4	1,9
7	30	40	11	33,5	5,6

Pela Tabela IV.31, verifica-se que, nessa área de Guatapará, os canais 6 e 7 apresentam as maiores diferenças entre as médias das classes E1 e E2.

TABELA IV.31

MÉDIA DAS CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS

DAS CLASSES NOS 4 CANAIS - (GUATAPARÁ)

CANAL / CLASSE	4	5	6	7
E1	19,6	14,7	34,2	40,0
E2	19,8	15,7	27,4	33,5

Verifica-se pela Tabela IV.32 que, com apenas os canais 6 e 7, as classes E1 e E2 são separáveis com alta probabilidade de classificação correta.

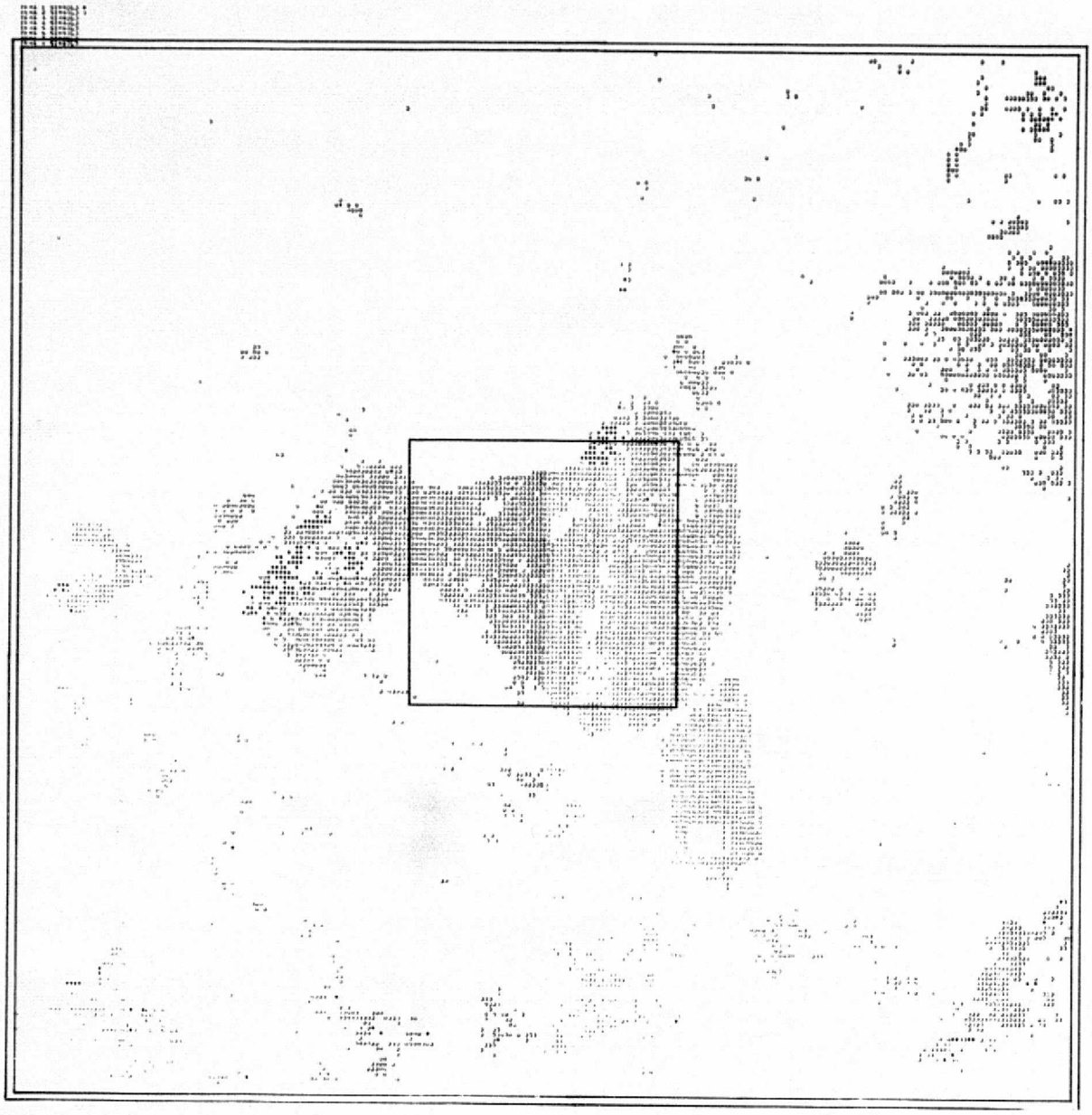
TABELA IV.32

DISTÂNCIA JM DAS MELHORES COMBINAÇÕES DE CANAIS - (GUATAPARÁ)

CLASSE / CLASSE	E2
E1	0,16104 (6) 1,8433 (6,7) 1,8645 (5,6,7) 1,8673 (TODOS)

A Figura IV.7 mostra a classificação da área de treinamento Guatapará.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DA ÁREA DE TREINAMENTO GUATAPARÁ ATRAVÉS DO 1-100

ÁREA UTILIZADA PARA O CÁLCULO DA PRECISÃO

0 0,5 1,0 1,5 2,0 Km

LEGENDA

E1

E2

Fig. IV.7 - Classificação temática da área de treinamento Guatapará

Pela Tabela IV.33, verifica-se que a área de treinamento Guatapará apresenta uma grande ocorrência de plantios do gênero *Eucalyptus*. A maior parte da área reflorestada é ocupada pela classe E2 com 5797,1 ha, que corresponde a 12,67% da área de treinamento. A classe E1 ocupa uma área de apenas 177,3 ha, que corresponde a 0,39% da área de treinamento.

TABELA IV.33

ÁREAS OCUPADAS PELAS CLASSES DEFINIDAS NA LEGENDA - (GUATAPARÁ)

CLASSE	ÁREA (ha)	%
E1	177,3	0,39
E2	5.797,1	12,67

Conforme a Tabela IV.34, a porcentagem de classificação correta para a classe E2 foi muito maior do que para a classe E1.

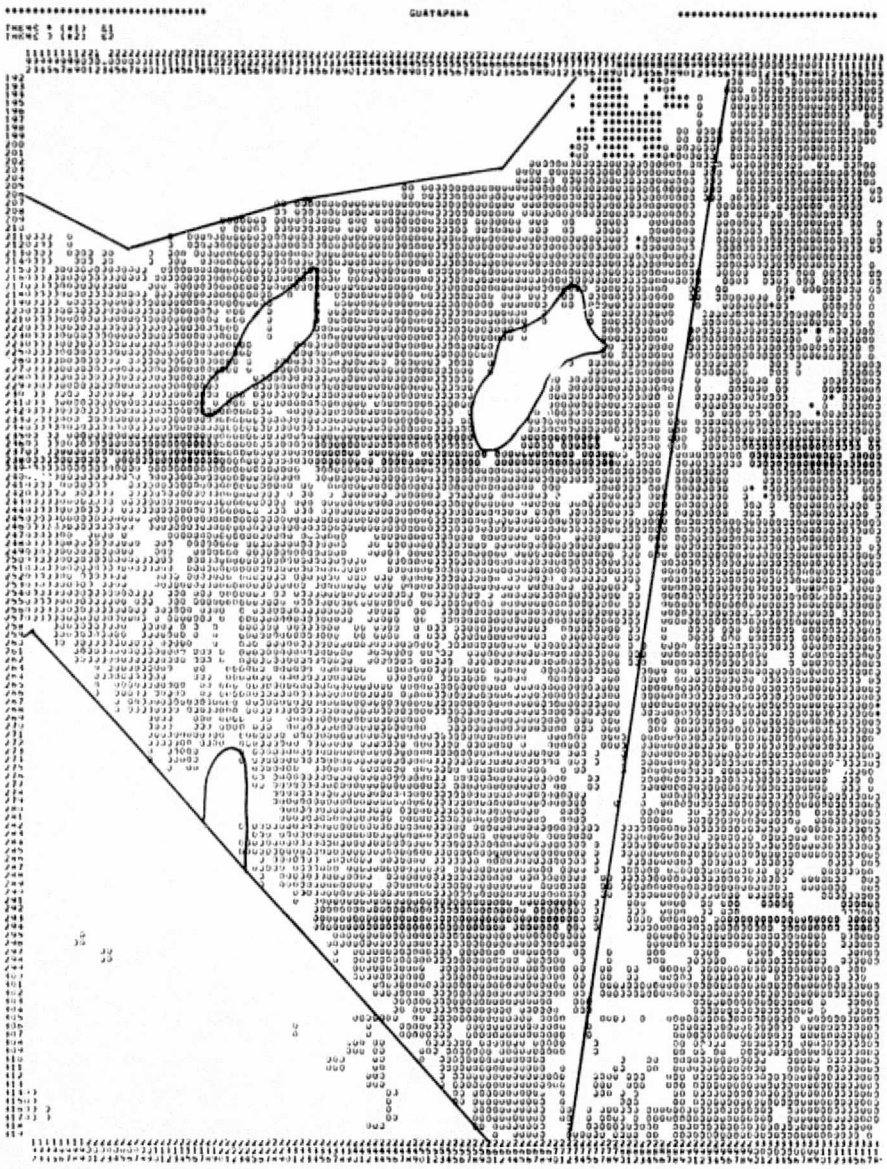
TABELA IV.34

CÁLCULO DA PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE TREINAMENTO GUATAPARÁ

CLASSE	PA	Pa	Pb
E1	0,0136	0,4685	0,0014
E2	0,6796	0,9512	0,0286

A Figura IV.8 mostra a classificação temática da área teste utilizada para o cálculo da precisão.

OF POOR QUALITY



ÁREA USADA PARA MEDIDA DE PRECISÃO
NA ÁREA DE TREINAMENTO DE GUATAPARÁ

LEGENDA

E1

E2

ESCALAS { HORIZONTAL 0 200 400 600 800 1000 m
VERTICAL 0 200 400 600 800 1000 m

Fig. IV.8 - Classificação temática da área teste para medida de precisão - Guatapará

5) Área de Treinamento Prudente

De acordo com a distância JM calculada, considera-se que as classes E (2A - 4A) e E (4A - 7A) não são separáveis (Tabela IV.35), resultando a seguinte legenda:

E2 = E (2A - 7A)

A Tabela IV.36 apresenta as características espectrais para a classe E2.

TABELA IV.35

DISTÂNCIA JM ENTRE AS CLASSES DE EUCALIPTO

UTILIZANDO OS 4 CANAIS - (PRUDENTE)

CLASSE \ CLASSE	E (4A - 7A)
E (2A - 4A)	0,80460

TABELA IV.36

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE E2 - (PRUDENTE)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	18	21	4	20,4	0,4
5	13	20	8	15,1	2,5
6	24	33	10	28,0	4,5
7	31	44	14	34,6	7,5

A Figura IV.9 mostra a classificação da área de treinamento Prudente.

A Tabela IV.37, mostra a área ocupada pela classe E2 e sua porcentagem de ocorrência na área de treinamento.

TABELA IV.37

ÁREA OCUPADA PELA CLASSE E2 DEFINIDA NA LEGENDA - (PRUDENTE)

CLASSE	ÁREA (ha)	%
E2	3.020,7	6,60

A Figura IV.10 mostra a classificação temática da área teste utilizada para o cálculo da precisão, e a Tabela IV.38, mostra os resultados obtidos no cálculo da precisão da classificação.

TABELA IV.38

CÁLCULO DA PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO

DA ÁREA DE TREINAMENTO PRUDENTE

CLASSE	PA	Pa	Pb
E2	0,1883	0,8710	0,0681

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DA ÁREA DE TREINAMENTO PRUDENTE ATRAVÉS DO I-100

ÁREA UTILIZADA PARA O CÁLCULO DA PREC:ÃO

0 0,5 1,0 1,5 2,0 Km

LEGENDA

E2

Fig. IV.9 - Classificação temática da área de treinamento Prudente

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ÁREA USADA PARA MEDIDA DE PRECISÃO
NA ÁREA DE TREINAMENTO DE PRUDENTE

LEGENDA
E2

ESCALAS
HORIZONTAL 0 200 400 600 800 1000 m
VERTICAL 0 200 400 600 800 1000 m

Fig. IV.10 - Classificação temática da área teste para medida de precisão - Prudente

6) Área de Treinamento Camaquan

A área de treinamento Camaquan apresenta o Horto Florestal Camaquan, contendo plantios do gênero *Eucalyptus*, com mais de 20 anos .. idade.

A Tabela IV.39 apresenta as características espectrais para a classe E2.

TABELA IV.39

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE E2 - (CAMAQUAN)

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	19	22	4	20,9	0,6
5	12	15	4	14,4	0,7
6	17	26	10	23,2	3,7
7	25	33	9	29,0	5,9

A Figura IV.11 mostra a classificação da área de treinamento Camaquan.

A Tabela IV.40 mostra a área ocupada pela classe E2 e sua porcentagem de ocorrência na área de treinamento.

TABELA IV.40

ÁREA OCUPADA PELA CLASSE E2 - (CAMAQUAN)

CLASSE	ÁREA (ha)	%
E2	1.616,6	3,53

A Figura IV.12 mostra a classificação temática da área teste utilizada para o cálculo da precisão.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DA ÁREA DE TREINAMENTO CAMAQUAN ATRAVÉS DO I-100

ÁREA UTILIZADA PARA O CÁLCULO DA PRECISÃO

LEGENDA

E2

Fig. IV.11 - Classificação temática da área de treinamento Camaquan

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

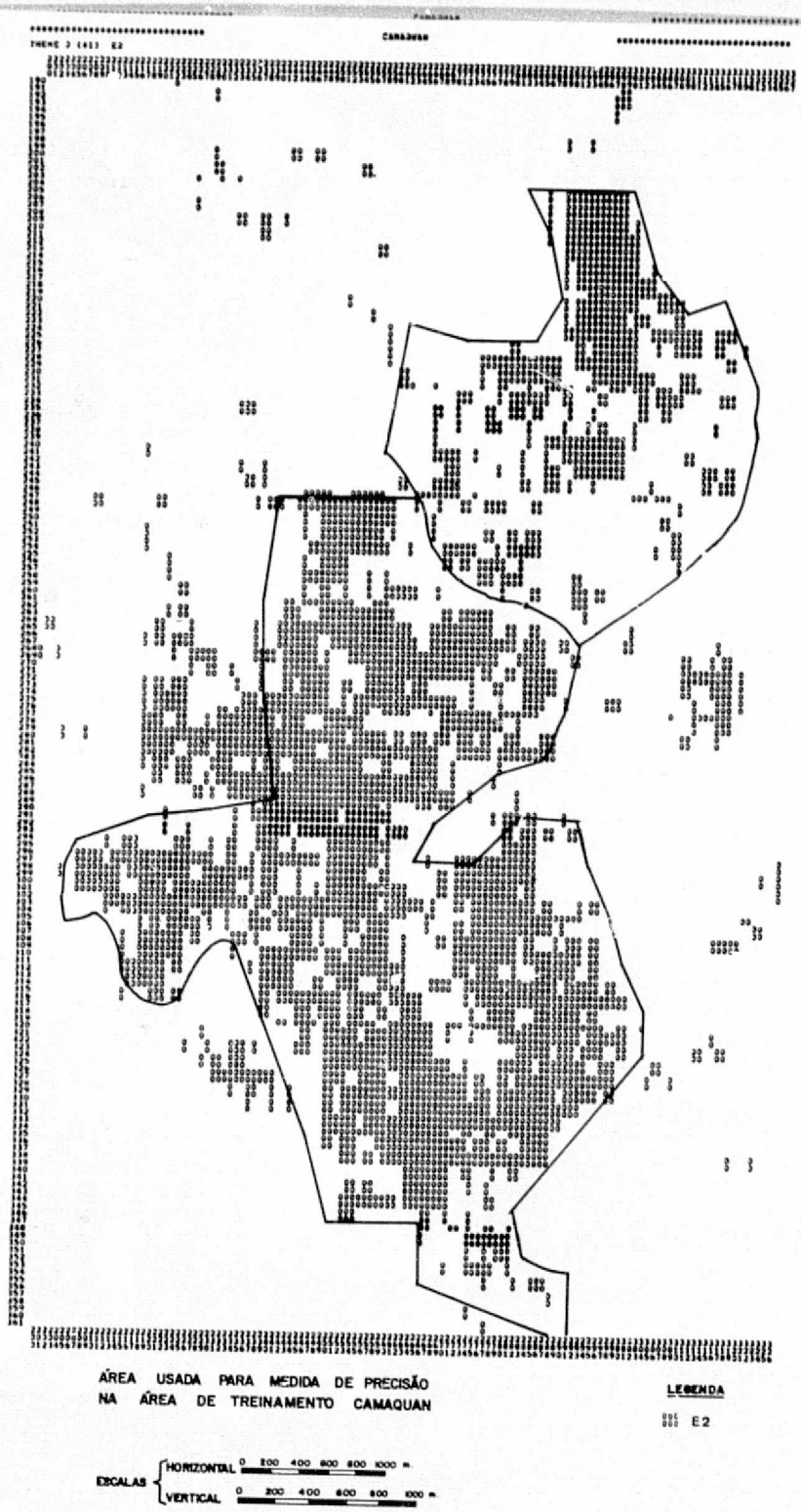


Fig. IV.12 - Classificação temática da área teste para medida de precisão - Camaquan

A Tabela IV.41, mostra os resultados obtidos no cálculo da precisão da classificação.

