

# Aplicações do Sensoriamento Remoto — O Estudo da Microrregião Açucareira de Campos

*Eliane Alves da Silva*

## Introdução

Pretendeu-se, como objetivo, no presente trabalho, apresentar uma das possibilidades de estudo do espaço canavieiro, no ESTADO DO RIO DE JANEIRO, pela técnica de Análise Digital de Dados do LANDSAT<sup>(2)</sup>, buscando verificar a eficiência e o aprimoramento da técnica aplicada no espaço geográfico em questão, constituído de compartimentos fisiográficos distintos, para o cultivo da cana-de-açúcar, como sejam: a BAIXADA e o TABULEIRO da Microrregião Açucareira de Campos (respeitando a denominação vigente no IBGE), a qual inclui os seguintes municípios: Campos, Conceição de Macabu, Macaé, São Fidélis e São João da Barra. (Figura 1).

O Sensoriamento Remoto por satélite, em suas múltiplas aplicações, pode ser considerado como uma técnica de análise do espaço que permite o seu conhecimento sistemático, pois, a imagem de satélite é uma imagem fiel do espaço geográfico<sup>(5)</sup> (6).

A Análise Digital de dados do Satélite LANDSAT fornece subsídios a estudos envolvendo o uso do solo urbano e rural, assim como, problemas ambientais, tais como: a poluição, o desmatamento, a erosão, o assoreamento e tantos outros.

A referida Análise Digital de dados, foi, então, escolhida a fim de ser testada, em seus aspectos metodológicos, para a caracterização do espaço situado nos extremos orientais do Baixo Vale do Rio Paraíba do Sul, correspondendo à Microrregião Açucareira de Campos, (Figura 2), tradicionalmente produtora de cana-de-açúcar (com mais de cinquenta engenhos na então chamada Baixada dos Goitacazes, no século XVIII).

A Análise Digital de dados captados pelo LANDSAT, com o sensor Multispectral Scanner — MSS, no INPE, é realizada com o emprego do sistema "Image-100" ou I-100<sup>(7)</sup>, mediante o processamento digital feito através de dados multiespectrais digitalizados e que estão disponíveis em forma de fitas CCT (Fitas Compatíveis com o Computador).

As fitas são processadas de tal forma que se obtém, no vídeo do sistema, a informação digital apresentada sob a forma de imagem.

Considerou-se indispensável, para chegar à análise digital, a pesquisa de campo e o emprego de fotografias aéreas, em função das características da plataforma do sensor considerado, no caso, o "Multispectral Scanner-MSS" do LANDSAT; as imagens são captadas em escalas muito reduzidas, devido às grandes altitudes das órbitas dos satélites (cerca de 920 quilômetros da Terra) e a resolução do sistema.

As escalas das fotografias aéreas são bem maiores que as escalas das imagens de satélites; contudo, as fotografias apresentam uma desvantagem, em relação às imagens, quanto ao caráter sequencial dos dados fornecidos, pois, es-

tas últimas são obtidas para um mesmo lugar, cerca de 22 vezes por ano (LANDSATs 4, 5) e 20 vezes no caso dos LANDSATs 1, 2 e 3, com informações em diferentes faixas do espectro eletromagnético. Pôde-se, então, acompanhar a Região Açucareira de Campos, a partir das primeiras imagens da área no período de 1973 a 1982, tendo, como complemento, a cobertura aerofotogramétrica do PLANALSUCAR/IAA de 1981, assim como, as cartas do referido órgão e também as do IBGE.

Visou, também, o estudo, esclarecer dúvidas decorrentes da semelhança de reflectância espectral de determinadas superfícies, no caso de áreas cultivadas com cana-de-açúcar e pastagens, assim como de áreas construídas. Foram realizadas as análises: estereoscópica de fotografias aéreas, visual de imagens orbitais e digital de imagens espaciais.

O confronto dos resultados destas três análises acima, resultou em vantagem para a Análise Digital, sendo escolhidas, dentro de uma área de 8.446 Km<sup>2</sup>, duas extensas faixas, respectivamente, a Norte/Nordeste de Campos e a Sul/Sudeste da mesma cidade. Em seguida, estendeu-se o estudo a toda a Microrregião considerada, o que possibilitou a comparação dos resultados.

Esta análise envolveu os cinco municípios, dessa Microrregião, e baseou-se nos parâmetros das áreas previamente selecionadas durante o treinamento com o "Image-100".

Buscou-se, então, verificar o desempenho da técnica, no espaço ocupado pela cana-de-açúcar no Norte Fluminense, nas escalas de 1:50.000 e 1:400.000.

\* Engenheira Cartógrafa/Geógrafa da FIBGE/DEGEO/IDIVRB e Professora Assistente do Departamento de Cartografia da UFF. Esta é uma parte da tese, compreendendo apenas a Introdução e os Capítulos: I, IV e V.

# I — PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO CULTIVO DA CANA-DE- AÇÚCAR E DOS ASPECTOS FISIOGRÁFICOS DA MICRORREGIÃO AÇUCAREIRA DE CAMPOS

## 1.1 — Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea semiperene, do gênero *Saccharum*, típica de climas tropicais e subtropicais, e tem por origem, presumida, o Sudeste Asiático. Seu cultivo está limitado às faixas correspondentes a 35° de latitude Sul e Norte.

