

1. Publicação nº <i>INPE-2198-PRE/007</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1981</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa <i>ANAMB</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>USO DA TERRA</i> <i>INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:910.26</i>			
8. Título <i>LEVANTAMENTO DE USO DA TERRA ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS DO SISTEMA LANDSAT</i>		10. Páginas: <i>21</i>	
		11. Última página: <i>17</i>	
		12. Revisada por  <i>Hermann Kux</i> Hermann Kux	
9. Autoria <i>Magda Adelaide Lombardo</i> <i>Evelyn Márcia Leão de Moraes Novo</i> <i>Madalena Niero</i> <i>Celina Foresti</i>		13. Autorizada por  <i>Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor	
Assinatura responsável <i>Magda Adelaide Lombardo</i>			
14. Resumo/Notas  <i>O objetivo deste trabalho foi estabelecer uma metodologia para o levantamento do uso da terra através da utilização de técnica de interpretação automática de dados do sistema LANDSAT. Foram levantadas classes amplas de uso da terra: área urbana, área industrial, solo exposto, área cultivada, pastagem, reflorestamento e mata. A análise automática foi feita utilizando-se a opção de classificação Máxima Verossimilhança. A média dos erros de omissão e inclusão obtida para as sete classes analisadas foi respectivamente 39% e 3,4%.</i>			
15. Observações <i>Trabalho a ser publicado nos Anais do "XI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola", realizado em Brasília de 22 a 25 de junho de 1981. Este trabalho é parte do relatório INPE-1972-RPE/278.</i>			

### ABSTRACT

*The objective of this study is to develop a methodology of automatic data interpretation for land-use surveys. The automatic interpretation method was employed to analyze seven land-use classes. They are: urban area, industrial area, bare soil, cultivated area, pastureland, reforestation and natural vegetation. The automatic classification of LANDSAT MSS data using maximum likelihood algorithm shows a 39% average error of emission and a 3,4% error of commission for the seven classes.*

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>iv</i>
LISTA DE TABELAS .....	<i>v</i>
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>MATERIAIS</u> .....	1
3. <u>MÉTODO</u> .....	2
4. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17

LISTA DE FIGURA

	<u>Pág.</u>
1. Área teste com controle fotogrāfico.....	3

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1. Distribuição de "pixels" na classificação automática (Módulo 1) .....	5
2. Respostas espectrais de classes de uso da terra, utilizando-se combinações de 4 canais espectrais (Módulo 1) .....	6
3. Erros de omissão e inclusão de classes de uso da terra (Módulo 1) .....	8
4. Distribuição de "pixels" na classificação automática (Módulo 4) .....	9
5. Respostas espectrais das classes de uso da terra utilizando-se combinações de quatro canais (Módulo 4) .....	10
6. Erros de omissão e inclusão de classes de uso da terra (Módulo 4) .....	11
7. Percentual de área ocupada por classes de uso da terra, através de dados obtidos por aeronave e pelo LANDSAT - setembro/1977 .....	13
8. Resultados comparativos de área das classes de uso da terra, através de dados obtidos por aeronave e pelo LANDSAT, setembro/1977 (Módulo 1) .....	14
9. Resultados comparativos de área das classes de uso da terra, através de dados obtidos por aeronave e pelo LANDSAT, setembro de 1977 (Módulo 4) .....	15

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho faz parte do relatório final do projeto UTVAP (Uso da Terra no trecho paulista do Vale do Paraíba), cujo objetivo geral foi estabelecer metodologia para o levantamento do uso da terra, através de dados do sistema LANDSAT.

O objetivo específico deste trabalho foi analisar as classes funcionais de uso da terra, espectralmente homogêneas, obtidas através de técnicas de interpretação automática.

Para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa foi selecionado o setor paulista do Vale do Paraíba, pois esta é uma área em que estão ocorrendo modificações rápidas nos padrões de uso da terra.

## 2. MATERIAIS

Na realização da pesquisa foram utilizadas fitas CCTs referentes à órbita 150, ponto 28 de 9/09/1977.

Como material de apoio à interpretação, foram utilizadas cartas topográficas na escala 1:50.000 (do IBGE) e o Levantamento do Uso do Solo no Vale do Paraíba por aerofotointerpretação (CETESB, 1978).

A classificação automática foi feita através da utilização do Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais I-100, cujas características encontram-se descritas em General Electric Company (1975).

