

1. Publicação nº <i>INPE-3843-RPE/503</i>	2. Versão	3. Data <i>Abri1, 1986</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa <i>AGRICULTURA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>CANASATE</i> <i>MAPEAMENTO TEMÁTICO</i> <i>CANA-DE-AÇÚCAR</i> <i>SATÉLITE LANDSAT</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:633.61</i>			
8. Título <i>CANASATE - MAPEAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR POR SATÉLITE</i>		10. Páginas: <i>69</i>	
		11. Última página: <i>60</i>	
9. Autoria <i>Francisco José Mendonça Equipe da FUNCATE referente aos trabalhos de interpretação</i>		12. Revisada por  <i>Armando P. dos Santos</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Raupp Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas <p><i>O Projeto CANASATE - Mapeamento de cana por satélite tem por objetivo obter a distribuição espacial e a estimativa de área da cultura da cana-de-açúcar, ao nível nacional, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Para atingir este objetivo dividiu-se a região canavieira do País em três áreas, assim denominadas: ÁREA I: Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná; ÁREA II: Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte; e ÁREA III: as áreas canavieiras de Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e Mato Grosso do Sul. O presente relatório refere-se, especificamente, à ÁREA I, cuja concentração canavieira representa 60% de toda a cana plantada no País. Obtiveram-se os mapas temáticos, em número de 23, na escala de 1:250.000, a partir de imagens MSS e TM do satélite LANDSAT, referentes às datas de 1983 e 1984. Obteve-se, também, a estimativa de área de cana, por município e por Estado, cujos resultados ao nível estadual foram os seguintes: Rio de Janeiro: 263.635 ha; São Paulo: 2.158.000 ha; Paraná: 135.859 ha. A média de exatidão do mapeamento foi de 91%.</i></p>			
15. Observações			

ABSTRACT

The CANASATE Project-sugarcane mapping by satellite, has the objective of obtaining the spatial distribution and area estimation of sugarcane plantation, at national level, using remote sensing techniques. To achieve this objective, Brazil was divided into three areas: AREA I, which includes Rio de Janeiro, São Paulo and Paraná states; AREA II, which includes Alagoas, Pernambuco, Paraíba and Rio Grande do Norte states; and AREA III, which includes Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e Mato Grosso do Sul states. This report shows the results for AREA I, which represents approximately 60% of the national sugarcane plantations. Twenty-three thematic maps on the scale of 1.250.000 were obtained using LANDSAT MSS and TM images of 1983 and 1984. The results were: 236.635 ha in Rio de Janeiro states; 2.158.000 ha in São Paulo states; 135.859 ha in Paraná state. The overall average accuracy on the estimations was 91%.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Importância da cana-de-açúcar	3
1.2 - Principais regiões produtoras	4
1.3 - Aspectos gerais da cana-de-açúcar	6
1.4 - Conceitos gerais de sensoriamento remoto	8
1.5 - Sistema LANDSAT	10
1.6 - Imageador multiespectral do LANDSAT - MSS	11
1.7 - Imageador multiespectral do LANDSAT - TM	12
1.8 - Características multiespectrais dos dados LANDSAT	12
1.9 - Utilização de imagens LANDSAT na agricultura	13
<u>CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS</u>	15
2.1 - Localização da área de estudo	15
2.2 - Produtos de sensoriamento remoto e material cartográfico .	16
2.2.1 - Imagens LANDSAT	16
2.2.2 - Documentação cartográfica	16
2.3 - Equipamentos principais utilizados	19
2.3.1 - Amplificador fotográfico DURST	19
2.3.2 - Mesa digitalizadora acoplada a um microcomputador	19
2.3.3 - Prensa a vácuo	19
2.4 - Metodologia de identificação da cana	19
2.4.1 - Análise das imagens LANDSAT	19
2.4.1.1 - Estabelecimento de uma chave de interpretação	19
2.4.1.2 - Interpretação visual da cana-de-açúcar	21
2.4.1.3 - Trabalho de verificação de campo	24
2.5 - Metodologia para determinação da exatidão do mapeamento ..	25
2.6 - Metodologia de avaliação de área	26
2.7 - Metodologia da confecção das cartas temáticas	26

<u>CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	29
3.1 - Mapeamento da Área I	29
3.2 - Exatidão de mapeamento da Área I	30
3.3 - Avaliação de áreas de cana-de-açúcar	35
<u>CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Ciclo evolutivo da cana-de-açúcar na região Sudeste	8
1.2 - Espectro das ondas eletromagnéticas, com indicação das faixas utilizadas em sensoriamento remoto e respectivos sistemas sensores	9
1.3 - Subsistema do imageador multiespectral do LANDSAT	11
1.4 - Reflectância espectral de alvos naturais	13
2.1 - Localização da Área I	15
2.2 - Passagens das imagens LANDSAT na Área I	17
2.3 - Padrão da cana-de-açúcar em imagens MSS do LANDSAT, nos canais 5(a) e 7(b)	22
2.4 - Padrão da cana-de-açúcar em imagens TM do LANDSAT, nos canais 3(a) e 4(b)	23

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil, 1983	5
1.2 - Participação das cinco grandes regiões geográficas do país na produção de cana-de-açúcar	6
2.1 - Chave de interpretação usada para a identificação de cana-de-açúcar utilizando imagens LANDSAT	20
3.1 - Matriz de confusão dos pontos analisados	31
3.2 - Índices, em percentagens, indicativos de acertos e erros .	31
3.3 - Resultados da determinação da exatidão do mapeamento da cana-de-açúcar utilizando imagens LANDSAT	32
3.4 - Resultados da ocorrência dos erros cometidos nas classes cana e não-cana de cada carta temática	34
3.5 - Resultados da determinação da precisão de avaliação de áreas utilizando-se uma mesa digitalizadora da HP acoplada a um computador	36
3.6 - Avaliação de áreas de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo	37
3.7 - Avaliação de áreas de cana-de-açúcar do Estado do Rio de Janeiro	48
3.8 - Avaliação de áreas de cana-de-açúcar do Estado do Paraná .	49
3.9 - Número de municípios por estado que cultivam a cana-de-açúcar	52
3. 10 - Área de cana por estado e percentagem de sua ocupação ..	53

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Projeto CANASATE pretende obter a distribuição espacial e a estimativa de área da cultura de cana-de-açúcar, em grandes regiões, utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

A região de estudo, objeto deste relatório, para ser executada durante o período de 1984 a 1985 foi denominada ÁREA I (AI), englobando as seguintes Unidades da Federação: São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná.

O Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE tem concentrado, desde 1978, grandes esforços no desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de área da cultura da cana-de-açúcar. A grande ênfase tem sido dada no tratamento de imagens obtidas pelo satélite da série LANDSAT.

No início, os estudos foram realizados no Estado de São Paulo, os quais culminaram com a geração de dois inventários de área plantada de toda a região canavieira deste Estado, através da interpretação visual de imagens do LANDSAT, na escala de 1:250.000, com suporte em verificação de campo de fotografias aéreas no infravermelho coloridas, obtidas de aeronave.

Em 1982, o SERPRO- Serviço Federal de Processamento de Dados demonstrou interesse pelo uso de sensoriamento remoto para o levantamento de áreas agrícolas. Em junho deste ano, foi assinado um convênio entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq/INPE e o SERPRO, cuja principal finalidade seria desenvolver um sistema de estimativa de área da cultura da cana-de-açúcar, ao nível nacional, utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de interpretação visual de imagens obtidas por satélite e por aeronave.

Para alcançar este objetivo os seguintes passos foram seguidos:

- 1) adequação das metodologias de interpretação visual para estimativa de área da cultura da cana-de-açúcar às diferentes regiões canavieiras do País;
- 2) implementação e avaliação da metodologia para as diferentes regiões do País;
- 3) assessoramento na aplicação da metodologia durante o primeiro ano de operacionalização.

Importantes avanços foram feitos durante o desenvolvimento do projeto, principalmente no tocante à adequação das metodologias de interpretação visual para estimativa de área de cana-de-açúcar.

Experiências foram adquiridas em interpretação de imagens LANDSAT de áreas até então não estudadas como a região canavieira do Norte Fluminense, parte do Estado do Paraná e regiões de São Paulo, onde a fronteira canavieira tem se expandido rapidamente nos últimos anos.

Nestas áreas, vários problemas foram levantados podendo-se citar: plantio em relevo movimentado, cultivo em pequenos talhões, presença de outros alvos que causam confusão com a cana, condições anormais da cultura devido a eventos episódicos e aspectos de fitossanidade, nível de tecnologia aplicado e manejo não-adequado que provocam tombamento, falhas de plantio, etc.

Estes problemas, se não detectados e estudados, podem levar a um resultado de classificação insatisfatório.

Para a minimização destes problemas foram despendidos esforços, tais como:

- 1) o uso exaustivo de dados auxiliares obtidos de usinas e destilarias;
- 2) a verificação intensiva de campo, principalmente em áreas problemáticas, procurando-se identificar as condições de superfície, responsáveis pela alteração do comportamento espectral da cultura;
- 3) a análise do calendário agrícola da cultura, principalmente a época do plantio que, atualmente, sofre grandes variações de região para região.

Cabe destacar o esforço empregado e obtido no desenvolvimento e transferência de uma metodologia de utilização de dados do LANDSAT, para identificação e mapeamento da cana-de-açúcar. Este projeto, sem dúvida, será um embrião de um sistema bem mais amplo, qual seja, o de dotar o País de um sistema de previsão de safras, ao nível nacional, utilizando uma tecnologia moderna, eficiente e rápida, para atender a informação altamente dinâmica da evolução da cultura canavieira em todo o território nacional, requerida pelas metas estabelecidas pelo PROÁLCOOL.

1.1 - IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Graves problemas econômicos enfrentados pelo Brasil nos seus últimos anos, tais como altas taxas de inflação, crescentes déficits na balança de pagamentos e aumento rápido da dívida externa, obrigaram o Governo Federal, no início de 1979, a eleger a agricultura como um dos setores prioritários, ao lado da ampliação das exportações e do problema energético.

Nesse contexto de grandes dificuldades, a prioridade dada pelo Governo ao setor agrícola teve por objetivo obter as seguintes contribuições básicas: estabilização dos preços dos produtos agrícolas no mercado interno; descompressão dos índices de custo de vida, visando uma redução no crescimento do Índice Geral de Preços; recuperação e

aumento das exportações do setor primário e produção de energia a partir da biomassa que pudesse substituir, de modo crescente, os derivados dos líquidos de petróleo.

A contribuição da agricultura para aumentar a oferta de alimentos e ajudar a solucionar o problema energético continua sendo uma das metas básicas a ser perseguida pela política econômica do Governo Federal, ora agravado pelas elevadas taxas de inflação interna.

No que diz respeito ao programa do álcool, como medida para ajudar a solucionar o problema energético, foi estabelecido como meta nacional a produção anual de 10,7 bilhões de litros de álcool (o equivalente em termos caloríficos a 170.000 barris de petróleo/dia) a partir de 1985, para atender às demandas de mistura de álcool anidro à gasolina e de álcool hidratado à frota especializada em álcool.

Diante desse contexto, a cultura da cana-de-açúcar assumiu especial destaque não só no plano econômico, mas também no plano social, constituindo-se, desse modo, um problema de segurança nacional.

1.2 - PRINCIPAIS REGIÕES PRODUTORAS

Segundo dados do IAA/PLANALSUCAR (1984), a área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil em 1983 foi de 3.720.300 hectares, o que representa uma expansão de 10,6% em relação a 1982, tendência de crescimento observada em 10 Estados. A Tabela 1.1 mostra, para cada Estado, a área cultivada com cana-de-açúcar e sua contribuição percentual em relação à área total cultivada com cana no Brasil.

