1. Classificação *INPE-COM.3/NTE* *C.D.U.: 621.38SR: 634.0.233*	2. Período	4. Distribuição interna ☐ externa ☒ X
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) *REFLORESTAMENTO* *LANDSAT*		
5. Relatório nº *INPE-1408-NTE/141*	6. Data *Dezembro, 1978*	7. Revisado por *Antonio T. Tardin*
8. Título e Sub-Título *RELATÓRIO DAS ATIVIDADES DO PROJETO IBDF/INPE (SUB-PROJETO REFLORESTAMENTO) DURANTE O ANO DE 1978*		9. Autorizado por *Nelson de J. Parada* *Diretor*
10. Setor *DSR/GAF* Código *30.312*		11. Nº de cópias *12*
12. Autoria *Pedro Hernandez Filho* *Yosio Edemir Shimabukuro* *Carlito Chefer de Santana** 13. Assinatura Responsável		14. Nº de páginas *37* 15. Preço

16. Sumário/Notas

Este trabalho foi realizado através do convênio entre o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), utilizando imagens orbitais do LANDSAT para avaliação de áreas reflorestadas. O estudo foi realizado nos municípios de Mogi-Guaçu, Aguaí, Casa Branca, Tambaú, Santa Rosa do Viterbo, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antonio, Serra Azul, São Simão, Ribeirão Preto, Cravinhos e Altinópolis, localizados a nordeste do Estado de São Paulo. Com a utilização de tratamento automático e visual foram definidas as classes de reflorestamento de Pinus e Eucalyptus. A análise mostrou que os municípios de Mogi-Guaçu, Casa Branca, São Simão e Santa Rita de Passa Quatro apresentam as maiores concentrações de áreas reflorestadas motivadas pela localização das fabricas de celulose e papel de Champion e da Guatapará Florestal. Os resultados obtidos mostrou que os dados do satélite LANDSAT podem ser utilizados, com eficiência, no levantamento de áreas florestadas.

17. Observações *Trabalho realizado em convênio com o IBDF. Termo Aditivo CJR nº 840.1.014.1/78 de 26 de abril de 1978.*

**Técnico do IBDF*

INDICE

Página

RESUMO ..... *v*

ABSTRACT ..... *vii*

LISTA DE FIGURAS ..... *viii*

LISTA DE TABELAS ..... *ix*

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO II

MATERIAL E MÉTODOS 3

2.1 - Localização de área de estudo 3
2.2 - Dados órbitais do LANDSAT 3
2.2.1 - Imagens 7
2.2.2 - Fitas 7
2.3 - Mapas, cartas e projetos 7
2.4 - Sistema I-100 9
2.5 - Metodologia 9
2.5.1 - Coleta de dados 9
2.5.2 - Interpretação preliminar visual 9
2.5.3 - Trabalho de Campo 10
2.5.4 - Interpretação final visual 10
2.5.5 - Interpretação automática 10

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÃO 13
3.1 - Interpretação visual 13
3.1.1 - Legenda 13

3.1.2 - Chave de interpretação 13
3.2 - Interpretação automática 19
3.2.1 - Módulos 1 e 2 21
3.2.2 - Módulos 3 e 4 22
3.2.3 - Módulo III.13 24

CAPÍTULO IV
CONCLUSÕES 29

4.1 - Interpretação visual 29
4.2 - Interpretação automática 30

BIBLIOGRAFIA 31

APÊNDICE A
INTERPRETAÇÃO VISUAL DA ÁREA DE ESTUDO A.1

RESUMO

Este trabalho foi realizado através do convênio entre o INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) e o IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), utilizando imagens orbitais do LANDSAT para avaliação de áreas reflorestadas.

A área do estudo é composta por doze municípios localizados a nordeste do Estado de São Paulo, apresentando aproximadamente 776.400 ha. Os municípios são: Mogi-Guaçu, Aguaí, Casa Branca, Tambaú, Santa Rosa de Viterbo, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antonio, Serra Azul, São Simão, Ribeirão Preto, Cravinhos e Altinópolis.

Através da interpretação visual e automática definiram-se classes de povoamentos florestais artificiais com ênfase nos gêneros Pinus e Eucalyptus.

Na interpretação visual e automática utilizaram-se metodologias onde foram definidas a legenda, chave de interpretação baseada nas características multiespectrais das imagens LANDSAT. Na interpretação visual foram analisados também os aspectos temporais e espaciais das classes estudadas.

A análise revelou que o gênero Pinus pode ser distinguido com segurança do gênero Eucalyptus, e que as imagens dos canais 5 e 7 foram suficientes para esse tipo de caracterização. Verificou-se que o canal 5 mostrou-se mais eficiente na separação das classes de reflorestamento dos outros alvos. O canal 7 serviu para discriminar o gênero Pinus do gênero Eucalyptus.

Essa análise mostrou que os municípios de Mogi-Guaçu, Casa Branca, São Simão e Santa Rita do Passa Quatro apresentam as maiores concentrações de áreas reflorestadas, motivadas pela localização das fábricas de celulose e papel de Champion e da Guatapará Florestal.

A diferença relativa entre área de reflorestamento obtida através da interpretação visual, e a área reflorestada obtida for verdade terrestre é de 2,50% para Eucalyptus e de 5,30% para Pinus.

A interpretação automática foi realizada utilizando fitas compatíveis com computador através do Sistema Interativo de Análise de Imagem Multiespectral (I-100). A área de estudo foi dividida em 5 módulos na escala de 1:250.000, que foram classificados utilizando o programa de classificação "MAXVER" (Máxima Verossimilhança).

Os resultados obtidos mostram que os dados do satélite LANDSAT podem ser usados, com eficiência, no levantamento de áreas reflorestadas considerando principalmente a capabilidade de se obterem informações atualizadas e contínuas dessas áreas.

ABSTRACT

This work was carried out in agreement with the Brazilian Institute for Forest Development (IBDF). The main goal of this study was to survey areas covered by artificial forest using LANDSAT data. The study area is located in the Northeast of São Paulo state comprising 12 counties and with an area of 7,764 km², approximately. Both visual and automatic interpretations were used to define the different classes of Pinus and Eucalyptus. For the automatic interpretation only the multiespectral characteristics were considered while for the visual interpretation the temporal, spatial and spectral variation were analyzed. The results show that LANDSAT images can be used for identification and area evaluation of genera Pinus and Eucalyptus. The mean relative difference of artificial forest area estimated from LANDSAT data and ground truth information was 2,5% for Eucalyptus and 5,30% for Pinus.