### 3. MÉTODO

Para o desenvolvimento da pesquisa foi selecionada a área teste de Taubaté, localizada no setor paulista do Vale do Paraíba (Figura 1). A área teste foi dividida em 10 módulos, para compatibilizar a escala de análise automática (1:50.000) com a escala do mapa de uso da terra, obtido através de fotografias aéreas, que foi utilizado como material de apoio na coleta de áreas de treinamento (CETESB, 1979). Foram escolhidos os módulos 1 e 4, para a análise comparativa entre a interpretação automática de dados LANDSAT e os dados obtidos de fotografias aéreas, por apresentarem características semelhantes de relevo e diferentes classes de uso da terra. Procurou-se verificar se um número maior de tipos de uso alteraria o resultados da classificação.

A classificação automática foi realizada de acordo com as seguintes etapas:

- ampliação de cada módulo, na tela do I-100, até a escala aproximada de 1:50.000;
- seleção das amostras de treinamento com o auxílio do mapa de uso da terra, obtido através da interpretação de fotografias aéreas convencionais e reconhecimento de campo;
- classificação automática a partir das amostras selecionadas utilizando-se a opção de classificação "Máxima Verossimilhança" (Velasco, 1978).

O cálculo de precisão da classificação foi feito a partir das seguintes técnicas:

- interseção do resultado da classificação da área de estudo com a área teste de cada classe analisada, utilizando-se o programa "cálculo de área" (Niero e Lombardo, 1979);
- análise comparativa entre o total da área obtida em cada classe de uso da terra, através da classificação automática, com o total de cada classe, através do mapa obtido de fotografias aéreas.

