

PROJETO CANASATE: SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO  
LEVANTAMENTO DA CULTURA CANAVIEIRA

Francisco J. Mendonça, Getulio T. Batista e  
Antonio T. Tardin

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
C.P. 515 - 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

O Projeto CANASATE visa o desenvolvimento de metodologias para a implementação de um sistema de estimativa de área e distribuição da cultura da cana-de-açúcar, ao nível nacional, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Para efeito deste projeto, a região canavieira do País foi dividida em três: ÁREA I, correspondente aos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná, onde se utilizam dados de satélite; ÁREA II, correspondente aos Estados de Pernambuco e Alagoas onde se utilizam fotos aéreas por apresentarem estes Estados muita cobertura de nuvens durante o horário da passagem do satélite; e ÁREA III, que corresponde aos demais Estados onde exista pelo menos uma unidade industrial produtora de açúcar e/ou álcool em pleno funcionamento. A abordagem metodológica fundamenta-se no tratamento visual de imagens do LANDSAT, na escala de 1:250.000, através da exploração dos aspectos espacial, temporal e multiespectral, bem como nos dados de aeronave com suporte em informações de campo. Na avaliação da exatidão do mapeamento será utilizado método estatístico de amostragem. O tema cana será lançado em bases cartográficas disponíveis para apresentação final. A área da cultura será avaliada, por município, através de um sistema automático de digitalização e plotagem.

ABSTRACT

The objective of the CANASATE Project is the development of a system for area estimation and mapping of sugar cane plantations at the national level, using remote sensing techniques. In this project, the sugar cane region was divided into: AREA I, corresponding to São Paulo, Rio de Janeiro and Paraná States, where satellite data are used; AREA II, corresponding to Pernambuco and Alagoas States, where aerial photographs are used, for these States present constant cloud cover problems during LANDSAT overpasses; and AREA III, corresponding to other States where there exists at least one operating sugar or alcohol production plant. The methodological approach is based on the visual interpretation of LANDSAT images at the scale of 1:250,000, through the exploration of spatial, temporal and multispectral characteristics of these data,

as well as on aircraft data with support of field work. A statistical sampling procedure will be used for mapping accuracy assessment. The interpreted sugar cane theme will be transferred to available cartographic bases for final presentation. A digitizer and a plotter attached to a micro-computer will be used for sugar cane area estimation at a municipal level.

## 1. INTRODUÇÃO

Como estratégia para a solução dos problemas econômicos enfrentados pelo Brasil na sua caminhada para o desenvolvimento, o Governo Federal, a partir de 1979, elegeu a agricultura como um dos setores prioritários de ação, ao lado dos esforços de ampliação das exportações e da solução do problema energético.

As dificuldades com que os órgãos governamentais de planejamento e controle do problema energético e as entidades de financiamento se deparam diante da diversidade de projetos setoriais, principalmente na área do PROALCOOL, fizeram com que surgisse uma preocupação no sentido de implantar um sistema efetivo de controle das áreas de cana-de-açúcar já plantadas e daquelas a ser expandidas através da implantação de novas unidades industriais.

Sabe-se, por outro lado, que todo e qualquer programa prioritário, caracterizado por intensas injeções de capital dirigido a um determinado setor, provoca, a médio prazo, desequilíbrios intersetoriais que poderão ser corrigidos somente quando se dispuser de informações úteis em termos quantitativos e qualitativos que possam ser obtidas em tempo oportuno para que seja permitida a adoção de medidas que minimizem os efeitos nocivos à economia do País.

Cabe, portanto, assinalar que um planejamento agrícola eficiente requer, para sustentá-lo, um processo que delinear e obtenha informações úteis e as forneça ao planejamento agrícola, ou seja, o planejamento agrícola requer que estatísticas precisas estejam disponíveis em tempo hábil e permitam a tomada de decisões para o delineamento de políticas de curto, médio e longo prazos.

Os satélites de levantamento de recursos naturais têm-se mostrado um instrumento de grande valia para coleta de dados possíveis de ser utilizados em sistemas de previsão de safras (Bauer, 1975; Scherr et alii, 1978 e Batista, 1981), principalmente devido às características de repetitividade, obtenção imediata, custos moderados e cobertura extensiva de territórios. Recursos agrônômicos podem ser acompanhados e controlados quando a coleta de dados adquire este caráter rápido, periódico e extensivo (Paarlberg et alii, 1978; Mendonça et alii, 1981).

Desde 1975 o INPE vem realizando pesquisas em áreas pilotos no intuito de viabilizar o uso de técnicas de sensoriamento remoto no aperfeiçoamento de sistemas de previsão de safras (Batista et alii, 1976; Tardim et al., 1976; Batista et alii, 1977; Batista et alii, 1978; Batista et alii, 1978; Mendonça et alii, 1979; Mendonça et alii, 1981; Assunção e Duarte, 1983; Moreira, 1983 e Batista et al., 1984). Os resultados dessas pesquisas justificam o empenho para a criação de um sistema de previsão de

safras agrícolas de expressão econômica ou de interesse estratégico para o País, com dados de satélite.

Levando em conta que esse objetivo é amplo e alcançável apenas a longo prazo, o SERPRO, em conjunto com o INPE, propõe-se a alcançar, numa primeira fase, um objetivo mais restrito: a operacionalização de um sistema de estimativa de área plantada com a cultura de cana-de-açúcar, ao nível nacional.

O Projeto CANASATE está sendo desenvolvido através de um convênio firmado entre o CNPq/INPE e o SERPRO em junho de 1982 e de um contrato de trabalho firmado entre o SERPRO e a Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE) em maio de 1984.

Ao INPE cabe o treinamento da equipe técnica executora, o desenvolvimento metodológico e assessoria técnica. A FUNCATE, por meio de sua equipe técnica, já treinada em técnicas de sensoriamento remoto, é a responsável pela execução do projeto.

O SERPRO é o órgão financiador e o responsável pela divulgação dos dados e resultados do projeto.

A conclusão deste projeto está prevista para junho de 1986.

## 2. ESTRATÉGIA GERAL DO PROJETO

### 2.1 - OBJETIVO

O Projeto CANASATE tem por objetivo a obtenção, através de interpretação visual, da distribuição espacial e da estimativa de área da cultura da cana-de-açúcar, ao nível nacional, utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

Para atingir esse objetivo adotou-se a seguinte estratégia de trabalho:

Numa primeira fase serão feitos estudos para desenvolver e testar uma metodologia de identificação e mapeamento da cana-de-açúcar, fase esta que compreenderá as seguintes etapas:

- a) seleção e treinamento teórico e prático de pessoal que executará o projeto em técnicas de sensoriamento remoto;
- b) aquisição de imagens LANDSAT de 1983 e 1984 e de fotografias aéreas de 1982, 1983 e 1984 para interpretação visual de cana-de-açúcar;
- c) desenvolvimento e teste de metodologias para as diferentes regiões produtoras; e
- d) geração de mapas temáticos de cana-de-açúcar, estimativa de área plantada com cana e erro associado a ela.

A segunda fase deste projeto envolverá as seguintes etapas:

- a) identificação da cana-de-açúcar a partir dos dados de sensoriamento remoto, utilizando a metodologia desenvolvida e testada na primeira fase; e
- b) avaliação da área de cana-de-açúcar levantada em tempo hábil, referente ao ano safra 1984/85.

## 2.2 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS A SER LEVANTADAS

As áreas da cultura da cana a ser levantadas correspondem aos seguintes agrupamentos:

- ÁREA I : área canavieira dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná. (Figura 1).
- ÁREA II : área de concentração da cultura da cana-de-açúcar dos Estados de Alagoas e Pernambuco (Figura 2).
- ÁREA III : áreas canavieiras das demais unidades da Federação. A área mínima a ser mapeada deverá corresponder à área de abastecimento de uma unidade industrial em operação (usina ou destilaria).

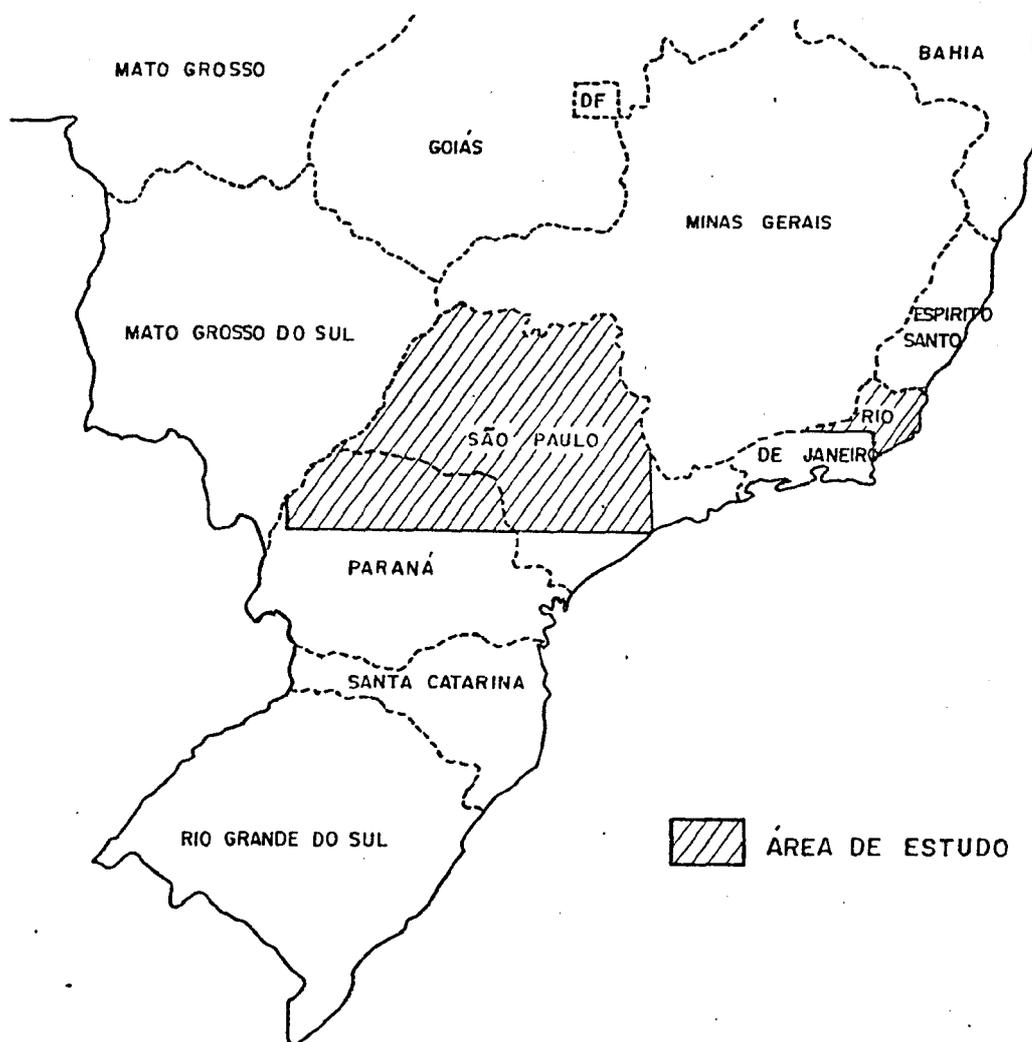


Fig. 1 - Localização da Área I.

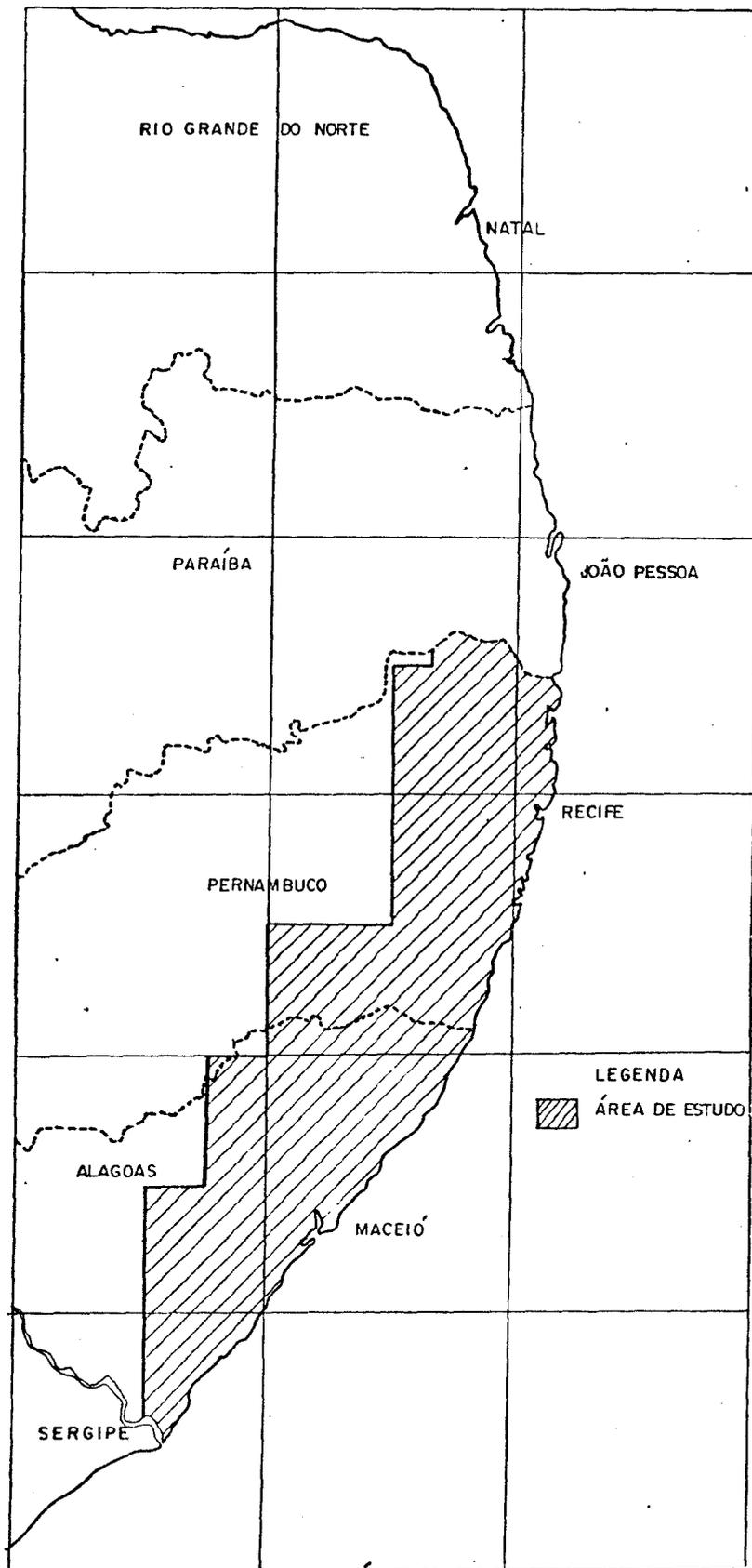


Fig. 2 - Localização da Área II.

Para o levantamento da cultura da cana-de-açúcar nos agrupamentos citados, serão utilizados os seguintes produtos:

ÁREA I : imagens LANDSAT (MSS e TM);

ÁREA II : fotografias aéreas; e

ÁREA III : imagens LANDSAT (MSS e TM) e/ou fotografias aéreas.

Para a ÁREA II e determinadas regiões da ÁREA III optar-se-á pela utilização de fotografias aéreas devido à dificuldade de obtenção sistemática de imagens de satélite, em função do problema de cobertura de nuvens.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E MATERIAIS CARTOGRÁFICOS

##### 3.1.1 - IMAGENS LANDSAT

As imagens LANDSAT serão selecionadas dentro dos períodos adequados para discriminação da cultura da cana-de-açúcar, através de uma análise prévia das passagens mais favoráveis, em termos de cobertura de nuvens. Para os dados de 1983, serão processadas imagens correspondentes aos canais 5 e 7 do sensor MSS, na escala de 1:250.000; e para os dados de 1984 serão processadas imagens dos canais 3 e 4 do sensor TM, também na escala de 1:250.000.

A utilização de imagens obtidas por satélite fica condicionada à sua disponibilidade no período adequado para a discriminação da cultura.

##### 3.1.2 - FOTOGRAFIAS AÉREAS

O recobrimento aerofotográfico está sendo realizado com câmara métrica, utilizando filme Kodak do tipo 2405, double X, base estar, pancromático. Para minimizar o problema de cobertura de nuvens, optou-se por levantamentos aéreos com baixo ângulo de elevação solar (de  $10^{\circ}$ ), o que impediu o uso do filme infravermelho colorido (Kodak 2443).

No Estado de Alagoas já foram recobertos 9.000km<sup>2</sup> no período de setembro a novembro de 1982 e de 1983, e no Estado de Pernambuco, no mesmo período, foram recobertos 950km<sup>2</sup>. O total da área levantada até o momento é de 9.950km<sup>2</sup>, ou seja, 31,1% do previsto inicialmente (32.000km<sup>2</sup>). Em 1984, continuam os esforços para a complementação da missão de aerolevanteamento da área canavieira de Alagoas e Pernambuco.

A escala das fotografias aéreas será de aproximadamente 1:35.000, com superposição longitudinal e lateral de 60% e 40%, respectivamente. A direção do voo será de leste para oeste.

A época de obtenção das aerofotos está prevista para os meses de setembro, outubro e novembro, dada a maior probabilidade de ocorrência de dias favoráveis para o recobrimento aerofotográfico da região.

### 3.1.3 - BASES CARTOGRÁFICAS

#### - ÁREA I

Serão selecionadas as cartas topográficas mais recentes, disponíveis na escala de 1:250.000, referentes às folhas topográficas que cobrem a região canavieira dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná.

As cartas topográficas a ser utilizadas são de publicação do IBGE e DSG, conforme a área de atuação destas entidades. As bases cartográficas serão obtidas a partir das cartas topográficas.

#### - ÁREA II

Serão utilizadas as cartas topográficas na escala de 1:100.000, publicadas pela SUDENE.

Para as regiões que não possuem cartas topográficas na escala de 1:100.000, serão geradas pelo IBGE bases cartográficas na escala de 1:50.000, a partir das fotografias obtidas pelo INPE, através de convênio CNPq/INPE - IBGE.

#### - ÁREA III

A seleção de cartas topográficas para esta área está na dependência da localização das usinas e destilarias que serão efetivamente levantadas.

Considerando que a ÁREA III envolve uma região geográfica extensa (todo o território nacional, à exceção das ÁREAS I e II), o custo para o levantamento destas áreas é relativamente alto quando comparado com as ÁREAS I e II, visto que a produção de cana da ÁREA III não atinge 20% da produção brasileira (IAA/PLANALSUCAR, 1983).

### 3.2 - TRABALHOS DE INTERPRETAÇÃO VISUAL

#### - ÁREA I

A identificação da cana-de-açúcar será feita a partir de dados temporais do MSS (Multispectral Scanner Subsystem) do LANDSAT, na escala de 1:250.000, utilizando os canais 5 e 7, eventualmente complementados com dados dos canais 3 e 4 do TM (Thematic Mapper), também na mesma escala.

Os trabalhos de interpretação visual visarão somente a identificação e mapeamento do tema cana-de-açúcar, sem discriminação do seu estágio.

A identificação da cultura da cana-de-açúcar será feita através da interpretação visual das imagens LANDSAT, utilizando a característica da variação espectral e temporal da cultura associada à sua distribuição espacial.

A metodologia propriamente dita para a identificação e mapeamento da cana-de-açúcar a partir de imagens LANDSAT compreende os seguintes passos:

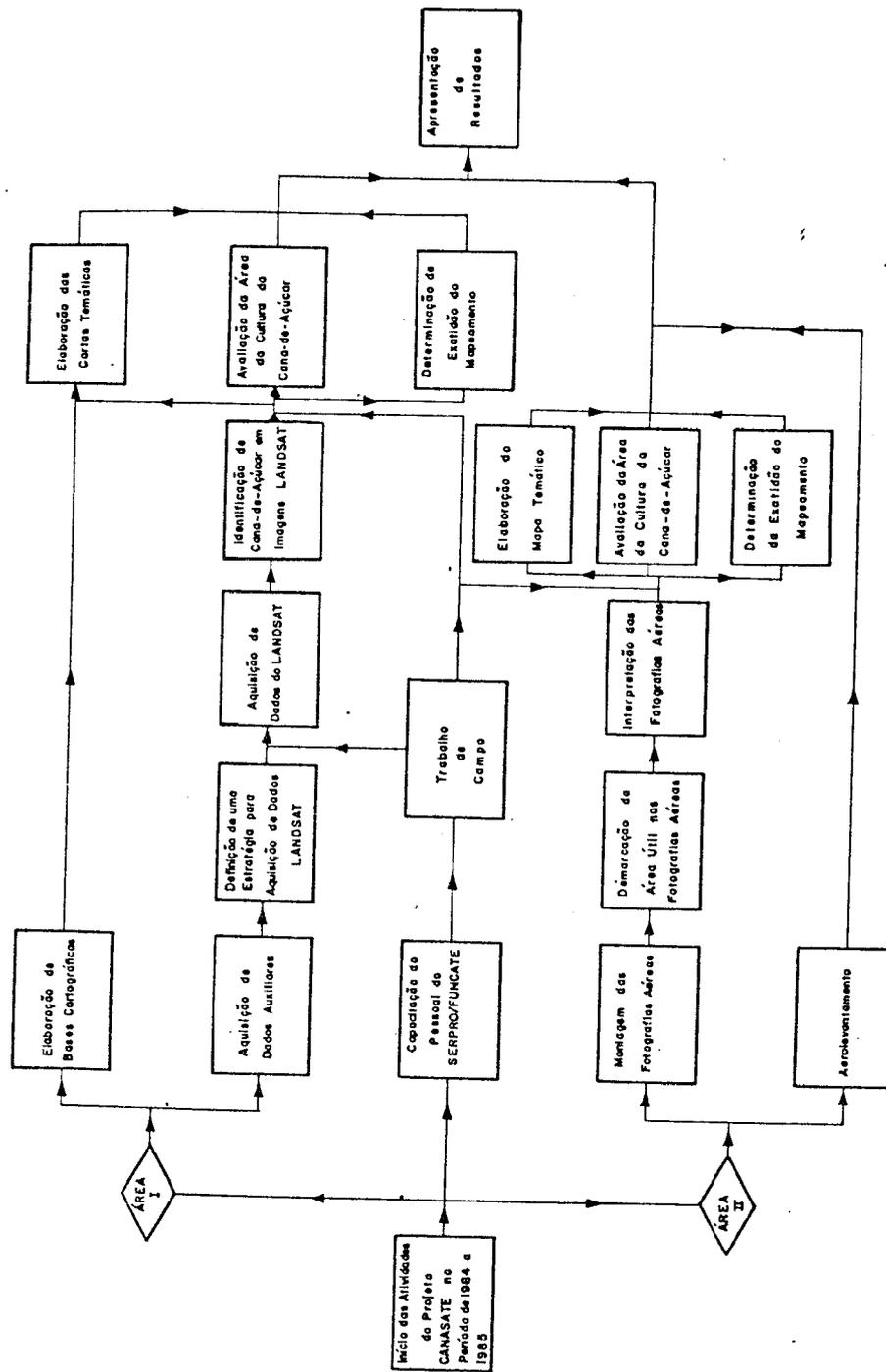


Fig. 3 - Diagrama do fluxo do trabalho.

- 1) obtenção de dados auxiliares que compreendem desde as anotações das coordenadas geográficas sobre papel transparente ("overlay") até a obtenção do traçado de estradas, cidades e rede hidrográfica tiradas diretamente das bases cartográficas. O formato do papel transparente (do tipo herculene) é o mesmo da base cartográfica de 1:250.000, ou seja 1° X 1°30';
- 2) traçado dos limites municipais, quando disponíveis, sobre papel transparente e localização das unidades industriais (usinas e destilarias) extraídas de mapas topográficos através de verificação de campo;
- 3) identificação e mapeamento da cana-de-açúcar a partir das imagens LANDSAT, utilizando a chave de interpretação mostrada na Figura 4. O princípio básico desta chave é a utilização combinada das características espectrais com as temporais das imagens LANDSAT para identificar a cultura de cana-de-açúcar, complementada pela característica espacial obtida através de informações auxiliares disponíveis, tais como mapas temáticos e fotografias aéreas já existentes e verificações de campo; e
- 4) reinterpretação das áreas problemas verificadas em campo.

#### - ÁREA II

A identificação da cana-de-açúcar na ÁREA II será obtida a partir da interpretação visual de fotografias aéreas pancromáticas, segundo os critérios convencionais da fotointerpretação.

Além da cana-de-açúcar, serão levantados os seguintes temas: vegetação arbórea (incluindo mata natural, reflorestamento e culturas permanentes), áreas de culturas anuais, e áreas de pastagens.

#### - ÁREA III

Em função da localização da área a ser escolhida, os trabalhos de fotointerpretação terão o mesmo tratamento a ser utilizado na ÁREA I ou ÁREA II, dependendo da forma de obtenção dos dados.

### 2.3 - AVALIAÇÃO DA ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Para os trabalhos referentes à estimativa da área de cana-de-açúcar a ser estimada a partir dos mapas temáticos, será utilizado um processo semi-automático, através de uma mesa digitalizadora e de uma plotadora acopladas a um microcomputador.

### 2.4 - EXATIDÃO DOS RESULTADOS

Para a determinação da exatidão do mapeamento da cana-de-açúcar, obtido a partir de imagens LANDSAT, serão adotados os seguintes critérios:

- 1) o risco do usuário (Ru) ao aceitar um mapa com exatidão inferior a 85% é de 5%:

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

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

Fig. 4 - Chave de interpretação.

$$0,05 = \sum_{Y=X+1}^X \frac{N!}{Y! (N-Y)!} 0,85^{N-Y} (1-0,85)^Y; \quad (a)$$

2) o risco do produtor ao rejeitar um mapa com exatidão superior a 95% é também de 5%:

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

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 estes critérios, será dimensionada uma amostra mínima de 93 pontos para cada mapa, para ser verificados no campo. A aceitação do mapa, dentro dos critérios estabelecidos, estará condicionada ao fato de não mais de 8 pontos, dentro dos 93 selecionados, ser incorretos.

Este critério é, sem dúvida, cientificamente satisfatório e tem sido indicado por vários autores (Aronoff, 1982; Valeriano, 1984).

Entretanto, ele é oneroso e envolve intensivo trabalho de campo para a verificação da identidade dos pontos mapeados e amostrados. Portanto, esta avaliação da exatidão dos resultados será feita em apenas algumas folhas representativas de toda a ÁREA I.

Com relação à ÁREA II, deve-se lembrar que a área de cana será estimada a partir de mapas temáticos restituídos, ajustados sobre bases cartográficas na escala de 1:50.000 e 1:100.000 e, portanto, de alta precisão. Este ajuste será feito através da utilização da câmara clara Zoom Transfer Scope. Considera-se também que a identificação da cultura em fotos aéreas na escala de 1:35.000 com verificação adequada de campo é muito precisa, não sendo necessária a aplicação de métodos estatísticos para a determinação de erros insignificantes. Portanto, no caso da ÁREA II, não serão feitas avaliações da exatidão com relação nem à área nem ao mapeamento.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1 - MAPAS TEMÁTICOS

###### - ÁREA I

Serão gerados mapas temáticos ajustados a uma base cartográfica na escala de 1:250.000, com as seguintes informações:

- informação temática da cultura da cana-de-açúcar;
- localização das unidades industriais (usinas e destilarias);

- limites de municípios, quando disponíveis; e
- outras informações, que incluem altimetria, hidrografia, redes rodoviária e ferroviária, cidades e toponímias contidas nas cartas topográficas publicadas pelo IBGE ou pela DSG, na escala de 1:250.000.

#### - ÁREA II

Os mapas temáticos gerados a partir de fotografias aéreas deverão conter:

- informações temáticas da cana-de-açúcar, da vegetação arbórea (mata natural, reflorestamento e culturas permanentes) e das áreas de culturas anuais e de pastagens;
- localização das unidades industriais (usinas e destilarias);
- limites de municípios, quando disponíveis; e
- informações de altimetria, hidrografia, redes rodoviária e ferroviária, cidades e toponímias contidas nas cartas topográficas na escala de 1:100.000, publicadas pela SUDENE, e na escala de 1:50.000, publicadas pelo IBGE.

Os originais dos mapas temáticos da ÁREAS I ou II serão preparados através de um conjunto de vários plásticos, onde se encontram separados os elementos temáticos que, a seguir, serão juntados em filme positivo fotográfico de boa qualidade, com características compatíveis com a estabilidade exigida para todo o material cartográfico.

As tramas fotográficas representativas dos diversos temas serão associadas às máscaras para produzir um fundo padrão convencional.

O produto final destes mapas será caracterizado por uma rigorosa padronização dos símbolos, convenções e caracteres da toponímia e pela existência de moldura com todos os elementos informativos, tudo conforme as convenções cartográficas vigentes.

Até o momento, folhas na escala de 1:250.000 (quadrículas de 1° X 1°30') da ÁREA I já foram interpretadas e a verificação de campo está em fase final de execução. Quatro cartas da ÁREA II (na escala de 1:50.000) foram concluídas e mais três estarão prontas até dezembro de 1984.

#### - ÁREA III

Os mapas temáticos terão as características tanto dos mapas temáticos da ÁREA I como dos da ÁREA II, dependendo dos dados utilizados serem de imagens LANDSAT ou de fotografias aéreas.

### 4.2 - RELATÓRIO DESCRITIVO

No final do projeto será entregue um relatório técnico que conterá uma descrição detalhada do método utilizado, bem como dos resultados obtidos tanto no mapeamento como na estimativa de área.

A forma de apresentação dos resultados referentes à estimativa de área ocupada com a cultura da cana-de-açúcar será através de tabelas, com informações aos níveis municipal, estadual e regional.

#### 5. CRONOGRAMA DOS RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 mostram os cronogramas de entrega dos produtos das ÁREAS I e II, ficando em aberto o cronograma de entrega da ÁREA III.

TABELA 1

#### CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO - ÁREA I

PRODUTOS	1984	1985	1986
MAPAS TEMÁTICOS DA ÁREA I NA ESCALA DE 1:250.000 OBTIDOS DE IMAGENS DE 1983/1984.		JUNHO	
AVALIAÇÃO DA ÁREA CANAVIEIRA POR MUNICÍPIO, FOLHA TOPOGRÁFICA E ESTADO; REFERENTE AOS DADOS 1983/1984 DA ÁREA I E AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO DE MAPEAMENTO.		JUNHO	
MAPAS TEMÁTICOS DA ÁREA I NA ESCALA DE 1:250.000 OBTIDOS DE IMAGENS DE 1985.			JUNHO
AVALIAÇÃO DA ÁREA CANAVIEIRA POR MUNICÍPIO, FOLHA TOPOGRÁFICA E ESTADO PARA A SAFRA 1984/1985 NA ÁREA I.			JUNHO

TABELA 2

#### CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO - ÁREA II

PRODUTOS	1984	1985
MAPAS TEMÁTICOS NA ESCALA DE 1:50.000 CORRESPONDENTES:		
ÀS FOLHAS DE ROTEIRO E DE MACEIÓ.	AGOSTO	
ÀS FOLHAS DE S. MIGUEL DOS CAMPOS, PILAR, JUNQUEIRO, ATALAIA E MARIMBONDO.	DEZEMBRO	
ÀS FOLHAS CORRESPONDENTES AOS VÔOS DE 1983 E 1984.		JUNHO
À AVALIAÇÃO DE ÁREA PARA OS MUNICÍPIOS E MAPAS CORRESPONDENTES ÀS FOLHAS ACIMA.		JUNHO

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um grande esforço tem sido feito neste Projeto para operacionalizar um sistema que utiliza sensoriamento remoto para identificação, mapeamento e avaliação de áreas plantadas com cana-de-açúcar. É importante salientar que mesmo ao nível internacional poucos países têm sistemas remotos para o controle de suas áreas plantadas.

Essa iniciativa, aparentemente desafiadora, deverá trazer 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 sejam um meio fundamental para atingir os objetivos do CANASATE, outras fontes de informações complementares são levadas em consideração. O projeto prevê a realização intensiva de trabalhos de campo sempre que este se mostrar necessário.

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

Um exemplo significativo de benefícios laterais do Projeto CANASATE é a geração de cartas topográficas na escala de 1:50.000 na Região Nordeste, em áreas onde estão disponíveis apenas cartas topográficas na escala de 1:1.000.000.

A execução deste projeto tem permitido a construção de uma experiência sólida da equipe envolvida, composta de cinco engenheiros agrônomos, um engenheiro cartógrafo, além de um coordenador com formação em Engenharia Agrônoma, todos em tempo integral no projeto. Esta equipe conta ainda com a assessoria técnica permanente do Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE. Tem sido uma preocupação constante desta equipe 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.

Estes desenvolvimentos certamente contribuirão para o aperfeiçoamento deste e de futuros projetos na área da Agricultura.

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 disso, 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 muitos usuários na geração de mapas.

#### AGRADECIMENTOS

À FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (FIBGE) pela cooperação através de repasse dos positivos conjugados das bases cartográficas na área de sua atuação e das cartas que contêm os limites municipais da região canavieira no Norte Fluminense e da ÁREA II (Nordeste), bem como pelo apoio nos serviços de Geodésia e Cartografia, em decorrência dos termos do Convênio CNPq/INPE e FIBGE.

Ao INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ALCOOL (IAA) pela colaboração dada ao projeto, colocando à disposição do projeto técnicos do PLANALSUCAR para o acompanhamento dos trabalhos de campo que estão sendo executados.

Ao INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (IGC) de São Paulo e ao INSTITUTO DE TERRAS E CARTOGRAFIA (ITC) do Paraná pela elaboração dos limites municipais das regiões canavieiras dos Estados de São Paulo e Paraná, respectivamente.

À DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (DSG) pela cooperação através do repasse dos positivos conjugados das bases cartográficas em sua área de atuação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARONOFF, S. The map accuracy report: a User View. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(8):1309-1312, 1982.
- ASSUNÇÃO, G. V. e DUARTE, V. *Avaliação de Área Preparadas para Plantio (Solon) Utilizando Dados do Satélite LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, 1983. (INPE-2637-TDL/111).
- BATISTA, G.T.; LIMA, A. M.; TARDIN, A. T., RUDORFF, B. F. T.; MENDONÇA, F. J.; PINTO, S. A. F.; CHEN S. C.; DUARTE, V. *Desenvolvimento e Teste de um Sistema de Fiscalização das Operações de Crédito Agrícola ao Nível de Municípios e de Propriedades Agrícolas Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos, INPE, 1984. (INPE-3239-RPE/462).
- BATISTA, G.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; CHEN, S.C.; TARDIN, A.T. *Estudo da Viabilidade do Uso Amostral de Fotografias Aéreas (Infravermelho Colorido) para estimativas de Áreas Cultivadas em Jardinópolis - SP*. São José dos Campos, INPE, 1977 (INPE-006-NTE/1077).
- BATISTA, G.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; CHEN, S.C.; NOVAES, R.A. *Uso de Sensores a Bordo Satélite e Aeronave na Identificação e Avaliação de Áreas de Culturas para Fins de Previsão de Safras*. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-1229-NTI/103).

- BATISTA, G.T.; NOVAES, R.A.; TARDIN, A.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; SANTOS, J.R.; CHEN, S.C.; TOSCANO, L.P. *Atividades do Projeto Estatísticas Agrícolas durante o Ano de 1975*. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-830-PPR/0120).
- BATISTA, G.T. Study of Corn and Soybean LANDSAT MSS Data Classification Performance as a Function of Scene Characteristics. Purdue University, Indiana. PhD Thesis, 1981.
- BAUER, M.E. The Role of Remote Sensing in Determining the Distribution and Yield of Crops. *Advances in Agronomy*, 27:271-304, 1975.
- INSTITUTO DO AÇUCAR E DO ALCOOL/PLANALSUCAR. Estações Experimentais - Relatório Anual 1983. Piracicaba, 1983. p. 14.
- MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; CHEN, S.C.; NOVAES, R.A.; SHIMABUKURO, Y.E. *Resultados Significantes do Projeto Estatísticas Agrícolas: 1975-1978*. São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1609-NTE/115).
- MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; CHEN, S.C.; LUCHT, L.A.M.; MOREIRA, M.A.; LIMA, A.M. ; MAIA, F.C.S. *Levantamento da Área Canavieira do Estado de São Paulo, Utilizando Dados do LANDSAT - Ano Safra 1979/80*. Vol. I e Vol. II. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2021-RPE/288).
- MOREIRA, M.A. *Sistema de Amostragem para estimar a Área de Trigo (Triticum aestivum) através de Dados do LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, 1983. (INPE-2941-TDL/150).
- PAARLBERG, D.L.; EISGRUBER; SCHERR, B.; HARTLEY, H.; INGRAM, D.; SCHLUMBERGER, J.; GOODENOUGH, D.; NAGY, G.; HOLMES, R.; SHAY, R. Independent Peer Evaluation of the Large Area Crop Inventory Experiment. Proc. LACIE Symp. SJC - 14550, p. 42, NASA, Houston, TX. 1978.
- SCHERR, B.A.; KIBLER, W.E.; HALL, F.G. The Status of Existing Global Forecast. Proc. LACIE Symp., JSC - 14551; 1-16, NASA, Houston, TX, 1978.
- TARDIN, A.T.; PALESTINO, C.V.B.; SONNENBURG, C.R. *Levantamento de Áreas Ocupadas por Café e Trigo no Nordeste do Paraná por Análise Automática de Dados do Satélite LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-875-NTE/065).
- VALERIANO, D.M. *Estimativa de Exatidão de Classificação: Metodologia Aplicada ao Mapeamento da Cobertura da Terra da Planície Costeira de Santa Catarina através de Processamento de Dados MSS/LANDSAT*. Dissertação de Mestrado, 1984. (No prelo).