LISTA DE FIGURAS

II.1 - Disposição dos municípios na área de estudo..... 4

II.2 - Localização da imagem do satélite LANDSAT que contém a área de estudo 5

II.3 - Configuração do "Image System" 8

III.1 - Divisão da área de estudo em cinco módulos 20

III.2 - Classificação da área de estudo através do sistema I-100 27

LISTA DE TABELAS

II.1 - Imagens utilizadas na interpretação visual 7

II.2 - Fitas utilizadas na interpretação visual 7

III.1 - Chave de interpretação 13

III.2 - Indicação de porcentagem de ocorrência de reflorestamento 14

III.3 - Indicação de acurácia e avaliação de áreas reflorestadas com Eucalipto, por município, através da interpretação visual 17

III.4 - Indicação de acurácia e avaliação de áreas reflorestadas com Pinus, por município, através de interpretação visual 18

III.5 - Indicação de acurácia e avaliação de áreas reflorestadas com Pinus e Eucalipto na área de estudo 19

III.6 - Média das respostas espectrais de classe eucalipto nos quatro canais nos módulos 1 e 2 21

III.7 - Matriz de co-variância de classe eucalipto nos módulos 1 e 2 22

III.8 - Área ocupada pela classe eucalipto nos módulos 1 e 2 22

III.9 - Média das respostas espectrais de classe eucalipto nos 4 canais nos módulos 3 e 4 23

III.10 - Matriz de co-variância de sub-classe eucalipto 1 nos módulos 3 e 4 23

III.11 - Matriz de co-variância de sub-classe eucalipto 2 nos módulos 3 e 4 23

III.12 - Área ocupada pela classe eucalipto nos módulos 3 e 4 24

III.13 - Média das respostas espectrais das classes eucalipto e pinus nos 4 canais no módulo 5 24

III.14 - Matriz de co-variância de sub-classe eucalipto 1 no módulo 5 25

III.15 - Matriz de co-variância de sub-classe eucalipto 2 no módulo 5 25

III.16 - Matriz de co-variância de classe pinus no módulo 5 25

III.17 - Área ocupada pelas classes eucalipto e pinus 26

III.18 - Resultado total das áreas de reflorestamento dentro da área de estudo obtidas através do sistema I-100 26

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a atividade de reflorestamento tomou um grande impulso com a promulgação de lei de incentivos fiscais. Em particular, no Estado de São Paulo, muitas áreas foram destinadas para essa finalidade.

Uma das atribuições do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal é a de proceder à análise, aprovação e fiscalização dos projetos de reflorestamento.

Com o advento do sistema LANDSAT, cujos satélites fornecem informações sinóticas, rápidas e repetitivas, surgiu uma ferramenta poderosa no monitoramento dos recursos florestais.

Hernandez Filho e Shimabukuro (1977) vêm utilizando imagens do LANDSAT na avaliação de povoamentos florestais, com ênfase nas culturas de Pinus spp e Eucalyptus spp. O resultado desse trabalho demonstrou que as imagens orbitais permitem o controle de áreas reflorestadas.

De acordo com os resultados no trabalho supra citado o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal e o Instituto de Pesquisas Espaciais desenvolveram um estudo com o objetivo de verificar a operacionalidade do sistema LANDSAT nos levantamentos de áreas reflorestadas numa área piloto do Estado de São Paulo.

O presente trabalho visa, através de análise visual e automática dos dados do LANDSAT, a identificação, a caracterização e o cálculo de áreas ocupadas por reflorestamento.

CAPÍTULO II

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada a nordeste do Estado de São Paulo, formada pelos municípios de Mogi-Guaçu, Aguaí, Casa Branca e Tambaú, pertencentes a Divisão Administrativa de Campinas e pelos municípios de Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antonio, São Simão, Santa Rosa do Viterbo, Cravinhos, Serra Azul, Ribeirão Preto e Altinópolis, pertencentes a Divisão Administrativa de Ribeirão Preto. (Figura II.1). Esta área é abrangida pela Folha SF-23 (Rio de Janeiro) da Carto do Brasil ao Milionésimo (I.B.G.E., 1972) encontrando-se entre os paralelos de $21^{o}00$ e $22^{o}20'$ de Latitude Sul e $47^{o}00'$ e $48^{o}00$ de Longitude Oeste; está contida da imagem de órbita nº 178 e ponto nº 27. (Figura II.2).

2.2 - 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).

No desenvolvimento desse trabalho foram utilizados produtos do LANDSAT (cujo programa foi desenvolvido com a finalidade de se obter uma ferramenta útil no controle e exploração racional dos recursos da Terra).

O satélite LANDSAT-2 possui dois sub-sistemas sensores: o conjunto de três câmeras RBV (Return Beam Vidicon) e o imageador multiespectral MSS (Multiespectral Scanner Sub Sistem).

O satélite tem orbita quase circular, síncrona com o sol aproximadamente polar, e gira a uma altitude aproximada de 920 qui

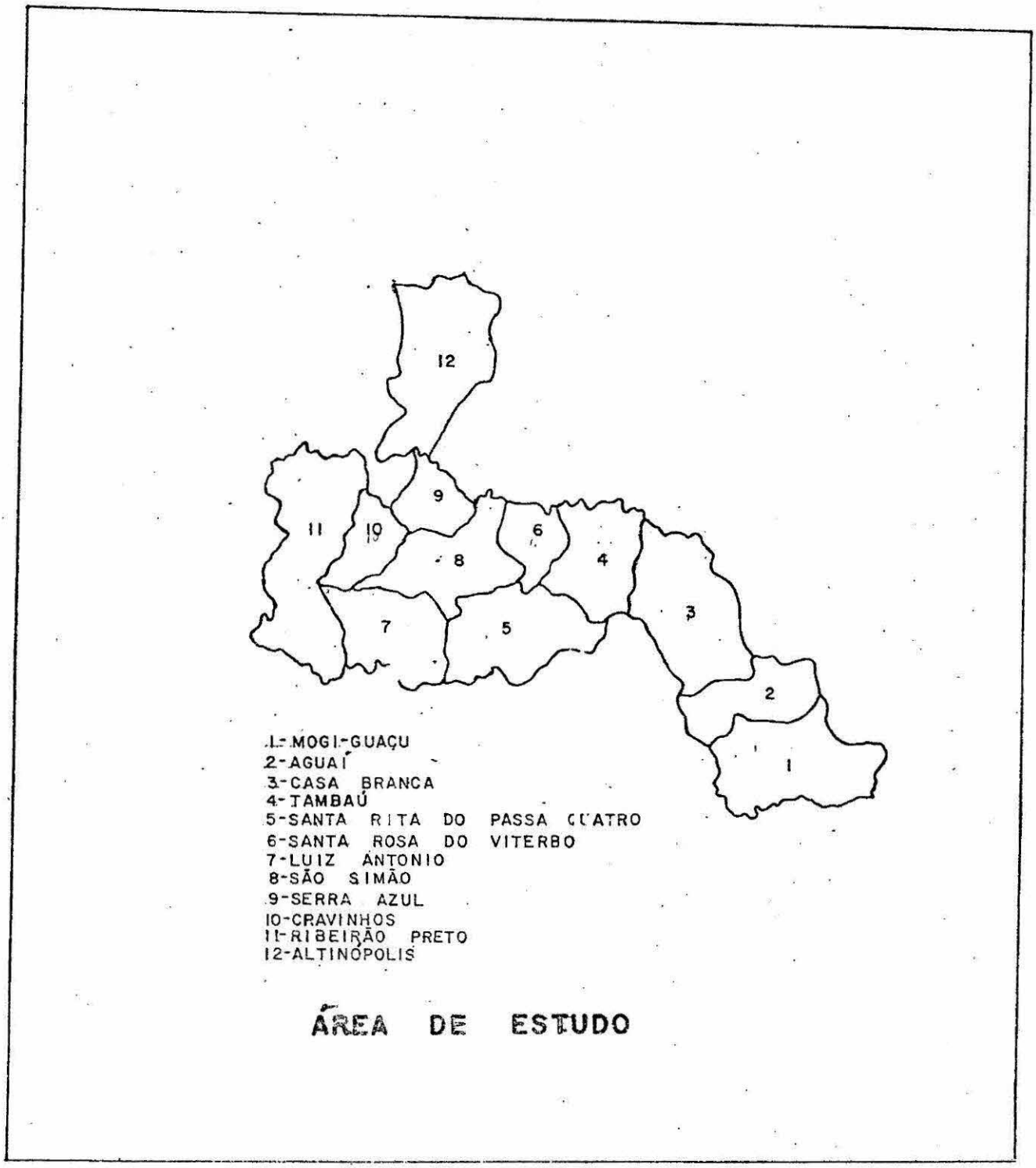


Fig. II.1 - Disposição dos municípios da área de estudo.