TABELA 1.1

ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL, 1983

ESTADO	ÁREA	
	Hectare	%
São Paulo	1.836.830	49,37
Pernambuco	460.400	12,38
Alagoas	460.370	12,37
Rio de Janeiro	219.000	5,89
Minas Gerais	177.600	4,77
Paraná	133.450	3,59
Paraíba	121.100	3,26
Mato Grosso do Sul	54.500	1,47
Goiás	51.400	1,38
Rio Grande do Norte	46.500	1,25
Espírito Santo	30.230	0,81
Sergipe	20.060	0,78
Bahia	25.620	0,69
Ceará	20.000	0,34
Mato Grosso	16.380	0,44
Maranhão	10.500	0,28
Santa Catarina	9.030	0,24
Pará	6.000	0,16
Rio Grande do Sul	4.780	0,13
Piauí	4.200	0,11
Rondônia	1.850	0,05
Amazonas	1.500	0,04
	3.720.300	100,00

FONTE: IAA/PLANALSUCAR (1984), p. 14.

A Tabela 1.2 mostra a participação, em termos de áreas cultivadas com cana-de-açúcar, das cinco grandes regiões geográficas do Brasil.

TABELA 1.2

PARTICIPAÇÃO DAS CINCO GRANDES REGIÕES
GEOGRÁFICAS DO PAÍS NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

REGIÃO	Á R E A	
	HECTARE	%
Norte	9.350	0,25
Nordeste	1.177.750	31,66
Centro-Oeste	122.280	3,29
Sudeste	2.236.660	60,85
Sul	147.260	3,96
	3.720.300	100,00

FONTE: IAA/PLANALSUCAR (1984), p. 14.

1.3 - ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene, pertencente ao gênero **SACCHARUM**, com origem provável no Sudeste da Ásia. O gênero **SACCHARUM** é apresentado por diversas espécies (*S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, etc). Entretanto, as variedades atualmente cultivadas são quase todas híbridas.

De acordo com Koffler et alii (1979), cultiva-se cana-de-açúcar em todas as regiões tropicais e subtropicais de ambos os lados do Equador, até cerca de 35° de latitudes Norte e Sul, sendo atualmente o Brasil um dos maiores produtores mundiais com mais de 3.000.000

de hectares cultivados. Segundo este autor, no Brasil tem-se notícia de seu cultivo desde os primórdios da colonização, na segunda década após o descobrimento, entre os anos de 1510 e 1520, quando já existiam plantações nos atuais Estados de Pernambuco e do Rio de Janeiro. Acredita-se que a primeira exportação de açúcar tenha sido realizada em 1521, para Portugal.

A cultura canavieira desenvolveu-se em todos os Estados brasileiros. Entretanto, as regiões de grande produção estão concentradas apenas em alguns Estados do Nordeste e do Sudeste, sendo São Paulo o principal produtor nacional, responsável por cerca de 43% da produção brasileira de açúcar e 62% da produção de álcool, na safra de 1984/85.

A cultura da cana-de-açúcar sofre as influências do clima em todo o curso de seu ciclo vegetativo. Neste aspecto difere bastante das culturas de plantas anuais de ciclo curto que são influenciadas apenas pelas características de limitados períodos do ano.

O meio ambiente ideal é aquele em que a precipitação é bem distribuída durante o período relativamente seco antes da colheita, com bastante luminosidade durante todo o ciclo.

Quando a colheita da cana é feita com aproximadamente 12 meses após o plantio, esta é denominada *cana de ano*, enquanto a *cana de ano-e-meio* é aquela cuja colheita é realizada 18 meses após o plantio. O gráfico da Figura 1.1 mostra o ciclo evolutivo da cana de 12 e 18 meses.

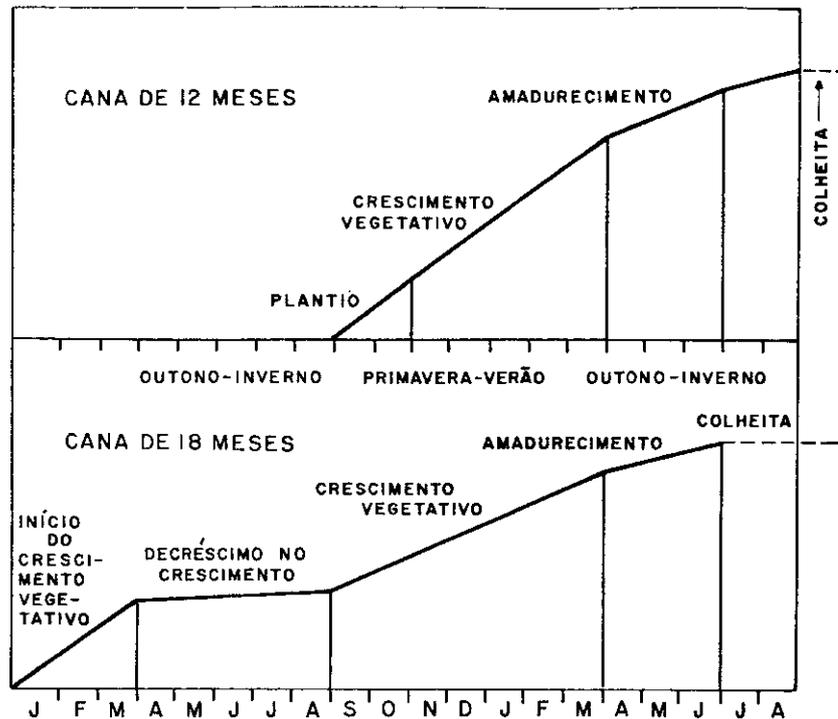


Fig. 1.1 - Ciclo evolutivo da cana-de-açúcar na região Sudeste.

1.4 - CONCEITOS GERAIS DE SENSORIAMENTO REMOTO

O princípio básico do sensoriamento remoto fundamenta-se na propriedade que tem cada objeto da superfície da Terra de responder, caracteristicamente, à energia radiante que sobre ele incide.

A energia refletida ou emitida por cada objeto pode ser captada por sensores que operam em intervalos específicos do espectro eletromagnético.

O espectro das ondas eletromagnéticas está dividido em diversas regiões que vão desde os raios cósmicos até as ondas de rádio e as de baixa frequência.

Na figura 1.2 são mostradas as principais regiões do espectro eletromagnético utilizadas em sensoriamento remoto.

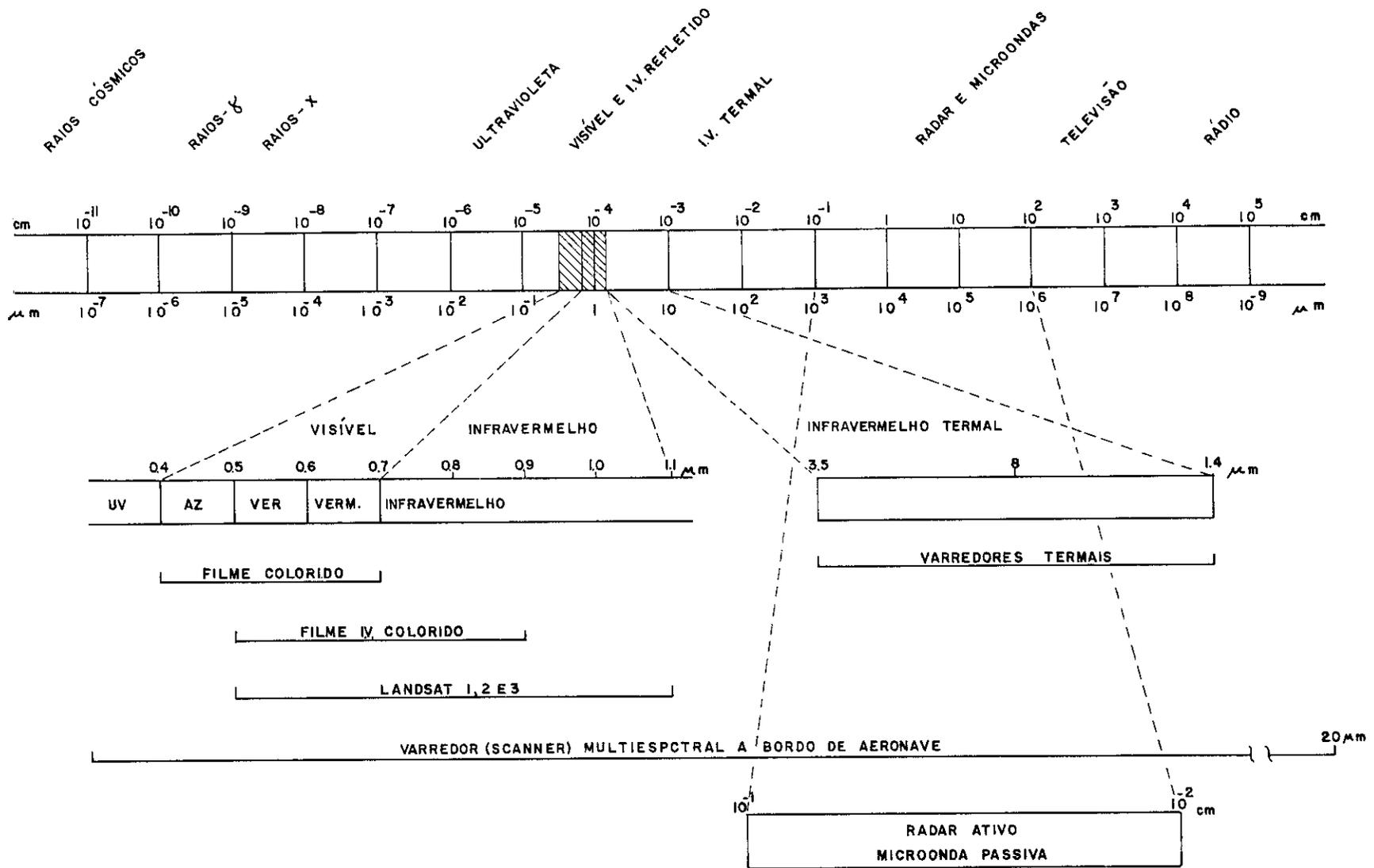


Fig. 1.2 - Espectro das ondas eletromagnéticas, com indicação das faixas utilizadas em sensoriamento remoto e respectivos sistemas sensores.

FONTE: Harding e Scott (1978), p. 110.

A região da luz visível pode ser subdividida em regiões menores, correspondentes às cores:

- . 380 a 450 nm - violeta,
- . 450 a 500 nm - azul,
- . 500 a 570 nm - verde,
- . 570 a 590 nm - amarelo,
- . 590 a 610 nm - laranja,
- . 610 a 780 nm - vermelho.

1.5 - SISTEMA LANDSAT

O lançamento do primeiro satélite da série LANDSAT (Land Satellite) ocorreu em 23 de julho de 1972, em 22 de janeiro de 1985 o LANDSAT-2, em 15 de maio de 1978 o LANDSAT-3, em 16 de julho de 1982 o LANDSAT-4 e em 01 de março de 1984 o LANDSAT-5.

O objetivo do programa LANDSAT foi construir uma ferramenta prática e eficiente no manejo dos recursos naturais. Em linhas gerais, são as seguintes as características do Sistema LANDSAT:

Os satélites da série LANDSAT 1, 2 e 3 cruzavam o Equador às 09:42 h (hora solar local) a cada passagem. Este horário foi escolhido porque pela manhã geralmente o céu está mais claro, com pouca névoa. Como a velocidade orbital dos satélites é constante, todos os outros pontos de cada órbita eram cobertos em horários próximos às 09:42h, dentro de intervalo de 09:30 h às 10:00 h (hora solar local).

A órbita destes satélites, a uma altitude nominal de 900 Km, é quase circular (0,0001 de excentricidade), síncrona com o sol e quase polar (mantém uma inclinação constante de 99,008 graus com o plano equatorial). Com esta órbita, os sensores destes satélites tomam a imagem de uma mesma área sempre com, aproximadamente, o mesmo ângulo de iluminação solar. A faixa de superfície da Terra coberta pelos sensores é contínua, possuindo 185,2 Km de largura, e de cada área a ima

gem é tomada, respectivamente, a cada 18 dias, à mesma hora local. No fim de 18 dias, ou na conclusão de 251 revoluções, o período de cobertura é completado.

