

## N O T I C E

THIS DOCUMENT HAS BEEN REPRODUCED FROM  
MICROFICHE. ALTHOUGH IT IS RECOGNIZED THAT  
CERTAIN PORTIONS ARE ILLEGIBLE, IT IS BEING RELEASED  
IN THE INTEREST OF MAKING AVAILABLE AS MUCH  
INFORMATION AS POSSIBLE

80-10261  
CR-163368

"Made available under NASA sponsorship  
in the interest of early and wide dis-  
semination of Earth Resources Survey  
Program information and without liability  
for any use made thereof."



(E80-10261) UTILIZATION OF LANDSAT DATA TO  
INVENTORY THE SUGAR CANE IN THE STATE OF SAO  
PAULO (Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao  
Jose) 18 p HC A02/MF A01 CSCL 02C

N80-30844

G3/43 Unclas  
00261

RECEIVED BY  
NASA STI FACILITY  
DATE: 6-25-80  
DCAF NO. 002949

PROCESSED BY  
 NASA STI FACILITY  
 ESA - SDS  AIAA



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Classificação INPE-COM.6/NTE C.D.U. 621.38SR:633.61 (81)		2. Período	4. Distribuição	
3. Palavras Chaves (seleccionadas pelo autor) INVENTÁRIO CANÁ-DE-AÇÚCAR LANDSAT CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA		interna <input type="checkbox"/>		externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº INPE-1668-NTE/157	6. Data Janeiro, 1980	7. Revisado por <i>Armando P. dos Santos</i> Armando P. dos Santos		
8. Título e Sub-Título UTILIZAÇÃO DE DADOS DO LANDSAT PARA INVENTÁRIO DA CANÁ-DE-AÇÚCAR DO ESTADO DE SÃO PAULO		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor		
10. Setor DSR/GAF	Código 30.312	11. Nº de cópias 26		
12. Autoria Francisco José Mendonça David Chung Liang Lee Yosio Edemir Shimabukuro Antonio Tebaldi Tardin René Antonio Novas Sherry Chou Chen		14. Nº de páginas 13		
13. Assinatura Responsável <i>Francisco José Mendonça</i>		15. Preço		
16. Sumário/Notas Utilizando-se dados do LANDSAT com suporte em fotografias aéreas infravermelho coloridas, na escala aproximada de 1:20.000, foi realizado o inventário de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. A região de estudo abrange uma área de 165.000 Km <sup>2</sup> , na qual se concentra 95% da cana-de-açúcar do Estado. A acurácia da classificação foi obtida a partir da comparação da interpretação visual de imagens de aeronave de 10 segmentos seleccionados na região e a correspondente interpretação automática de fitas CCT dos mesmos segmentos. O total da área de cana-de-açúcar encontrado foi de 1.334.084 ha. com uma porcentagem correta de classificação de 87,96%.				
17. Observações				

## INDICE

ABSTRACT .....	iv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	2
2.1 - Material .....	2
2.1.1 - Informações Preliminares .....	2
2.1.2 - Material Fotográfico .....	2
2.1.3 - Sistema Image-100 (I-100) .....	3
2.1.4 - Material Cartográfico .....	3
2.2 - Métodos .....	3
2.2.1 - Obtenção do Inventário da Cana-de-açúcar .....	3
2.2.2 - Obtenção do Mapa Temático Contendo a Distribuição Espacial da Cana-de-açúcar .....	5
2.2.3 - Definição da Cana Inventariada e Mapeada .....	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	6
3.1 - Resultados .....	6
3.1.1 - Referente ao Inventário de Cana Obtido Automaticamente .....	6
3.1.2 - Referente ao Mapa da Distribuição Espacial da Cana .....	6
3.2 - Discussão .....	6
3.2.1 - Dados da Interpretação Automática .....	6
3.2.2 - Distribuição Espacial da Cultura Canavieira .....	7
4. CONCLUSÕES .....	7
BIBLIOGRAFIA .....	9
APÊNDICE A - Mapa da Distribuição da Cultura Canavieira	

ABSTRACT

LANDSAT data supported by CIR aerial photography (approx. scale = 1:20,000) were used for a sugar cane inventory of São Paulo State. The region studied, an area of 165,000 Km<sup>2</sup>, encompasses 95% of the state's sugar cane plantations. Classification accuracy was obtained by comparing aerial photographs of 10 segments selected in the region with the corresponding LANDSAT CCTs of the same segments. The total area in sugar cane was estimated at 1,334,084 hectares with a classification accuracy of 87.96 %.