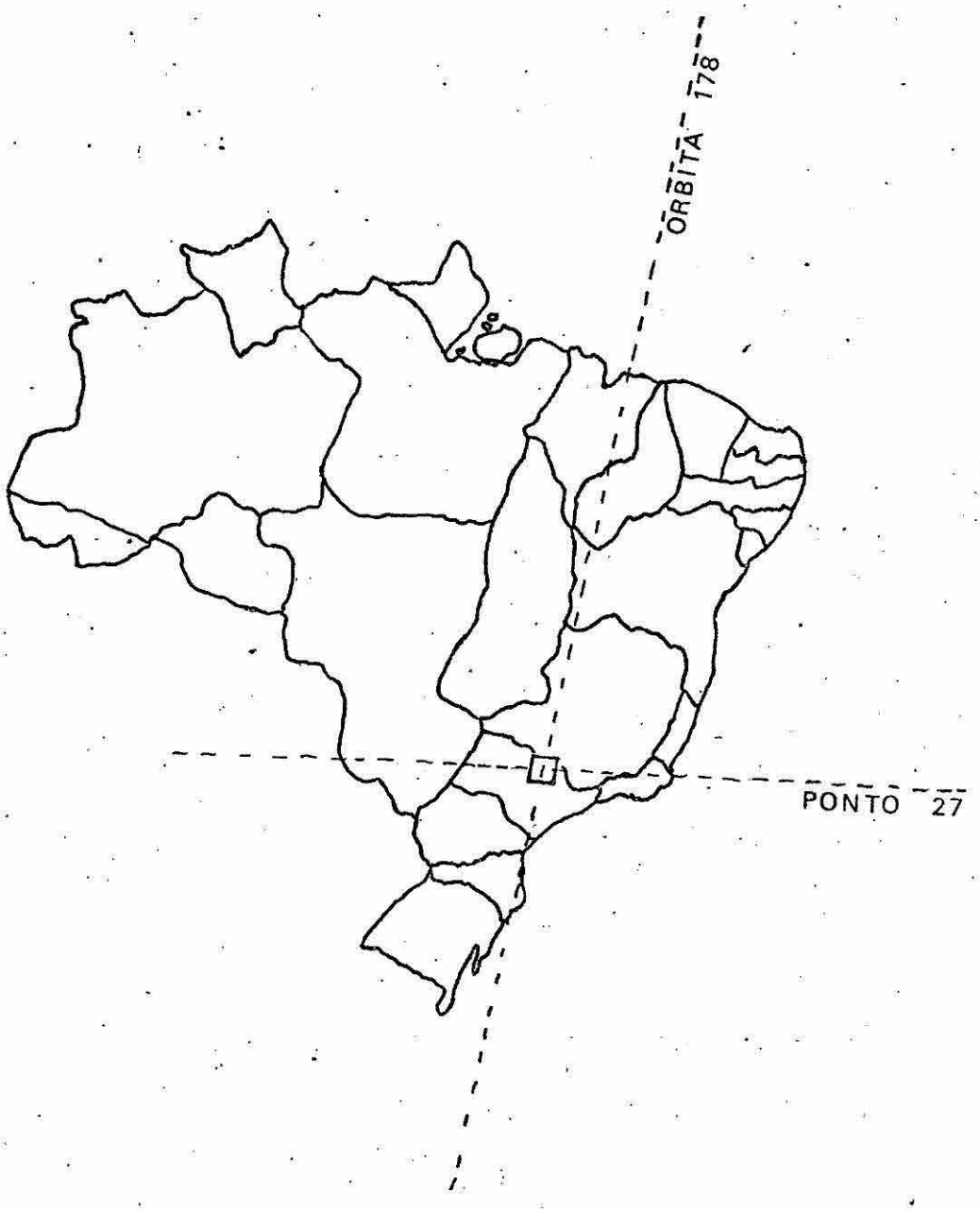


Fig. II.2 - Localização da imagem do satélite LANDSAT que contém a área de estudo.

lômetros. A terra é sensoriada de modo contínuo e cada imagem corresponde a uma área aproximada de 35 000 quilômetros quadrados. Após 251 revoluções o satélite volta a imagear o mesmo local, o que significa uma reciclagem de 18 dias.

O imageador é um sensor ótico mecânico de varredura contínua operando na faixa do espectro eletromagnético de 0,5 e 1,1 micrometros obtendo imagens de superfície de 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-infravemelho próximo)
7	0,8 a 1,1	(infravermelho próximo)

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

Maiores detalhes podem ser encontrados no manual da National Aeronautics and Space Administration - NASA, (1972).

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes produtos do LANDSAT-2.

2.2.1 - IMAGENS

TABELA II.1

IMAGENS UTILIZADAS NA INTERPRETAÇÃO VISUAL

Nº DE IDENTIFICAÇÃO	ÓRBITA E PONTO	DATA	CANAIS	TIPO DE APRESENTAÇÃO	ESCALA
275229-122642	178/27	18/08/75	5 e 7	papel	1:250 000
277038-121315	178/27	07/02/77	5 e 7	papel	1:250 000
277182-120611	178/27	01/07/77	5 e 7	papel	1:250 000
277182-120610	178/27	01/07/77	5 e 7	papel	1:500 000

2.2.2 - FITAS

TABELA II.2

FITAS UTILIZADAS NA INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

TÍTULO	DATA	ORB/PONTO	COORD. DO CENTRO
2.77.182.12.06.11	01/07/77	178/27	S 21°35' W 47°36'

2.3 - MAPAS, CARTAS E PROJETOS

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 30 folhas (IBGE-1973);
- Mapas do reflorestamento de áreas de estudo, fornecidos pelo Instituto Florestal e companhias particulares.
- Projetos de reflorestamentos fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.