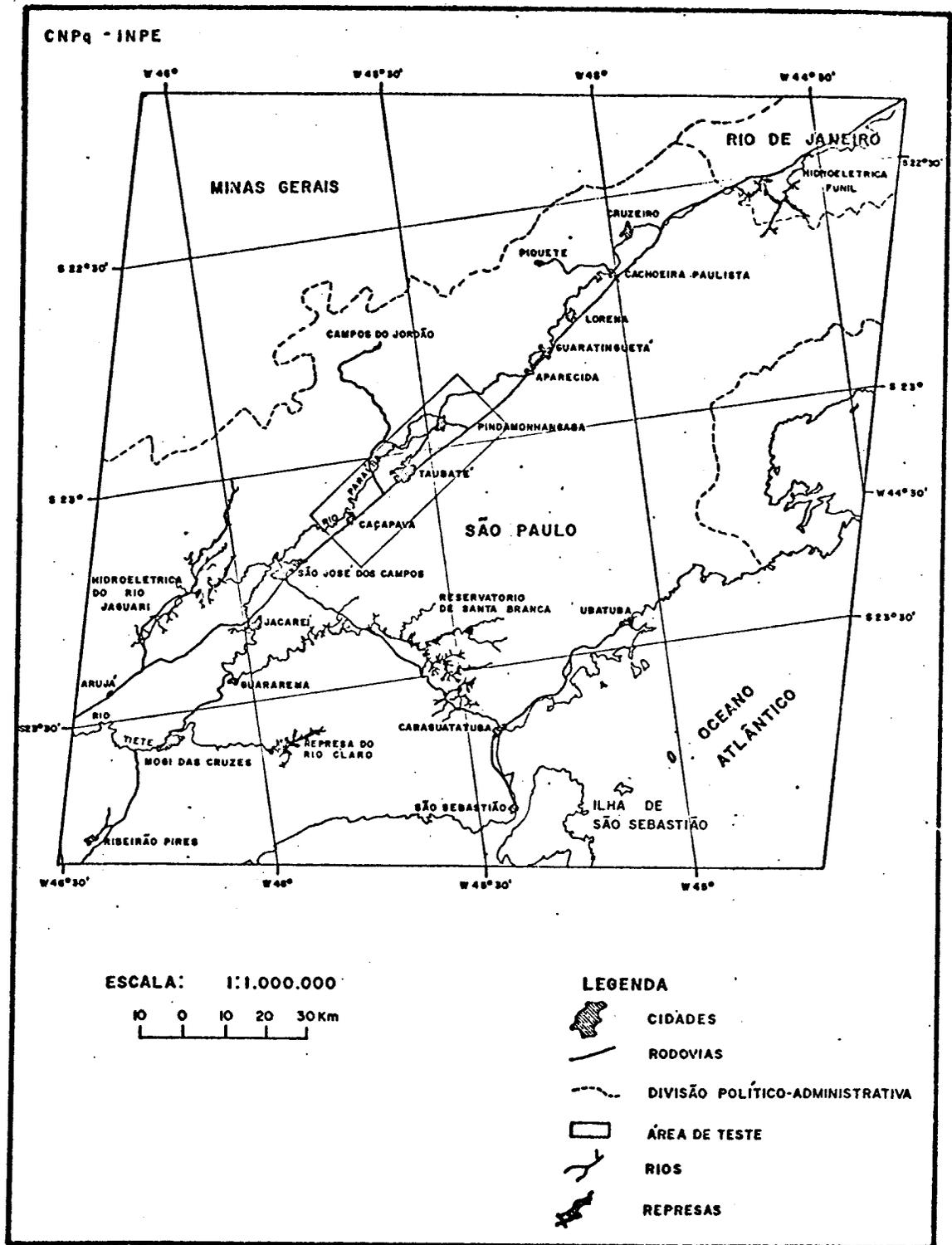


Fig. 1 - Área teste com controle fotográfico.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas as seguintes classes de uso da terra: área urbana, área industrial, solo exposto, área cultivada, pastagem, reflorestamento e mata, sendo que no módulo 1 não ocorreram as classes área urbana e área industrial.

A área urbana apresenta diferença de comportamento espectral, quando se compara o centro (urbana 1) com a periferia (urbana 2) da cidade. Na área central com maior densidade de edificações, as tonalidades de cinza são mais escuras, nos quatro canais, se comparadas à periferia da cidade com menor concentração e ocorrência de terrenos de ocupados (solo exposto).

A classe pastagem foi subdividida em pastagem 1 (cobertura rala) e 2 (cobertura densa).

A área cultivada foi subdividida em úmida e seca. A área cultivada 1 (úmida) apresenta menor reflectância, no canal 7, se comparada com a área cultivada 2 (seca). Estas áreas não foram agrupadas para evitar problemas classificatórios.

Analisando-se as Tabelas 1 e 2 pode-se observar que existe superposição de algumas classes como por exemplo entre solo exposto e área cultivada.

As classes solo exposto e área cultivada seca têm reflectâncias semelhantes nos 4 canais analisados.

A classe pastagem apresentou superposição com a classe área cultivada 2. Estas classes apresentam reflectâncias idênticas nos canais 4 e 5. Isto pode ser explicado pelo fato de que estas áreas de pastagem possuem baixa densidade de cobertura do solo, obtendo-se resposta semelhante às áreas cultivadas que possuem solo pouco úmido.

TABELA 1

DISTRIBUIÇÃO DE "PIXELS" NA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA (MÓDULO 1)

CLASSES	SOLO EX POSTO	ÁREA CUL TIVADA 1	ÁREA CUL TIVADA 2	PASTAGEM	REFLORESTA MENTO	MATA	NÃO CLASSI FICADOS
Solo exposto	55	0	20	0	0	0	21
Área cultivada 1	0	221	66	0	0	0	1
Área cultivada 2	0	225	1719	8	3	0	45
Pastagem	0	0	58	1623	0	0	15
Reflorestamento	0	0	2	46	642	210	60
Mata	0	0	2	8	361	491	10

*Nota: As colunas indicam os "pixels" pertencentes às respectivas classes.*

TABELA 2

RESPOSTAS ESPECTRAIS DE CLASSES DE USO DA TERRA, UTILIZANDO-SE  
COMBINAÇÕES DE 4 CANAIS ESPECTRAIS (MÓDULO 1)

CLASSES	CANALIS MSS DO LANDSAT			
	4	5	6	7
Solo exposto	57,67	67,58	72,38	48,25
Área cultivada 1	31,00	30,21	30,58	13,40
Área cultivada 2	35,93	38,05	41,00	25,96
Pastagem	37,37	40,24	56,01	44,64
Reflorestamento	27,73	26,29	52,11	46,66
Mata	32,21	26,29	57,97	51,35

A classe reflorestamento apresentou superposição com as classes: área cultivada 2, pastagem e mata. Sua maior superposição, entretanto, foi com a classe mata. As classes reflorestamento e mata apresentam grande semelhança espectral nos 4 canais do sistema LANDSAT.