## 1. INTRODUÇÃO

Objetivando o desenvolvimento de uma metodologia operacional de utilização de dados do LANDSAT, para fins de previsão de safras, o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), através do subprograma Estatísticas Agrícolas (EAGRI), elegeu para estudo, durante o ano de 1978, a cultura da cana-de-açúcar (Saccharum spp), no Estado de São Paulo.

As razões da escolha da cultura da cana-de-açúcar nesse estudo foram, principalmente:

- a) a cana-de-açúcar no Estado de São Paulo ocupa áreas extensas e contínuas;
- b) no período seco (junho-setembro), a cultura da cana está praticamente sã no campo, em relação às culturas anuais, circunstância muito especial que favorece grandemente a identificação da cultura na imagem LANDSAT com maior acurácia;
- c) nesse mesmo período, é alta a probabilidade de se ter dados do LANDSAT sem cobertura de nuvens; e
- d) sendo uma cultura de alta expressão econômica e considerando que o Estado de São Paulo possui cerca de 60% da cana plantada do país, considerou-se altamente prioritário e oportuno seu estudo.

O Projeto foi dividido em três partes, a saber:

- 1) estabelecimento de uma metodologia de identificação e avaliação de áreas ocupadas com cana-de-açúcar, através de interpretação automática de dados do LANDSAT;
- 2) inventário da área total da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo.

lo, a partir de dados digitalizados do LANDSAT; e

- 3) elaboração de um mapa contendo a distribuição espacial da cana-de-açúcar do Estado através de identificação visual em imagens do LANDSAT, na escala de 1:250.000, nos canais 5 e 7.

Na presente publicação serão apresentadas e discutidas tão somente a segunda e terceira partes do Projeto, porquanto a primeira parte será objeto de dissertação de tese de mestrado, a ser apresentada em outra publicação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - MATERIAL

Para a realização desse projeto foram utilizados:

#### 2.1.1 - INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Foram obtidas junto ao Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria da Agricultura de São Paulo, estimativas das áreas ocupadas com a cultura da cana, referentes ao período 77/78, a nível de município. Essas estimativas foram obtidas por métodos subjetivos e serviram como informações básicas preliminares para o projeto.

#### 2.1.2 - MATERIAL FOTOGRÁFICO

##### a) Do Avião

Foi utilizado para recobrimento fotográfico o filme "aerochrome infravermelho (2443)" da Kodak, em câmara RC-10 e obtido na escala aproximada de 1:20.000.

##### b) Do LANDSAT

O material fotográfico utilizado do LANDSAT, consistiu-se

de:

- imagens LANDSAT, canais 5 e 7 na escala 1:1.000.000, de julho de 1977;
- imagens LANDSAT canais 5 e 7 na escala 1:250.000, de julho/agosto de 1978; e
- dados digitalizados do LANDSAT (fitas CCT) de julho/agosto de 1978.

#### 2.1.3 - SISTEMA IMAGE-100 (I-100)

O sistema I-100, desenvolvido pela General Electric (1975), foi utilizado para identificar e avaliar áreas ocupadas com cana-de-açúcar, através de fitas compatíveis com o computador (CCT).

#### 2.1.4 - MATERIAL CARTOGRÁFICO

Foram utilizadas, como bases cartográficas, as folhas topográficas na escala 1:250.000 de São Paulo, do Instituto Geográfico e Geológico (IGG, 1954).

Foram também utilizadas, como base de informações, a carta dos solos do Estado de São Paulo, feita pelo Ministério da Agricultura (BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1960).

#### 2.2 - MÉTODOS

##### 2.2.1 - OBTENÇÃO DO INVENTÁRIO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A partir de dados fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria da Agricultura de São Paulo, foi gerado um primeiro mapa contendo a distribuição espacial da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.



Sobre este mapa foram acrescentadas informações de solos e demarcadas as principais usinas de cana-de-açúcar do Estado.