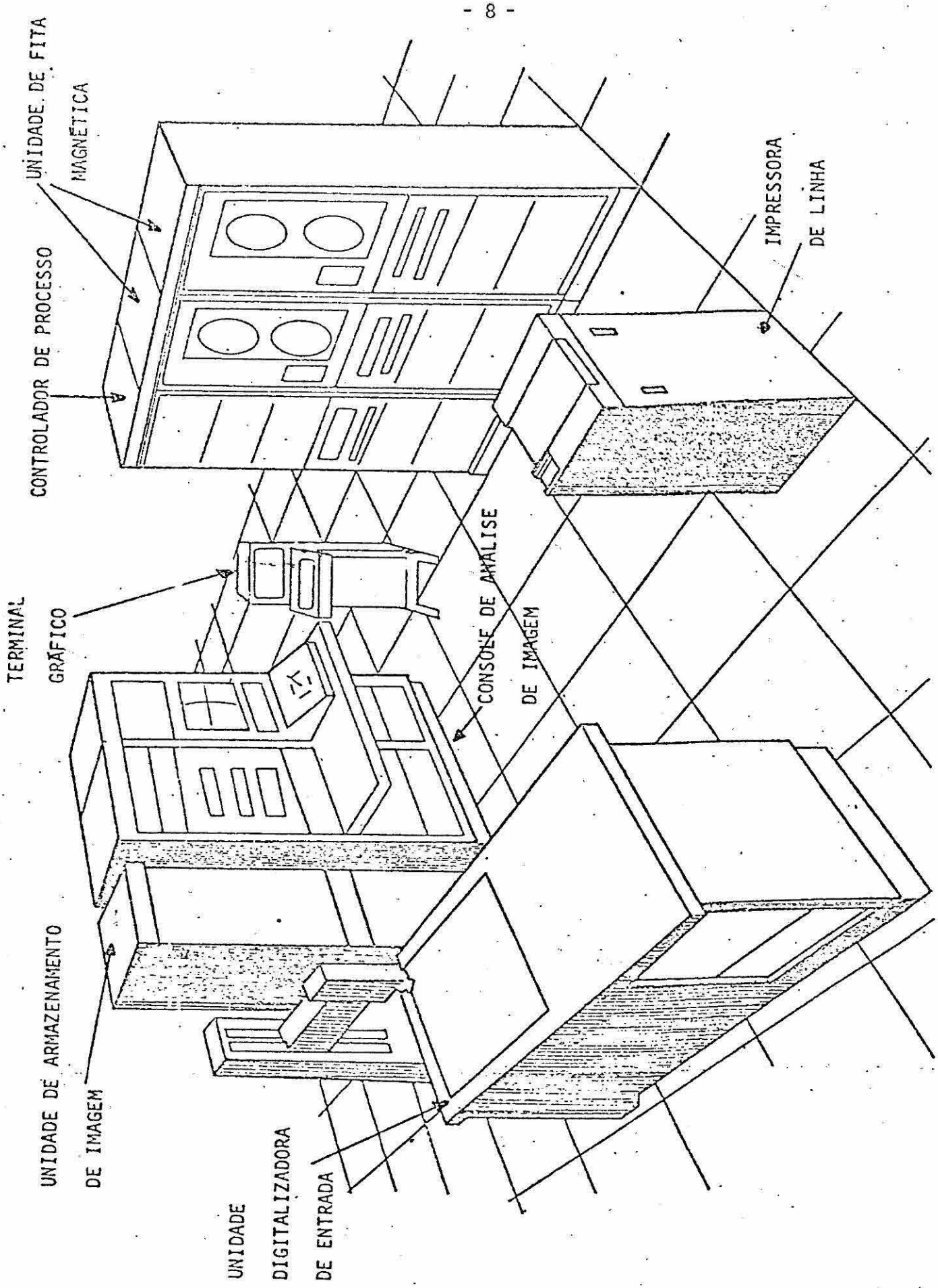


Fig. II.3 - Configuração do "Imagem System"

2.4 - 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 compativeis com o computador (CCT). (Figura II.3).

2.5 - METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da metodologia deste trabalho foram definidas as seguintes etapas: coleta de dados, interpretação preliminar visual e automática, trabalho de campo e interpretação final visual e automática.

2.5.1 - COLETA DE DADOS

Nesta fase procurou-se levantar os dados gerais de área. Foram utilizadas as cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, (1972), na escala de 1:50 000, com o objetivo de localizar os limites inter-municipais na imagem do LANDSAT.

Foram utilizados os projetos de reflorestamentos de área de estudo, cadastrados no Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, com a finalidade de comparar as áreas neles relacionadas com os resultados alcançados através de interpretação das imagens.

2.5.2 - INTERPRETAÇÃO PRELIMINAR VISUAL

Essa etapa foi realizada utilizando-se a imagem de 01/07/77, canais 5 e 7, nas escalas de 1:500 000 e 1:250 000, sendo delimitados os municipios de área de estudo. Para as identificações e a caracterização das classes foram considerados os aspectos espectrais, temporais e espaciais. Nesta imagem, foram consideradas a tonalidade e textura, além dos aspectos geométricos para definição das áreas reflorestadas. Foram utilizadas as imagens de 17/08/75 e 07/02/77, canais 5 e 7, para definir algumas áreas cujos limites não são nítidos na imagem de 01/07/77.

Algumas áreas que apresentaram dúvidas na sua caracterização foram relacionadas e marcadas nas cartas topográficas do IBGE 1:50 000 (1972). Assim, foi possível a realização do roteiro do trabalho de campo.

2.5.3 - TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de eliminar as dúvidas levantadas na fase de interpretação preliminar. Com o auxílio das fichas de campo, foram anotadas informações sobre os limites, a localização e os gêneros das áreas reflorestadas em cada ponto levantado.

2.5.4 - INTERPRETAÇÃO FINAL VISUAL

Após o trabalho de campo foi realizada a interpretação final. Foram reformulados os limites de algumas áreas, de acordo com as informações obtidas no campo. Posteriormente, foi confeccionado um mapa que mostra as áreas reflorestadas na área de estudo. Assim, foi possível o cálculo das áreas das classes, bem como a determinação de diferença relativa das áreas reflorestadas.

2.5.5 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

A interpretação automática foi feita através do Sistema I-100, utilizando-se fitas CCT do LANDSAT correspondentes a data de 01 de julho de 1977.

A primeira fase da interpretação automática foi um trabalho preliminar que consistiu na escolha da escala de trabalho no vídeo, e a delimitação da área de estudo.

A escala de 1:250 000 foi escolhida por ser uma escala mais compatível com relação à interpretação e ao tamanho da área de estudo.

A área de estudo ficou localizada em 5 módulos de trabalho. A delimitação da área de estudo foi feita, primeiramente, na imagem em papel na escala de 1:250 000 e, depois, transferida para o vídeo do I-100.

A segunda fase consistiu na interpretação das classes de interesse, ou seja, Pinus e Eucalyptus. A interpretação foi feita, em módulos, utilizando o programa de classificação "MAXVER" (Máxima Verossimilhança) e o programa de pós-processamento "UNIFORMIZAÇÃO DE TEMAS".

Para o programa "MAXVER" foram utilizados dados dos 4 canais do MSS do LANDSAT, e foram definidas além das classes Pinus e Eucalyptus, outras classes auxiliares, para o melhor desempenho do classificador. Outra consideração feita nesse programa foi o limiar igual ao valor 5.

O programa "UNIFORMIZAÇÃO DE TEMAS" foi utilizado com o objetivo de melhorar a classificação, e os parâmetros usados foram: Limiar igual a 2, e Peso igual a 1.

O cálculo de área das classes interpretadas foi feita através do programa "THEME AREAS".

A apresentação do resultado da classificação foi obtida através do "DICOMED" implementado no Sistema I-100.

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Com a metodologia desenvolvida foi possível o estabelecimento da legenda, da chave de interpretação, do mapa das áreas reflorestadas, da tabela das áreas ocupadas pelas chaves de legenda e da tabela indicadora de ocorrência da medida de área.

3.1.1 - LEGENDA

A análise visual das imagens aliada às informações de campo permitiram o estabelecimento de duas classes de reflorestamento, que são apresentadas na legenda abaixo.

Pinus - idade do plantio, espécie, espaçamento, desbastes e altura variáveis.