TABELA IV.41

CÁLCULO DA PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO

DA ÁREA DE TREINAMENTO CAMAQUAN

CLASSE	PA	Pa	Pb
E2	0,3257	0,6104	0,0422

7) Discussão Geral das Áreas de Treinamento

Pela análise das áreas de treinamento, verifica-se que as legendas, em termos gerais, se repetem para cada área. As espécies *P. elliottii* e *P. taeda* constituem classes completamente distintas, em todas as áreas de treinamento em que elas ocorrem.

Quanto ao gênero *Eucalyptus*, verificou-se a repetição da legenda em relação às classes E1 e E2. A classe E1 compõe-se de eucaliptos de idades variando entre 8 meses e 2 anos. A classe E2, engloba todos os eucaliptos com mais de 2 anos de idade.

De acordo com esses resultados, seria possível a interpretação da área de estudo, considerando-se uma legenda final contendo as classes PE, PT, E1 e E2. Para isso, teria que ser usada a mesma escala de trabalho utilizada na interpretação das áreas de treinamento.

As porcentagens de classificação correta encontradas nas áreas de treinamento foram:

E2: 61,04% a 95,12%;

E1: 46,85% e 94,12%;

PE: 56,37% a 80,69%;

PT: 26,65% a 81,63%.

A menor porcentagem de classificação correta para a classe E2 ocorreu na área de treinamento Camaquan. Isto é explicado,pelo fato de que são plantios com mais de 20 anos, apresentando muitas falhas devido ao ataque de formigas e desbastes, permitindo a exposição do sub-bosque.

A seguir vem a área de treinamento Mogi-Guaçu com 66,26% de classificação correta. Essa porcentagem é causada pelo fato de que a classe E2, nessa área de treinamento, é muito heterogênea quanto à idade, variando desde 2 anos até plantios de 2º corte com 9 anos de idade. Isto provoca a formação de uma classe heterogênea.

As áreas de treinamento Prudente e Guatapará apresentam as maiores porcentagens de classificação correta: 87,10% para a área de Prudente e 95,12% para Guatapará. Este fato é explicado porque os plantios de *Eucalyptus* nessas áreas tem um aspecto homogêneo. Os plantios da área de Prudente são mais velhos do que os da área de Guatapará, entretanto, são ainda plantios de primeiro corte.

A classe E1 foi analisada em duas áreas de treinamento.Na área de treinamento Mogi-Guaçu, a porcentagem de classificação correta foi muito alta (94,12%), porque a área ocupada pelos plantios dessa classe, são homogêneos.

A classe E1 na área de treinamento Guatapará, apresentou um resultado baixo para a porcentagem de classificação correta. Para o cálculo dessa porcentagem foi utilizada uma área de apenas 39 ha, numa região onde o canal 7 da fita CCT,que é o canal que melhor define essa classe, apresentava ruído. A presença desse ruído foi a responsável pela bai

xa porcentagem de classificação correta, uma vez que visualmente, a imagem do canal 7 de outra passagem (não analisada pelo I-100) permitia uma perfeita caracterização dessa classe.

Para a classe PT a porcentagem de classificação correta variou de muito baixa (26,65%), em Itirapina, até relativamente alta (81,63%), na área de Batatais. O erro de comissão para essa classe é muito baixo, variando de 0,03 a 0,16, indicando ter uma assinatura bem típica, embora o seu plantio seja insignificante na área de estudo.

A classe PE apresentou a menor variação, em termos de porcentagem de classificação correta, variando de 56,37% na área de Itirapina, até 80,69% na área de treinamento Batatais. O baixo valor apresentado em Itirapina é motivado pelo fato de que nessa área a classe PE engloba o *Pinus elliottii* e as outras espécies de *Pinus*, o que causou a diminuição desse valor. Nas áreas de treinamento Batatais e Mogi-Guaçu, estes valores estão muito próximos: 79,73% para Mogi-Guaçu e 80,69% para Batatais. O valor de porcentagem de classificação correta para a área de Batatais não foi diminuido, embora a classe PE englobe o *Pinus elliottii* e as outras espécies de *Pinus*. Tal fato ocorreu porque a área teste, onde foi medida a precisão, continha na maior parte, apenas a espécie de *P.elliottii*.

Os resultados obtidos no cálculo da porcentagem de classificação correta poderiam ser melhores, se fossem utilizadas informações de campo, tais como, porcentagem de desbastes e falhas, ao invés de somente informações de mapas de fazendas e área dos talhões.

Pela análise das tabelas apresentadas para cada área de treinamento, referentes às características espectrais das classes, verificou-se que as assinaturas dessas classes foram bem definidas para cada área respectiva. Entretanto, não foi possível a obtenção de uma assinatura geral para cada classe, devido a ser a "correção radiométrica" utilizada, específica a cada área de treinamento. Uma assinatura geral seria muito útil na utilização do programa "CLSTR SYNTH", que facilitaria

a rápida classificação de grandes áreas, sem necessidade da seleção de amostras de treinamento.

Os canais que apresentaram as melhores características na caracterização dessas classes estudadas foram os canais 6 e 7.

Para a interpretação das áreas de treinamento foi utilizada somente uma passagem do LANDSAT. A utilização de outras passagens seria desejável em estudos posteriores, para melhorar a precisão da classificação.

8) Comportamento Espectral das Classes na Área de Treinamento Mogi-Guaçu

O comportamento espectral das classes na área de treinamento Mogi-Guaçu é apresentado no Apêndice B. Foi obtido utilizando o programa "impressão em duas dimensões de um histograma n-dimensional (N-DIM HGM SLICE)", e mostra o comportamento espectral das classes de forma mais detalhada, apresentando a distribuição de frequência, dentro dos limites da resposta relativa das classes.

Esses gráficos, obtidos através da impressora do I-100, permitem a visualização da separabilidade entre as classes definidas na legenda, da área de treinamento Mogi-Guaçu.

4.2.3 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (DIRA-RP) foi ampliada para a escala de 1:705.485 (escala horizontal) e de 1:711.304 (escala vertical).

A área de estudo delimitada no I-100 abrange 38.489,008 quilômetros quadrados. Esse valor difere da área obtida na referência bibliográfica. Essa diferença foi motivada pelo fato de se fazer o limite da área de estudo através do cursor do equipamento, que não permite fa

zer linhas curvas.

A classificação da área de estudo foi feita utilizando-se a seguinte legenda:

PINUS

EUCALIPTO.

Na área de estudo foi feita somente a separação entre *Pinus* e Eucalipto, não se diferenciando espécies entre os *Pinus*, nem idade entre os Eucaliptos, pois não havia amostras suficientes para se obter a assinatura dessas classes, para posterior classificação, devido à escala de trabalho no I-100.

Como a área de estudo abrange 4 cenas do LANDSAT, a interpretação foi feita por partes. Cada uma das partes da área, localizada em fitas diferentes, foi interpretada independentemente, escolhendo-se amostras representativas de cada classe de reflorestamento, localizadas dentro de cada parte da área de estudo.

Os nomes dados a essas partes foram DIRA I, localizada na fita 178/27, DIRA II (178/26), DIRA III (192/26) e DIRA IV (192/27).

Para cada parte da DIRA-RP foi utilizada a mesma metodologia desenvolvida nas áreas de treinamento, e os resultados são apresentados em:

a) Tabelas apresentando as características espectrais de cada classe;

b) Tabelas apresentando a área ocupada pelas classes, e suas respectivas porcentagens.

1) - DIRA I

As Tabelas IV.42 e IV.43, apresentam as características

espectrais para as classes de *Pinus* e Eucalipto, respectivamente.

TABELA IV.42

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DO PINUS NA DIRA I

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	23	25	3	24,1	0,9
5	18	24	7	23,0	1,1
6	44	50	7	47,2	2,7
7	27	31	5	29,1	2,1

TABELA IV.43

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DO EUCALIPTO NA DIRA I

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	25	27	3	25,9	0,5
5	25	30	6	27,5	2,4
6	44	58	15	49,4	8,0
7	25	38	14	30,4	9,8

A Tabela IV.44, mostra que a classe de Eucalipto é predominante na DIRA I, ocupando uma área de 44.849,6 ha (2,33%).

TABELA IV.44

CÁLCULO DA ÁREA OCUPADA POR PINUS E EUCALIPTO NA DIRA I

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PINUS	1.032,0	0,05
EUCALIPTO	44.849,6	2,33
DIRA I	1.923.044,8	

2) - DIRA II

As Tabelas IV.45 e IV.46, apresentam as características espectrais para as classes de *Pinus* e Eucalipto, respectivamente.

TABELA IV.45

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DO PINUS NA DIRA II

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	23	25	3	24,1	1,0
5	25	25	1	25,0	0,0
6	48	48	1	48,0	0,0
7	27	28	2	27,5	0,2

TABELA IV.46

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DO EUCALIPTO NA DIRA II

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	24	26	3	25,2	0,4
5	26	29	4	27,4	0,9
6	39	50	12	46,0	5,0
7	22	30	9	27,0	4,5

A Tabela IV.47, mostra a área ocupada por *Pinus* e Eucalipto na DIRA II.

TABELA IV.47

CÁLCULO DA ÁREA OCUPADA POR PINUS E EUCALIPTO NA DIRA II

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PINUS	52,3	0,00495
EUCALIPTO	6.504,6	0,52
DIRA II	1.055.989,3	

3) - DIRA III

A Tabela IV.48, apresenta as características espectrais do Eucalipto na DIRA III.

TABELA IV.48

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DO EUCALIPTO NA DIRA III

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	26	28	3	27,7	0,4
5	26	29	4	27,9	0,8
6	48	54	7	50,1	3,2
7	29	36	8	31,4	2,7

A Tabela IV.49, mostra a área ocupada por *Pinus* e Eucalipto na DIRA III.

TABELA IV.49

CÁLCULO DA ÁREA OCUPADA POR PINUS E EUCALIPTO NA DIRA III

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PINUS	0,0	0,0
EUCALIPTO	1.307,5	0,25
DIRA	541.945,5	

4) - DIRA IV

A Tabela IV.50, apresenta as características espectrais do Eucalipto na DIRA IV.

TABELA IV.50

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DO EUCALIPTO NA DIRA IV

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		AMPLITUDE	MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
4	30	32	3	31,4	0,5
5	30	32	3	31,3	0,8
6	50	54	5	52,5	1,8
7	32	35	4	32,8	1,1

A Tabela IV.51, mostra a área ocupada por *Pinus* e Eucalipto na DIRA IV.

TABELA IV.51

CÁLCULO DA ÁREA OCUPADA POR PINUS E EUCALIPTO NA DIRA IV

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PINUS	0,0	0,0
EUCALIPTO	1.163,7	0,35
DIRA IV	327.921,2	

A Tabela IV.52, mostra a área total ocupada por *Pinus* e Eucalipto na DIRA-RP. Essa tabela é a compilação dos resultados obtidos em cada uma das partes da área de estudo.

TABELA IV.52

CÁLCULO DA ÁREA TOTAL OCUPADA POR PINUS E EUCALIPTO NA DIRA-RP OBTIDA ATRAVÉS DO I-IOC

CLASSE	ÁREA (ha)	%
PINUS	1.085,2	0,028
EUCALIPTO	52.875,4	1,37
REFLORESTAMENTO	53.960,6	1,40
DIRA	3.848.900,8	100,00

A Figura IV.13, mostra a classificação temática da Divisão Administrativa de Ribeirão Preto. Essa figura é uma montagem das quatro partes da DIRA-RP, classificadas separadamente.

5) - Discussão da Área de Estudo

As assinaturas espectrais das classes *Pinus* e Eucalipto diferem para cada DIRA (I, II, III e IV) devido ao fato de ter-se usado fitas diferentes, assim como, "correção radiométrica" independente em cada DIRA.

Embora a classe PT apresente assinatura bem típica nas áreas de treinamento, não foi possível mapeá-la na área de estudo,devido à escala de trabalho,usada no vídeo, ter sido muito pequena, e o seu plantio ser insignificante em relação a classe PE.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

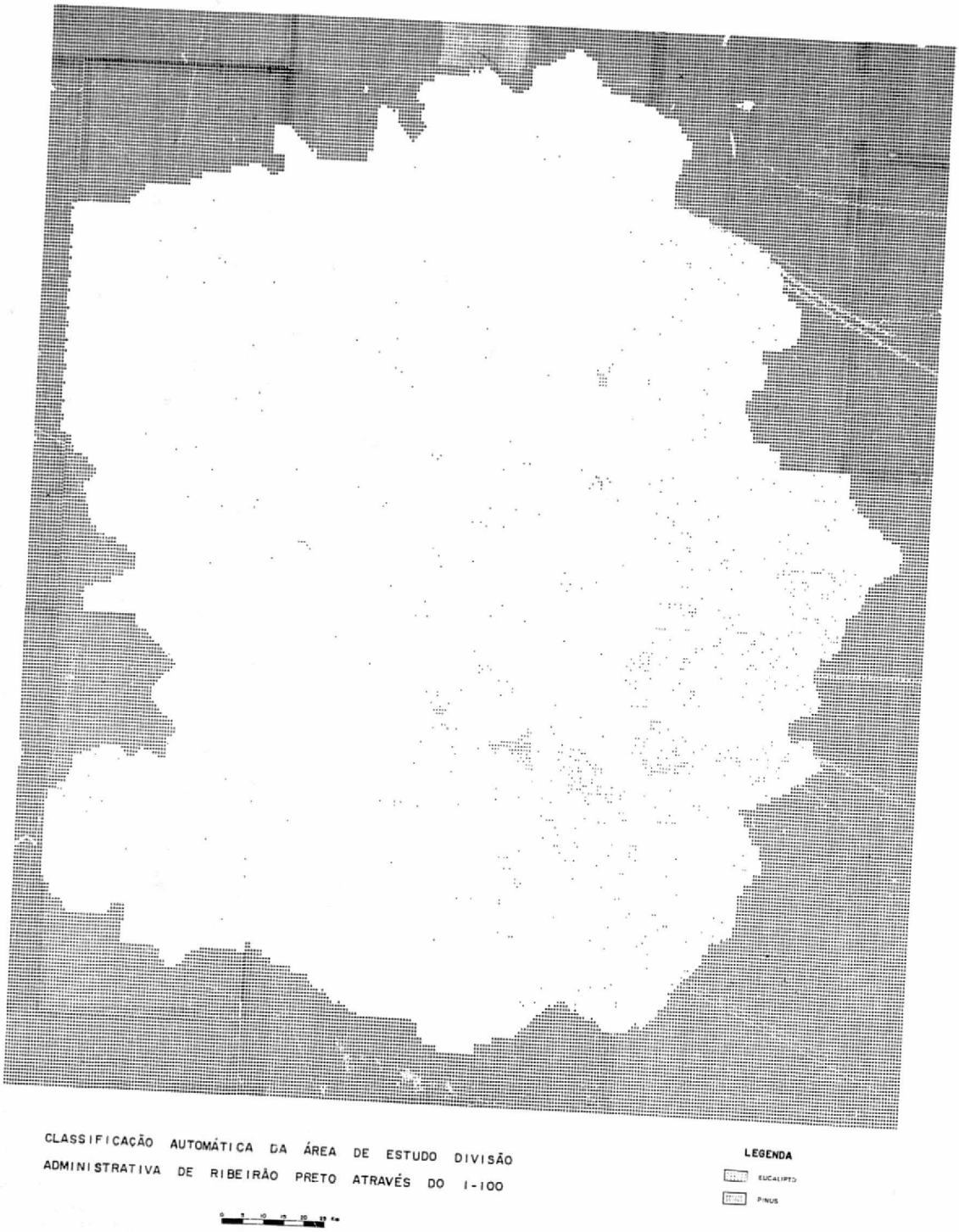


Fig. IV.13 - Classificação automática da área de estudo
Divisão Administrativa de Ribeirão Preto

A classe E1 foi incluída na classe E2, porque não havia amostras suficientes dessa classe, compatíveis com a escala de trabalho.

A medida de precisão da classificação da área de estudo indicaria um valor menor do que os obtidos nas áreas de treinamento, porque na escala de trabalho utilizada (1:700.000 aproximadamente), a leitura da fita é feita de forma amostral onde cada "pixel" do vídeo corresponde a 29 "pixels" da fita. Disso decorre que a amostra de treinamento mínima possível corresponde, no solo, a uma área de 52 ha.

A medida de precisão "pixel" a "pixel" não foi realizada pelo fato de que não poderiam ser correlacionadas as áreas que aparecem no vídeo com as áreas dos mapas das fazendas, devido à escala de trabalho.

Para um levantamento amostral, essa escala pode ser usada, levando-se em conta a área total analisada e o tempo gasto. Quanto à precisão, é recomendável a utilização de uma escala próxima à utilizada nas áreas de treinamento, para que não se percam informações da fita CCT.

A análise da área de estudo, mostra que a DIRA I (Sudeste da área) é a parte mais reflorestada com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

4.3 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS INTERPRETAÇÕES VISUAL E AUTOMÁTICA

Analisando-se os resultados das interpretações visual e automática, da região de estudo, verificou-se que na interpretação visual foi possível diferenciar três classes de reflorestamento: *Pinus*, E1 e E2. Na interpretação automática, a classe E1 não foi possível de ser classificada, devido à escala de trabalho. Portanto, para o Eucalipto foi considerada apenas uma única classe.