Os satélites da série LANDSAT 4 e 5 estão também colocados numa órbita polar, geocêntrica, heliossíncrona, mas a uma altitude nominal de 705 Km, cruzando o Equador a cada 100 minutos, entre 09:30 h e 10:00 h (hora solar local), completando 14,5 órbitas por dia, com uma repetitividade de 16 dias.

1.6 - IMAGEADOR MULTIESPECTRAL DO LANDSAT - MSS

O MSS (Multispectral Scanner Subsystem) é um sensor do tipo imageador, cuja faixa espectral abrange de 500 nm a 1.100 nm. Na Figura 1.3 é mostrado o funcionamento desse sistema de varredura.

O imageador MSS possui um espelho que oscila continuamente na frequência de 13,62 Hz, num ângulo de $2,89^{\circ}$ que faz uma varredura transversal ao deslocamento do satélite, numa largura de 185,2 Km. Através de um sistema óptico, a energia recebida pelo espelho é focalizada em 24 detetores (6 detetores para cada banda espectral) produzindo assim, sinais de vídeo, que são amostrados, digitados e formatados.

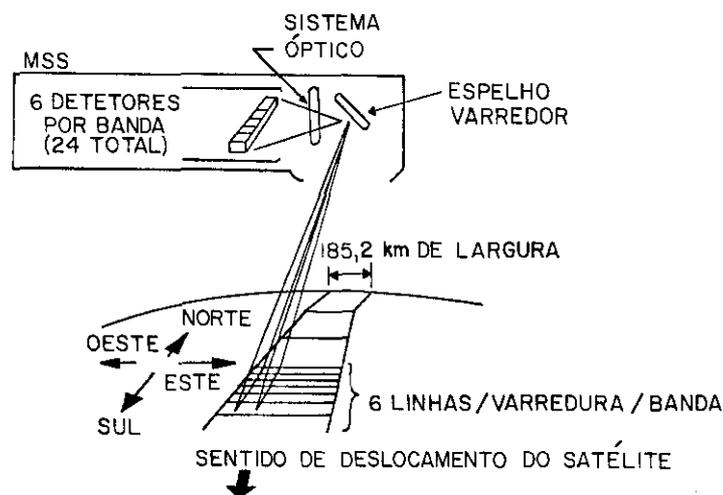


Fig. 1.3 - Subsistema do imageador multiespectral do LANDSAT.
FONTE: NASA (1977), p. 4.

O MSS toma cada imagem da superfície da Terra, simultaneamente, em 4 bandas espectrais, também chamadas canais, cujos intervalos espectrais são:

- Canal 4 - 500 nm a 600 nm (verde-laranja).
- Canal 5 - 600 nm a 700 nm (laranja-vermelho).
- Canal 6 - 700 nm a 800 nm (vermelho-infravermelho próximo).
- Canal 7 - 800 nm a 1.100 nm (infravermelho próximo).

1.7 - IMAGEADOR MULTIESPECTRAL DO LANDSAT - TM

O sistema TM (Thematic Mapper) é um sensor de segunda geração, derivado do MSS, que possui 7 canais, cujos intervalos são os seguintes:

- Canal 1 - 420 nm a 520 nm (azul).
- Canal 2 - 520 nm a 600 nm (verde).
- Canal 3 - 630 nm a 690 nm (vermelho).
- Canal 4 - 760 nm a 900 nm (infravermelho próximo).
- Canal 5 - 1550 nm a 1750 nm (infravermelho próximo).
- Canal 6 - 10400 nm a 12.500 nm (infravermelho termal).
- Canal 7 - 2080 nm a 2350 nm (infravermelho próximo).

A resolução espacial dos canais do TM na parte refletida do espectro eletromagnético é de 30 m (elemento de resolução no terreno = 30m x 30m), enquanto nos canais do MSS a resolução é de 80 m (79m x 79m).

1.8 - CARACTERÍSTICAS MULTIESPECTRAIS DOS DADOS LANDSAT

A grande novidade dos dados LANDSAT, sejam dados do MSS ou dados do TM, é o seu caráter multiespectral que permite analisar os diferentes alvos em diferentes faixas do espectro eletromagnético.

No gráfico da Figura 1.4 é mostrado o comportamento espectral típico dos alvos vegetação, solo e água.

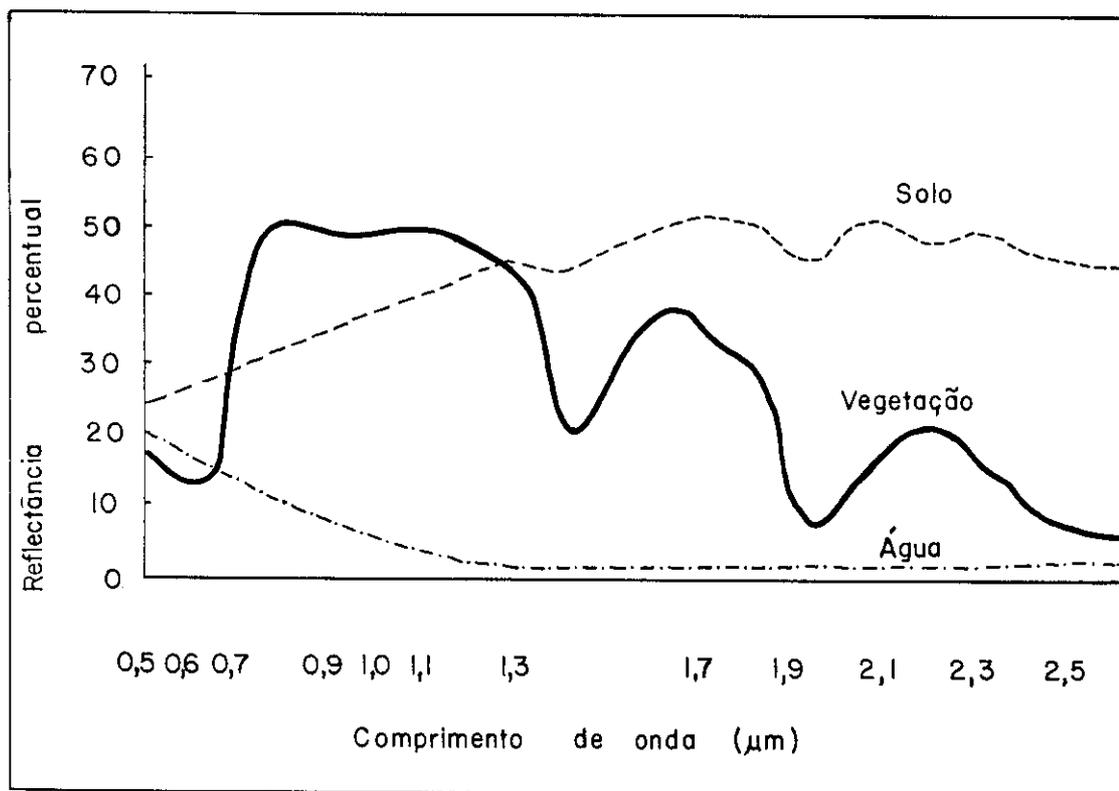


Fig. 1.4 - Reflectância espectral de alvos naturais.

FONTE: Lillepand e Kiefer (1979), p. 18.

1.9 - UTILIZAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT NA AGRICULTURA

O uso de dados do LANDSAT para trabalhos na área da agricultura tem potencialidade para as seguintes atividades:

- . identificação e avaliação de áreas ocupadas com culturas,
- . inventários agrícolas,
- . mapeamento da distribuição espacial das culturas,
- . acompanhamento e monitoramento das culturas, e
- . planejamentos agrícolas.

Para atender a essas atividades, a análise e a interpretação das imagens devem ser feitas através das características espec

trais, temporais e espaciais das culturas em estudo.

Além da análise dessas três características, é muito importante que sejam observados dois requisitos: um referente à imagem LANDSAT, ou seja, que elas estejam livres de cobertura de nuvem; e outro, referente à cultura em estudo, isto é, que a extensão dos talhões da cultura sejam compatíveis com a resolução geométrica do sistema LANDSAT (0,64 ha para o MSS e 0,09 ha para o TM).

Para a análise espectral das culturas, podem ser utilizados os quatro canais do MSS ou os sete canais do TM, muito embora a utilização somente dos canais 5 e 7 do MSS ou 3 e 4 do TM sejam suficientes para a discriminação das culturas.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas de cultura da cana-de-açúcar, abrangidas por este mapeamento, corresponde ao seguinte agrupamento:

ÁREA I - abrangeu a área canavieira dos Estados de São Paulo, do Paraná e do Rio de Janeiro, conforme mostra o mapa de localização da Figura 2.1.

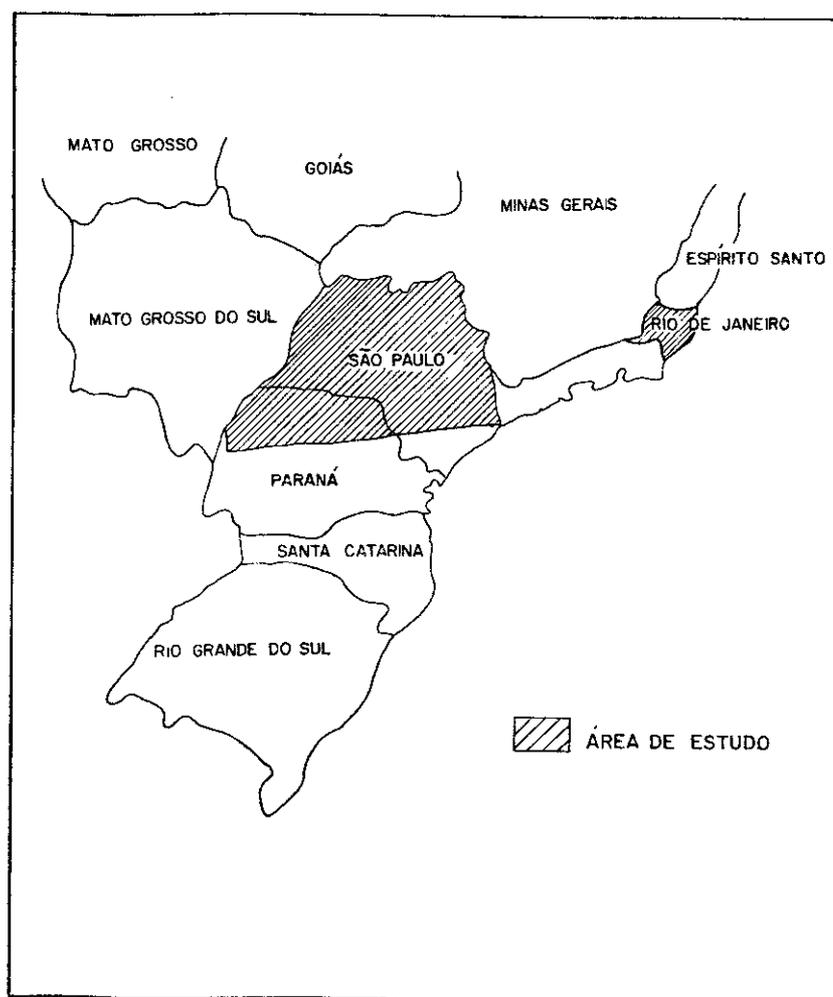


Fig. 2.1 - Localização da ÁREA I.