Definidas as órbitas de passagem do LANDSAT sobre o Estado de São Paulo e obtidas as imagens LANDSAT, nos canais 5 e 7, na escala de 1:1.000.000, foi feita uma interpretação visual da cana-de-açúcar. O resultado dessa interpretação preliminar mostrou exatamente a ocorrência das áreas de maior concentração de cana-de-açúcar.

Com base nessas informações preliminares, foram definidos dez segmentos de 10 x 20 km, a serem sobrevoados pelo avião. Esses segmentos foram distribuídos, no Estado, segundo o critério de diferentes tipos de solos e diferentes órbitas de passagem do LANDSAT.

Para cada segmento, foi feito um mosaico semi-controlado com as fotos aéreas obtidas em fins de maio e início de julho, na escala 1:20.000 e gerado um mapa temático da cultura da cana-de-açúcar. Utilizando-se uma malha com pontos equidistantes de 1 cm, determinou-se, para cada segmento, a área ocupada com cana-de-açúcar. Esses segmentos foram utilizados para servir de treinamento na fase de identificação automática e para medir a acurácia de classificação da cana-de-açúcar, obtida a partir de dados digitalizados do LANDSAT.

O inventário, propriamente dito, foi obtido a partir de dados digitalizados do LANDSAT (fitas CCT), tratados automaticamente no sistema IMEGE-100 (I-100), referentes às passagens de julho/agosto de 1978.

Inicialmente foi obtida a classificação automática de cada segmento, e os resultados em termos de distribuição espacial e avaliação de área, foram comparados com os mesmos resultados obtidos anteriormente, a partir de dados de aeronave. A seguir, utilizando os parâmetros espectrais de cada segmento, foi estendida, para toda a área de estudo a classificação da cana-de-açúcar.

Para a extensão da assinatura espectral dos segmentos, pro

cedeu-se à divisão da área de estudo em quatro estratos coincidentes com as quatro órbitas de passagem do LANDSAT. Assim sendo, a cana-de-açúcar de cada órbita foi classificada segundo os parâmetros espectrais dos segmentos pertencentes a esta órbita.

O procedimento adotado para a classificação da cana-de-açúcar através do analisador multiespectral I-100 foi o seguinte:

- dividiu-se cada cena do LANDSAT em 9 módulos, correspondendo cada módulo a uma área de 383.400 ha. Utilizando-se os parâmetros espectrais da cana-de-açúcar do segmento pertencente ao estrato ou à órbita, fez-se a classificação automática da cultura de cada módulo, segundo o sistema "MAXVER", que usa o critério de "máxima verossimilhança", (Velasco et al., 1978). A área da classificação automática de cada módulo foi obtida através do programa "AREA", inserido no sistema I-100.

#### 2.2.2 - OBTENÇÃO DO MAPA TEMÁTICO CONTENDO A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

Gerou-se, primeiramente, um mapa do Estado de São Paulo, na escala de 1:250.000, contendo todos os limites municipais do Estado. A partir das informações de estimativa subjetiva de área plantada com cana, determinou-se para cada município um índice de concentração do plantio de cana. Desse modo, foi possível conhecer, dentro do Estado de São Paulo, por Divisão Regional Agrícola, e por município, a distribuição da cana, segundo sua concentração de plantio.

A seguir, fez-se um mosaico das imagens LANDSAT de todo o Estado na escala de 1:250.000 e sobre ele foi sobreposto o mapa contendo os limites municipais em papel transparente. Em cima desta composição, foi feita a interpretação das imagens LANDSAT, identificando-se as áreas ocupadas com cana-de-açúcar.

Para identificação da cana nas imagens LANDSAT, utilizam

do-se o método de interpretação visual, explorou-se as características multiespectrais (canais 5 e 7) dessas imagens.

### 2.2.3 - DEFINIÇÃO DA CANA INVENTARIADA E MAPEADA

Neste projeto considerou-se que a cana-de-açúcar englobaria tanto a cana adulta como parte da cana nova. Com referência à cana nova, levou-se em consideração somente aquela cuja área foliar cobrisse grande percentagem de solo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 - RESULTADOS

#### 3.1.1 - REFERENTE AO INVENTÁRIO DE CANA OBTIDO AUTOMATICAMENTE

O resultado de áreas ocupadas com cana, através da classificação automática dos dados digitalizados do LANDSAT foi de 1.334.084 ha.