As áreas obtidas na interpretação visual, para cada classe da legenda, foram sempre maiores do que as obtidas na classificação

automática. Esse fato é explicado porque na interpretação visual, embora não seja possível delimitar áreas pequenas (menores do que 25 ha), as áreas grandes são mapeadas totalmente, levando-se em consideração toda sua área, inclusive áreas de carreadores. Na interpretação automática, a classificação é feita "pixel" a "pixel" e, consequentemente, sofre a influência das falhas que ocorrem no reflorestamento. Entretanto, comparando-se os resultados obtidos, verifica-se que a área obtida no levantamento automático, diferiu apenas 10% em relação ao levantamento visual, considerando-se a área reflorestada. Essa diferença de área estaria dentro dos limites de erros dos dois levantamentos.

No caso da classe *Pinus*, a diferença encontrada entre os resultados dos dois levantamentos foi bastante relevante. A área de *Pinus*, na região de estudo, é praticamente desprezível em termos de área percentual. Sua pequena ocorrência encontra-se essencialmente em dois municípios: Batatais e Santa Maria.

Na área de Santa Maria não foi possível a obtenção de amostras de treinamento para a classificação automática, porque essa área apresenta-se com talhões pequenos (da ordem de 3 ha) considerando-se a escala de trabalho no I-100. Assim, a quantidade de "pixels" classificados nessa área foi bastante reduzida, justificando a acentuada diferença de áreas encontradas.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos na avaliação de áreas reflorestadas, utilizando dados orbitais do LANDSAT, chegou-se às seguintes conclusões:

5.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Foi possível diferenciar as áreas reflorestadas de outros alvos existentes na área de estudo.

Foi possível a diferenciação dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

O canal que melhor separa as áreas reflorestadas é o canal 7.

O canal 7 se apresenta melhor na separabilidade entre os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

Nas áreas reflorestadas com o gênero *Eucalyptus* foi possível separá-las em áreas com idade de plantio aproximada de 2 anos, de áreas com idade de plantio superior a 2 anos.

O canal 7 permitiu a diferenciação dentro das áreas reflorestadas pelo gênero *Eucalyptus* (E1 e E2).

A delimitação da área reflorestada é mais eficiente no canal 5 do que no canal 7.

Não foi possível a diferenciação de idades nas áreas ocupadas por reflorestamentos do gênero *Pinus*.

Na classe de reflorestamento com gênero *Eucalyptus* não foi possível diferenciar espécies.

Não foi possível diferenciar espécies de *Pinus* na região da DIRA-RP.

Verificou-se que as maiores concentrações do reflorestamento estão localizadas próximas às cidades de São Simão e Luis Antonio.

A área de Eucalipto é cerca de 18 vezes maior do que a ocupada por *Pinus*.

5.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

A análise das áreas de treinamento, revelou que:

Foi possível a separação do *Pinus taeda* das outras espécies de *Pinus*.

Foi possível a separação do Eucalipto em duas classes com relação a idade: E1 (Eucalipto de 8 meses até 2 anos de idade) e E2 (Eucalipto com mais de 2 anos de idade).

Não foi possível separar espécies do gênero *Eucalyptus*.

A idade dos plantios de *Pinus* não afetou significativamente o seu comportamento espectral, portanto, não foi possível separar classes de *Pinus* com relação a idade.

Não foi possível a obtenção de uma assinatura espectral única para as classes da legenda em todas as áreas de treinamento. Entretanto, essas classes mostraram um comportamento relativo consistente em todas as áreas.

Para a discriminação entre os gêneros *Pinus* e *Eucalytus*,

as melhores combinações de um, dois e três canais foram respectivamente: 7; 6 e 7; 4,6 e 7. Com base na medida da distância "JM", apenas os canais 6 e 7 separariam *Pinus* e *Eucalyptus* com alta probabilidade de classificação correta.

As melhores porcentagens de classificação correta, obtida na classificação das classes reflorestadas das áreas de treinamento, utilizando-se somente uma passagem do LANDSAT foram:

94,12% para a classe E1 (Eucalipto de 8 meses até 2 anos de idade);
95,12% para a classe E2 (Eucalipto com mais de 2 anos de idade);
80,69% para a classe PE; e
81,63% para a classe PT.

No levantamento da área de estudo (DIRA-RP), só foi possível a classificação da área reflorestada em duas classes: *Pinus* e Eucalipto, devido à escala de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Diretor do Instituto de Pesquisas Espaciais, Dr. Nelson de Jesus Parada, por ter permitido a realização deste trabalho.

Ao Coordenador do Departamento de Sensoriamento Remoto, Dr. Claudio Roland Sonnenburg, e ao Chefe da Divisão de Desenvolvimento e Pesquisas em Aplicações, Rene Antonio Novaes, por terem aprovado e incentivado a realização deste trabalho.

Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo, Champion Celulose e Papel S/A, Guatapará Florestal S/A Planejamento e Reflorestamento, e Ferrovias Paulista S/A, pelo fornecimento de dados e apoio no trabalho de campo necessário à pesquisa.

Ao Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, pela disponibilidade de fotografias aéreas.

Ao Engenheiro Agrônomo Getúlio Teixeira Batista, MSc., pela orientação, apoio e colaboração.

Ao José Carlos Moreira, Antonio Tebaldi Tardin, Sherry Chou Chen, Armando Pacheco dos Santos e Hideyo Aoki, pela colaboração e incentivo.

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

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, E.N. *O Eucalipto.* 2.ed. São Paulo. s.c.p., 1961.

BAUMGARDNER, M.F.; KRISTOF, S.J.; HENDERSON, J.A. Identification and Mapping of Soils, Vegetation, and Water Resources of Lynn County, Texas by Computer Analysis of ERTS MSS Data. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1,* New Carrollton, Maryland, Mar., 1973. V.1, p.213-221.

BERENHAUSER, H. Pinus elliottii contra Pinus taeda. *Floresta,* 1(4): 9-10, Dez., 1972.

CASLICK, J.W. Measuring Revegetation Rates and Patterns on Abandoned Agricultural Lands by means of Time-Lapse Aerial Photography. In: *SEARCH Agriculture-Natural Resources.* New York, N.Y., State College of Agriculture and Life Science, 1975. V.5, N.6.

COELHO, A.G.S. Caracterização de Eucaliptais em Fotografias Aéreas Verticais da Região Centro-Oeste Paulista. *Bragantia,* 26(36): 423-442, Set., 1967.

CREA, W.J. Agriculture, Forestry, Range Resources. In: *EARTH Resources Technology Satellite Symposium,* 3., Washington, D.C., Dec., 1973.

CUERVO, S.L. A Study of Agroforestry Natural Resources. In: *PANAMERICAN Symposium on Remote Sensing.* Panama, Apr./May, 1973. Proceedings. p. 86-92.

ERB, R.B. The Utility of ERTS-1 Data for Applications in Agriculture and Forestry. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium,* 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 75-86.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. *Image-100 - Interative Multispectral Image Analysis System:* User Manual. Daytona, 1975.

GHILARDI, E. e MAINIERI, C. Caracterização e Aplicações das Madeiras Nacionais no Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo.* (3):311-322, 1964.

GIMBARZEVSKY, P. ERTS-1 Imagery in Biophysical Studies. In: *CANADIAN Symposium on Remote Sensing*, 2., Ottawa, Apr./May, 1974. Proceedings. V.2, p. 391-404.

GOLFARI, L. Coníferas Aptas para Repoblaciones Forestales en El Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, (6).7-62, 1967.

GOODENOUGH, D. and SHLIEN, S. *Automatic Classification Methodology*. Ottawa, Canada Centre for Remote Sensing, Department of Energy,Mines and Resources, 1974a.

———. Results of Cover-Type Classification by Maximum Likelihood and Parallelepiped Methods. In: *CANADIAN Symposium on Remote Sensing*, 2., Ottawa, Apr./May, 1974b. Proceedings. V.1, p. 135-164.

GUIMARÃES, R.F. O Comportamento Florestal dos Eucaliptos. *Silvicultura em São Paulo*, (3):189-220, 1964.

GURGEL FILHO, O.A. O Que é a Floresta. *Silvicultura em São Paulo*, (2):29-45, 1962.

———. Silvicultura e Economia de Pinus no Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, (4):209-234, 1965/1966.

HEATH, G.R. ERTS Data Tested for Forestry Applications. *Journal of American Society of Photogrammetry*, 40(9):1087-1091, Sep., 1974.

HEATH, G.R. and PARKER, H.D. Forest and Range Mapping. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. New Carrollton, Maryland, Mar., 1973. V.1, p. 167-172.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Carta do Brasil ao Milionésimo*. Rio de Janeiro, 1972.

———. *Carta do Brasil*. Rio de Janeiro, Escala 1:50.000, 1973.

INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO. *Levantamento da Cobertura Vegetal Natural e do Reflorestamento no Estado de São Paulo*. São Paulo,Secretaria da Agricultura, 1974. (Boletim Técnico, 11).

———. *Crescimento de Pinus - Unidades Ecológicas Florestais e Pesquisa Florestal*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1975a. (Boletim Técnico, 14).

———. *Zoneamento Econômico Florestal do Estado de São Paulo.* São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1975b. (Boletim Técnico, 17).

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO (IGG). *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000.* Rio de Janeiro, 1974.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Projeto SERE. *Seminário de Sensoriamento Remoto IBGE/INPE.* São José dos Campos, Jan., 1975. (INPE-586-RI/275).

JACOBS, M.R. Desenvolvimento e Pesquisa Florestal no Brasil. Necessidade de Pesquisa em Silvicultura e Manejo Florestal. *Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal - PNUD/FAO/IBDF/BRA-45,* (1):1-50, Jan., 1973a. (Série Técnica).

———. O que o Eucalipto pode fazer pelo Brasil. *Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal - PNUD/FAO/IBDF/BRA-45,* (2):1-23, Jun., 1973b. (Série Técnica).

JOYCE, A.T. and PENDLETON, T.W. Computer-Implemented Land Use Classification with Pattern Recognition Software and ERTS Digital Data. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium,* 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 331-337.

KALENSKY, Z. and SCHERK, L.R. Accuracy of Forest Mapping from LANDSAT Computer Compatible Tapes. In: *INTERNATIONAL Symposium on Remote Sensing of Environment,* 10., Oct., 1975. p. 164-165.

KAN, E.P. and DILLMAN, R.D. Timber Type Separability in Southeastern United States on LANDSAT-1 MSS Data. In: *NASA Earth Resources Survey Symposium.* Houston, Texas., Jun., 1975. Proceedings. V.1, p. 135-157.

KING, R.B. and RAINS, A.B. A Comparison of ERTS Imagery with Conventional Aerial Photography for Land-Resource Surveys in less Developed Countries. Examples from the Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. In: *ESRO - European Earth-Resources Satellite Experiments Symposium Held at Frascati,* Italy, Jan./Feb.,1974. Proceedings. p. 371-379. (ESRO SP-100).

KIRBY, C.L. Forest and Land Inventory Using Imagery and Aerial Photography in the Boreal Forest Region of Alberta, Canada. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 127-136.

KIRVIDA, L. and JOHNSON, G.R. Automatic Interpretation of ERTS Data for Forest Management. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1.* New Carrollton, Maryland, Mar., 1973. V.1.

KOFFLER, N.F. *Utilização de Imagens Aerofotográficas e Orbitais no Estudo do Padrão de Drenagem em Solos Originados do Arenito Bauru.* São José dos Campos, INPE, Jun., 1976. (INPE-898-TPT/029).

LEE, Y.J.; OSWALD, E.T.; HARRIS, J.W.E. A Preliminary Evaluation of ERTS Imagery for Forest Land Management in British Columbia. In: *CANADIAN Symposium on Remote Sensing*, 2., Ottawa, Apr./May, 1974. Proceedings. V.1, p. 87-101.

LEPSCH, I.F. Classificação e Mapeamento dos Solos de São Paulo. In: MONIZ, A.C. *Elementos de Pedologia.* São Paulo, USP, 1972. p. 377-390.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. *Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas*, 12:1-634, 1960.

MURTHA, P.A. SO_2 Damage to Forests Recorded by ERTS-1. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 137-143.

NASA. *Data User Handbook - ERTS.* Baltimore, Goddard Space Flight Center, 1972.

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. (LAFE-617).

REIMANN, I. Aspectos Silviculturais e Industriais na Fabricação de Papel e Celulose. *Silvicultura em São Paulo*, (3):389-405, 1964.

ROTTA, C.L. Noções Gerais de Geologia. In: MONIZ, A.C. *Elementos de Pedologia.* São Paulo, USP, 1972. p. 289-303.

SAFIR, G.R.; MYERS, W.L.; MALILA, W.A.; MORGENSTERN, J.P. Application of ERTS-1 Data to Analysis of Agricultural Crops and Forests in Michigan. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1.* New Carrollton, Maryland, Mar., 1973. V.1, p. 173-180.

SHLIEN, S. and GOODENOUGH, D. *Automatic Interpretation of ERTS-A Imagery Using the Maximum Likelihood Decision Rule.* Ottawa, Canada Centre for Remote Sensing. Department of Energy, Mines and Resources, 1973. (Centre for Remote Sensing Research, Report 73-2).

SWAIN, P.H. and KING, R.C. *Two effective feature selection Criteria for Multispectral Remote Sensing.* Indiana, Purdue University Laboratory for Applications of Remote Sensing, 1973. (LARS Information Note, 042673).

TARDIN, A.T.; PALESTINO, C.V.B.; SONNENBURG, C.R. *Levantamento de Áreas Ocupadas por Café e Trigo no Noroeste do Paraná por Análise Automática de Dados do Satélite LANDSAT.* São José dos Campos, Maio, 1976. (INPE-875-NTE/065).

TITUS, S.; GIALDINI, M.; NICHOLS, J. A Total Timber Resources Inventory Based Upon Manual and Automated Aircraft Data Using Stratified Multistage Sampling Techniques. In: *INTERNATIONAL Symposium on Remote Sensing of Environment,* 10., Michigan, Oct., 1975. p. 156.

VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. de *Avaliação das Imagens Orbitais (LANDSAT-1) como base para Levantamento de Solos.* São José dos Campos, Jul., 1976. (INPE-912-TPT/030).

VENTURA, A. Problemas Técnicos da Silvicultura Paulista. *Silvicultura em São Paulo,* (3):61-80, 1964.

VICTOR, M.A.M. e MONTAGNA, R.G. Análise Panorâmica da Situação Florestal e Efeito da Lei dos Incentivos Fiscais em São Paulo. *Silvicultura em São Paulo,* 7:7-18, 1970.

WIEGAND, C.L.; GAUSMAN, H.W.; CUELLAR, J.A.; GERBERMANN, A.H.; RICHARDSON, A.J. Vegetation Density as Deduced from ERTS-1 MSS Response. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 93-116.

WITTGENSTEIN, L.S. A First Look at Canadian ERTS Experiments in Forestry. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*, Greenbelt, Maryland, Sep., 1972.

YASSOGLOU, N.J.; SKORDALAKIS, E.; KOUTALOS, A. Application of ERTS-1 Imagery to Land Use, Forest Density and Soil Investigations in Greece. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 159-182.

ZOBEL, B. Relatório de Impressões da Silvicultura em uma parte do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, (4):21-56, 1965/1966.

APÊNDICE A

SISTEMA "IMAGE-100"

1 - INTRODUÇÃO

A principal função do Sistema Interativo de Análise de Imagem Multiespectral (Image-100 ou simplesmente I-100), é extrair informação temática de imagens multiespectrais. Uma função secundária é realçar essas imagens, permitindo destacar contrastes entre alvos de interesse (General Electric Company, 1975).

O Sistema I-100 realiza a classificação automática de imagens segundo um método supervisionado (podendo ser suprido através de programação, o método não supervisionado), através do qual, o analista fornece informações prévias ao sistema por meio de áreas de treinamento, para que a interpretação possa ser realizada e posteriormente avaliada.

O sistema realiza a classificação automática das feições contidas em imagens orbitais (fitas compatíveis com o computador - CCT), fotos aéreas convencionais, infravermelho (branco e preto ou falsa cor) ou de colorido normal na forma de transparências ou de fitas digitalizadas (Tardin et al, 1976).

A composição do sistema segundo a Figura A.1 é:

a) Unidade Digitalizadora de Entrada;

b) Console de Análise de Imagens (televisão colorida de 512 linhas x 512 pontos);

c) Unidade de Armazenamento de Imagens;

d) Controlador do Processamento (computador PDP11/45);

e) Duas Unidades de Fita Magnética;

f) Terminal Gráfico TEKTRONIX;

g) Impressora de Linha.

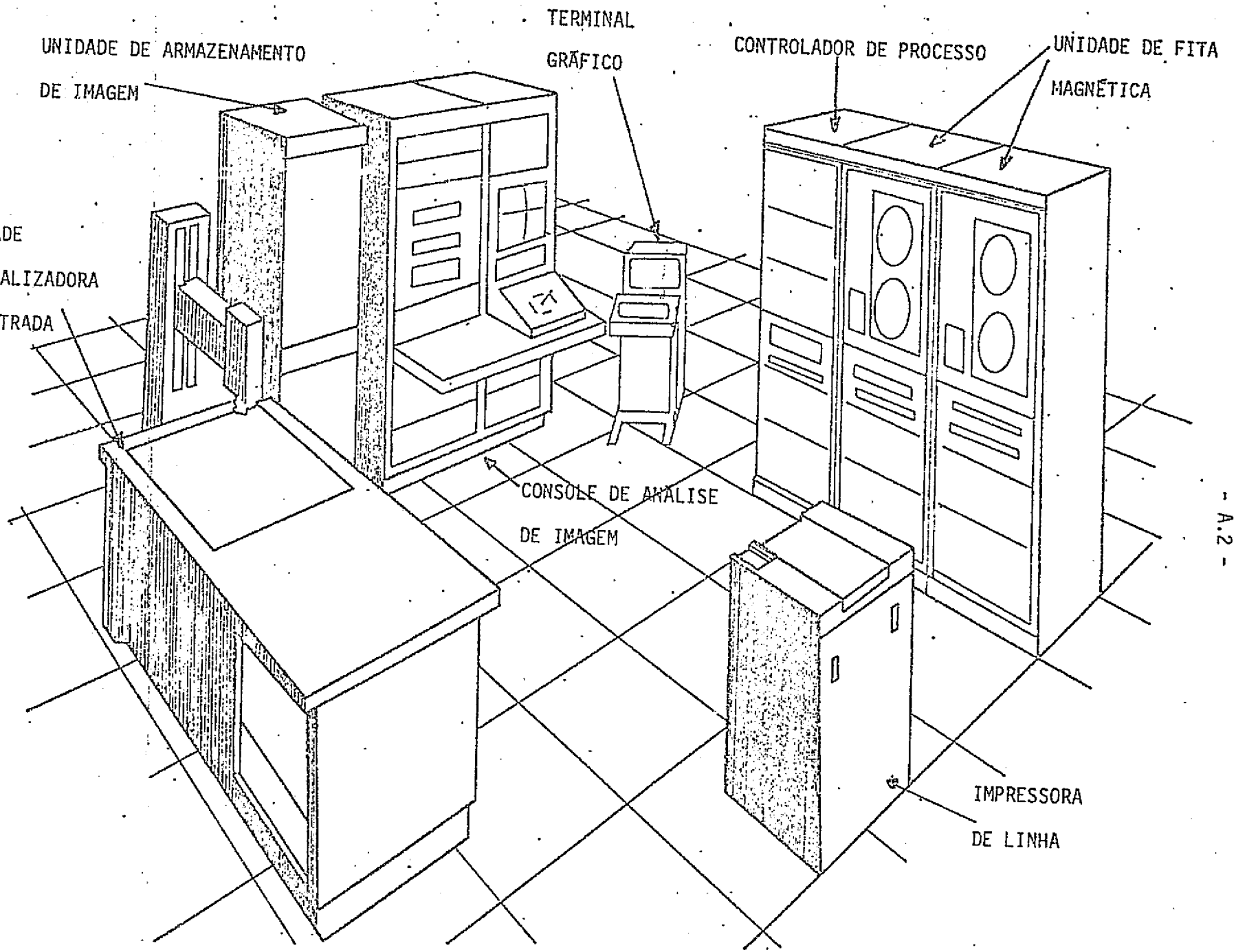


Fig. A.1 Configuração do "Image-100 System"

Além desses componentes, há também o Copiador polaroide e de negativos (DICOMED).

Algumas características e potencialidades do sistema são descritas abaixo:

a) O sistema permite análise em tempo real das imagens, possibilitando a interação direta analista/imagem, que é fundamental na obtenção de resultados de alto grau de confiabilidade;

b) Permite análise de assinaturas espectrais de até oito temas diferentes simultaneamente;

c) Utiliza técnicas discriminatórias com parâmetros facilmente modificáveis em tempo real pelo analista, para eliminação de classificação indesejada;

d) Permite aplicação de funções de pré-processamento sobre a imagem;

e) Permite vários tipos de entrada conforme já foi descrito;

f) Permite vários tipos de saídas como: televisão colorida, terminal gráfico alfa-numérico, impressora de linha e armazenamento de temas classificados em fitas magnéticas, para posterior obtenção de resultados em imagem (ou mapas).

2 - ÁREAS DE TREINAMENTO

Áreas de treinamento são áreas que o analista conhece previamente por informação de campo, e são representativas do tema a ser classificado. Essas áreas são normalmente caracterizadas por suas assinaturas espectrais. Várias assinaturas típicas são mostradas na Figura A.2. Conforme mostra essa figura, a assinatura multiespectral é simplesmente a resposta de um certo material em diferentes comprimentos de onda da radiação eletromagnética. Note que o LANDSAT capta a reflectância da luz

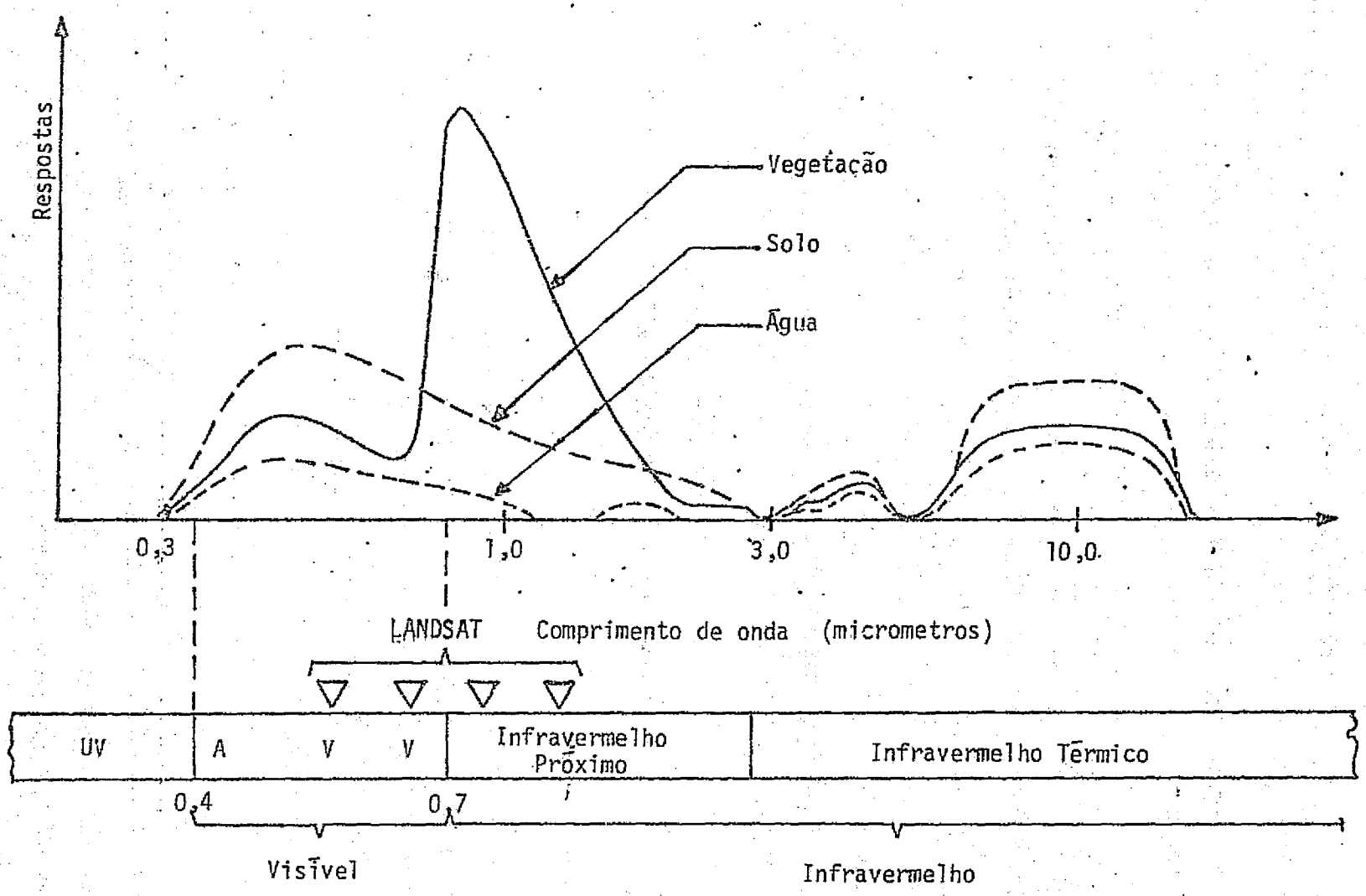


Fig. A.2 - Assinaturas multiespectrais típicas

em dois comprimentos de onda do visível (verde e vermelho) e dois comprimentos de onda não visível (infravermelho próximo) (General Electric Company, 1975).

As curvas de reflectância são representações idealizadas dos materiais estudados, que na realidade nunca são puros. Assim, as curvas ocupariam um intervalo de valores mínimo e máximo de reflectância e a distribuição de frequência (isto é, histogramas) dos valores de reflectância entre esses extremos, constitue a representação gráfica das áreas de treinamento.

Após a identificação da área de treinamento, o sistema gera os quatro histogramas, independentemente, um para cada canal. Baseado nessas distribuições, e outros parâmetros de entrada, o valor de reflectância mínimo e máximo é determinado. Esses limites, um par por canal, definem uma "célula única", ou paralelepípedo, num espaço espectral. Esta é a primeira aproximação da assinatura verdadeira, que servirá como referência básica para as decisões de classificação do tema. Dessa forma, as assinaturas são medidas e nenhuma distribuição estatística particular é assumida. Portanto, o tratamento desses dados é não paramétrico, consequentemente não tendencioso, o que torna o I-100 diferente dos mais clássicos sistemas paramétricos.

Para exemplificar, a Figura A.3 mostra um processo de aquisição de assinaturas de "célula única" em três dimensões.

A aquisição de "célula única" para caracterização de áreas de treinamento é um processo suficiente para alguns tipos de dados, para outros não.

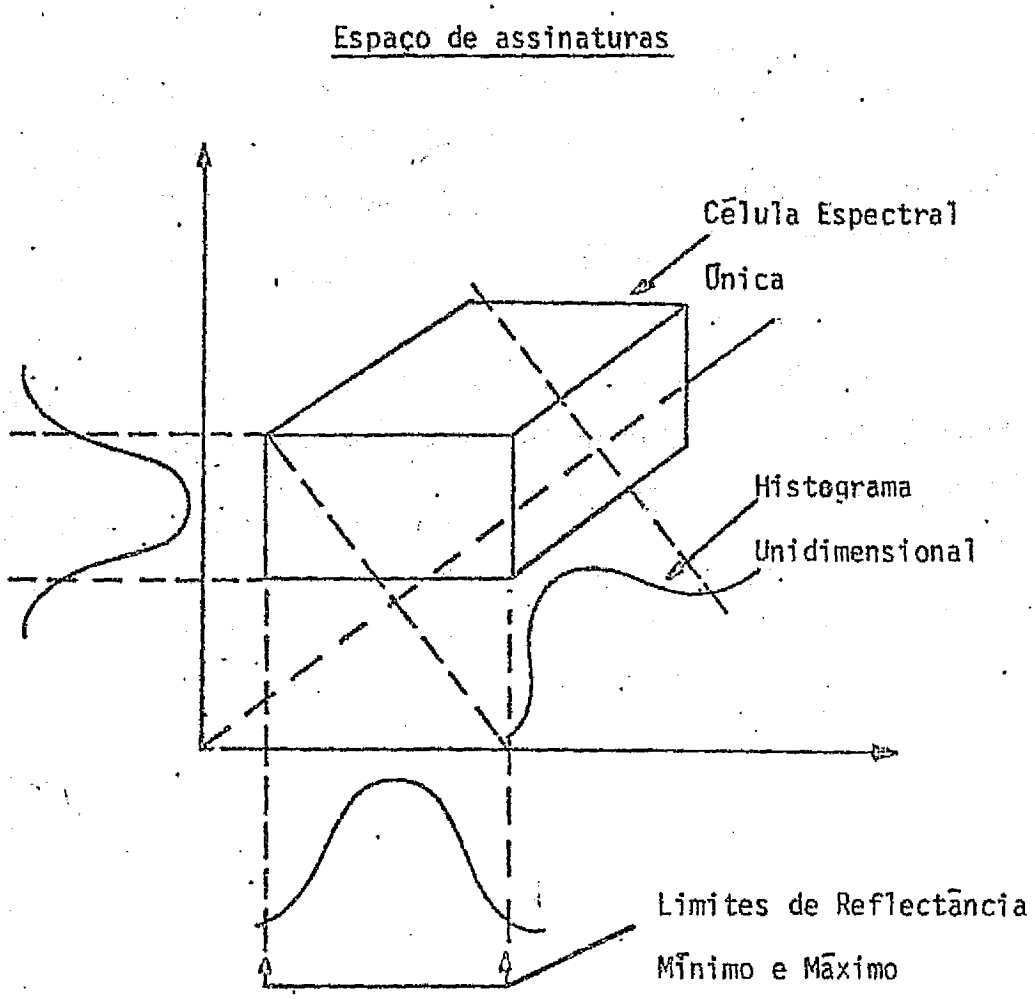


Fig. A.3 - Aquisição de Assinaturas de "Célula Única".

A Figura A.4 ilustra como assinaturas podem se superpor, e assim causar classificação errada, quando o processo de aquisição de "célula única" é aplicado. Essa superposição pode ser eliminada por vários meios, assumindo naturalmente que as classes são separáveis (como mostrado na ilustração). Esses meios são:

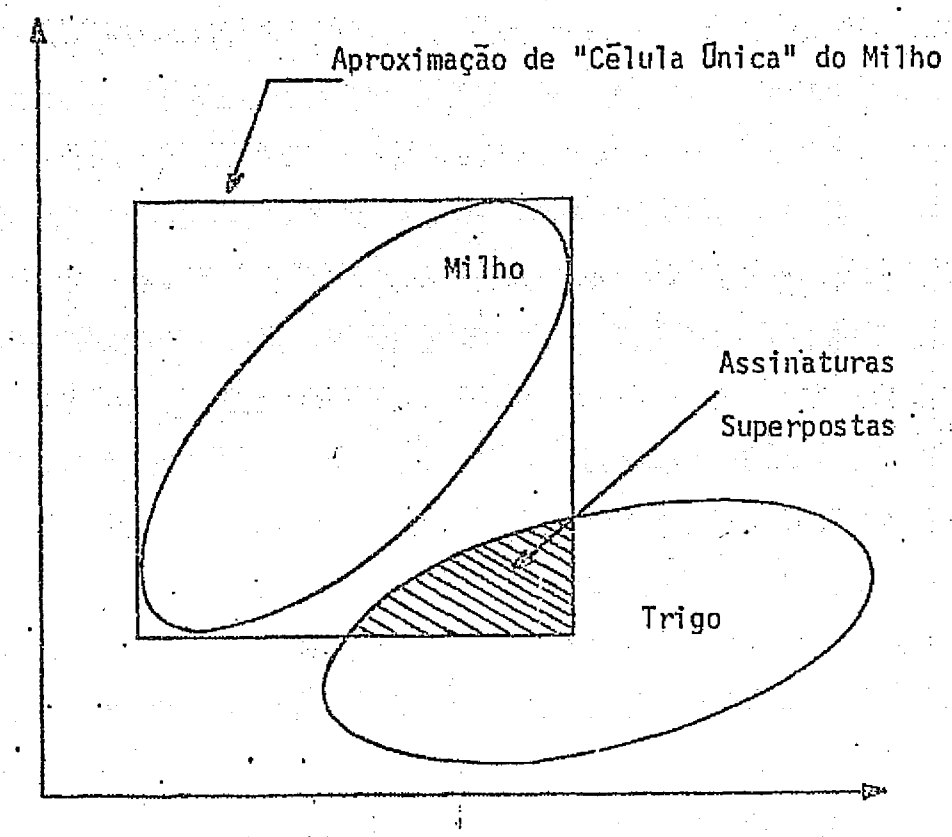


Fig. A.4 - Superposição de Assinaturas de "Célula Única".

2.1 - MODIFICAÇÃO DOS LIMITES DO HISTOGRAMA

Os limites do histograma unidimensional podem ser modificados antes ou depois da aquisição da assinatura da célula.

Os "pixels* alarmados"** responderão à mudança, permitindo ao usuário observar os efeitos dela nos limites espectrais no domínio espacial (Figura A.5).

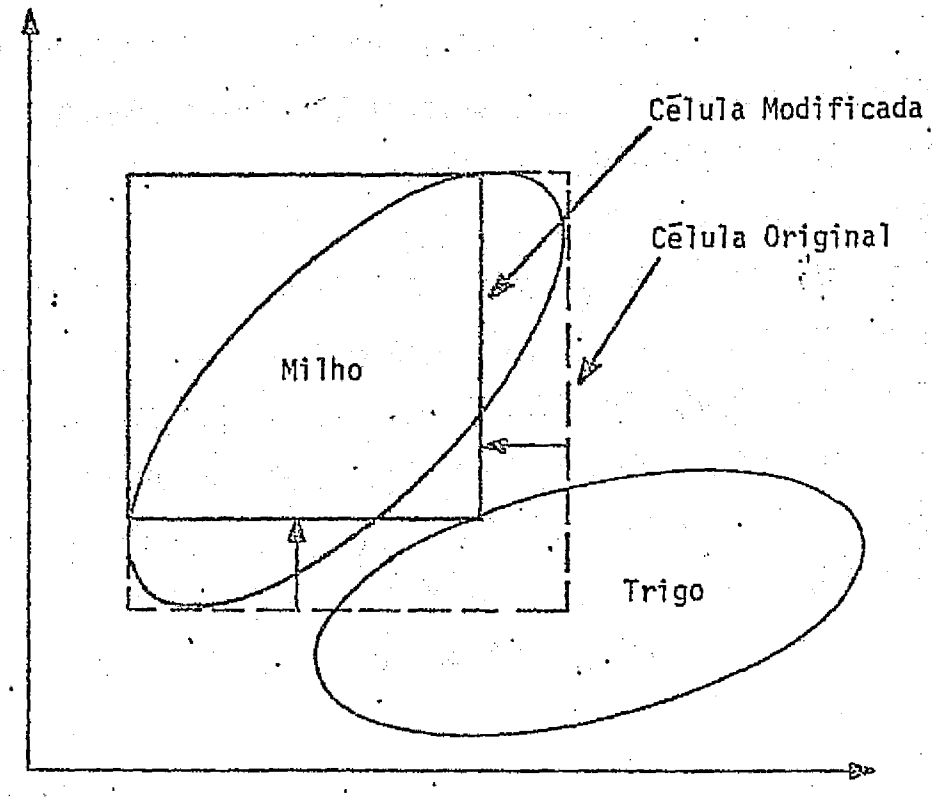


Fig. A.5 - Modificação dos Limites do Histograma.

---

* *PIXELS -*
São elementos unitários de uma imagem digitalizada, aos quais estão associados valôres de reflectância para cada canal espectral e correspondem ao elemento de resolução da televisão do I-100 que está relacionado com o elemento de resolução da imagem no solo.

** *PIXELS ALARMADOS -*
São os elementos de imagem que foram classificados como pertencentes a uma determinada classe, e são realçados na televisão por uma função especial "ALARM".

2.2 - AQUISIÇÃO DE ASSINATURAS "MULTICELULARES"

Através deste recurso, a "célula única" é subdividida em muitas células menores. Isso define o histograma multidimensional da área de treinamento. Este histograma, então, é simplesmente uma coleção de células, onde cada célula ocupa uma região discreta e conhecida no espaço espectral e tem como medida a frequência de ocorrência (isto é, uma contagem de "pixels") associada a ela. As células vazias (contagem nula) são eliminadas e a coleção de células resultantes constitui a assinatura do alvo, obtida através desse processo. No exemplo, a superposição do tema milho com o trigo foi eliminada, como ilustra a Figura A.6.

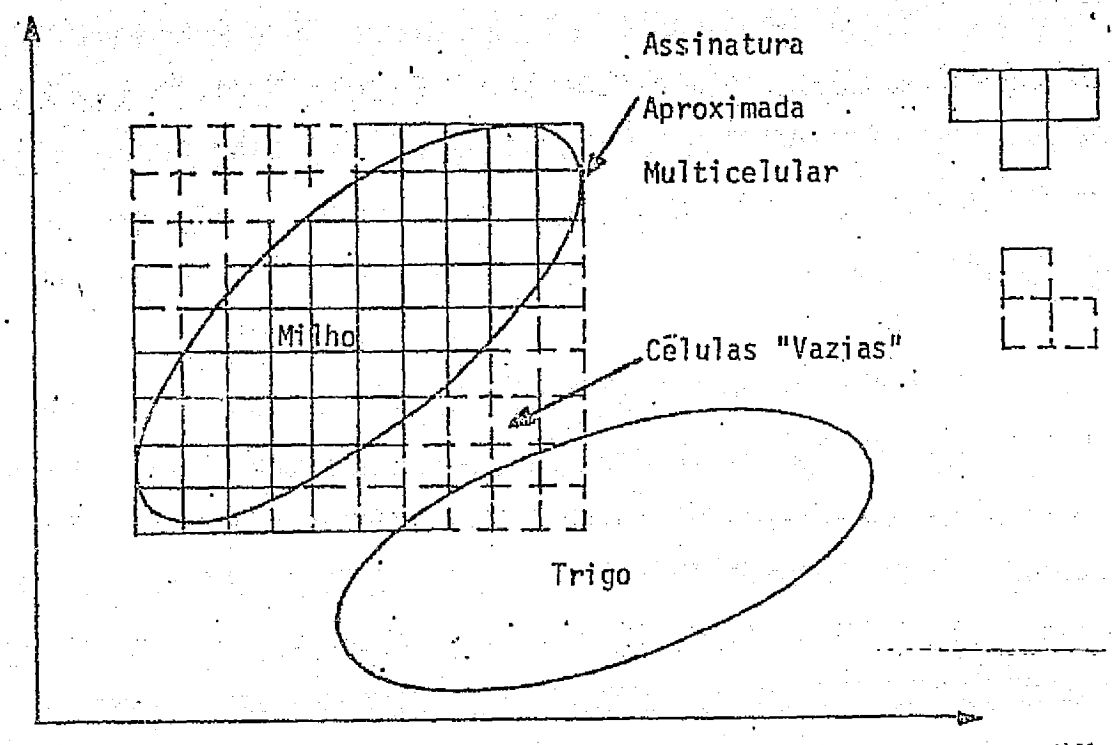


Fig. A.6 - Aquisição de Assinaturas Multicelulares.

2.3 - MODIFICAÇÃO DE ASSINATURAS INTERATIVAMENTE

Quando o usuário obtem a primeira assinatura de um determinado alvo e a usa como treinamento, ele observa que a classificação obtida poderá ter tanto "pixels" correta quanto incorretamente classificados. Assim, o usuário poderá utilizar o modo de operação "modificação de assinaturas interativamente", para refinar a sua classificação. Através dessa técnica, o usuário realiza um treinamento na área incorretamente classificada, gerando uma nova assinatura. Julgando adequado esse alarme, obtido através da nova assinatura, pode, então, subtraí-lo do resultado da primeira operação de treinamento, que continha tanto "pixels" correta quanto incorretamente classificados. A subtração ocorre no domínio espacial, mas tem o efeito de modificar a assinatura inicial. O processo pode ser continuado (adicionando erros de omissão e subtraindo erros de comissão) até o usuário ficar satisfeito com o resultado. Note que "célula única" e/ou assinaturas "multicelulares" podem ser interativamente modificadas. O gráfico de fluxo da Figura A.7, dá uma visão geral do recurso "modificação de assinaturas interativamente" na aquisição do histograma.

3. PRÉ-PROCESSAMENTO

Funções de pré-processamento são aquelas que ocorrem antes da aquisição do histograma e da aplicação de funções de modificação descritas, e podem melhorar a qualidade dos dados para o usuário. Essas funções são: relacionamento, rotação espectral, correções radiométricas, melhoramento de bordas, e outras.

3.1 - RELACIONAMENTO

Existem três funções de relacionamento, implementadas em "Hardware" que são:

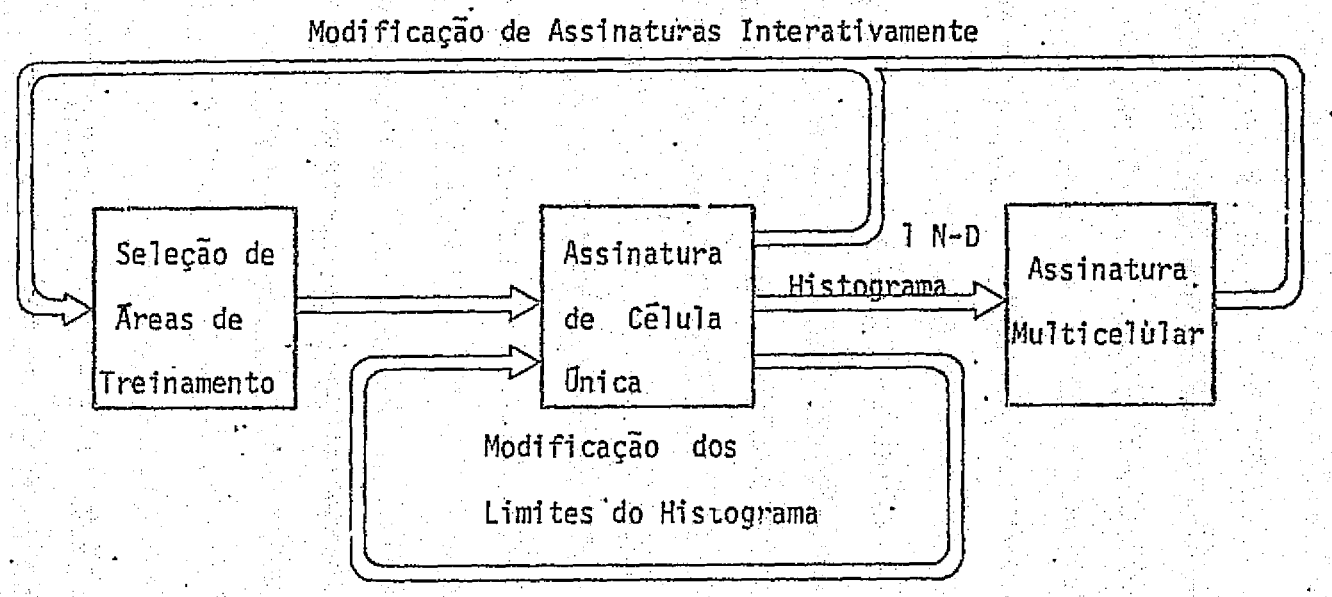


Fig. A.7 - Gráfico do Fluxo de Aquisição do Histograma

a) relação de canais adjacentes;

b) relação da diferença de canais adjacentes e a soma desses canais;

c) relação de cada canal e a soma de todos os canais (também chamada de normalização).

Essas funções podem ser expressas matematicamente como:

a) $$\frac{R_i}{R_{i+1}}$$

b) $$\frac{R_i - R_{i+1}}{R_i + R_{i+1}}$$

c) $$\frac{R_i}{\sum_i R_i}$$

Onde: R_i = resposta para o canal i, e

$i = 1, 2, 3, 4.$

O objetivo dessas funções é eliminar os fatores multiplicativos e/ou aditivos provocados por condições ambientais, de observação, e do sensor, gerando novas assinaturas, que são menos dependentes dessas condições.

3.2 - ROTAÇÃO ESPECTRAL

A rotação espectral é outra função de pré-processamento implementada em "Hardware". Os objetivos dessa função são:

a) Melhorar o ajuste das assinaturas no processo de aquisição de "célula única".

Como mostrado anteriormente, na Figura A.4, o processo de

"célula única" para aquisição de assinaturas de materiais, frequentemente contém muitos espaços vazios. Isso pode causar superposição de assinaturas e consequentemente classificação errada. Através dessa opção, pode-se fazer a rotação espectral dos eixos do espaço de assinaturas, de modo que os novos eixos sejam aproximadamente ortogonais aos eixos maior e menor da assinatura do material, como ilustrado na Figura A.8.

b) Redução da dimensão

Diminui-se o número de canais através da rotação dos eixos, poupando-se espaço para armazenamento de mais imagens.

c) Melhoramento de imagem.

4. PÓS-PROCESSAMENTO

Pós-processamento refere-se às operações efetuadas nas assinaturas após a aquisição do histograma. Esse é um recurso opcional, que pode ser utilizado pelo usuário, no caso em que ele não consiga um bom resultado na aquisição do histograma, mesmo usando as funções de modificação. Os processos de pós-treinamento são:

4.1 - "THRESHOLDING"

É um processo aplicado ao histograma multidimensional no qual células são eliminadas se suas frequências estão abaixo da frequência mínima estabelecida pelo "Thresholding". Tal procedimento baseia-se na teoria de que baixa frequência indica baixa probabilidade do elemento pertencer a classe.

4.2 - AGRUPAMENTO

É uma técnica similar à da "modificação de limites do histograma unidimensional", descrita anteriormente. O usuário seleciona uma dterminada célula ou um grupo de células e, automaticamente, todos os

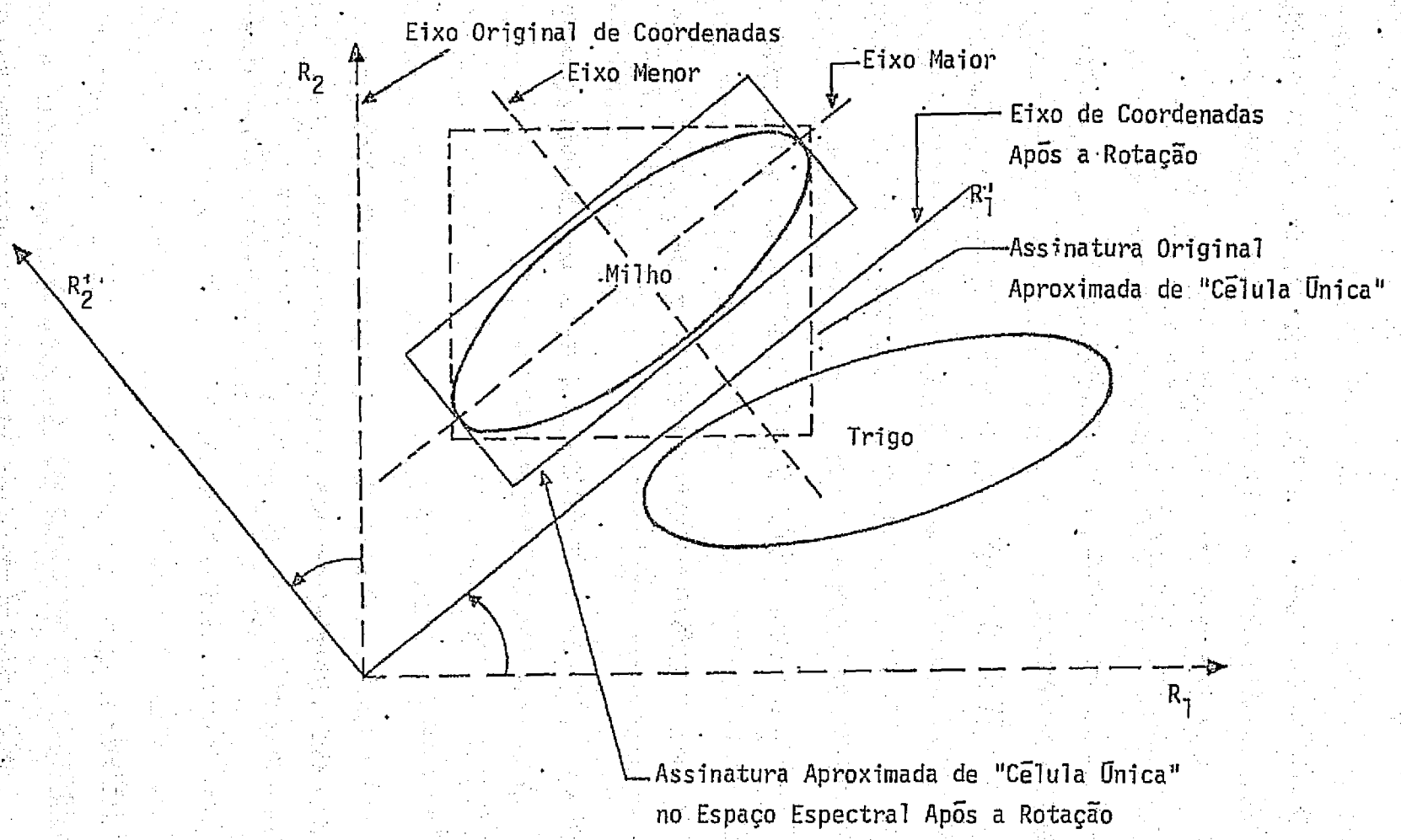


Fig. A.8 - Rotação Espectral

"pixels" da imagem, contendo as mesmas características espectrais dessas células, são alarmados. Assim é possível dividir o espaço amostral em regiões específicas e combiná-las em uma ou mais assinaturas separando um tema em outras categorias.

4.3 - TÉCNICAS PARAMÉTRICAS

Sob certas condições, os métodos paramétricos apresentam-se tão bem como o método do histograma. Por exemplo, foi observado que alguns tipos de dados exibem propriedades muito aproximadas da estatística normal multivariada (isto é, gaussiana ou distribuição em forma de sino). A função de pré-processamento, chamada rotação espectral, determina os parâmetros gaussianos para áreas de treinamento.

4.4 - PROBABILIDADE MÁXIMA

Uma abordagem para a resolução do problema de assinaturas superpostas é aplicar a "probabilidade máxima". Essa técnica supõe que a probabilidade de um elemento pertencer a uma classe depende da frequência de sua ocorrência. Uma ilustração da superposição de duas classes em histograma unidimensional é apresentado na Figura A.9. O limite de separação é definido pela interseção das curvas do histograma. "Probabilidade máxima" não pressupõe qualquer distribuição particular, aplicando-se igualmente bem a métodos paramétricos e não paramétricos.

5. FLUXO FUNCIONAL DO SISTEMA

A Figura A.10, mostra o processo da extração de informação. A imagem (de avião ou satélite, em fitas digitalizadas ou transparências) é carregada e sofre operações concomitantes de formatação e correção. O usuário pode proceder diretamente à seleção de áreas de treinamento, ou efetuar primeiro as operações de pré-processamento na imagem.

A seleção da área de treinamento, normalmente efetuada usando o cursor*, é o primeiro passo no processo supervisionado de análise de assinaturas. Uma vez que a área (ou áreas) é selecionada, os processos de aquisição de assinaturas de "célula única" e "multicelulares" são iniciados. Após a complementação desse passo de treinamento, caso o resultado não seja satisfatório, o usuário procederia à operação de pós-processamento ou processo de pós-treinamento, tais como:"thresholding" e agrupamento. A classificação resultante desse passo é avaliada pelo usuário, podendo ele reentrar em qualquer dos passos prévios para refinar seu resultado final.

Além dessas funções descritas de "Hardware", existe uma grande possibilidade de variação, com ampla flexibilidade de programas para execução de rotinas, que incluem desde procedimentos de pré-processamento, tais como, correções radiométricas, eliminação de ruídos,etc., até pós-processamento, tais como, avaliação de áreas, homogeinização de temas etc., que podem ser implementadas e adaptadas às necessidades imediatas.

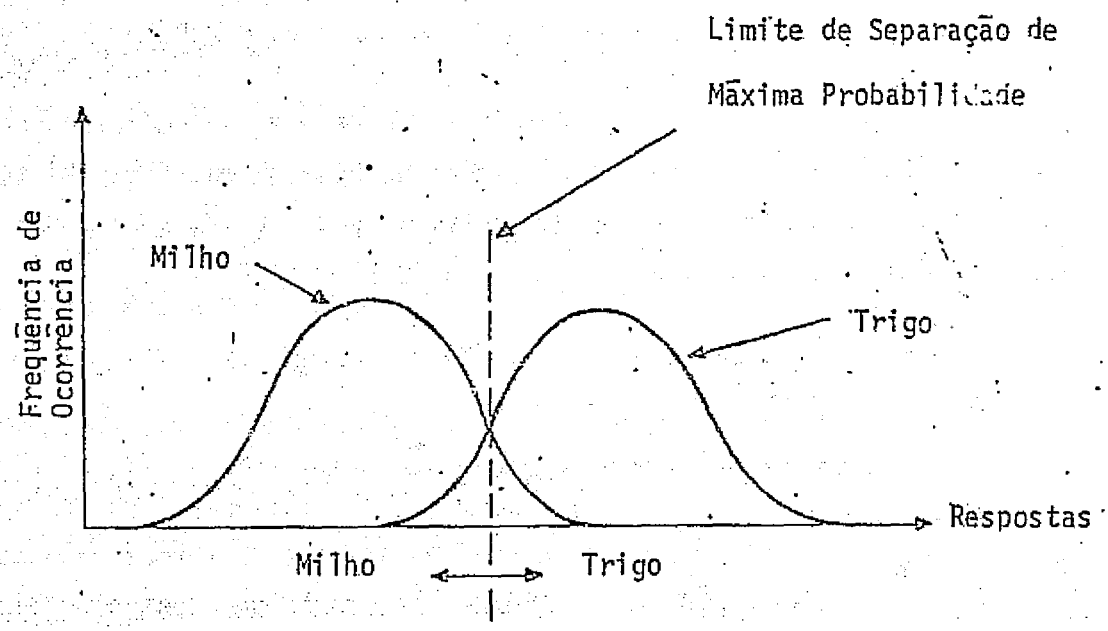


Fig. A.9 - Ilustração da "Probabilidade Máxima".

*CURSOR: *Dispositivo que permite delimitar na televisão áreas de interesse com variação de forma, tamanho e movimento.*

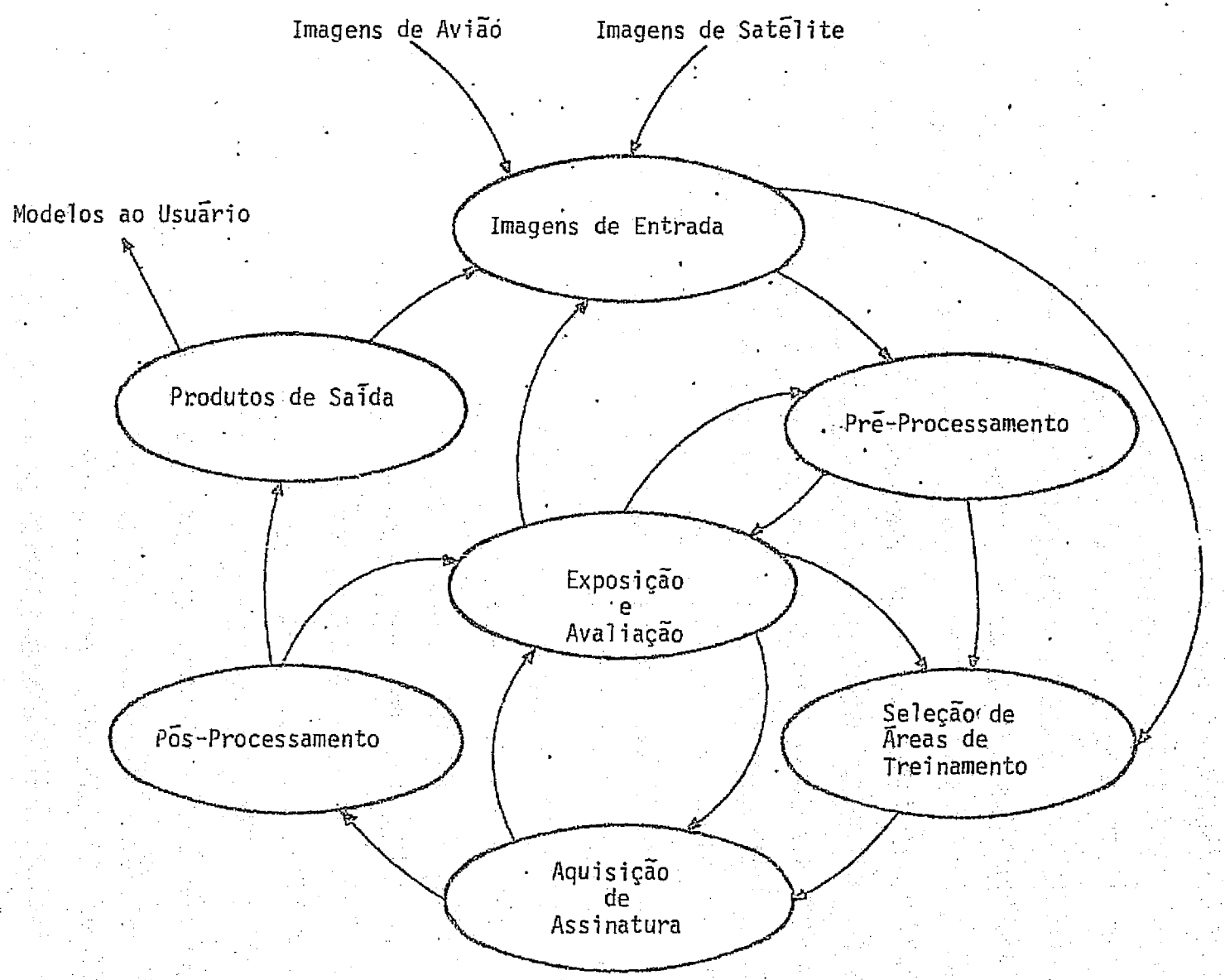


Fig. A.10 - Fluxo Funcional do "Image-100"

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

APÊNDICE B

Este apêndice apresenta as respostas relativas nos canais do LANDSAT, listados a partir da fita "CCT" da passagem de 13 de setembro de 1975, através do Sistema I-100, usando o programa "Impressão em duas dimensões de um Histograma N-Dimensional (N-DIM HGM SLICE)".A resolução usada foi de 128 para todos os canais.

Os canais são representados por canal 2, C_1, C_4, C_3 correspondendo respectivamente ao canal 5, 4, 7, e 6 do MSS.

As linhas e colunas representam os valores de resposta para os diversos canais e os símbolos dos gráficos (contornados e identificados pelas siglas das classes) correspondem às frequências de ocorrências das combinações desses valores.

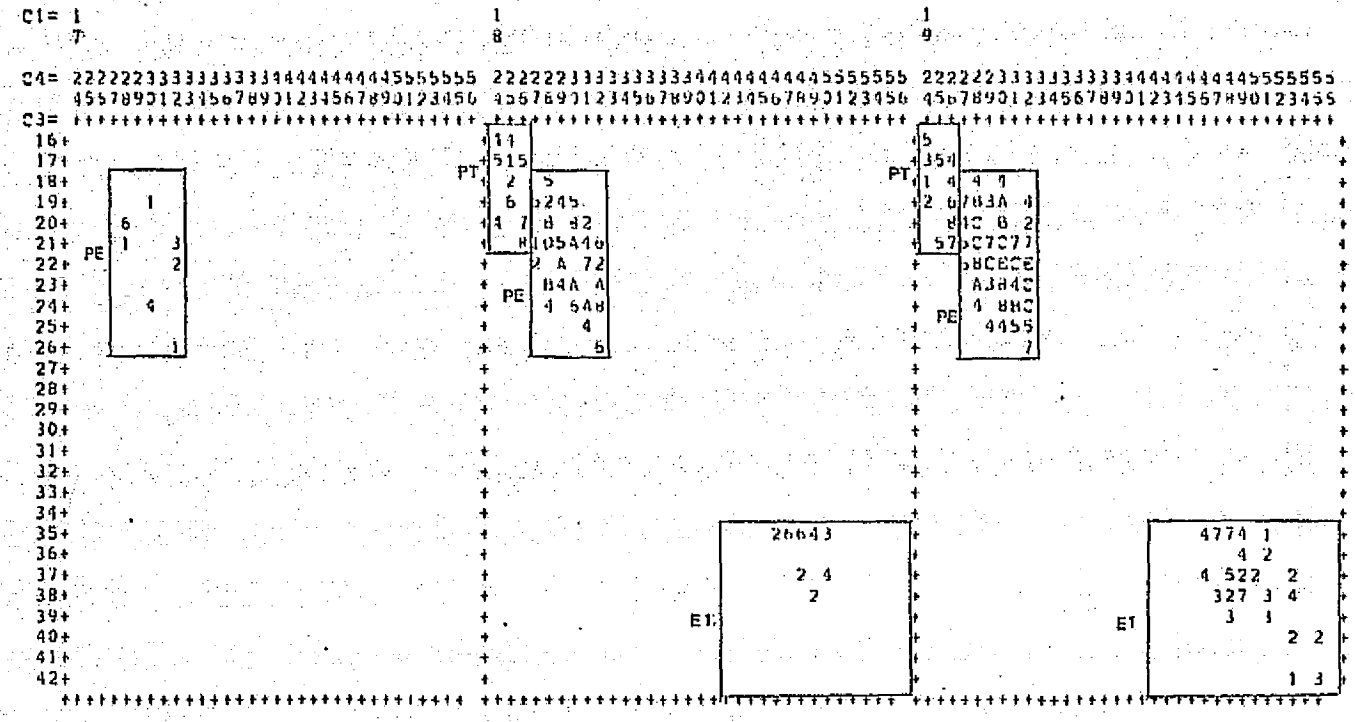
Êsse resultado foi obtido para a área de treinamento Mogi-Guaçu, usando uma área de treinamento de 42 118 "pixels".

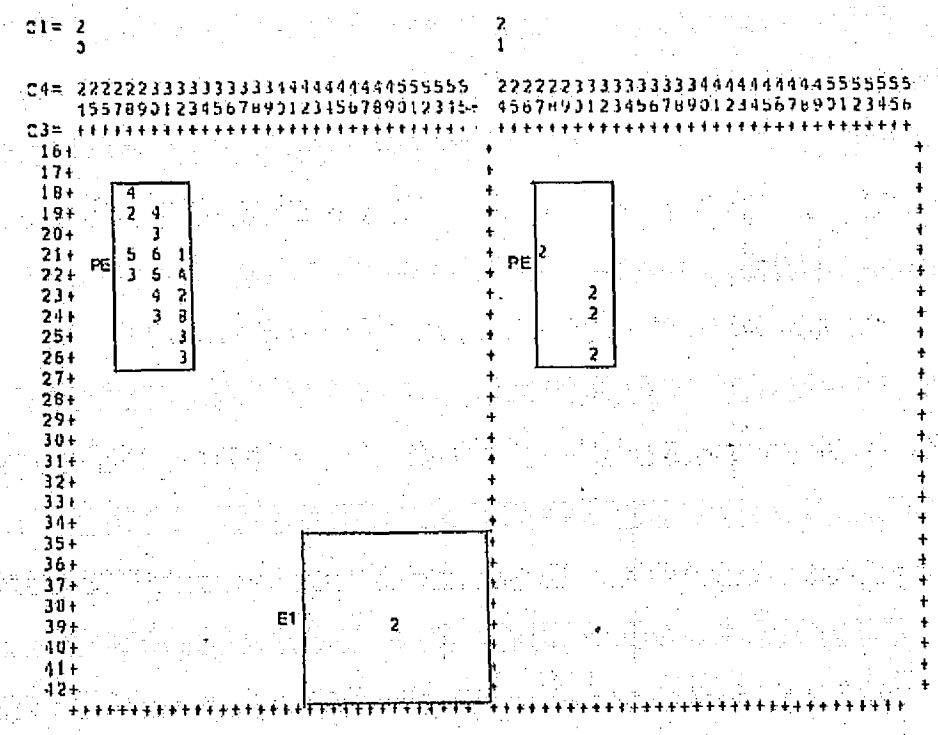
ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY


```
*** MULTI-DIMENSIONAL (N-D) HISTOGRAM SLICE PRINT-OUT -REV. C- ***

SPECTRAL SIGNATURE      FILE:                CHANNELS: 3 4 1 2

DATE:19-AUG-77      TIME:08:16:18      BOUNDS/ 17, 21/ 11, 19/ 16, 42/ 24, 56/

 TRAINING AREA=  42118. PIXELS      RESOLUTION: 128 128 128 128

---------- CHANNEL 2= 11 ----------

C1= 1                                  1                                  1
    7                                  8                                  9

C4= 22222233333333344444444445555555 22222233333333344444444445555555 22222233333333344444444445555555
    45678901234567890123456789012345 45678901234567890123456789012345 45678901234567890123456789012345
C3= +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++
 16+                                 +                                 +
 17+                                 +                                 +
 18+                                 +                                 +
 19+                                 +                                 +
 20+                                 +                                 +
 21+                                 +                                 +
 22+                                 +                                 +
 23+                                 +                                 +
 24+                                 +                                 +
 25+                                 +                                 +
 26+                                 +                                 +
 27+                                 +                                 +
 28+                                 +                                 +
 29+                                 +                                 +
 30+                                 +                                 +
 31+                                 +                                 +
 32+                                 +                                 +
 33+                                 +                                 +
 34+                                 +                                 +
 35+                                 +                                 +
 36+                                 +                                 +
 37+                                 +                                 +
 38+                                 +                                 +
 39+                                 +                                 +
 40+                                 +                                 +
 41+                                 +                                 +
 42+                                 +                                 +
   +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++

C1= 2                                  2
    0                                  1

C4= 22222233333333344444444445555555 22222233333333344444444445555555
    45678901234567890123456789012345 45678901234567890123456789012345
C3= +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++
 16+                                 +                                 +
 17+                                 +                                 +
 18+                                 +                                 +
 19+                                 +                                 +
 20+                                 +                                 +
 21+                                 +                                 +
 22+                                 +                                 +
 23+                                 +                                 +
 24+                                 +                                 +
 25+                                 +                                 +
 26+                                 +                                 +
 27+                                 +                                 +
 28+                                 +                                 +
 29+                                 +                                 +
 30+                                 +                                 +
 31+                                 +                                 +
 32+                                 +                                 +
 33+                                 +                                 +
 34+                                 +                                 +
 35+                                 +                                 +
 36+                                 +                                 +
 37+                                 +                                 +
 38+                                 +                                 +
 39+                                 +                                 +
 40+                                 +                                 +
 41+                                 +                                 +
 42+                                 +                                 +
   +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++
```

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

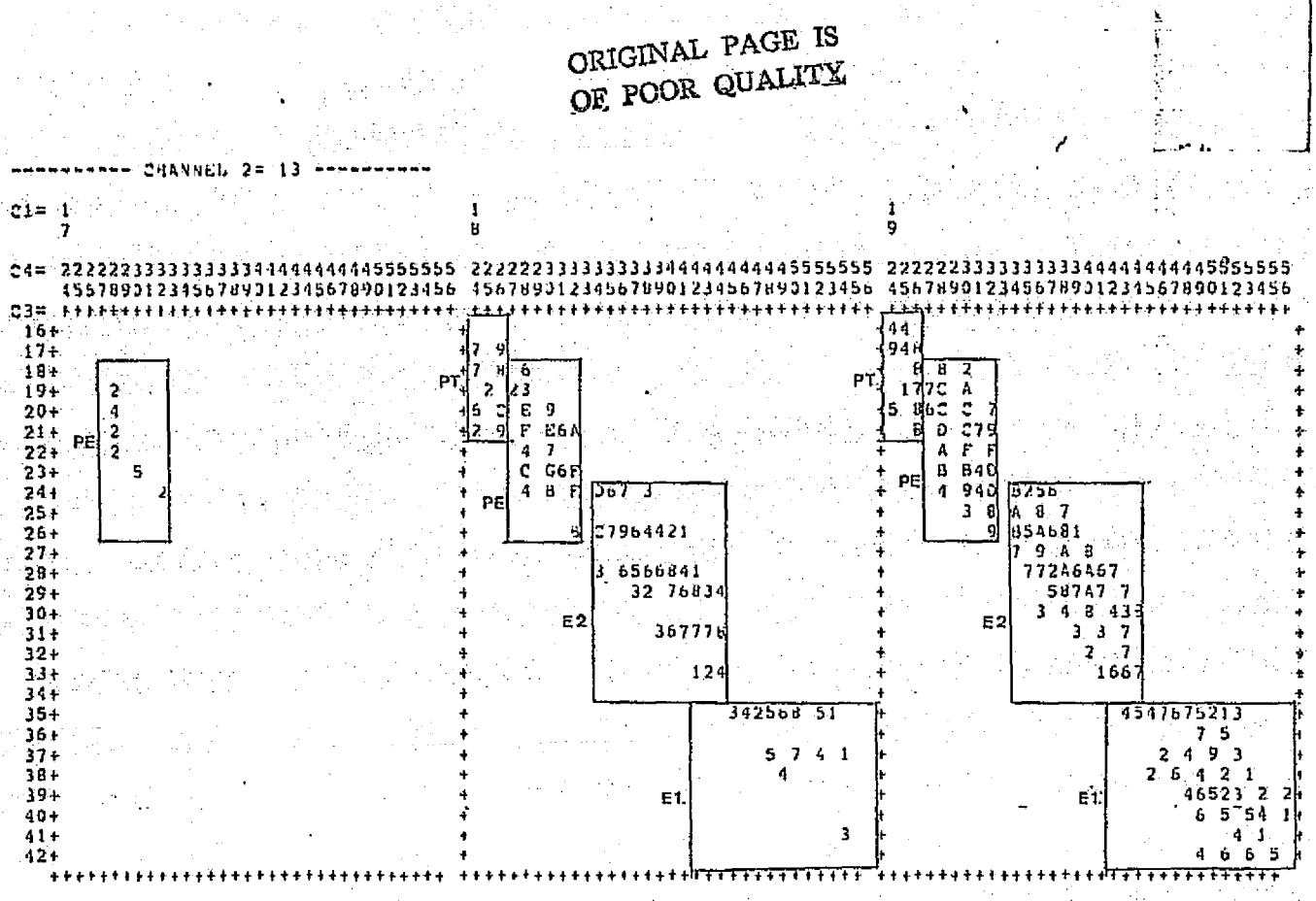
---------- CHANNEL 2= 12 ----------

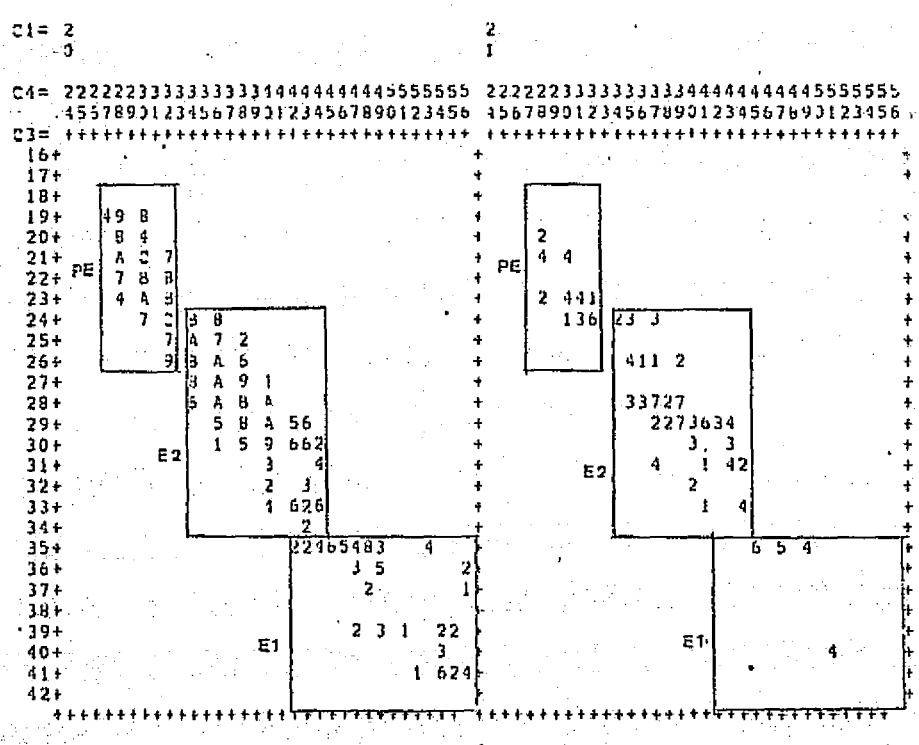




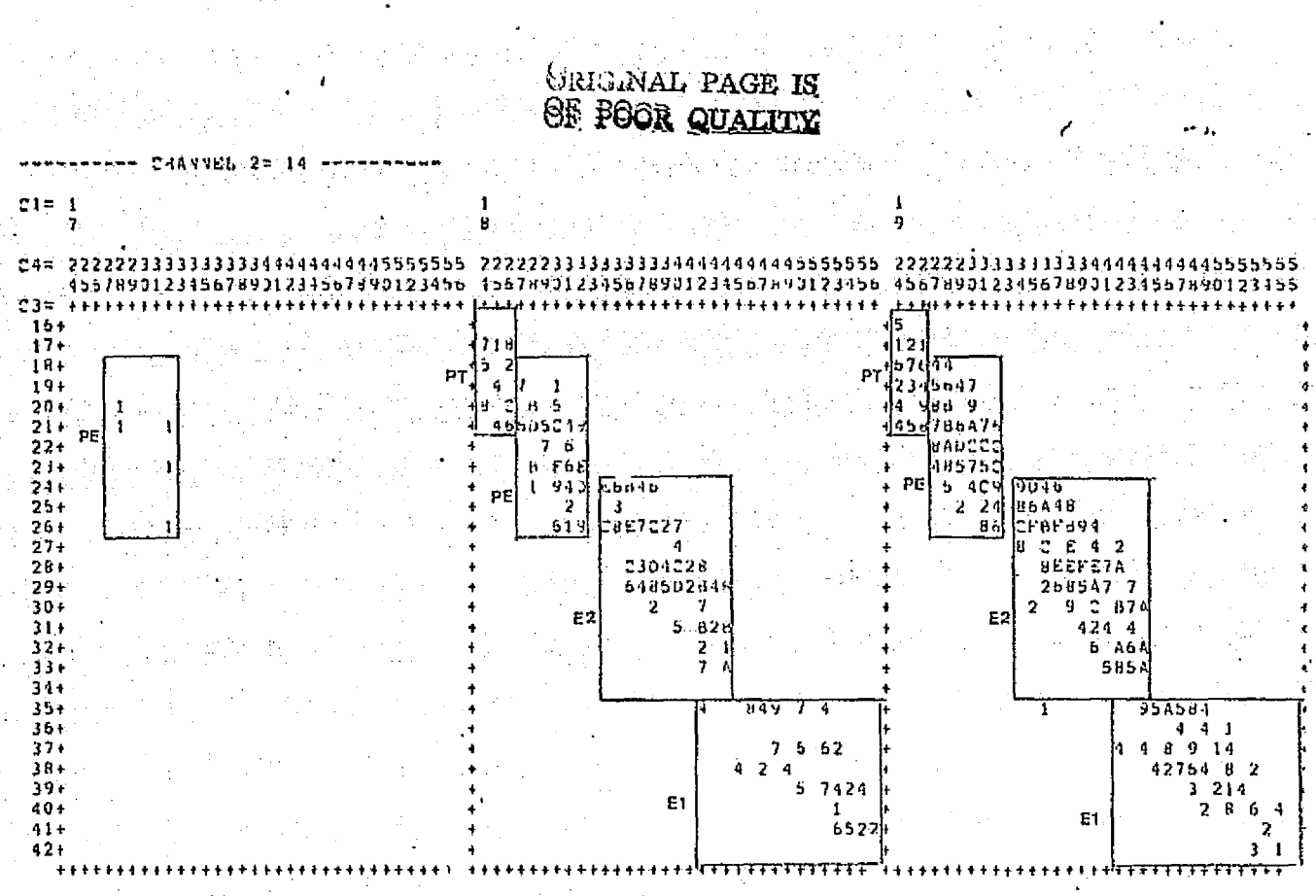
ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

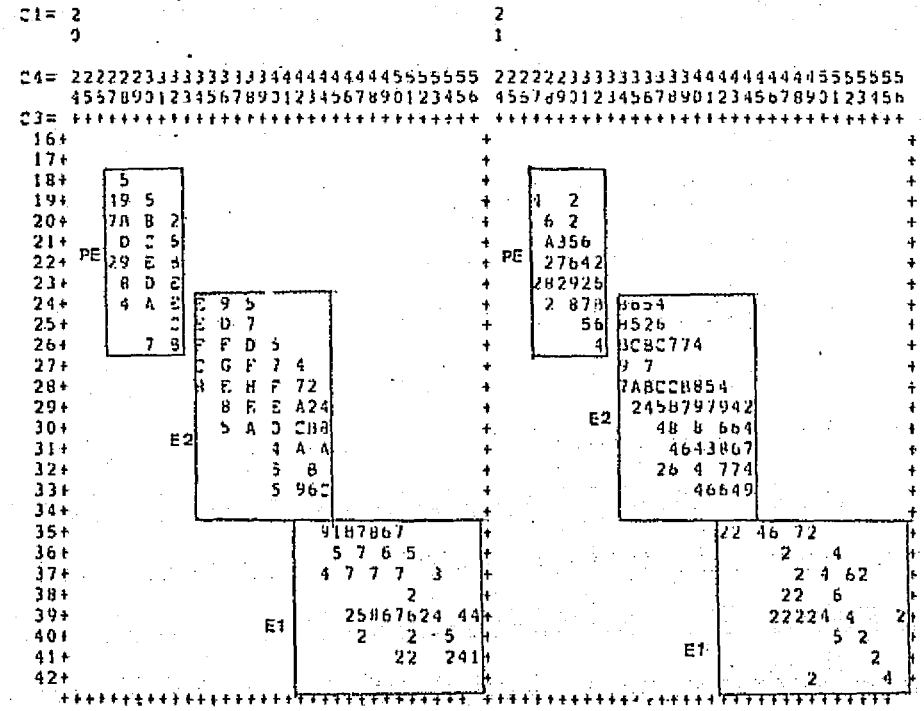
---------- CHANNEL 2= 13 ----------





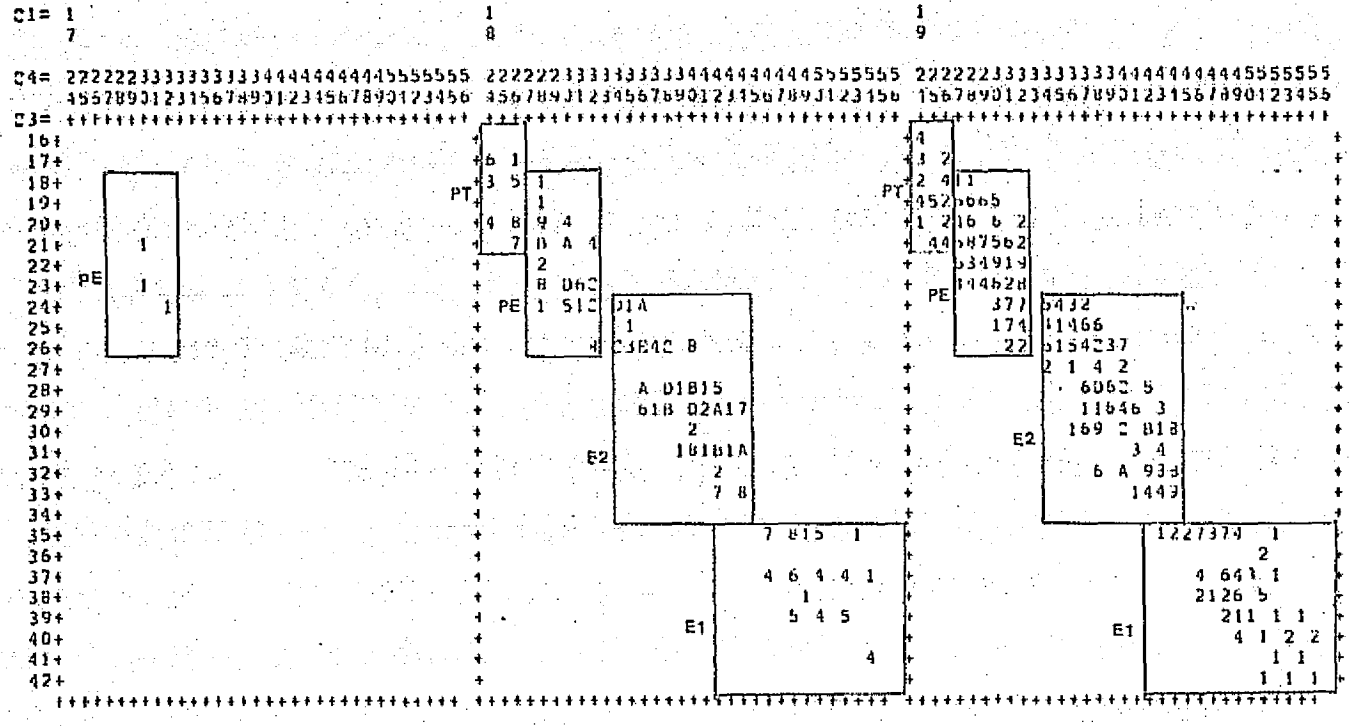
ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

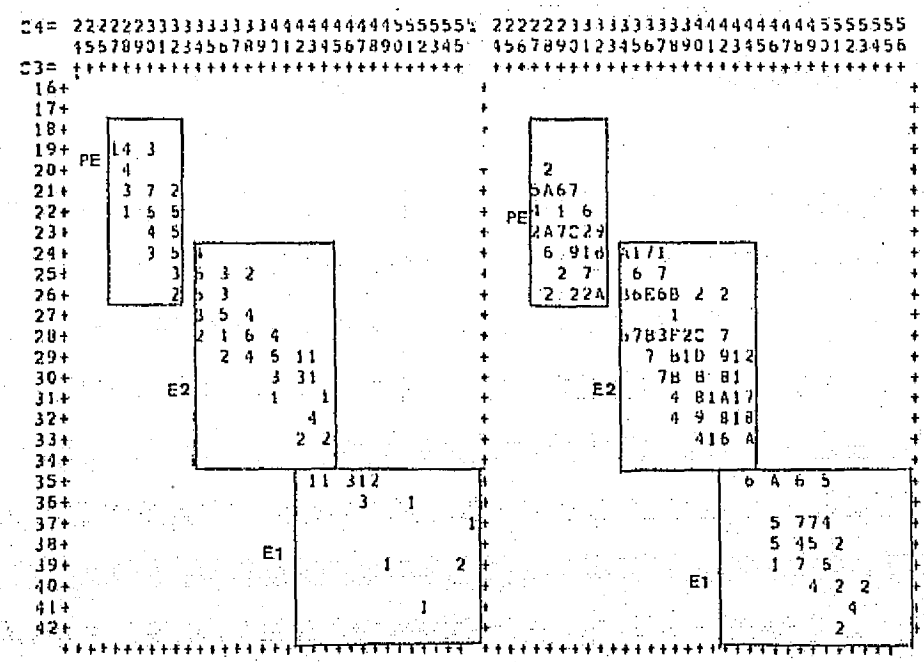




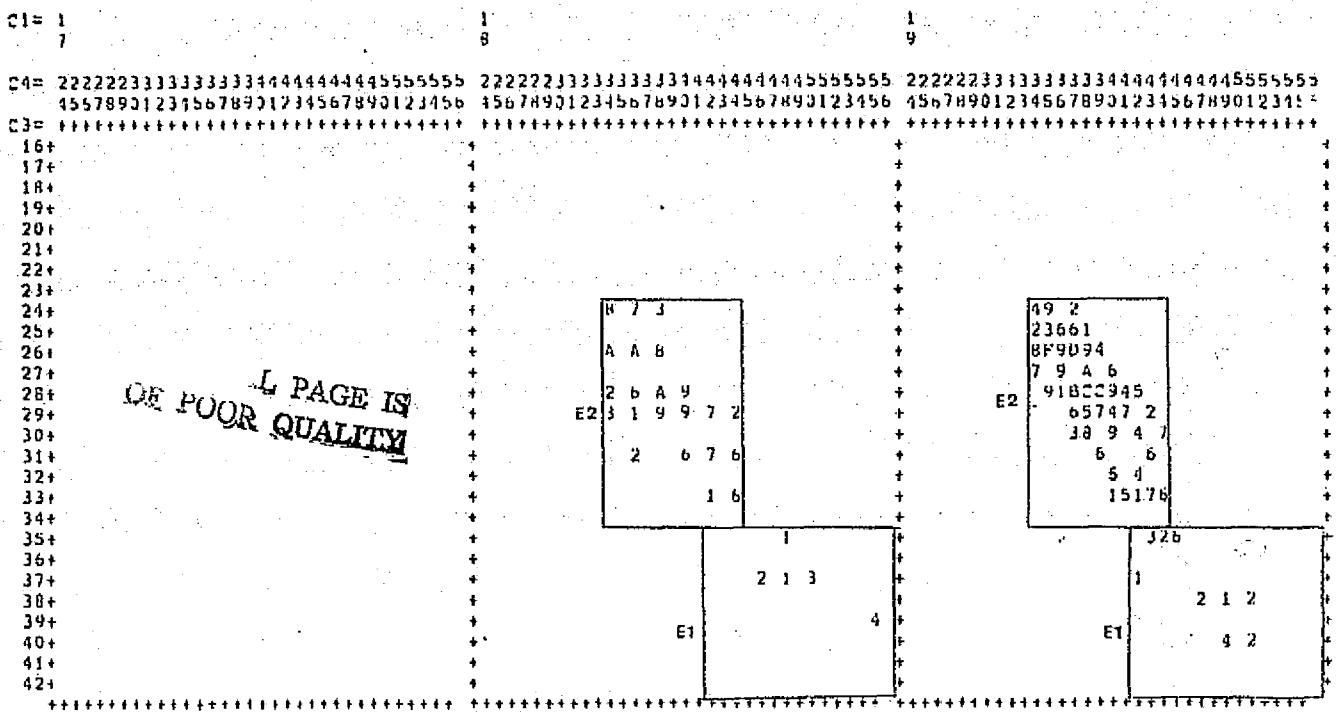
ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