2.2 - PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E MATERIAL CARTOGRÁFICO

2.2.1 - IMAGENS LANDSAT

Para o desenvolvimento desta fase do Projeto foram utilizadas imagens LANDSAT, tanto MSS quanto TM, na escala de 1:250.000 que cobriram toda a ÁREA I. Com referência às imagens obtidas através do sensor MSS foram utilizadas passagens de 1980/81/82 e 83, e com referência às obtidas através de sensor TM as datas de passagens foram de 1984.

Na Figura 2.2 estão indicadas as órbitas/pontos das imagens utilizadas na ÁREA I.

2.2.2 - DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

Como bases cartográficas foram utilizadas cartas topográficas na escala de 1:250.000, conforme relação abaixo:

Cartas Topográficas, Escala 1:250.000 - da ÁREA I

Iturama	1980 - IBGE
Prata	1979 - IBGE
Uberaba	1979 - IBGE
Andradina	1980 - IBGE
Votuporanga	1981 - IBGE
São José do Rio Preto	1980 - IBGE
Franca	1980 - IBGE
Dracena	1980 - IBGE
Araçatuba	1976 - IBGE
Araraquara	1979 - IBGE
Ribeirão Preto	1979 - IBGE
Loanda	1977 - IBGE
Presidente Prudente	1979 - IBGE
Marília	1979 - IBGE

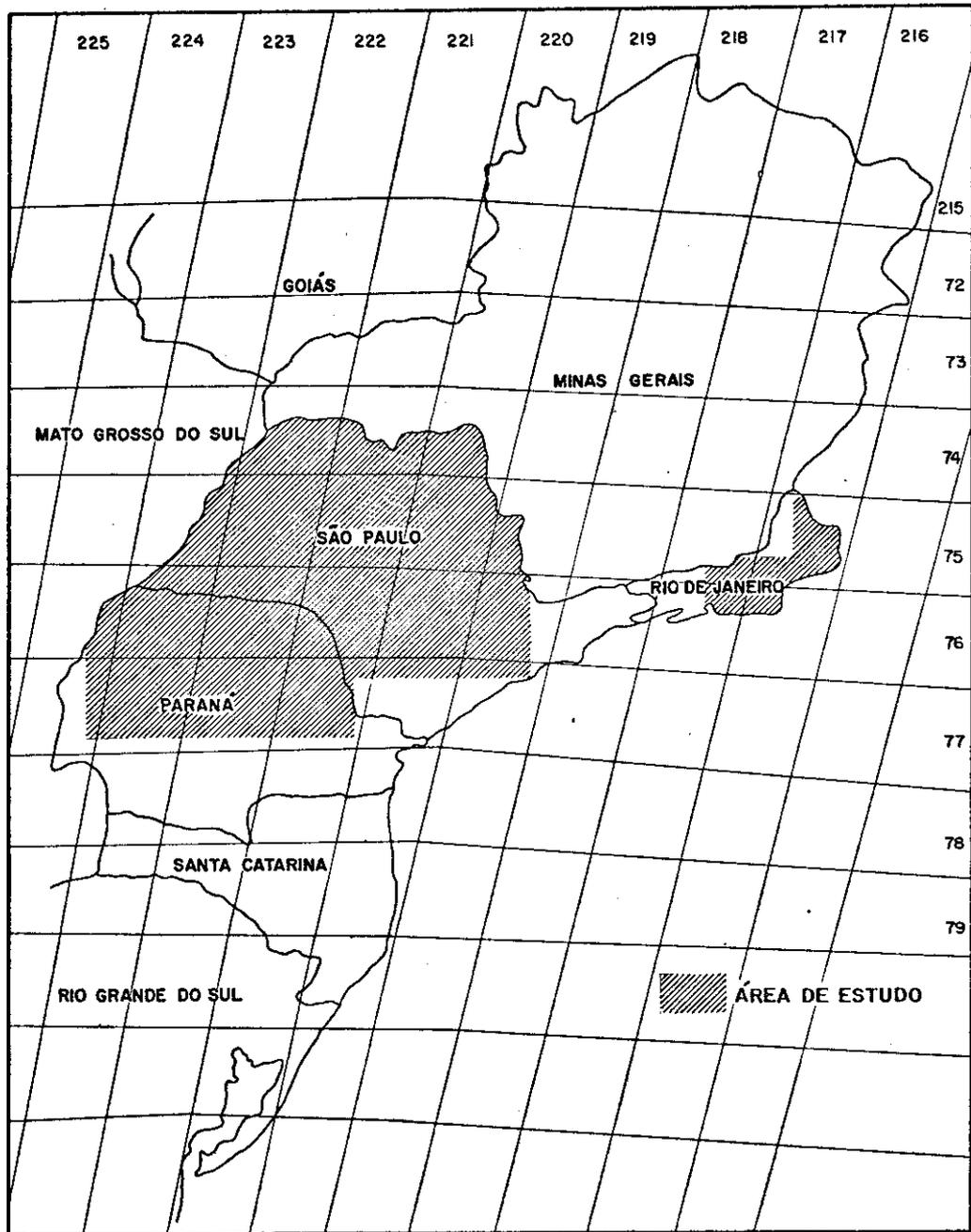


Fig. 2.2 - Passagens das Imagens LANDSAT na ÁREA I.

Bauru	1979 - IBGE
Campinas	1980 - IBGE
Umuarama	1977 - IBGE
Londrina	1977 - IBGE
Cornélio Procópio	1976 - IBGE
Itapetininga	1982 - IBGE
São Paulo	1983 - IBGE
Cascavel	1982 - IBGE
Campo Mourão	1982 - IBGE
Telêmaco Borba	1982 - IBGE
Campos	1980 - IBGE
Macaé	1977 - IBGE
Rio de Janeiro	1980 - IBGE

Além das cartas topográficas anteriormente citadas, foram utilizadas cartas temáticas de cana-de-açúcar obtidas diretamente das usinas e destilarias da área de estudo. Estas cartas temáticas foram reduzidas para a escala de 1:250.000 e serviram como indicadores da distribuição espacial da cana-de-açúcar na área de estudo.

As cartas topográficas também foram utilizadas para o lançamento da rede de limites municipais elaborados pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), para os limites municipais do Estado de São Paulo; pelo Instituto de Terras e Cartografia (ITC), para os limites dos municípios do Estado do Paraná; e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para os limites municipais do norte fluminense.

2.3 - EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS UTILIZADOS

2.3.1 - AMPLIFICADOR FOTOGRÁFICO DURST

Para promover o ajuste gráfico dos mapas temáticos obtidos das usinas e destilarias para a escala de trabalho de 1:250.000, foi utilizado o ampliador fotográfico Durst do Laboratório de Processamento Fotográfico do INPE.

2.3.2 - MESA DIGITALIZADORA ACOPLADA A UM MICROCOMPUTADOR

Para a avaliação da área ocupada com cana-de-açúcar foi utilizada uma Mesa HP modelo 9874-A, com resolução de 25 μm , acoplada a um microcomputador EGO com capacidade de memória de 250 "K bytes", Sistema Analix.

2.3.3 - PRENSA A VÁCUO

Esta prensa a vácuo foi utilizada para fazer a juntada das pranchas pinadas com os diferentes temas da carta temática que, após os testes de tempo de exposição do filme litográfico, era feita a sua impressão.

2.4 - METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DA CANA

2.4.1 - ANÁLISE DAS IMAGENS LANDSAT

Obtidos os dados do LANDSAT, canais 5 e 7 para imagens MSS e 3 e 4 para imagens TM, o procedimento de análise foi feito de acordo com uma chave de interpretação, especialmente elaborada, conforme descrição a seguir.

2.4.1.1 - ESTABELECIMENTO DE UMA CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

De modo geral, o plantio da cana-de-açúcar na ÁREA I é concentrado em duas épocas: em outubro, que permite a colheita de cana

com aproximadamente 12 meses, sendo conhecida como cana de ano; em janeiro e fevereiro, que permite a colheita com 18 meses, denominada cana de ano-e-meio.

Com base nesses calendários de plantio e colheita da cana-de-açúcar, foi utilizada uma chave de interpretação desenvolvida e testada por Mendonça et alii (1981), mostrada na Tabela 2.1.

TABELA 2.1

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO USADA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT.

FASES	PRIMEIRA FASE						SEGUNDA FASE				TERCEIRA FASE	
	SEGUNDO PERÍODO		PRIMEIRO PERÍODO				PRIMEIRO PERÍODO	SEGUNDO PERÍODO			SEGUNDO PERÍODO	PRIMEIRO PERÍODO
CANAIS	7		7				7	7			5	7
NÍVEIS DE CINZA	CLARO	ESCURO	CLARO	MÉDIO	ESCURO	CLARO	CLARO	ESCURO	MÉDIO	MÉDIO	CLARO	CLARO
SITUAÇÕES SIMPLES	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m
SITUAÇÕES COMBINADAS			ac	ad	ae	bf			gi	hj		lm
TEMAS			CANA	CANA ?	CANA	CANA			CANA ?	CANA ?		CANA
LEGENDA			COLORIR DE VERDE	CON-TORNO EM VERDE	COLORIR DE VERDE	COLORIR DE VERDE			CON-TORNO EM VERDE	CON-TORNO EM VERDE		COLORIR DE VERDE
OBSERVAÇÕES	CON-TORNO EM PRETO	CON-TORNO EM PRETO PONTILHADO	CANA ADULTA OU COM GRANDE % DE COBERTURA FOLIAR	TRABALHO DE CAMPO	CANA NOVA	CANA CORTADA	CON-TORNO EM PRETO	CON-TORNO EM PRETO PONTILHADO	TRABALHO DE CAMPO	TRABALHO DE CAMPO		CANA CORTADA

OBS: PRIMEIRO PERÍODO - MARÇO-ABRIL-MAIO SEGUNDO PERÍODO - JUNHO-JULHO-AGOSTO

É importante frisar que essa chave de interpretação foi desenvolvida para situações em que a cana apresenta um desenvolvimento normal, sem a ocorrência de problemas que venham alterar a sua resposta espectral característica.

No caso de áreas com problemas agronômicos, meteorológicos e/ou ambientais, tais como: cana tombada, bisada, fraquejada ou ocorrência de altos ou baixos índices de precipitação e plantio em relevo movimentado, estes fatores alteravam a resposta espectral da cana-de-açúcar, dificultando, portanto, a sua identificação quando se utilizava somente a chave de interpretação mostrada na Tabela 2.1.

Para suprir tal deficiência, a identificação da cana era complementada pelas informações auxiliares, principalmente por aquelas obtidas de mapas topográficos que continham a distribuição dos talhões de cana, elaborados pelas próprias usinas e/ou destilarias visitadas.

2.4.1.2 - INTERPRETAÇÃO VISUAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

Os trabalhos de interpretação visual da cana-de-açúcar foram feitos utilizando a chave de interpretação mostrada na Tabela 2.1. Através desta chave de interpretação foram identificados os padrões de resposta da cana-de-açúcar, utilizando dados de diferentes passagens do LANDSAT, com o objetivo de caracterizar a cana-de-açúcar nos seus diferentes estágios de desenvolvimento.

A Figura 2.3 mostra o padrão da cana-de-açúcar em imagens MSS do LANDSAT, canais 5 (visível) e 7 (infravermelho).

A figura 2.4 mostra o padrão da cana-de-açúcar nos canais 3 (visível) e 4 (infravermelho) do TM.

Para minimizar os erros de inclusão devidos ao problema de semelhança de resposta espectral da cana com a resposta de outros alvos, foi utilizado o conhecimento da distribuição espacial da cana-de-açúcar na área de estudo, obtido através de informações auxiliares (mapas topográficos das usinas) conseguidas através de intensivo trabalho de campo junto às usinas e/ou destilarias.