Eucalyptus - idade do plantio, espécie, espaçamento, desbastes e altura variáveis.

3.1.2 - CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

A chave de interpretação foi baseada nos aspectos espectrais das imagens dos canais 5 e 7, conforme apresentado na tabela III.1.

TABELA III.1

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

CLASSE	CANAL 5	CANAL 7
Pinus	cinza escuro	cinza médio e escuro
Eucalyptus	cinza escuro	cinza claro e médio

TABELA III.2

INDICAÇÃO DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS DE REFLORESTAMENTO

MUNICÍPIO	ÁREA DOS MUNICÍPIOS (ha)	ÁREA DE REFLORESTAMENTO (ha)	(%)
Mogi-Guaçu	96 000,00	11 762,00	12,25
Aguaí	43 500,00	2 437,50	5,60
Casa Branca	87 200,00	9 967,25	11,43
Santa Rosa do Viterbo	28 900,00	1 387,50	4,80
Tambaú	58 700,00	2 150,00	3,66
Santa Rita do Passa Quatro	75 600,00	8 287,50	10,90
São Simão	63 400,00	9 614,75	15,17
Luiz Antonio	63 900,00	2 937,50	4,60
Serra Azul	27 900,00	3 150,00	11,29
Cravinhos	31 300,00	600,00	1,92
Altinopolis	94 300,00	7 401,25	7,85
Ribeirão Preto	105 700,00	4 387,50	4,15
Área de Estudo	776 400,00	63 987,75	8,24

Como pode ser verificado pela chave de interpretação, somente utilizando o canal 5 foi difícil a separabilidade entre Pinus e Eucalyptus. Este canal foi excelente para separar estas duas classes de reflorestamento de outros alvos existentes que não apresentam vegetação de porte arbóreo tão exuberante. Porém, analisando o canal 7, foi possível separar estas duas classes de reflorestamento. Esta chave foi obtida analisando somente o comportamento espectral das classes. Foram também analisados os aspectos temporais, isto é, auxiliando imagens de datas diferentes, bem como os aspectos espaciais que são as formas geometricas dos alvos estudados.

O mapeamento das classes utilizadas na interpretação visual é mostrado no Apêndice A. Nesta figura verifica-se duas concentrações de áreas reflorestadas. Uma delas localizada nos municípios de Casa Branca, Aguaí e Mogi-Guaçu e outra concentração nos municípios de São Simão, Luis Antonio e Santa Rita do Passa Quatro. Essa tendência de alta diversidade de áreas reflorestadas nestes municípios é provocada pela localização das fábricas de celulose e papel da Champion e Guatapará (esta última em fase de instalação).

Foram calculadas as percentagens de ocorrência das áreas reflorestadas, por munícipio, na área de estudo. Estes dados são mostrados na Tabela III.2.

Pela Tabela III.2 verifica-se que os municípios mais reflorestados são Mogi-Guaçu, Casa Branca, São Simão e Santa Rita do Passa Quatro. Estes quatros municípios apresentaram também as maiores percentagens de ocorrências. Nota-se que o município de Cravinhos apresenta a menor percentagem de ocorrência, bem como a mais baixa área de reflorestamento. A área de estudo apresentou cerca de 63.987,75 ha equivalendo a uma percentagem de ocorrência de 8,24.

Após o mapeamento das classes foram calculadas as áreas reflorestadas com os gêneros Pinus spp e Ecucalyptus spp. A tabela III.3 apresenta as áreas reflorestadas com Eucalyptus determinados

através de interpretação visual das imagens, bem como a diferença relativa entre estas e os dados de verdade terrestre. Verificamos que os mais baixos índices de diferença relativa foram obtidas nos municípios e Ribeirão Preto (+ 1,27), Altinópolis (+ 1,41), Mogi-Guaçu (+ 1,52) e Santa Rita do Passa Quatro (+ 1,82). Estes valores foram alcançados porque as áreas reflorestadas destes municípios são extensas e bem definidas. Notamos que o município de Serra Azul (+ 12,99) apresenta o mais alto índice de diferença relativa. Esta grande diferença relativa apresentada foi provocada pela difícil definição, na imagem, de algumas áreas reflorestadas de pequenas extensões.

A tabela III.4 apresenta as áreas reflorestadas com Pinus, determinadas através da interpretação visual das imagens, bem como a diferença relativa entre estes e os dados de verdade terrestre. Verifica-se que o mais alto índice de diferença relativa foi encontrado no município de São Simão (-21,50). Este valor obtido foi provocado pela difícil caracterização de pequenos talhões (7 e 8 ha) plantados com Pinus neste município. O município de Mogi-Guaçu (2 440,00 ha) foi o mais reflorestado da área de estudo e como apresentavam extensas áreas de reflorestamento foi bem evidente os limites dessas áreas.

A tabela III.5 mostra a acurácia da medida de áreas reflorestadas com Pinus e Eucalyptus de área de estudo. Os resultados mostram que as áreas reflorestadas com Eucalyptus, obtidas através de interpretação visual das imagens, foram maiores que as áreas de verdade terrestre. Este aumento foi provocado por computar-se áreas ocupadas pelos aceiros e carreadores juntamente com as áreas reflorestadas. As áreas ocupadas por Pinus, calculadas através da interpretação visual, foram menores que os de verdade terrestre. Este fato ocorreu pela dificuldade de se caracterizar pequenas áreas reflorestadas com Pinus.

TABELA III.3

INDICAÇÃO DA ACURÁCIA E AVALIAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS COM EUCALIPTO, POR MUNICÍPIO, ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL

MUNICÍPIO	ÁREA DE VERDADE TERRESTRE (ha)	ÁREA DE EUCALIPTO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL (ha)	DIFERENÇA RELATIVA (%)
Mogi-Guaçu	9 182,18	9 322,00	+ 1,52
Aguaí	2 313,22	2 437,50	+ 5,37
Casa Branca	8 696,68	9 236,00	+ 6,20
Santa Rosa do Viterbo	1 339,57	1 387,50	+ 3,58
Tambaú	2 030,43	2 087,50	+ 2,81
Santa Rita do Passa Quatro	8 139,36	8 287,50	+ 1,82
São Simão	9 688,50	9 404,75	- 2,93
Luiz Antonio	2 800,40	2 937,50	+ 4,90
Serra Azul	2 787,74	3 150,00	+ 12,99
Cravinhos	500,00	543,75	+ 8,75
Altinópolis	7 155,34	7 256,25	+ 1,41
Ribeirão Preto	4 233,75	4 387,50	+ 1,21

TABELA III.4

INDICAÇÃO DA ACURÁCIA E AVALIAÇÃO DE ÁREAS RELORESTADAS COM PINUS POR MUNICÍPIO ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL

M U N I C Í P I O	ÁREA DE VERDADE TERRESTRE (ha)	ÁREA DE PINUS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL (ha)	DIFERENÇA RELATIVA (%)
Mogi-Guaçu	2 547,46	2 440,00	- 4,22
Aguaí	-	-	-
Casa Branca	777,83	731,25	- 5,99
Tambaú	68,75	62,50	- 5,00
Santa Rosa do Viterbo	-	-	-
Santa Rita do Passa Quatro	-	-	-
São Simão	267,50	210,00	- 21,50
Serra Azul	-	-	-
Luiz Antonio	-	-	-
Cravinhos	50,00	56,25	+ 12,50
Altinópolis	137,50	145,00	- 5,45
Ribeirão Preto	-	-	-

TABELA III.5

INDICAÇÃO DA ACURÁCIA E AVALIAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS COM PINUS E EUCALIPTO NA ÁREA DE ESTUDO

CLASSE	ÁREA DE VERDADE TERRESTRE (ha)	ÁREA DE REFLORESTAMENTO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL (ha)	DIFERENÇA RELATIVA (%)
Eucalipto	58 867,77	60 337,75	+ 2,50
Pinus	3 849,04	3 645,00	+ 5,30

3.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

A escolha de 5 módulos a serem estudados foi determinado pelo formato da área de estudo, procurando-se ter o menor número possível para a escala escolhida (1:250.000) (Figura III.1).