A classe mata apresentou maior superposição com a classe reflorestamento. Estas áreas apresentam alta reflectância na faixa do infravermelho.

Analisando-se a Tabela 3 nota-se que em todas as classes os erros de omissão foram maiores que os de inclusão. As maiores porcentagens de erros de omissão ocorreram com as classes solo exposto e mata. As áreas com solos expostos são, na maior parte, parcelas em pouso. Os diferentes tipos de solos e suas variações de umidade interferem na resposta espectral do alvo, o que dificulta a classificação correta.

Analisando-se a distribuição de "pixels" no módulo 4, como mostram as Tabelas 4 e 5, a classe área urbana apresenta maior superposição com a classe pastagem. Esta situação pode ser explicada pela similaridade espectral das áreas periféricas das cidades e pastagens. Estas pastagens possuem baixa densidade de cobertura do solo, tendo alta reflectância no canal 6.

Quanto às áreas industriais, o baixo índice de "pixels" classificados corretamente, como mostra a Tabela 4, pode ser explicado pela alta superposição desta classe, com solo exposto e áreas urbanas. Estas áreas apresentam-se com alta reflectância na faixa do visível.

Os menores erros de omissão ocorreram com a classe pastagem, como mostra a Tabela 6. Esta classe ocupa 67% da área do módulo 4, e apesar da variação de densidade de gramíneas, as pastagens apresentam-se com tonalidade de cinza-médio nos quatro canais espectrais.

TABELA 3

ERROS DE OMISSÃO E INCLUSÃO DE CLASSES  
DE USO DA TERRA (MÓDULO 1)

CLASSES	ERROS (%)	
	OMISSÃO	INCLUSÃO
Solo exposto	43	4
Área cultivada 1	30	1
Área cultivada 2	15	7
Pastagem	4	2
Reflorestamento	33	6
Mata	44	8

TABELA 4

DISTRIBUIÇÃO DE "PIXELS" NA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA (MÓDULO 4)

CLASSES	ÁREA URBANA	ÁREA INDUSTRIAL	SOLO EXPOSTO	ÁREA CULTIVADA 1	ÁREA CULTIVADA 2	PASTAGEM	REFLORESTAMENTO	MATA	NÃO CLASSIFICADOS
Área urbana	447	105	187	0	108	606	0	3	17
Área industrial	94	100	211	0	0	17	0	0	10
Solo exposto	563	385	810	0	59	238	5	18	68
Área cultivada 1	0	0	0	3861	2013	73	78	13	132
Área cultivada 2	1256	21	6	0	2906	355	0	3	193
Pastagem	221	74	15	2	86	7041	70	299	52
Reflorestamento	0	0	0	0	0	308	1002	938	148
Mata	0	4	0	22	6	235	184	794	51

TABELA 5

RESPOSTAS ESPECTRAIS DAS CLASSES DE USO DA TERRA UTILIZANDO-SE  
COMBINAÇÕES DE QUATRO CANAIS (MÓDULO 4)

CLASSES	CANALIS MSS DO LANDSAT			
	4	5	6	7
Área urbana 1	41,41	48,10	50,64	30,79
Área urbana 2	43,90	51,65	57,18	37,04
Área industrial	63,78	78,96	81,24	54,32
Solo exposto	49,09	63,00	66,99	41,76
Área cultivada 1	38,04	41,42	42,67	25,57
Área cultivada 2	27,50	25,32	23,87	8,73
Pastagem 1	35,76	39,22	50,78	37,26
Pastagem 2	36,59	39,72	59,57	49,87
Reflorestamento	26,98	24,57	51,85	45,13
Mata	30,21	27,33	56,80	50,06

TABELA 6

ERROS DE OMISSÃO E INCLUSÃO DE CLASSES  
DE USO DA TERRA (MÓDULO 4)

CLASSES	ERROS (%)	
	OMISSÃO	INCLUSÃO
Área urbana	19	1
Área industrial	77	1
Solo exposto	62	4
Área cultivada 1	38	9
Área cultivada 2	39	6
Pastagem	10	3
Reflorestamento	58	4
Mata	39	1

A Tabela 7 indica a comparação entre os dados obtidos a través da interpretação de fotografias aéreas convencionais e os dados digitalizados do LANDSAT. Pode-se observar que em termos de área ocupada, as classes pastagens e área cultivada apresentaram menores disparidades entre dados obtidos através de aeronave e LANDSAT.

Comparando-se os módulos 1 e 4 (Tabelas 8 e 9) pode-se observar que as menores variações dos dados entre as áreas analisadas com fotografias aéreas e imagens LANDSAT ocorreram no módulo 1. Somente a área da classe reflorestamento foi superestimada. Muitos "pixels" pertencentes à classe mata foram classificadas como reflorestamento, devido à similaridade espectral destes alvos.

No módulo 4, as maiores variações de área ocupada ocorreram com as classes área industrial, solo exposto e mata. Estas classes não apresentaram um padrão definido de resposta espectral, o que implica o resultado não satisfatório da classificação.

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a presença de grande número de classes de comportamento espectral complexo interfere no resultado da classificação, havendo maior erro naquelas classes onde as características espectrais dos alvos não são bem definidas.

TABELA 7

PERCENTUAL DE ÁREA OCUPADA POR CLASSES DE USO DA TERRA, ATRAVÉS DE DADOS OBTIDOS POR AERONAVE E PELO LANDSAT - SETEMBRO/1977

CLASSES	ÁREA (%)					
	MÓDULO 1			MÓDULO 4		
	FOTOGRAFIAS AÉREAS	DADOS LANDSAT	AERONAVE	DADOS LANDSAT	AERONAVE	DADOS LANDSAT
Área urbana	-	-	20,62	-	20,62	11,97
Área industrial	-	-	0,58	-	0,58	1,85
Solo exposto	0,39	0,01	0,32	0,01	0,32	1,86
Área cultivada	24,50	24,56	22,96	24,56	22,96	19,52
Pastagem	69,07	58,38	47,36	58,38	47,36	45,74
Reflorestamento	2,22	11,84	5,61	11,84	5,61	7,74
Mata	3,82	5,21	3,35	5,21	3,35	11,32

TABELA 8  
RESULTADOS COMPARATIVOS DE ÁREA DAS CLASSES DE USO DA TERRA, ATRAVÉS  
DE DADOS OBTIDOS POR AERONAVE E PELO LANDSAT, SETEMBRO/1977 (MÓDULO 1)

CLASSES	ÁREA (KM <sup>2</sup> )			VARIACÃO DE ÁREA (%)
	FOTOGRAFIAS AEREAS (I)	DADOS LANDSAT (II)	(II-I)	
Solo exposto	0,32	0,47	0,15	46,87
Área cultivada	20,14	19,58	0,56	2,78
Pastagem	56,78	46,54	10,24	18,03
Reflorestamento	1,83	9,44	7,61	415,84
Mata	3,13	4,17	1,96	62,61

TABELA 9  
**RESULTADOS COMPARATIVOS DE ÁREA DAS CLASSES DE USO DA TERRA, ATRAVÉS  
 DE DADOS OBTIDOS POR AERONAVE E PELO LANDSAT, SETEMBRO DE 1977 (MÓDULO 4)**

CLASSES	ÁREA (KM <sup>2</sup> )			VARIACÃO DE ÁREA (%)
	FOTOGRAFIAS AEREAS (I)	DADOS LANDSAT (II)	(II-I)	
Área urbana	23,00	19,26	3,74	16,26
Área industrial	0,86	2,98	2,12	246,51
Solo exposto	0,47	2,99	2,52	536,17
Área agrícola	33,63	31,49	2,14	6,36
Pastagem	69,54	73,58	4,04	5,81
Reflorestamento	8,22	12,44	4,22	51,33
Mata	3,69	18,20	14,51	393,22

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) *LUVAP Levantamento do uso do solo no Vale do Paraíba*. São Paulo, 1979. 35 p. (relatório técnico, 12).
- GENERAL ELECTRIC COMPANY (GE) *Image-100; interactive multispectral image analysis system-user manual*. Daytona, 1975. 157 p.
- NIERO, M.; LOMBARDO, M.A. *Uso de técnicas de interpretação automática na determinação de classes funcionais de uso da terra no Vale do Paraíba*. São José dos Campos, INPE, mar., 1979. 31 p. (INPE-1426-RPI/001).
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema Maxver; manual do usuário*. São José dos Campos, INPE, jul., 1978. 72 p. (INPE-13-15-NTI/110).