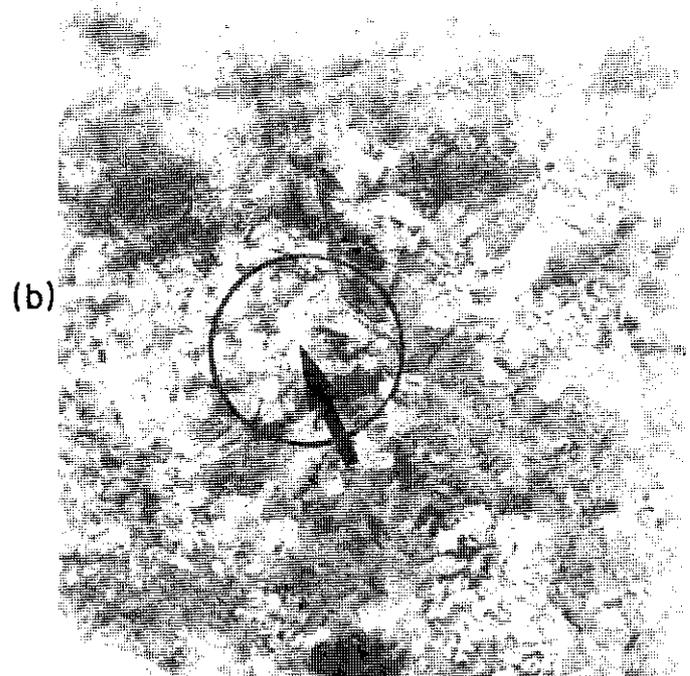
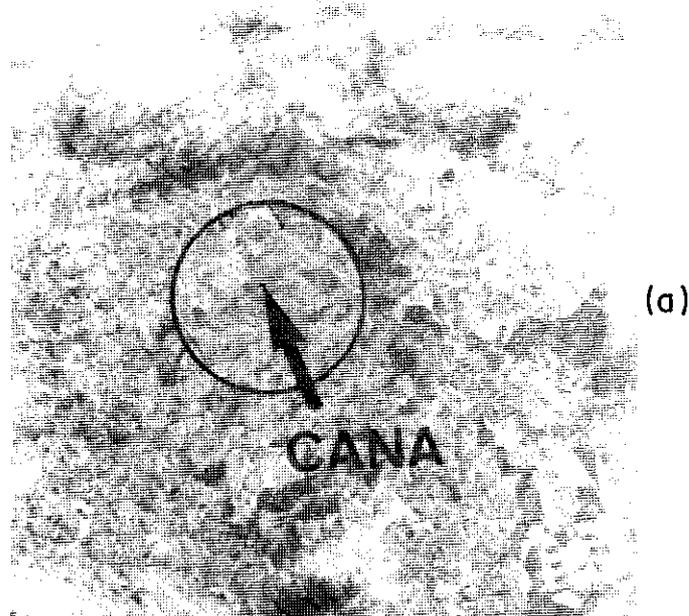


Fig. 2.3 - Padrão da cana-de-açúcar em imagens MSS do LANDSAT, nos canais 5(a) e 7(b).

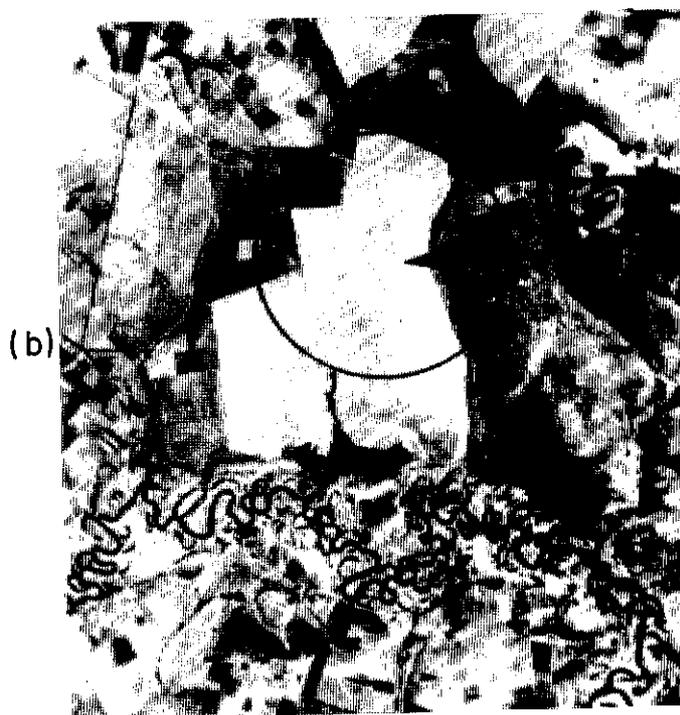


Fig.2.4 - Padrão da cana-de-açúcar em imagens TM do LANDSAT, nos canais 3(a) e 4(b).

Para compensar os erros de localização dos talhões de cana identificados devido ao efeito de distorção na obtenção das imagens, foram utilizadas bases topográficas que eram parte por parte ajustadas às imagens, obtendo-se ao final da interpretação uma semi-retificação dos talhões mapeados de cana.

Com a introdução das imagens TM para a identificação da cana, obteve-se uma sensível redução dos erros de omissão em virtude de sua melhor resolução a qual permitiu, na grande maioria dos casos, ver nitidamente que os carregadores são uma forte evidência, em interpretação visual, de áreas ocupadas com a cultura da cana-de-açúcar.

A legenda estabelecida para a identificação de cana foi aquela adotada das bases topográficas para o caso dos elementos plani-altimétricos. No caso da cana, foi reunido sobre este mesmo tema todas as áreas de cana, independente do estágio de desenvolvimento da cultura.

2.4.1.3 - TRABALHO DE VERIFICAÇÃO DE CAMPO

Foram realizados dois tipos de trabalho de campo: um com o objetivo de verificar áreas cuja identificação da cana era duvidosa. O processo desta verificação consistiu, basicamente, na visita às usinas/destilarias da área de estudo onde, com auxílio de técnicos conhecedores da região, era solucionada a dúvida de interpretação. Nesta visita às usinas/destilarias, quando possível, eram obtidos mapas topográficos, elaborados pelas usinas, sobre os quais continha a distribuição espacial da cana-de-açúcar. Através de um trabalho de redução, estes mapas eram sobrepostos sobre o mapa preliminar que continha a interpretação de cana, o que permitia eliminar a dúvida de interpretação.

O outro tipo de trabalho de campo tinha por objetivo a análise de pontos previamente selecionados para determinar a exatidão do mapeamento.

2.5 - METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA EXATIDÃO DO MAPEAMENTO

De acordo com Hord e Brooner (1976), a aceitação, pelos usuários, de mapas gerados a partir da interpretação de dados de sensoriamento remoto é função de dois parâmetros: relação custo/benefício, quando comparada à mesma relação obtida por outras técnicas, e exatidão dos mapas gerados.

Sobre a relação custo/benefício foi comprovada por George et alii (1980) que esta era baixa para levantamentos de média e pequena escala, utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

Para o caso da exatidão do mapeamento, Hord e Brooner (1976) apresentaram um método com fundamentos estatísticos, o qual analisou a técnica de amostragem, já que seria extremamente difícil estimar a exatidão de mapeamento através da verificação de toda a área mapeada.

Posteriormente, Genderen et alii (1978), Ginevan (1979) e Aronoff (1982) estabeleceram todas as bases para uma metodologia de avaliação de exatidão de mapeamento temático com apoio em Estatística.

De acordo com os autores acima citados, para verificar a exatidão do mapeamento da cana-de-açúcar na ÁREA I, onde foram utilizadas imagens LANDSAT, adotou-se primeiramente os seguintes critérios preestabelecidos:

- 1) que o risco do usuário em aceitar um mapa com uma exatidão inferior a 85% seja de 5%, ou seja:

$$\text{risco do usuário (0,05)} = \sum_{Y=0}^N \frac{N!}{Y!(N-Y)!} 0,85^{N-Y} (1-0,85)^Y \quad (a)$$

- 2) que o risco do produtor em rejeitar um mapa com uma exatidão superior a 95% seja também de 5%, ou seja:

$$\text{risco do produto (0,05)} = \sum_{Y = X+1}^N \frac{N!}{Y! (N-Y)!} 0,95^{N-Y} (1-0,95)^Y \quad (b)$$

onde:

- N = número de pontos amostrados;
- Y = número de pontos erroneamente classificados;
- X = número máximo de pontos erroneamente classificados para satisfazer às equações "a" e "b".

De acordo com esses critérios, foi estabelecida uma amostra mínima de 93 pontos para a classe *cana* e outros 93 pontos para a classe *não-cana* para cada mapa temático da ÁREA I. Estes pontos foram selecionados segundo o critério da aleatoriedade e, a seguir, foram comparados à verdade terrestre, assumindo cada ponto o valor um, quando a interpretação era correta e zero, quando era errada.

2.6 - METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE ÁREA

Para os trabalhos referentes à estimativa da área de cana-de-açúcar, obtida a partir dos mapas temáticos, foi utilizado um processo semi-automático, através de uma mesa digitalizadora marca HP, com resolução de 25 micrômetros, com área útil de digitalização de 12,40" x 13,17" acoplada a um microcomputador, marca EGO, nacional, com 256 "Kbyte" de memória de 16 bits.

2.7 - METODOLOGIA DA CONFECÇÃO DAS CARTAS TEMÁTICAS

Para elaboração das cartas temáticas, foi utilizado um método semelhante ao da reprodução fotoplástica onde se obtém cópia fotográfica por contato sobre material plástico pré-sensibilizado.

No presente projeto, os desenhos dos temas planimétricos foram feitos separados do tema cana. A seguir foi aplicada uma tinta bloqueadora sobre a superfície de plástico que continha o tema

cana, fazendo uma máscara, onde somente a cana ficava desbloqueada.

O passo seguinte consistia na colocação da juntada dos plásticos na copiadora, presos através de pinos. Fechada a câmara da copiadora e provocado o vácuo, verificava-se no manômetro se era alcançada a pressão adequada à operação. Selecionava-se, a seguir, o dispositivo de tempo de exposição conveniente e obtinha-se uma cópia positiva fotográfica sobre material pré-sensibilizado através de processo fotoquímico.

Para a obtenção dos positivos foram utilizados filmes fotográficos do tipo ortocromático, os quais possuem boa qualidade e garantem características compatíveis com a estabilidade exigida para todo o material cartográfico.

Para produzir uma tonalidade característica representativa do padrão definido na legenda da cana-de-açúcar, foi associada às máscaras, anteriormente citadas, uma trama, cujo reticulado forneceu uma textura bem característica.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - MAPEAMENTO DA ÁREA I

Foram elaborados para toda a ÁREA I 23 mapas temáticos de cana-de-açúcar (Apêndice A). No Estado do Paraná foram feitos 6 mapas assim denominados: Umuarama, Londrina, Cornélio Procópio, Cascavel, Campo Mourão e Telêmaco Borba. Os mapas elaborados na região canavieira do Norte Fluminense foram 3: Rio de Janeiro, Campos e Macaê. O Estado de São Paulo foi o que teve maior número de mapas (14 ao todo), denominados: São Paulo, Itapetininga, Campinas, Bauru, Marília, Presidente Prudente, Loanda, Ribeirão Preto, Araraquara, Araçatuba, Dracena, Franca /Uberaba, São José do Rio Preto, Votuporanga/Andradina.

Dentro da ÁREA I, a região de São Paulo foi a que apresentou maior concentração da cana-de-açúcar. Dentro do Estado de São Paulo, a região central, composta pelas folhas de Franca/Uberaba, Ribeirão Preto, Araraquara, Campinas e Bauru foi a que apresentou maior concentração da cultura. Esta região é a mais tradicional em termos de cultivo da cana-de-açúcar. Aí estão instaladas a maioria das unidades industriais de açúcar e álcool do Estado.

A região oeste do Estado de São Paulo, composta pelas folhas de Araçatuba, Marília, Presidente Prudente, Dracena e Loanda, é considerada uma região de expansão da cana-de-açúcar. Daí, a baixa concentração da cultura apresentada naquelas folhas.