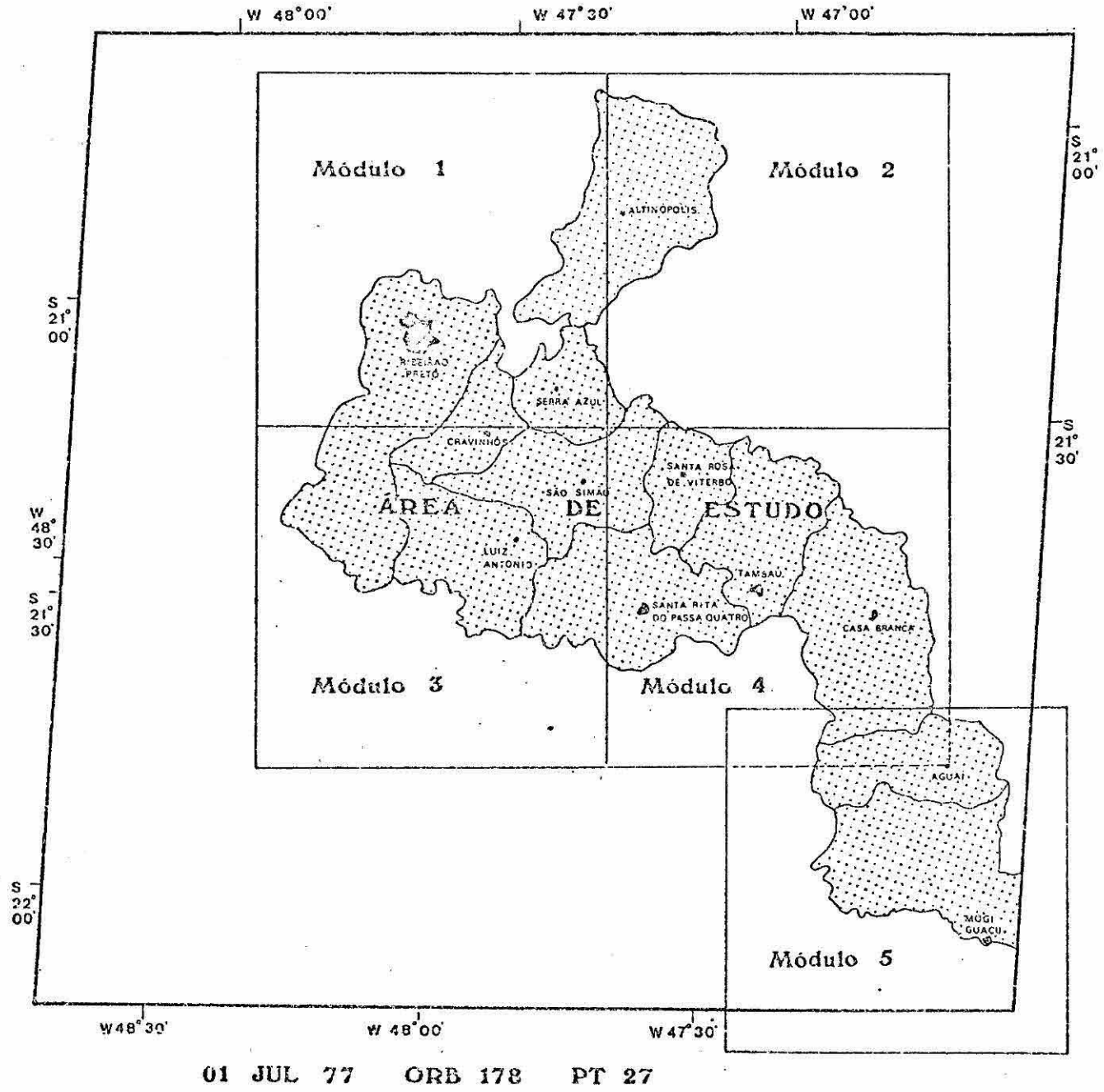


Fig. III.1 - Divisão da área de estudo em cinco módulos.

Para a classificação da área de estudo foram utilizadas três assinaturas ou parâmetros do classificador "MAXVER". Uma assinatura para os módulos 1 e 2, outra para os módulos 3 e 4, e uma terceira assinatura para o módulo 5. Esse procedimento foi adotado levando-se em consideração a definição das classes a serem interpretadas, e a escolha de amostras de treinamento para essas classes.

A seguir serão apresentados os parâmetros (Média e matriz de co-variância) que definem as classes, e os resultados obtidos nos módulos.

3.2.1 - MÓDULOS 1 E 2

A Tabela III.6 apresenta a média das respostas espectrais da classe Eucalipto nos 4 canais.

TABELA III.6

MÉDIA DAS RESPOSTAS ESPECTRAIS DA CLASSE EUCALIPTO NOS QUATRO CANAIS NOS MÓDULOS 1 E 2

CANAL / CLASSE	4	5	6	7
Eucalipto	11,34	12,08	55,23	53,08

A tabela III.7 apresenta a matriz de co-variância da classe Eucalipto, utilizando os 4 canais do LANDSAT.

TABELA III.7

MATRIZ DE CO-VARIÂNCIA DA CLASSE EUCALIPTO NOS MÓDULOS 1 E 2

2,73	1,52	1,79	2,57
1,52	5,32	- 0,16	- 0,82
1,79	- 0,16	34,62	31,90
2,57	- 0,82	31,90	42,85

A tabela III.8 mostra a área ocupada pela classe Eucalipto nos módulos 1 e 2.

TABELA III.8

ÁREA OCUPADA PELA CLASSE EUCALIPTO NOS MÓDULOS 1 E 2

MÓDULO / CLASSE	1	2
Eucalipto	1 939,99 ha	2023,74 ha

3.2.2 - MÓDULOS 3 E 4

Nestes módulos foram necessários definir duas sub-classes de Eucalipto (Eucalipto 1 e Eucalipto 2), com base nas respostas espectrais dos canais 6 e 7 do MSS.

A Tabela III.9 apresenta a média das respostas espectrais da classe Eucalipto nos 4 canais.

TABELA III.9

MÉDIA DAS RESPOSTAS ESPECTRAIS DA CLASSE EUCALIPTO NOS 4 CANAIS NOS MÓDULOS 3 E 4

CANAL / CLASSE	4	5	6	7
Eucalipto 1	8,54	9,24	48,66	48,97
Eucalipto 2	8,83	10,02	34,75	31,78

As tabelas III.10 e III.11, apresentam as matrizes de co-variância para as sub classes Eucalipto 1 e Eucalipto 2, respectivamente.