---------- CHANNEL 2= 15 ----------

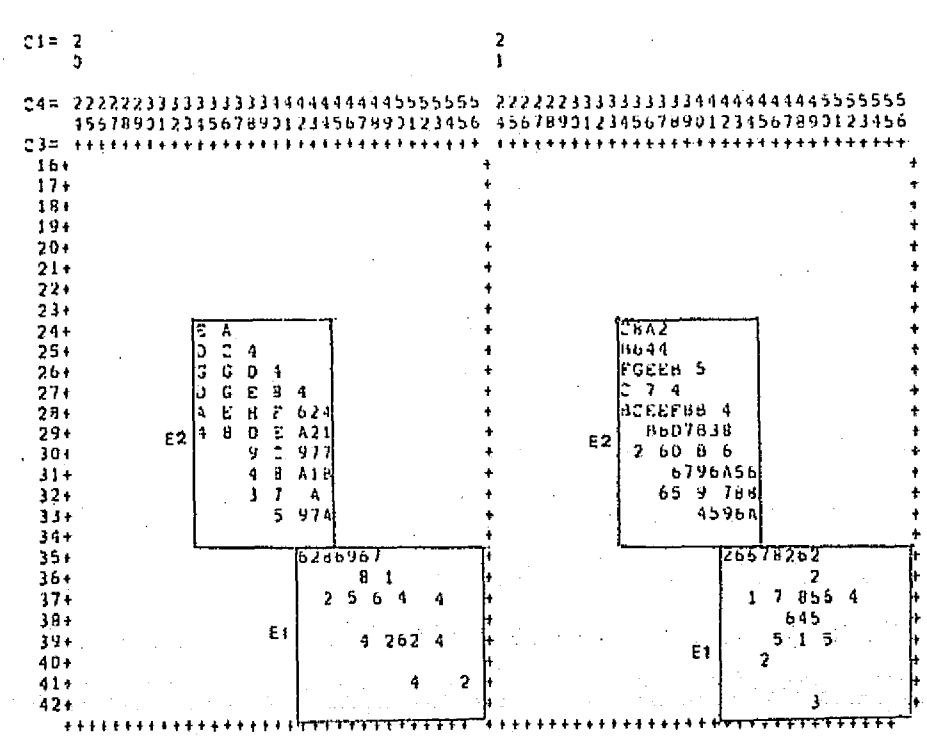




---------- CHANNEL 2= 16 ----------

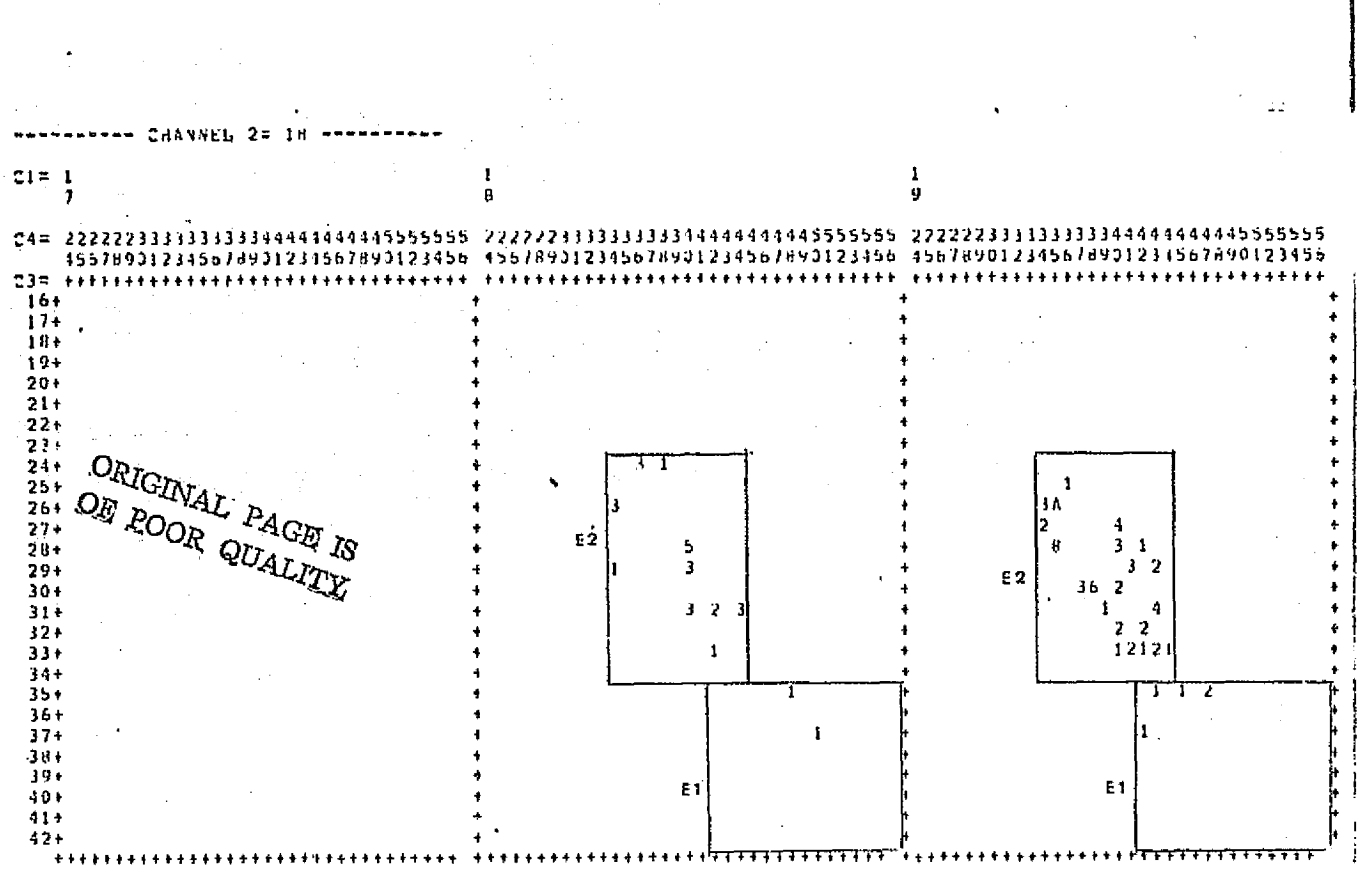


L PAGE IS
OF POOR QUALITY

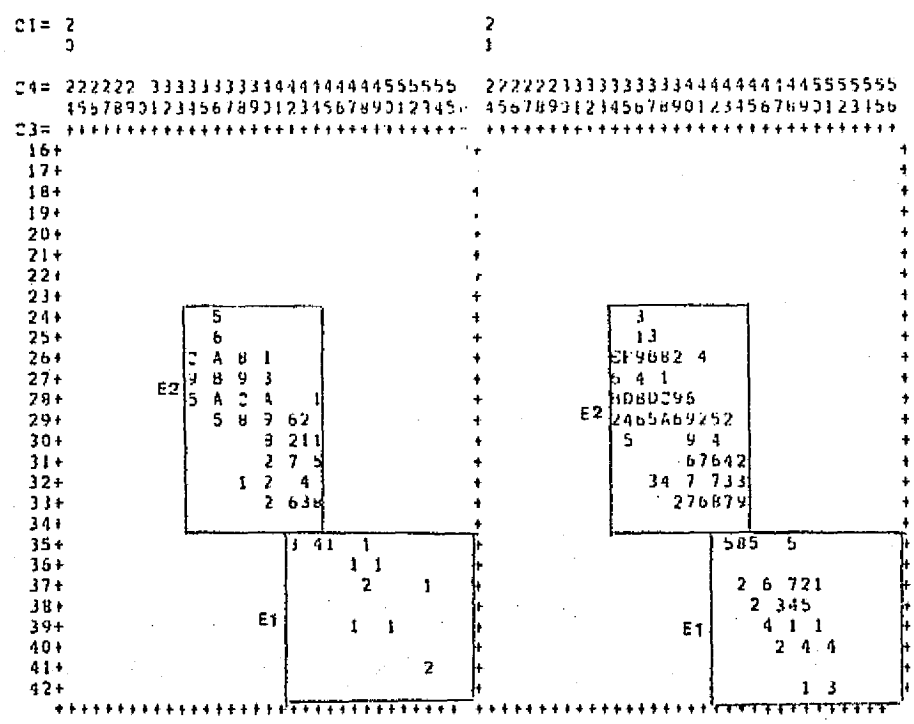


```
---------- CHANNEL 2= 17 ----------

C1= 1                                   1                                   1
    7                                   8                                   9

C4= 22222233333333344444444445555555 22222233333333344444444445555555 22222233333333344444444445555555
    45678901234567890123456789012345a 45678901234567890123456789012345 45678901234567890123456789012345
C3= +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++++
 16+                                 +                                 +                                 +
 17+                                 +                                 +                                 +
 18+                                 +                                 +                                 +
 19+                                 +                                 +                                 +
 20+                                 +                                 +                                 +
 21+                                 +                                 +                                 +
 22+                                 +                                 +                                 +
 23+                                 +                                 +                                 +
 24+                                 +   9                             +                                 +
 25+                                 +                                 +                                 +
 26+                                 +   6 5 4                         +                                 +
 27+                                 +                                 +                                 +
 28+                                 +     2       4                   +                                 +
 29+                                 +       2                         +                                 +
 30+                                 +                                 +                                 +
 31+                                 +  E2                             +  E2                             +
 32+                                 +                                 +                                 +
 33+                                 +                               2 +                                 +
 34+                                 +                                 +                                 +
 35+                                 +                                 +                                 +
 36+                                 +                                 +                                 +
 37+                                 +                                 +                                 +
 38+                                 +                                 +                                 +
 39+                                 +                                 +                                 +
 40+                                 +                                 +                                 +
 41+                                 +                                 +                                 +
 42+                                 +                                 +                                 +
   +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++ +++++++++++++++

C1= 2                                   2
    3                                   1

C4= 22222233333333344444444445555555 2 22222233333333344444444445.55555
    45678901234567890123456789012345 6 45678901234567890123456789012345
C3= +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++++
 16+                                 +                                 +
 17+                                 +                                 +
 18+                                 +                                 +
 19+                                 +                                 +
 20+                                 +                                 +
 21+                                 +                                 +
 22+                                 +                                 +
 23+                                 +                                 +
 24+                                 +                                 +
 25+                                 +                                 +
 26+                                 +                                 +
 27+                                 +                                 +
 28+                                 +                                 +
 29+                                 +                                 +
 30+                                 +                                 +
 31+                                 +                                 +
 32+                                 +                                 +
 33+                                 +                                 +
 34+                                 +                                 +
 35+                                 +                                 +
 36+                                 +                                 +
 37+                                 +                                 +
 38+                                 +                                 +
 39+                                 +                                 +
 40+                                 +                                 +
 41+                                 +                                 +
 42+                                 +                                 +
   +++++++++++++++++++++++++++++++++ +++++++++++++++++++++++++++++++++
```

```
                                    C 6                                 C 6
                                    9 7                                 C 6
                                    E D 9                               E B 4
                                    B B A 4                             C 9 6
                                E2  9 B D 9 2                           D E C 9 4
                                    2 4 B A 613                     E2  7 B C A 2 1
                                        8 7 63                          1 3 B B  4
                                        5 7 8 7                             6 8 823
                                          2  4                              1 7  6
                                          2 425                               6 456
                                        4 5 3                               167754
                                          2                               2   4 2
                                      2                                       6
                                E1      2                               E1    3 23 2
                                                                              1
```

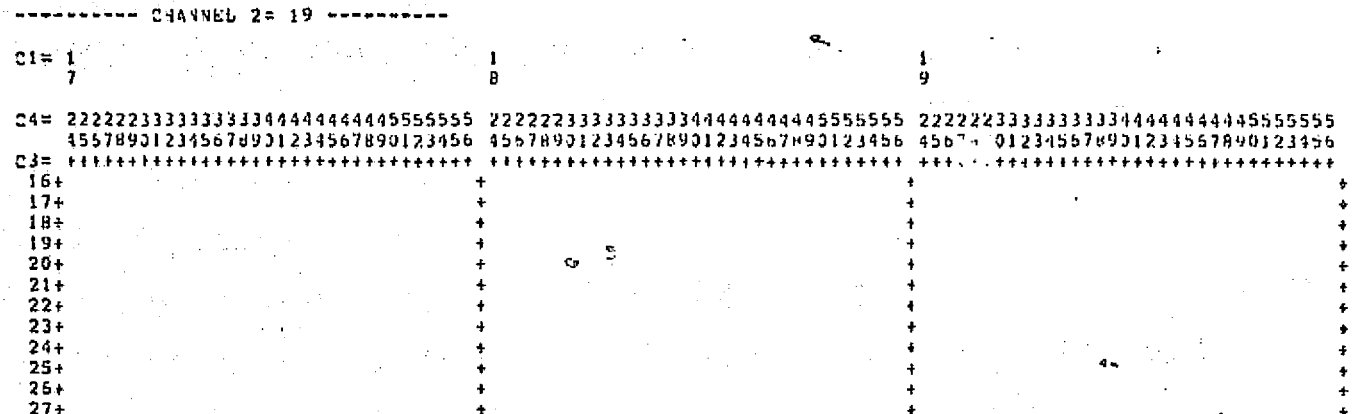


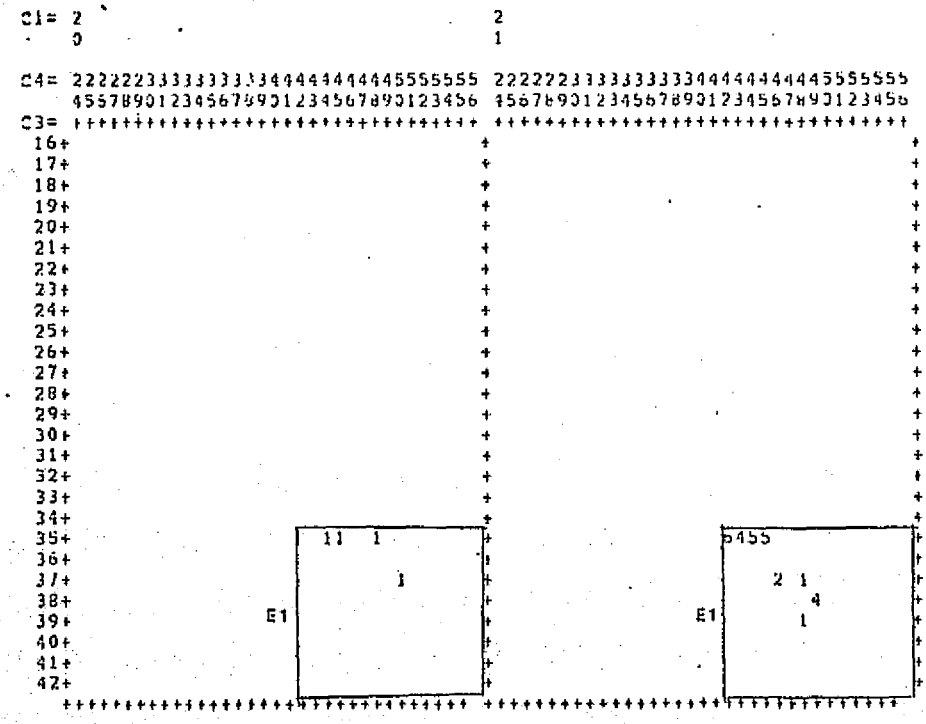
ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

---------- CHANNEL 2= 19 ----------





ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

--- SIGNATURE MAP SYMBOLS ---
(LOG(N), BASE SQRT(2))

N>=	SYMBOL
1.	1
2.	2
3.	3
4.	4
6.	5
8.	6
11.	7
16.	8
23.	9
32.	A
45.	B
64.	C
91.	D
128.	E
181.	F
256.	G
362.	H
512.	I
724.	J
1024.	K
1448.	L
2048.	M
2896.	N
4096.	O
5793.	P
8192.	Q
11585.	R
16384.	S
23171.	T
32768.	U
46341.	V
65536.	W
92682.	X
131072.	Y
185364.	Z