No Estado do Paraná, a região tradicional de cultivo da cana-de-açúcar está praticamente localizada na folha de Cornélio Procópio. As áreas compostas pelas folhas de Telêmaco Borba, Campo Mourão, Londrina, Umuarama e Cascavel, também são áreas de expansão da cana-de-açúcar.

No Rio de Janeiro, a região canavieira do Norte Fluminense tem sua grande concentração na área plana composta pela folha de Campos. Nas folhas de Macaé e Rio de Janeiro, apesar de possuírem áreas tradicionais, a concentração de cana é baixa devido às barreiras de expansão oferecidas, de um lado pelo Oceano Atlântico e do outro pelas montanhas.

3.2 - EXATIDÃO DE MAPEAMENTO DA ÁREA I

Das 23 cartas temáticas que compõem a ÁREA I, foram selecionadas 16 que cobriam as áreas canavieiras dos Estados de São Paulo e Paraná para a determinação da exatidão de mapeamento.

Os critérios para a seleção dessas 26 cartas temáticas foram de duas ordens: um técnico, onde se procurou fazer cair os pontos a serem checados em áreas de diferentes concentrações canavieiras e de diferentes tipos de solo e relevo; outro critério, dado o grande número de pontos, foi o de custo, onde se procurou, concentrar ao máximo as áreas a serem visitadas, sem comprometimento do critério técnico, diminuindo as distâncias a serem percorridas para a localização dos pontos amostrais.

Foram visitados ao todo 2.976 pontos, dos quais 2.824 foram constatados corretos, portanto, 95% de acerto. O número de pontos cuja interpretação estava errada foi 152, o que equivale a uma percentagem de 5%.

A Tabela 3.1 mostra a matriz de confusão, em termos de pontos analisados, dos temas cana e não-cana.

TABELA 3.1

MATRIZ DE CONFUSÃO DOS PONTOS ANALISADOS

TEMAS	CANA	NÃO-CANA	TOTAL
CANA	1.373	115	1.488
NÃO-CANA	37	1.451	1.488
TOTAL	1.405	1.571	2.976

Na Tabela 3.2 essa mesma matriz de confusão é agora mos trada em termos de percentagem de acerto e erro.

TABELA 3.2

ÍNDICES, EM PERCENTAGENS, INDICATIVOS DE ACERTO E ERROS

TEMAS	CANA	NÃO-CANA
CANA	92%	8%
NÃO-CANA	2%	98%

Conforme mostra a Tabela 3.2, para o tema *cana* a percen tagem de acerto foi de 92% e para o tema *não-cana*, de 98%. O maior er ro foi o de inclusão da ordem de 8%, enquanto o erro de omissão foi de apenas 2%.

A Tabela 3.3 mostra o resultado da determinação da exa tidão por carta temática, na escala de 1:250.000.

TABELA 3.3

RESULTADO DA DETERMINAÇÃO DA EXATIDÃO DO MAPEAMENTO
DA CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT

CARTAS TEMÁTICAS	NÚMERO DE PONTOS		EXATIDÃO DO MAPEAMENTO EM %
	CERTOS	ERRADOS	
Votuporanga	91	2	93
São José do Rio Preto	89	4	90
Uberaba	92	1	95
Franca	93	0	96
Dracena	88	5	89
Araçatuba	91	2	93
Araraquara	91	2	93
Ribeirão Preto	87	6	87
Presidente Prudente	90	3	91
Marília	93	0	96
Bauru	93	0	96
Campinas	85	8	85
Umuarama	93	0	96
Londrina	86	7	86
Cornélio Procopio	87	6	87
São Paulo	90	3	92

Conforme mostram os resultados da Tabela 3.3, a carta temática de Campinas foi a que apresentou o mais baixo índice de exatidão de mapeamento, ou seja, 85%. As cartas temáticas de Franca, Marília, Bauru e Umuarama foram as que apresentaram os maiores índices de exatidão de mapeamento: 96%. As demais cartas temáticas apresentaram índices de exatidão de mapeamento entre 85% e 96%. Isto indica que os mapas produzidos atenderam os critérios preestabelecidos, conforme descritos na metodologia (seção 2.5).

A Tabela 3.4 mostra os resultados, para cada carta temática, dos erros de inclusão (erros cometidos na classe cana) e dos erros de omissão (erros cometidos na classe não-cana). Conforme se pode constatar, a carta temática de São José do Rio Preto foi a que apresentou o maior número de erros: 17 ao todo. A causa desta elevada ocorrência de erro de inclusão nesta área foi devida à presença de áreas agrícolas com irrigação, o que permitiu ter-se culturas anuais durante os dois períodos analisados. Para esta área foi feita, com base em trabalho de campo, uma reinterpretação das imagens.

A carta temática de Dracena foi a que apresentou o segundo maior erro: 11 pontos incorretos, o que equivale a um erro de inclusão de 11,83%. A razão destes erros de inclusão deveu-se ao fato de esta região de expansão da cultura da cana estar numa área de pecuária tradicional, com alta ocorrência de pastagens.

Com relação ao tema *não-cana*, a carta temática que apresentou o maior erro de omissão foi a de Araçatuba, onde ocorreram 9 erros; portanto, uma ocorrência de 9,83% de erro de omissão.

Concluindo, tais resultados mostraram que a média da exatidão de mapeamento, foi da ordem de 91% com um desvio padrão de $\pm 4\%$. O tema *cana* teve uma média de erro de inclusão de 7,73% com desvio padrão de $\pm 3,45\%$. O tema *não-cana* apresentou uma média de erro de omissão de 2,49% com um desvio padrão de $\pm 2,80\%$.

TABELA 3.4

RESULTADOS DA OCORRÊNCIA DOS ERROS COMETIDOS NAS CLASSES
CANA E NÃO-CANA DE CADA CARTA TEMÁTICA

CARTA TEMÁTICA	NÚMERO DE PONTOS DO TEMA CANA		ERRO DE INCLUSÃO	NÚMERO DE PONTOS DO TEMA NÃO-CANA		ERRO DE OMISSÃO
	CERTOS	ERRADOS	%	CERTOS	ERRADOS	%
Votuporanga	85	8	8,60	93	0	0,00
São José do Rio Preto	76	17	18,28	92	1	1,08
Uberaba	86	7	7,53	93	0	0,00
Franca	86	7	7,53	93	0	0,00
Dracena	82	11	11,83	92	1	1,08
Araçatuba	87	6	6,45	84	9	9,68
Araraquara	86	5	5,38	90	3	3,23
Ribeirão Preto	85	8	8,60	88	5	5,38
Presidente Prudente	86	7	7,53	90	3	3,23
Marília	88	5	5,38	93	0	0,00
Bauru	91	2	2,15	93	0	0,00
Campinas	86	7	7,53	91	2	2,15
Umuarama	87	6	6,45	91	2	2,15
Londrina	86	7	7,53	89	4	4,30
Cornélio Procopio	87	6	6,45	87	6	6,45
São Paulo	87	6	6,45	92	1	1,08

3.3 - AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Antes da realização propriamente das medidas de áreas, foi feito um teste para determinar a precisão do sistema. Para tanto, fez-se, inicialmente, uma estratificação de municípios com diferentes concentrações de áreas de cana, denominadas: áreas pequenas, aqueles municípios cuja somatória de área de cana atingia até 2.000 ha, áreas médias, de 2.000 a 15.000 ha; e áreas grandes, acima de 15.000 ha.

Selecionaram-se, a seguir, sete municípios, cuja distribuição da estratificação foi a seguinte: 3 áreas pequenas, 2 áreas médias e 2 áreas grandes. Para cada uma destas áreas foram feitas, repetidamente, 10 medidas de área e em uma área média foram feitas trinta medidas para verificar se as diferenças das várias medidas apresentavam uma distribuição normal.

Uma vez verificada uma distribuição normal nas diferenças de medidas em torno da média, foi feita uma análise estatística, cujos resultados são mostrados na Tabela 3.5, onde se verifica que no caso de áreas menores que 2.000 ha o erro cometido em torno da média foi de aproximadamente 2%. Nos casos de áreas maiores que 2.000 ha esse erro não foi muito mais do que 1%.

Realizados esses testes, passou-se, à medição das áreas de cana-de-açúcar, as quais eram feitas por município e cujos resultados são mostrados nas Tabelas 3.6, 3.7 e 3.8. Além do cálculo de áreas de cana, determinou-se, também, a percentagem de ocupação dentro da área geográfica de cada município.

TABELA 3.5

RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DA PRECISÃO DE AVALIAÇÃO DE ÁREAS
UTILIZANDO-SE UMA MESA DIGITALIZADORA DA HP ACOPLADA A UM COMPUTADOR

ESTRATOS	MUNICÍPIO	\bar{X}	ℓ_{\max}	%
ÁREAS PEQUENAS < 2.000 ha	Urupês	545	8,83	1,62
	Itobi	714	9,71	1,36
	Bebedouro	1.177	22,65	1,92
ÁREAS MÉDIAS > 2.000 ha < 15.000 ha	Pradópolis	11.105	125,97	1,13
	Piranji	6.037	51,52	0,85
ÁREAS GRANDES > 15.000 ha	São Simão	19.705	260,56	1,32
	Casa Branca	17.409	220,55	1,27

TABELA 3.6

AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR
DO ESTADO DE SÃO PAULO

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) x 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Adamantina	42.800	3.578	8,36%
Aguaí	46.200	7.246	15,68%
Águas da Prata	15.500	208	1,34%
Agudos	120.080	6.002	5,00%
Altinópolis	93.600	10.862	11,60%
Alto Alegre	30.500	666	2,18%
Americana	14.400	3.556	24,69%
Américo Brasiliense	12.700	7.461	58,75%
Amparo	46.300	2.544	5,49%
Analândia	31.200	2.028	6,50%
Anhembi	72.800	662	0,91%
Anhumas	32.600	279	0,85%
Araçatuba	247.900	17.868	7,20%
Araçoiaba da Serra	28.300	110	0,39%
Aramina	19.900	13.330	66,98%
Araraquara	148.400	53.519	36,06%
Araras	61.000	41.371	67,82%
Arealva	47.900	502	1,04%
Areópolis	8.500	7.165	84,29%
Ariranha	13.200	7.638	57,86%
Artur Nogueira	33.100	11.046	33,37%
Assis	76.700	13.889	18,11%
Auriflama	43.300	514	1,19%
Avaí	53.300	2.227	4,18%
Avare	128.800	4.149	3,22%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Bálsamo	14.600	96	0,65%
Barbosa	20.500	8.041	39,22%
Bariri	44.400	6.817	15,35%
Barra Bonita	14.200	8.519	60,00%
Barretos	157.000	1.557	0,99%
Barrinha	14.400	10.438	72,48%
Bastos	17.300	427	2,47%
Batatais	83.800	553	0,66%
Bauru	67.400	554	0,82%
Bebedouro	67.400	6.674	19,90%
Bento de Abreu	30.100	3.018	10,03%
Bernardino de Campos	23.900	16	0,06%
Bilac	17.300	125	0,72%
Birigui	53.000	681	1,28%
Boa Esperança do Sul	72.700	12.189	16,76%
Bocaina	36.100	8.000	22,16%
Boituva	24.800	10.133	40,86%
Borã	11.200	1.333	11,90%
Boracéia	11.300	4.270	37,79%
Botucatu	149.600	5.053	3,38%
Braúna	17.100	639	3,73%
Brodosqui	29.400	9.176	31,21%
Brotas	106.200	9.709	9,14%
Buritizal	26.800	869	3,24%
Cabrália Paulista	23.600	1.066	4,52%
Caconde	46.400	502	1,08%
Cafelândia	92.400	286	0,31%
Caiuã	50.500	2.571	5,09%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Cajobi	26.500	567	2,14%
Cajuru	81.400	1.471	1,81%
Campinas	89.000	1.647	1,85%
Campos Novos Paulista	47.300	577	1,22%
Cândido Mota	58.900	10.647	18,08%
Cândido Rodrigues	7.000	1.568	22,40%
Capivari	31.900	23.749	74,45%
Casa Branca	86.500	17.760	20,53%
Cássia dos Coqueiros	19.500	366	1,88%
Catanduva	38.700	17.861	46,15%
Catiguã	14.400	9.494	65,93%
Cerquilha	12.600	3.432	27,24%
Cesário Lange	19.000	7.007	36,88%
Charqueada	17.900	11.991	66,99%
Clementina	17.500	1.948	11,13%
Colina	40.400	3.222	7,97%
Conchal	21.200	5.315	25,07%
Cordeirópolis	12.300	8.945	72,72%
Coroados	35.300	111	35,500%
Corumbataí	26.400	4.817	18,25%
Cosmópolis	17.800	9.515	53,45%
Cravinhos	30.200	19.970	66,12%
Cruzália	23.900	1.312	5,49%
Descalvado	74.300	11.429	15,38%
Dobrada	15.400	10.693	69,43%
Dois Córregos	59.900	22.836	38,12%
Dourado	20.200	92	0,45%
Dracena	50.000	689	1,38%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Duartina	27.300	248	0,91%
Dumont	11.370	10.298	90,57%
Elias Fausto	20.300	11.893	58,58%
Estrela D'Oeste	29.400	1.528	5,20%
Fernando Prestes	17.000	2.855	16,79%
Fernandópolis	54.500	2.130	3,91%
Flora Rica	22.000	301	1,37%
Flórida Paulista	51.400	5.817	11,32%
Florínia	28.000	4.730	16,89%
General Salgado	86.600	3.991	4,61%
Getulina	64.300	1.018	1,58%
Glicério	27.400	3.129	11,42%
Guaíra	124.100	12.226	9,85%
Guapiaçú	32.300	4.137	12,81%
Guará	35.900	1.696	4,72%
Guaraçai	57.100	161	0,28%
Guaratã	47.100	1.470	3,12%
Guararapes	95.400	6.225	6,52%
Guariba	26.400	20.339	77,04%
Ibatê	29.600	9.862	33,31%
Ibirã	27.000	1.249	4,62%
Ibirarema	23.000	4.379	19,04%
Icém	36.600	1.329	3,63%
Iepê	100.000	1.530	1,53%
Igarapu do Tietê	9.000	8.634	95,93%
Igarapava	46.900	14.164	30,20%
Indaiatuba	29.900	2.083	6,97%
Indiana	13.300	35	0,26%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Inúbia Paulista	8.900	504	5,66%
Ipauçú	19.500	7.339	37,63%
Ipeio	16.500	396	2,4 %
Ipeúna	17.000	7.923	46,60%
Ipuã	56.400	5.051	8,95%
Iracemópolis	10.500	9.240	88,00%
Irapuru	22.500	178	0,79%
Itaí	120.500	1.481	1,23%
Itajobi	61.800	4.889	7,91%
Itapira	52.900	16.019	30,28%
Itápolis	101.000	1.946	1,93%
Itapuã	14.000	6.631	47,36%
Itirapina	56.700	6.429	11,34%
Itobi	14.400	707	4,91%
Itu	64.200	1.929	3,00%
Ituviara	74.600	1.256	1,68%
Jaborandi	24.800	193	0,78%
Jaboticabal	70.400	52.381	74,40%
Jaci	13.700	133	0,97%
Jaguariúna	11.600	3.578	30,84%
Jardinópolis	50.400	23.534	46,69%
Jaú	68.700	49.413	71,92%
João Ramalho	38.400	2.398	6,24%
Junqueirópolis	62.600	4.561	7,28%
Laranjal Paulista	38.700	2.619	6,77%
Lavínia	53.800	687	1,28%
Leme	39.600	20.580	51,97%

(continua)

Tabela 3.6 - continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Lençóis Paulista	115.600	41.201	35,64%
Limeira	57.900	18.933	32,70%
Lins	56.400	6.760	11,98%
Lucélia	38.000	1.742	4,58%
Luís Antônio	61.100	18.500	30,28%
Luisiânia	16.800	197	1,17%
Macatuba	22.600	16.369	72,43%
Macaubal	24.200	107	0,44%
Mãgda	31.000	688	2,22%
Marabá Paulista	95.000	5.440	5,72%
Maracá	65.900	10.671	16,19%
Mariápolis	19.000	81	0,43%
Marília	115.400	1.620	1,40%
Martinópolis	121.900	3.477	2,85%
Matão	51.700	14.138	27,34%
Meridiano	22.500	329	1,46%
Miguelópolis	80.000	5.310	6,64%
Mineiros do Tietê	19.800	9.575	48,36%
Mirandópolis	91.800	5.753	6,27%
Mirante do Paranapanema	123.500	1.979	1,60%
Mirassol	24.500	133	0,54%
Mococa	84.500	12.875	15,24%
Mogi-Guaçū	92.900	20.647	22,22%
Mogi-Mirim	48.400	18.867	38,98%
Mombuca	13.600	9.728	71,53%
Monte Alto	34.800	7.479	21,49%
Monte Aprazível	46.600	2.843	6,10%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) x 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Monte Azul Paulista	26.400	1.098	4,16%
Monte Mor	23.600	13.308	56,39%
Morro Agudo	137.200	48.832	35,59%
Narandiba	43,600	513	43,600%
Neves Paulista	21.700	360	1,66%
Nipoã	14.200	677	4,77%
Nova Europa	15.900	5.762	36,24%
Nova Odessa	6.200	3.895	62,82%
Novo Horizonte	93.100	9.902	10,63%
Nuporanga	33.500	1.747	5,21%
Olimpia	81.200	5.583	6,87%
Onda Verde	24.200	1.798	7,43%
Oriente	23.100	5.073	21,96%
Orindiúva	25.200	3.753	14,89%
Orlândia	30.200	11.359	37,61%
Osvaldo Cruz	24.100	560	2,32%
Ourinhos	28.200	7.934	28,13%
Pacaembu	34.300	449	1,31%
Palestina	70.100	192	0,27%
Palmares Paulista	8.200	5.545	67,62%
Palmital	54.400	2.676	4,92%
Paraguaçu Paulista	92.100	21.753	23,62%
Paraíso	17.600	3.231	18,36%
Parapuã	38.100	2.659	6,98%
Paulínia	14.200	7.015	49,40%
Paulo de Faria	79.600	18.103	22,74%
Pederneiras	76.500	32.041	41,88%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) x 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Penápolis	70.200	11.012	15,68%
Pereiras	23.600	106	0,45%
Pindorama	18.400	8.266	44,92%
Piquerobi	46.900	642	1,37%
Piracicaba	145.200	69.247	47,69%
Pirajuí	80.800	307	0,38%
Pirapozinho	36.700	489	1,33%
Piratininga	39.200	542	1,38%
Pirassununga	72.200	16.271	22,54%
Pitangueiras	50.200	23.814	47,44%
Planalto	59.700	1.498	2,51%
Pinhal	39.400	4.061	10,31%
Platina	32.800	323	0,98%
Poloni	14.100	463	3,28%
Pompéia	82.900	10.546	12,72%
Pontal	38.000	28.544	75,11%
Porto Feliz	56.900	25.612	45,01%
Porto Ferreira	24.600	3.519	14,30%
Pradópolis	17.000	11.175	65,73%
Presidente Alves	30.700	2.044	6,66%
Presidente Bernardes	98.200	2.100	2,14%
Presidente Epitácio	127.700	885	0,69%
Presidente Venceslau	76.900	904	1,17%
Promissão	78.700	4.030	5,12%
Quatã	58.800	14.257	24,25%
Quintana	34.000	650	1,91%
Rafard	14.000	9.245	66,03%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) x 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Rancharia	161.600	3.074	1,90%
Regente Feijõ	26.500	767	2,89%
Ribeirão Bonito	47.200	5.980	12,67%
Ribeirão do Sul	13.700	90	0,66%
Ribeirão Preto	104.800	56.976	54,37%
Rincão	28.000	11.029	39,39%
Rio Claro	52.100	12.342	23,69%
Rio das Pedras	22.100	18.411	83,30%
Rubiãcea	23.600	522	2,21%
Sagres	12.700	257	2,02%
Sales de Oliveira	31.000	10.237	33,02%
Salmourão	19.300	2.728	14,13%
Salto	16.000	1.344	8,40%
Salto Grande	22.200	160	0,72%
Santa Adélia	33.400	15.978	47,84%
Santa Bárbara D'Oeste	27.000	21.167	78,40%
Santa Cruz da Conceição	15.500	3.788	24,44%
Santa Cruz das Palmeiras	32.200	13.255	41,16%
Santa Cruz do Rio Pardo	132.500	17.413	13,14%
Santa Ernestina	13.600	8.655	63,64%
Santa Gertrudes	10.000	7.808	78,08%
Santa Lúcia	16.900	9.799	57,98%
Santa Maria da Serra	26.600	1.113	4,18%
Santa Rita do Passa Quatro	73.800	11.174	15,14%
Santa Rosa do Viterbo	28.400	6.404	22,55%
Santo Anastácio	74.300	762	1,02%
Santo Antônio da Alegria	30.000	38	0,13%

(continua)

Tabela 3.6 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) x 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Santo Antônio da Posse	14.700	5.847	39,77%
Santo Antônio do Pinhal	14.100	4.061	28,80%
Santópolis do Aguapeí	18.100	1.452	8,02%
São Carlos	113.200	10.197	9,00%
São João da Boa Vista	50.000	3.066	6,13%
São João das Duas Pontes	12.700	277	2,18%
São Joaquim da Barra	32.400	14.673	45,29%
São José do Rio Pardo	40.700	1.209	2,97%
São Manuel	84.500	34.599	40,94%
São Pedro	59.600	20.298	34,06%
São Sebastião da Gramma	23.500	131	0,55%
São Simão	62.900	19.754	31,40%
Sebastianópolis do Sul	15.700	161	1,02%
Serra Azul	28.400	17.588	61,93%
Serrana	12.800	9.060	70,78%
Sertãozinho	40.500	31.211	77,06%
Severínia	13.200	2.219	16,81%
Sud Menucci	59.500	5.909	9,93%
Sumaré	22.600	9.785	43,30%
Tabapuã	46.700	3.608	7,72%
Tabatinga	36.300	2.706	7,45%
Taciba	53.100	1.280	2,41%
Taiacū	10.800	1.345	12,45%
Taiuva	13.000	5.430	41,77%
Tambaū	58.600	4.299	7,34%
Tanabi	74.800	527	0,70%
Tapiratiba	22.800	3.479	15,26%

(continua)

Tabela 3.6 - Conclusão

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) x 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Taquaritinga	58.200	15.504	26,64%
Tatuí	71.500	10.425	14,58%
Teodoro Sampaio	284.300	10.756	3,78%
Terra Roxa	22.700	3.234	14,25%
Tietê	45.300	12.093	26,69
Torrinha	32.300	3.305	10,23%
Tupã	87.800	2.821	3,21%
Ubirajara	28.900	37	0,13%
Uchôa	24.800	3.522	14,20%
União Paulista	8.900	812	9,12%
Urupês	32.200	559	1,73%
Valparaíso	85.600	9.879	11,54%
Várzea Grande do Sul	26.700	4.060	15,20%
Viradouro	22.200	6.061	27,30%
Vista Alegre do Alto	9.400	3.514	37,38%
Xavantes	24.300	7.147	29,41%

TABELA 3.7

AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Araruama	64.300	4.588	7,13%
Bom Jesus do Itabapoana	58.900	3.746	6,36%
Cabo Frio	50.600	3.570	7,05%
Cambuci	80.200	425	0,53%
Campos	446.900	176.386	39,47%
Italva	30.925	568	1,84%
Itaocara	43.900	704	1,60%
Itaperuna	118.800	75	0,06%
Macaé	119.700	32.010	16,03%
Santa Maria Madalena	85.400	168	0,19%
São Fidélis	102.700	4.143	4,03%
São João da Barra	164.000	37.252	22,71%

TABELA 3.8

AValiação de Áreas de Cana-de-açúcar do
Estado do Paraná

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Alvorada do Sul	39.100	1.016	2,60%
Andirá	22.900	2.906	12,69%
Arapongas	35.500	87	0,24%
Arapoti	124.700	129	0,10%
Astorga	43.700	1.881	4,30%
Atalaia	14.100	457	3,24%
Bandeirantes	42.400	7.649	18,04%
Barra do Jacaré	11.900	667	5,60%
Bela Vista do Paraíso	21.000	54	0,26%
Bom Sucesso	31.000	2.253	7,27%
Cambará	37.400	3.357	8,97%
Cambé	44.200	103	0,23%
Cambira	34.400	264	0,77%
Campo Mourão	206.800	274	0,13%
Castelo Branco	11.700	3.849	32,90%
Centenário do Sul	32.700	7.239	22,14%
Cidade Gaúcha	37.600	2.015	5,36%
Colorado	39.800	6.802	17,09%
Conselheiro Mairink	21.600	31	0,14%
Cruzeiro do Sul	24.000	347	1,44%
Curiuva	70.000	100	0,14%
Engenheiro Beltrão	41.200	4.135	10,03%
Figueira	12.938	1.013	7,83%
Floretópolis	26.300	2.678	10,18%

(continua)

Tabela 3.8 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Floraí	20.000	14	0,07%
Flórida	9.100	8	0,09%
Goio - Erê	110.000	363	0,33%
Guaporema	18.800	875	4,65%
Guaraci	27.100	29	0,11%
Abaiti	86.100	2.637	3,06%
Iguaraçu	24.800	388	1,56%
Inajã	17.300	124	0,72%
Indianópolis	17.800	273	1,53%
Itaguajê	17.400	55	0,32%
Itambaracã	21.600	1.771	8,20%
Itambê	24.300	887	3,65%
Itaúna do Sul	16.400	205	1,25%
Jacarezinho	59.500	11.140	18,72%
Jaguapitã	48.000	401	0,83%
Jandaia do Sul	19.100	1.351	7,07%
Japira	24.800	247	0,99%
Jundiá do Sul	31.100	34	0,11%
Jussara	22.300	2.340	10,49%
Kalorê	31.000	782	2,52%
Loanda	74.400	36	0,05%
Lobato	25.600	3.478	13,58%
Mandaguaçu	32.400	3.858	11,91%
Mandaguarí	34.300	304	0,89%
Marilena	16.200	1.025	6,33%
Mariluz	53.900	1.118	2,07%

(continua)

Tabela 3.8 - Continuação

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
Maringá	50.900	1.978	3,89%
Marialva	60.000	1.525	2,54%
Marumbi	16.700	1.061	6,35%
Mirassolva	23.100	1.552	6,72%
Munhoz de Mello	13.300	383	2,88%
Moreira Sales	39.100	3.736	9,55%
Nova Aliança do Ivaí	11.100	167	1,50%
Nova Esperança	39.600	714	1,80%
Nova Londrina	26.000	776	2,98%
Nossa Senhora das Graças	15.200	1.022	6,72%
Ourizona	17.700	1.184	6,69%
Paissandu	18.000	2.271	12,62%
Paraíso do Norte	19.000	1.093	5,75%
Paranacity	32.200	1.398	4,34%
Paranapoema	17.300	226	1,31%
Porecatu	29.000	9.949	34,31%
Ribeirão do Pinhal	39.100	100	0,25%
Rolândia	58.900	3.610	6,13%
Rondon	45.000	1.343	2,98%
Sabáudia	19.900	191	0,96%
Santa Fé	27.800	699	2,51%
Santa Inês	13.400	648	4,83%
Santa Mariana	41.000	24	0,06%
Santo Antônio do Caiuã	19.000	321	1,69%
Santo Antônio da Platina	71.400	1.115	1,56%
Santo Inácio	26.300	456	1,73%
São Carlos do Ivaí	20.000	599	2,99%

(continua)

Tabela 3.8 - Conclusão

NOME DO MUNICÍPIO	Á R E A		(B/A) X 100
	MUNICÍPIO (ha) (A)	CANA (ha) (B)	
São João do Ivaí	61.800	273	0,44%
São Jorge do Ivaí	33.900	479	1,41%
São Pedro do Ivaí	24.900	4.779	19,19%
São Pedro do Paraná	22.100	196	0,89%
São Sebastião da Amoreira	18.700	1.081	5,78%
São Tomé	21.400	1.114	5,20%
Sapopema	77.100	350	0,45%
Sarandi	8.800	260	2,95%
Tamboara	19.500	1.598	8,19%
Tapejara	57.600	1.772	3,08%
Terra Boa	29.000	1.712	5,90%
Tibaji	379.900	760	0,20%
Tuneiras do Oeste	68.500	295	0,43%

A Tabela 3.9 mostra o número de municípios por Estado que cultivam a cana-de-açúcar.

TABELA 3.9

NÚMERO DE MUNICÍPIOS POR ESTADO QUE CULTIVAM A CANA-DE-AÇÚCAR

ESTADO DE ÁREA I	NÚMERO TOTAL DE MUNICÍPIOS (A)	NUMERO DE MUNICÍPIOS QUE PANTAM CANA - DE AÇÚCAR (B)	$\frac{B}{A} \times 100$ (%)
São Paulo	517	287	55,51
Paraná	177	90	50,85
Rio de Janeiro	46	12	26,09
TOTAL	740	389	52,57

Foram determinadas também a área e a percentagem de cana dentro dos Estados que compõem esta área, conforme pode ser visto na Tabela 3.10.

TABELA 3.10

ÁREA DE CANA POR ESTADO E PERCENTAGEM DE SUA OCUPAÇÃO

ESTADO	ÁREA GEOGRÁFICA DO ESTADO EM ha (A)	ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO EM ha (B)	B/A X 100 %
São Paulo	24.732.000	2.158.000	8,73
Rio de Janeiro	4.330.500	263.635	6,09
Paraná	19.906.000	135.859	0,68
TOTAL	48.968.500	2.557.494	5,22

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um grande esforço foi feito neste Projeto para operacionalizar um sistema que utilizou a técnica de sensoriamento remoto para identificação, mapeamento e avaliação de áreas plantadas com cana-de-açúcar. É importante salientar que mesmo internacionalmente poucos países têm sistemas remotos para o controle de suas áreas plantadas.

Essa iniciativa aparentemente desafiadora trará, sem dúvidas, importantes subsídios no que concerne ao melhor conhecimento das áreas canavieiras do País.

O estado atual da tecnologia de sensoriamento remoto apresenta viabilidade técnica para identificação, mapeamento e avaliação de áreas de cana. Além disto, o rápido avanço da fronteira canavieira poderá baixar muito a eficiência de sistemas convencionais de estimativa de safras de cana. Por outro lado, o caráter repetitivo de coleta de dados por satélite vem ao encontro deste problema.

Deve ser salientado que, embora imagens de satélite tenham sido um meio fundamental para atingir os objetivos do CANASATE, outras fontes de informações complementares foram levadas em consideração. O projeto fez, efetivamente, uso de intensivo trabalho de campo sempre que este se mostrou necessário.

Um dos relevantes propósitos deste Projeto foi gerar mapas temáticos da melhor qualidade possível em termos de exatidão de mapeamento, e não simplesmente demonstrar a eficácia de técnicas de sensoriamento remoto.

A execução deste Projeto permitiu uma experiência sólida da equipe envolvida, composta de cinco engenheiros agrônomos, um engenheiro cartógrafo e um coordenador com formação em engenharia agrônoma

ca, todos em tempo integral no projeto. Esta equipe contou ainda com a assessoria técnica permanente do Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE. Uma preocupação constante desta equipe foi o acompanhamento do avanço tecnológico na área espacial que tem propiciado melhores resoluções espacial, espectral e radiométrica dos sistemas sensores de coleta de dados orbitais, além de um aumento do número de bandas espectrais e da frequência de imageamento.

Neste Projeto, optou-se pelo desenvolvimento de metodologias que utilizam procedimentos visuais de interpretação de imagens em vez de procedimentos automáticos. Sistemas digitais de extração de informações ainda são bastante incipientes na análise de atributos espaciais de imagens, atributos estes imprescindíveis na detecção da cana-de-açúcar. Além disto, métodos de interpretação visual são de utilização simples, não requerem equipamentos sofisticados e, em consequência, são de baixo custo inicial e operacional. Isto permite uma rápida transferência de metodologias, as quais podem ser utilizadas por muitos usuários na geração de mapas.

O Projeto CANASATE, que visa o levantamento nacional de áreas ocupadas com cana-de-açúcar demonstrou, através dos resultados obtidos na ÁREA I, que já é possível a operacionalização deste tipo de levantamento utilizando dados de sensoriamento remoto.

Especificamente nesta área, será possível fazer levantamentos operacionais e sistemáticos utilizando imagens de satélite no que se relaciona à existência de imagens livres de cobertura de nuvem.

Para mapeamento regional, a escala utilizada de 1:250.000 foi adequada e própria. Todavia, para atender às necessidades das unidades industriais (usinas e destilarias), tal escala deverá ser de, pelo menos, 1:50.000, escala esta imprópria para ser obtida, de modo operacional, no atual estágio tecnológico dos sensores a bordo de satélite.

A média de 91% obtida na precisão do levantamento foi devida, sem dúvida, à metodologia adotada, a qual utilizou constante e eficazmente informações de campo (dados auxiliares) para complementar os trabalhos propriamente ditos de interpretação dos dados orbitais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARONOFF, S. Classification accuracy: a user approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48 (8): 1309-1312. 1982.
- GENDEREN, J. L. Van; VASS, P. A.; LOCK, B. F. Guidelines for using LANDSAT data for rural land use surveys in developing countries. *ITC Journal*, (1): 30.47, 1978.
- GEORGE, T. S.; TAYLOR, R. S.; SHUBINSKI, R. P. Cost effectiveness of conventional and remote sensing techniques for watershed planning. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 14. , San José, Costa Rica, Apr. 23-30, 1980. *Proceeding*. Ann Arbor, MD, ERIM, 1980, v.2, p. 639. 644.
- GINEVAN, M. E. Testing Land - use map accuracy: another look. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45 (10): 1371-1377. 1979.
- HARDING, R. A.; SCOTT, R. B. *Forest inventory with LANDSAT phase II*. Olympia W. D. State of Washington Department of Natural Resources, 1978. p. 110.
- HORD, R. M.; BROONER, W. Land use map accuracy criteria. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 42 (5): 671-677. 1976.
- INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ALCOOL-IAA/PLANALSUCAR. *Estações experimentais; relatório anual 1984*. Piracicaba, 1984, 68 p.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R.W. *Remote sensing and image interpretation*. New York, N Y, John Wiley, 1979.
- MENDONÇA, F. J.; LEE, D. C.; TARDIN, A. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CHEN, S. C.; LUCHT, L. A. M; MOREIRA, M. A.; LIMA, A. M. de; MAIA, F. C. S. *Levantamento da área canavieira do Estado de São Paulo, utilizando dados do LANDSAT - ano safra 1979/1980*. São José dos Campos, INPE, mar., 1981. 2 v. (INPE-2021-RPE/288).
- NASA, *Data user handbook*. Greenbelt, M D, GSFC, 1977. Section 2, p.2-5.

KOFFLER, N. F.; CAVALLI, A. C.; CHIARINI, J. V.; NOGUEIRA, F. P.;
Inventário canavieiro com auxílio de fotografias aéreas - a grande
região de Piracicaba no ano safra 1978/79. *Boletim Técnico PLANAL*
SUCAR, série A , 1 (2): 3-38, dez. 1979.