#### 3.1.2 - REFERENTE AO MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CANA

Na escala de 1:250.000 foi obtido um mapa temático, no qual pode-se ver, para cada Divisão Regional Agrícola (DIRA), a distribuição das principais concentrações da cultura. Esse mapa teve por base cartográfica as folhas topográficas em escala de 1:250.000 do Instituto Geográfico e Geológico (IGG, 1954). Nesta publicação, este mapa está sendo apresentado na escala aproximada de 1:1.300.000, (Apêndice A).

### 3.2 - DISCUSSÃO

#### 3.2.1 - DADOS DA INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

De acordo com a estimativa feita pelo IEA, em junho de 1978 (Secretaria da Agricultura, 1978), a área plantada com cana-de-açúcar do Estado de São Paulo foi de 1.166.390 ha.

Comparando o resultado de 1.334.084 ha de área de cana-de-açúcar, obtido através de classificação automática, com aquele resultado obtido pela Secretaria da Agricultura, verificou-se que há uma diferença de 12,57%.

A utilização de uma única data para análise dos dados do LANDSAT (julho/agosto), embora tenha sido altamente conveniente do ponto de vista de caracterização espectral da cultura, todavia limitou o levantamento para o estágio da cana, cuja área foliar cobrisse todo o solo. Assim sendo, não foi possível o levantamento de áreas de cana nova, áreas de cana cortada e de áreas preparadas para plantio da cultura.

Com relação à acurácia da classificação automática, medida através dos segmentos tomados como áreas de treinamento, a percentagem total de classificação correta foi de 87,96% (obtida na primeira parte do projeto).

### 3.2.2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CULTURA CANAVIEIRA

Segundo as informações de estimativa de área de cana existente no Estado de São Paulo cedidas pelo IEA, 94% se destina à indústria, ficando os 6% restantes destinados à pecuária para serem utilizados como forragem.

Nesse trabalho, a cana mapeada engloba indistintamente as duas categorias de cana, a saber: cana para indústria e cana para forragem.

## 4. CONCLUSÕES

Do estudo realizado pode-se tirar as seguintes conclusões:

- 1 - pelos resultados obtidos, pôde-se constatar que dados de julho/agosto do LANDSAT, permitiram obter uma boa discriminação

espectral da cana-de-açúcar. Todavia, essa época não permitiu a identificação de outros estágios da cana, donde se conclui que o uso de dados temporais é muito importante para se obter um inventário completo da cultura canavieira;

- 2 - a elaboração do mapa temático foi muito importante, pois permitiu o conhecimento da distribuição espacial da cana-de-açúcar por Divisão Regional Agrícola; e
- 3 - a repetição sistemática desse levantamento propiciará a avaliação, no tempo, da evolução e/ou involução do plantio da cana-de-açúcar.

**BIBLIOGRAFIA**

- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, 1960, 634 p. (Boletim, 12).
- GENERAL ELECTRIC *Image interactive multispectral image analysis system: user manual*. Daytona, 1975.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. *Folha topográfica de São Paulo*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Araçatuba*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Itapetininga*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Campinas*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Ribeirão Preto*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Iguape*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Presidente Epitácio*. São Paulo, Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Presidente Prudente*. São Paulo, Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de São José do Rio Preto*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.
- . *Folha topográfica de Taubaté*. São Paulo. Ypiranga, 1954. Escala 1:250.000.

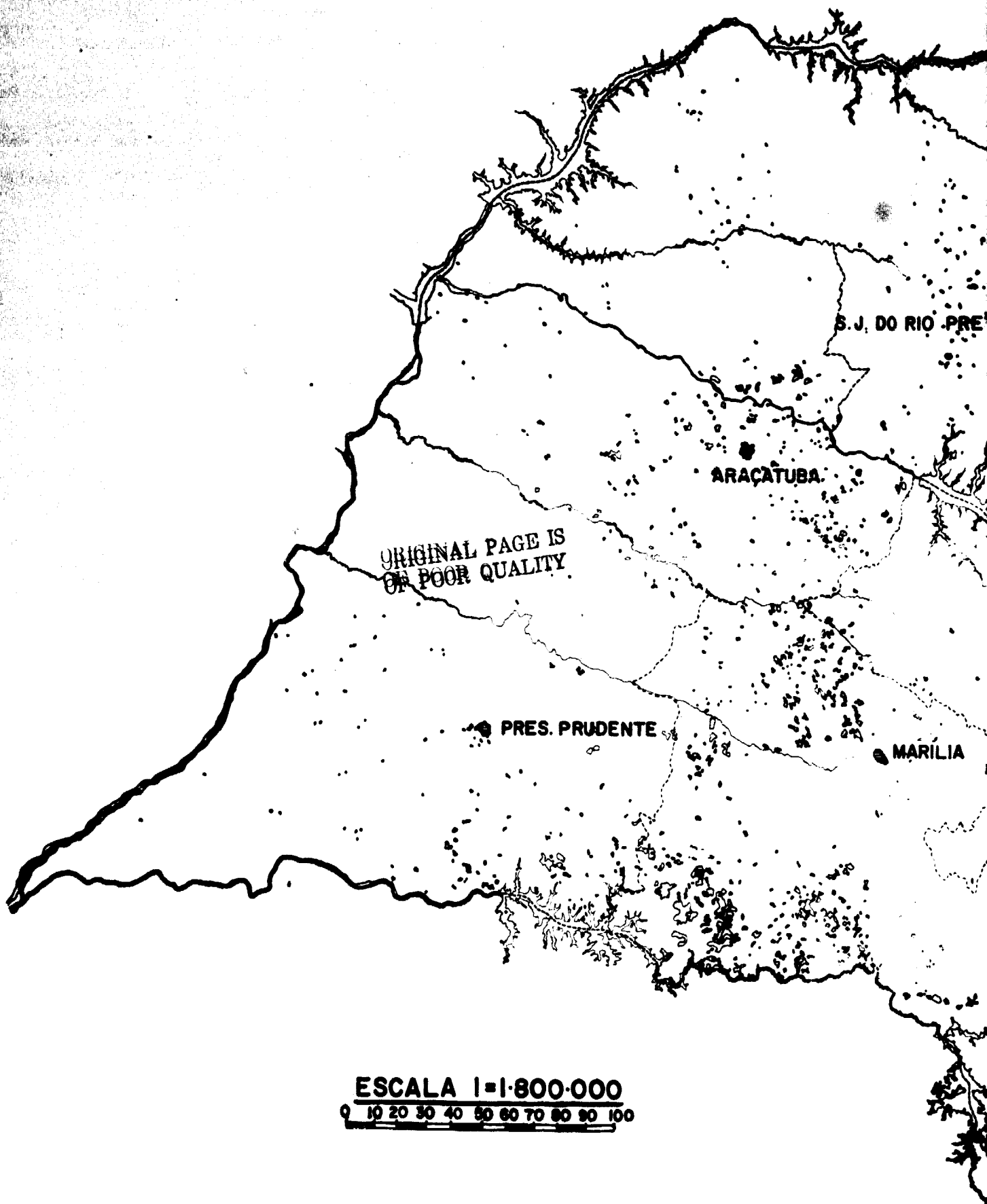
SÃO PAULO. SECRETARIA DA AGRICULTURA. *Previsão e estimativas das safras agrícolas do Estado de São Paulo 1977/78: 5º levantamento.* São Paulo, 1978. p.5.

VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.G.M. *Sistema Maxver: manual do usuário.* São José dos Campos, INPE, jul., 1978. (INPE-1315-NTI/110).

APÊNDICE A

MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DA CULTURA CANAVIEIRA





ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

S. J. DO RIO PRETO

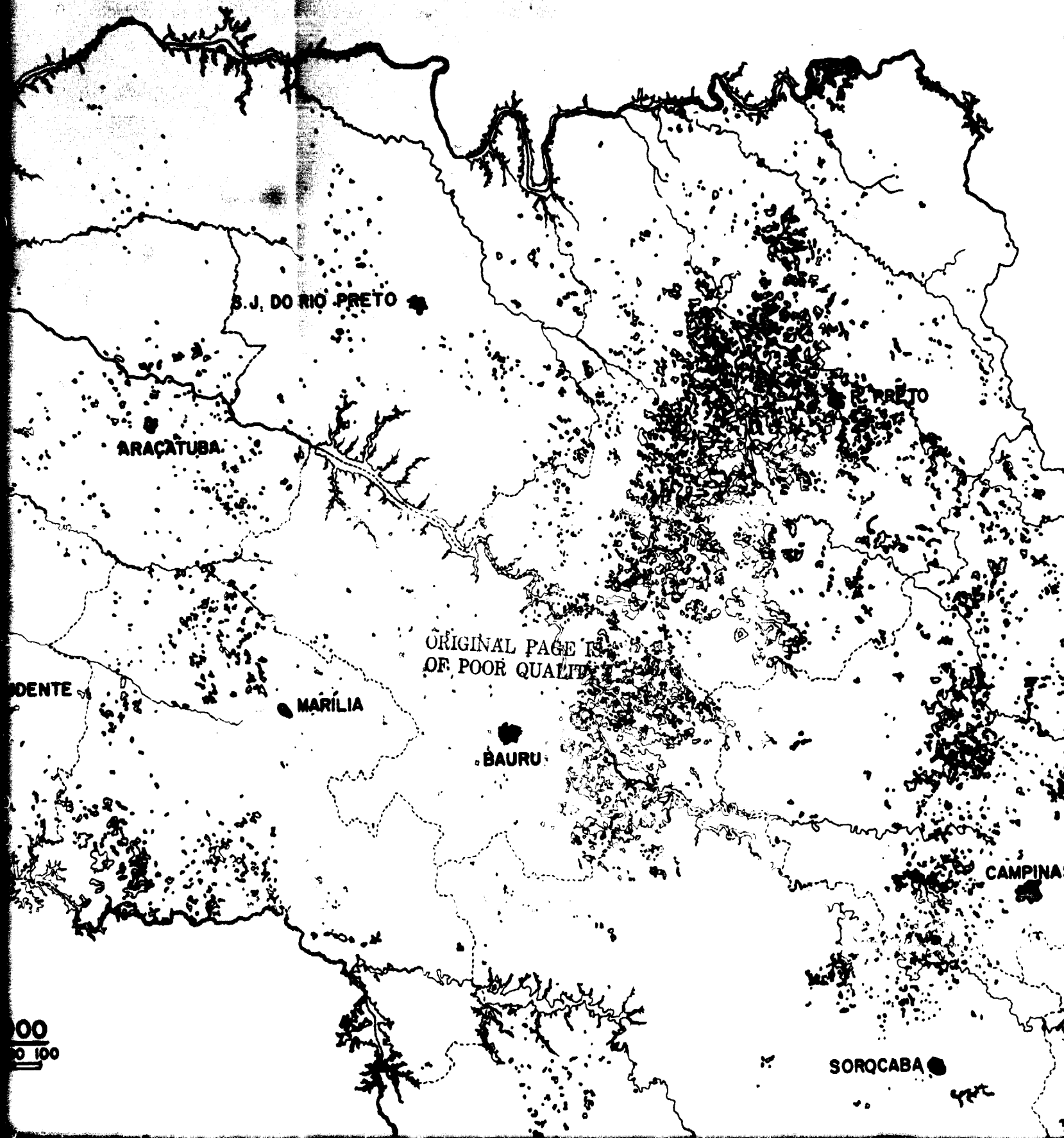
ARACATUBA

PRES. PRUDENTE

MARILIA

ESCALA 1=1.800.000

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



S.J. DO RIO PRETO

ARACATUBA

RIO PRETO

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

ENTE

MARILIA

BAURU

CAMPINA

SOROCABA

00  
0 100

**ESTADO DE SÃO PAULO**

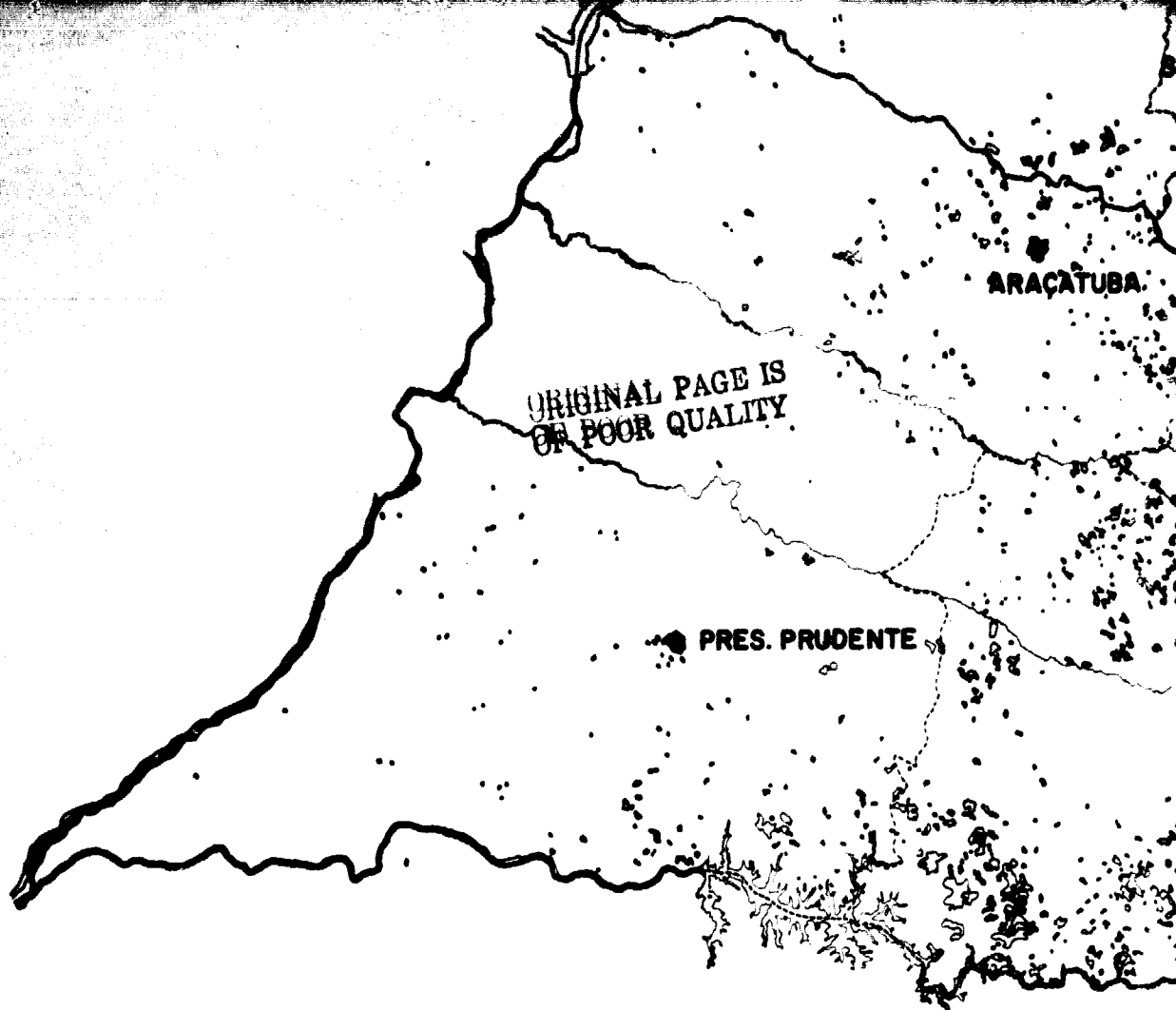
**MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DA CULTURA CANAVIEIRA**

**CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO  
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**1ª EDIÇÃO 1979**

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY










**ESCALA 1=1.800.000**  
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

**IMAGEM LANDSAT - PASSAGEM DE JULHO/AGOSTO 1978**

**CONVENÇÕES**

-  Cidade - Sede de Divisão Regional Agrícola (DIRA)
-  Cidade
-  Área de Cana-de-açúcar
-  Divisa Interestadual
-  Divisa de DIRA

S. J. DO RIO PRETO

ARACATUBA

PRETO

PAGE IS  
QUALITY

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

PRES. PRUDENTE

MARILIA

BAURU

1:800-000  
60 70 80 90 100

SOROCABA

DE JULHO/AGOSTO 1978

onal Agricola (DIRA)

1ª EDIÇÃO 1979

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