TABELA III.10

MATRIZ DE CO-VARIÂNCIA DA SUB-CLASSE EUCALIPTO 1 NOS MÓDULOS 3 E 4

2,51	0,54	- 0,46	0,15
0,54	2,23	0,30	- 0,33
- 0,46	0,30	21,40	19,40
0,15	- 0,33	19,40	27,23

TABELA III.11

MATRIZ DE CO-VARIÂNCIA DA SUB-CLASSE EUCALIPTO 2 NOS MÓDULOS 3 E 4

3,03	1,10	- 0,30	- 0,31
1,10	4,22	0,86	0,05
- 0,30	0,86	19,98	19,81
- 0,31	0,05	19,81	27,36

A Tabela III.12 mostra a área ocupada pela classe Eucalipto nos módulos 3 e 4.

TABELA III.12

ÁREA OCUPADA PELA CLASSE EUCALIPTO NOS MÓDULOS 3 E 4

MÓDULO / CLASSE	3	4
Eucalipto	21 577,21 ha	24 898,93 ha

3.2.3 - MÓDULO III.13

Nesse módulo foram definidas duas sub-classes de Eucalipto (Eucalipto 1 e Eucalipto 2) com base nas respostas espectrais dos canais 6 e 7 do LANDSAT; e a classe Pinus, que não foi possível nos outros módulos devido ao pequeno tamanho das áreas ocupadas por essa classe.

A Tabela III.13 apresenta a média das respostas espectrais das classss Eucalipto e Pinus nos 4 canais.

TABELA III.13

MÉDIA DAS RESPOSTAS ESPECTRAIS DAS CLASSES EUCALIPTO E PINUS NOS 4 CANAIS NO MÓDULO 5

CANAL / CLASSE	4	5	6	7
Eucalipto 1	10,88	11,58	43,17	42,13
Eucalipto 2	9,06	10,23	35,51	33,17
Pinus	8,23	7,77	26,81	22,25

As Tabelas III.14 e III.15, apresentam as matrizes de covariância para as sub-classes Eucalipto 1 e Eucalipto 2, respectivamente.

TABELA III.14

MATRIZ DE CO-VARIÂNCIA DA SUB-CLASSE EUCALIPTO 1 MÓDULO 5

2,61	0,24	- 0,50	- 1,21
0,24	1,83	- 1,14	- 0,34
- 0,50	- 0,14	37,72	36,73
- 1,21	- 0,34	36,73	44,07

TABELA III.15

MATRIZ DE CO-VARIÂNCIA DA SUB-CLASSE EUCALIPTO 2 NO MÓDULO 5

3,19	1,08	- 0,25	0,41
1,08	4,24	1,72	- 0,11
- 0,25	1,72	38,02	17,86
0,41	- 0,11	17,86	21,14

A Tabela III.16 apresenta a matriz de co-variância da classe Pinus, utilizando os 4 canais do LANDSAT.

TABELA III.16

MATRIZ DE CO-VARIÂNCIA DA CLASSE PINUS NO MÓDULO 5

1,72	0,22	0,21	1,13
0,22	2,05	- 0,33	- 1,61
0,21	- 0,33	10,99	9,40
1,31	- 1,61	9,40	15,23

A Tabela III.17 mostra a área ocupada pelas classes Eucalipto e Pinus, no módulo 5.

TABELA III.17

ÁREA OCUPADA PELAS CLASSES EUCALIPTO E PINUS

MÓDULO / CLASSE	5
Eucalipto	16 407,96 ha
Pinus	3 555,49 ha

A Figura III.2 mostra a classificação obtida através do sistema I-100, utilizando o programa de classificação "MAXVER". Esta figura é a montagem dos 5 módulos que compõem a área de estudo, e que foram classificados separadamente.

A Tabela III.18 mostra os resultados obtidos pelo sistema I-100, na classificação das classes de reflorestamento (Pinus e Eucalipto) dentro da área de estudo.

TABELA III.18

RESULTADO TOTAL DAS ÁREAS DE REFLORESTAMENTO DENTRO DA ÁREA DE ESTUDO OBTIDAS ATRAVÉS DO SISTEMA I-100

CLASSE	ÁREA (ha)	%
Área de Estudo	755.558,90	100,00
Eucalipto	66.847,83	8,85
Pinus	3.555,49	0,47

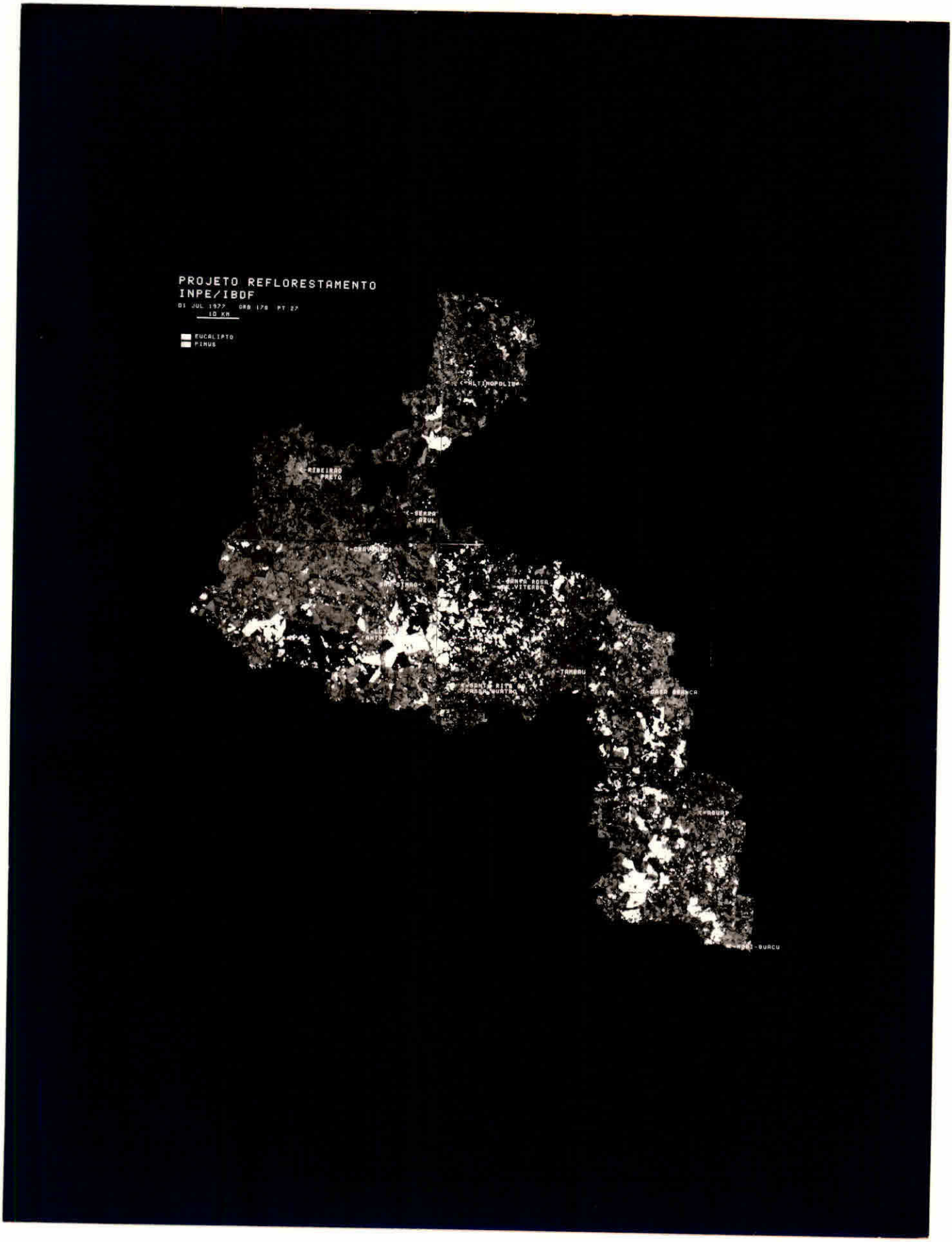


Fig. III.2 - Classificação da área de estudo através do sistema I-100.

CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES

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

4.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

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

Foi possível a diferenciação dos gêneros Pinus e Eucalyptus.

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

A delimitação de áreas reflorestadas é mais eficiente no canal 5 do que no canal 7.

Quando os reflorestamentos são de pequenas extensões (da ordem de 20 ha) é praticamente impossível a sua caracterização.

Quando as áreas reflorestadas se apresentam com aspecto de desuniformidade, bastante falhado, torna-se difícil a caracterização e definição dos seus limites.

Os aspectos espaciais, isto é, as formas geométricas das áreas reflorestadas são importantes auxiliares da sua caracterização.

A análise de várias passagens da mesma imagem é necessária para caracterização e definição de áreas reflorestadas, principalmente quando apresentam aspecto de desuniformidade.

Verificou-se que há uma grande concentração de reflorestamento nos municípios de Santa Rita de Passa Quatro e São Simão e outra grande concentração nos municípios de Casa Branca, Aguaí e Mogi-Guaçu.

A área de Eucalipto é cerca de 15 vezes maior que a área ocupada por Pinus.

A área de Eucalipto foi super estimada em 2,50%.

A área de Pinus foi sub estimada em 5,30%.

4.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

A análise dos módulos mostrou que:

Foi possível a separação dos gêneros Pinus e Eucalyptus.

Existiam variações na classe de Eucalipto, o que provocou a sub-divisão dessa classe.

Somente no módulo 5 foi possível definir e classificar a classe de Pinus, pois existiam áreas representativas dessa classe, considerando a escala de trabalho.

Os canais 6 e 7 serviram para definir as classes de Eucalipto e Pinus, e também para definir as duas sub-classes de Eucalipto.

A primeira sub-classe de Eucalipto (bem definida através dos canais 6 e 7) não apresentou confusão com outros alvos.

A segunda sub-classe de Eucalipto, por ser mais desuniforme, confundiu-se com outros alvos de tipo florestal, provocando os maiores erros de classificação.

A escala de 1:250.000, mostrou-se satisfatória para esse tipo de trabalho.

BIBLIOGRAFIA

HERNANDEZ FILHO, P. e SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de metodologia para avaliação de povoamentos florestais artificiais, utilizando-se dados do LANDSAT.* São José dos Campos, Jun., 1978. (INPE-1271-TPT/089).

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

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

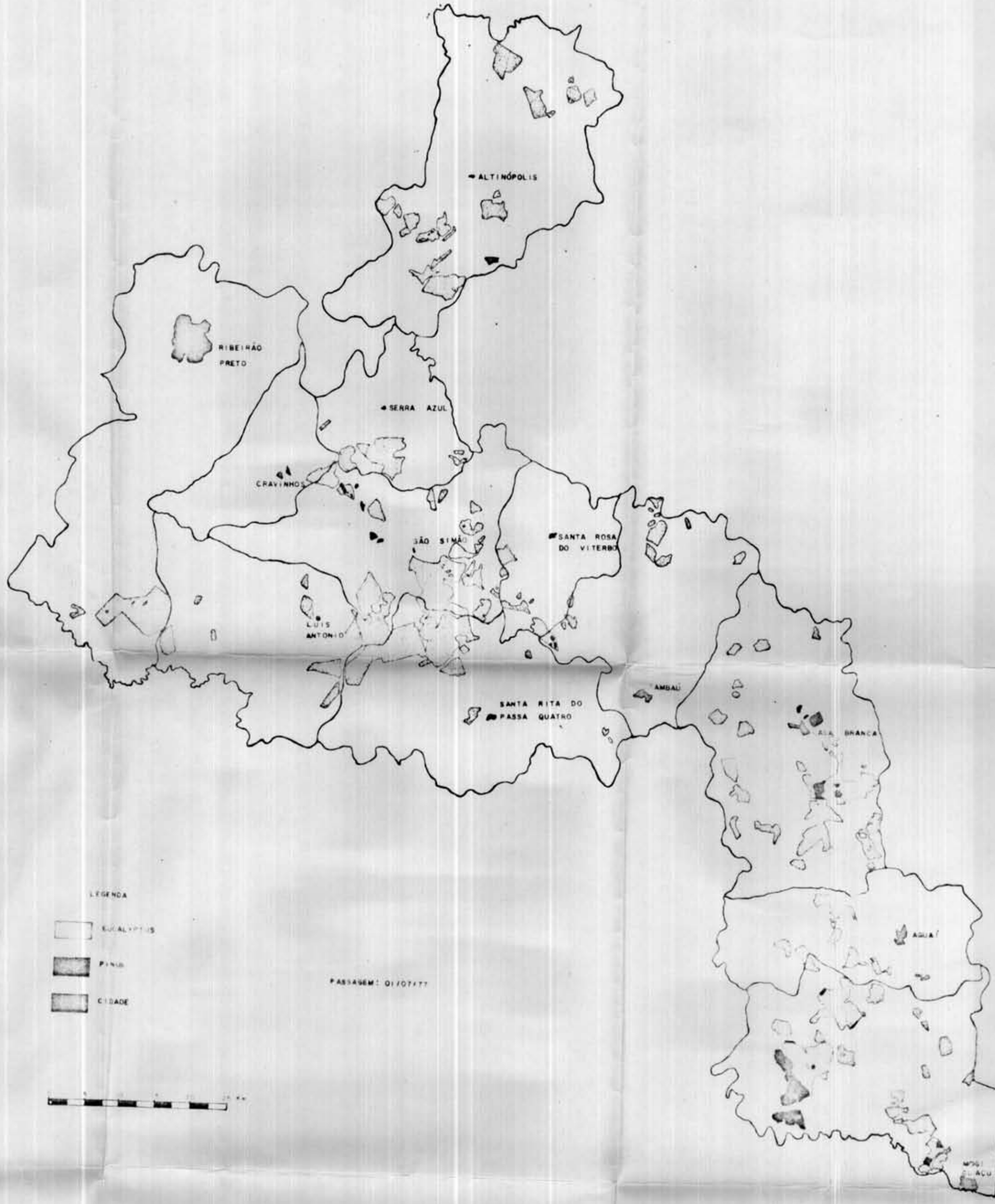
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Seminário de Sensoriamento Remoto IBGE/INPE.* São José dos Campos, Jan., 1975.

KOFFLER, N.F. *Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo de padrão de drenagem em solos originários do arenito Bauru.* São José dos Campos, INPE, Jun., 1976. (INPE-898-TPT/029).

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

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).

APÊNDICE-A



INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS ÁREAS REFLORESTADAS DE DOZE MUNICÍPIOS LOCALIZADOS NO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO UTILIZANDO-SE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT