

CANASATE - MAPEAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR POR SATÉLITE

Francisco José Mendonça
Equipe da FUNCATE referente aos trabalhos de interpretação
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos - SP

RESUMO

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 trabalho 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%.

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 state ; 2.158.000 ha in São Paulo state ; 135.859 ha in Paraná state. The overall average accuracy on the estimations was 91%.

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 trabalho abrange 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 de interpretação visual de imagens do LANDSAT, na escala de 1:250.000, com suporte em verificação de campo de fotografias aéreas no infravermelho coloridas, obtida 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 será desenvolver um sistema de área da cultura da cana-de-açúcar, ao nível nacional, utilizando os dados de sensoriamento remoto e técnicas de interpretação visual de imagens 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 durante o primeiro ano de operacionalização.

Importantes avanços foram feitos durante o desenvolvimento do projeto, principalmente no tocante a 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 antever a informação altamente dinâmica da evolução da cultura canavieira em todo o território nacional, requerida pelas metas estabelecidas pelo PROALCOOL.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas de cultura da cana-de-açúcar, abrangidas por este mapeamento, corresponde aos Estados de São Paulo, do Paraná e do Rio de Janeiro, conforme mostra o mapa de localização da Figura 2.1.

2.2 - PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E MATERIAL CARTOGRAFICO

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 de Estudo. Com referência às imagens obtidas através do sensor MSS foram utilizadas passagens de 1980/81/82 e 83, e com referência às obtidas através do sensor TM as datas de passagens foram de 1984.

2.2.2 - DOCUMENTAÇÃO CARTOGRAFICA

Como bases cartográficas foram utilizadas cartas topográficas elaboradas pelo IBGE na escala de 1:250.000.

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.

2.3 - METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DA CANA

2.3.1 - 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.

2.3.1.1 - 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.

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 agrônômicos, meteorológico 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 alteraram 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 completada 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.

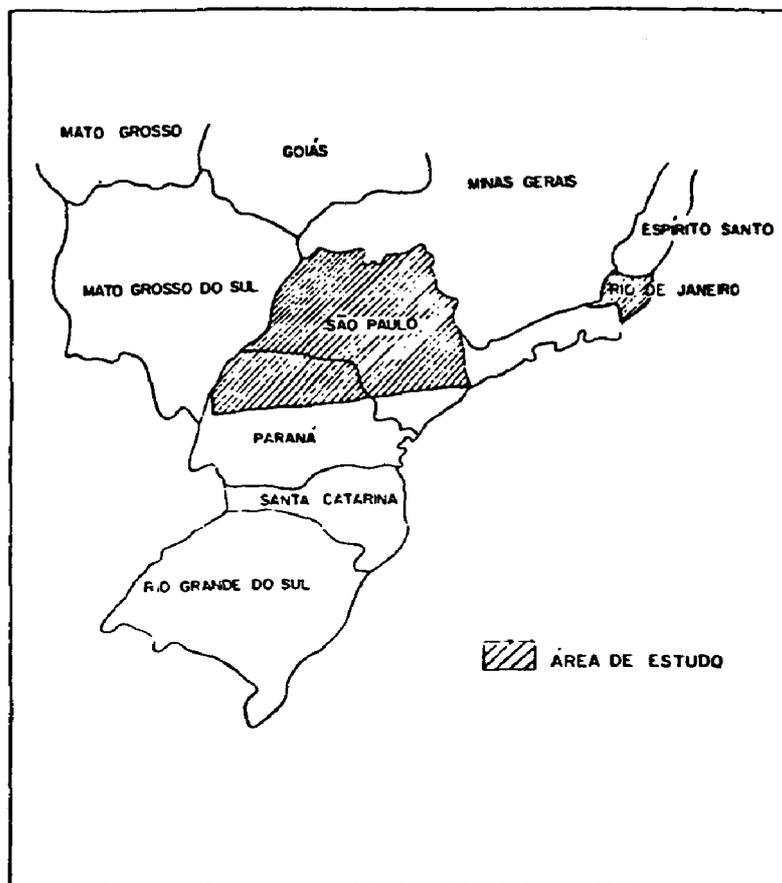


Fig. 2.1 - Localização da Área de Estudo

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

2.3.1.2 - 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 de 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.

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.

Para compensar os erros de localização dos talhões de cana identificados devido ao efeito de distorção 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 carregados 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 planialtimétricos. No caso da cana, foi reunido sobre este mesmo tema todas as áreas de cana, independente do estágio de desenvolvimento da cultura.

2.3.1.3 - 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 da 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 acei-

tação, 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.

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:

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

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.

2.5 - 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"x13,17" acoplada a um microcomputador, marca EGO, nacional, com 256 "kbyte" de memória de 16 bits.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - MAPEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram elaborados para toda a Área de Estudo 23 mapas temáticos de cana-de-açúcar (Figura 3.1). 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 Macaé. 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 de estudo, 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 de cana-de-açúcar. Já 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 DE ESTUDO

Das 23 cartas temáticas que compõem a área de estudo, 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, con-

centrar 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, 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 porcentagem 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 mostrada em termos de porcentagem de acerto e erro.

TABELA 3.2

ÍNDICES, EM PORCENTAGENS, 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 porcentagem de acerto foi de 92% e para o tema não-cana, de 98%. O maior erro 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 exatidão por carta temática, na escala de 1:250.000.

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 significa que os mapas produzidos atenderam os critérios preestabelecidos, conforme descritos na metodologia (seção 2.5).

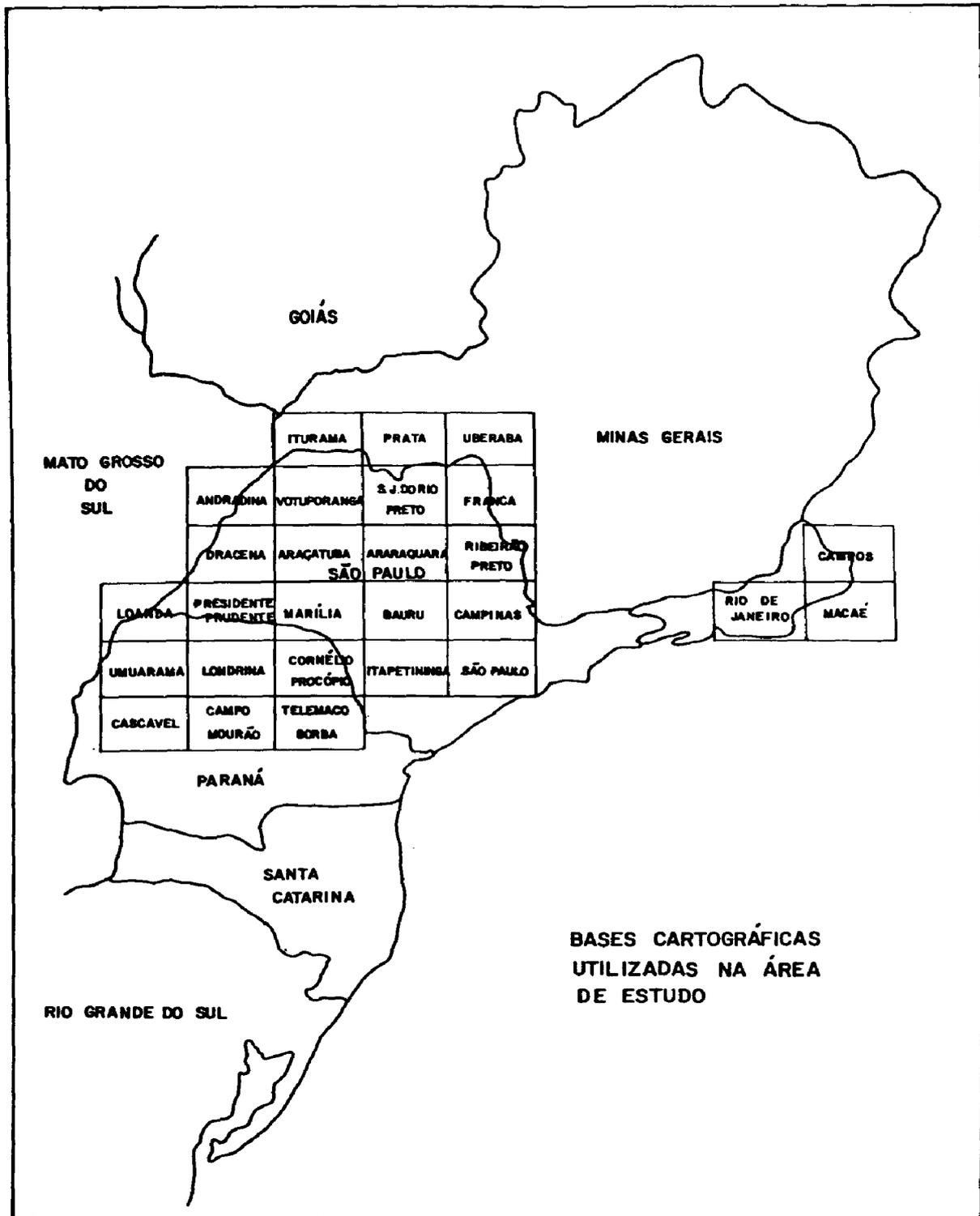


Fig. 3.1 - Mapas temáticos da cana-de-açúcar na Área de Estudo.

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
Unuarama	93	0	96
Londrina	86	7	86
Cornélio Procópio	87	6	87
São Paulo	90	3	92

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 a 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 $\pm 2,80\%$.

3.3 - AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Foram determinadas a área e a percentagem de cana dentro dos Estados que compõem esta

área de estudo, conforme pode ser visto na Tabela 3.5.

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 disso, 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.

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 Procópio	87	6	6,45	87	6	6,45
São Paulo	87	6	6,45	92	1	1,08

TABELA 3.5

ÁREA DE CANA POR ESTADO E PORCENTAGEM 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

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, todos em tempo integral no projeto. Esta equipe contou ainda com a assessoria técnica permanente no Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE. Uma preocupação constante desta equipe foi o acompanhamento do avanço tecnológico na área espacial que tem propi-

ciado 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 ope-

racional. Isto permite uma rápida transferência de metodologias, as quais podem ser utilizadas por muito 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 de estudo, que já é possível a operação racionalização 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.

5. 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.

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 PLANALSUCAR*, série A, 1 (2): 3-38, dez. 1979.