A cana-de-açúcar expandiu-se no Hemisfério Ocidental, obtendo grande sucesso no Continente Americano, a partir da colonização européia.

No Brasil, a cana acha-se disseminada em todo o território, com variações devido às características ecológicas e sistemas de plantio.

O pique da produção brasileira está, geograficamente, limitado ao intervalo de 8° a 23° de latitude Sul, e em áreas litorâneas, de um modo geral. Os índices da produção de cana estão condicionados às características de: pedologia, irrigação, espécies empregadas, susceptibilidade a pragas e doenças e tempo de crescimento dos colmos.

A cana desenvolve-se, plenamente, a temperaturas médias anuais acima de 20°C e sob uma pluviosidade a partir de 1200mm. O seu ciclo vegetativo completo exige um período quente e úmido para o seu desenvolvimento e outro frio e seco para sua maturação. No Brasil, os meses secos (maio — setembro) correspondem a temperaturas mais baixas, obtendo-se a condição ótima de maturação coincidindo com as melhores imatoadas para o Norte Fluminense.

Por ter um período longo de vegetação, a cana fica sujeita às flutuações climáticas durante o ano. Tem suas funções biológicas paralisadas se a temperatura torna-se inferior a 12°C, e quando há secas prolongadas. Em regiões de clima tropical típico, o amadurecimento pode ser prejudicado em seu ritmo contínuo de vegetação, implicando em baixos rendimentos industriais. As áreas de boa luminosidade<sup>(8)</sup> são propícias ao seu cultivo, sendo inclusive um dos fatores que facilitam a percepção da cana

por sensores remotos. Os canaviais têm boa reflectância espectral, sendo distinguidos nas imagens do satélite LANDSAT.

Nas regiões de baixada, as temperaturas tendem a ser mais altas e com uma pluviosidade menor que nas regiões de tabuleiros ou de montanhas, comportamento observado no Estado do Rio de Janeiro (vide Figuras 2, 3, 4, 5 e 6).

O solo, no caso específico da cana, precisa dispor de suprimentos de água e de ar. Os solos ideais devem ser profundos, argilosos e retentores d'água; a cana-de-açúcar cresce também em solos arenosos, como se evidencia em território Fluminense. O pH dos solos varia entre 5,5 e 6,5 em locais planos.

A Região Açucareira de Campos, em comparação com outras regiões brasileiras onde a latitude é um fator limitante, não está sujeita às constantes geadas, porém, sofre inundações na Baixada, apresentando problemas de excesso de umidade nos solos, que além de prejudicar a aeração dos mesmos, afeta as raízes da cana e a assimilação de nutrientes, podendo provocar até a morte dos canaviais.

### 1.1.1 — Plantio da Cana-de-Açúcar

Utiliza-se o sistema conhecido, tradicionalmente, na região, ou seja, a plantadeira "campistinha", com as seguintes alterações:

Quanto a variedade — procura-se, sempre que possível, utilizar as variedades recomendadas pelo PLANALSUCAR, como as mais apropriadas à irrigação, quais sejam: NA-59/76, CP-51/22, CB-47/89 e CB-45/3.

CB-45/3 — Campos Brazil

É a variedade mais cultivada na Região Norte Fluminense, (em 80% da área) sendo a mais rústica e resistente à estiagem, vegetando bem, tanto nos solos de aluviões (Baixada), quanto nos solos do terciário (Tabuleiro), oferecendo, também, adaptação à irrigação praticada no local.

Em termos de semente — utiliza-se de canaviais (de preferência cana planta) que tenham de 8 a 10 meses de idade, com gemas de boa qualidade, a fim de se obter uma boa germinação. No caso de só se obter canaviais com mais de 10 meses ou socas, seleciona-se aquelas que apresen-

tarem um vigoroso desenvolvimento vegetativo e que estejam com as gemas em boas condições.

O plantio da cana-de-açúcar pode ser realizado em dois períodos diferentes: o de "frio" (fevereiro a abril) e o de "quente" (setembro a outubro). Entretanto, estes períodos sofrem alterações, por razões climáticas, econômicas e até práticas, pois muitas vezes ocorre o plantio contínuo de setembro a maio.

Na Região, grande parte do plantio se dá no segundo semestre da cada ano porque há sempre maior disponibilidade de mão-de-obra e de meios mecânicos, bem como, pela chegada da época das chuvas.

As tabelas (n<sup>os</sup> 1, 2, 3 e 4) apresentam o uso atual da terra na área da Microrregião Açucareira que detém o coração da produção de açúcar no Estado, e para a qual existe o Projeto de Irrigação e Drenagem da Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense — PROJIR, relativo ao Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar — PLANALSUCAR do Instituto do Açúcar e do Alcool — IAA.

## IV — RESULTADOS COMPARATIVOS ANÁLISE DIGITAL DE DADOS DO SATÉLITE LANDSAT COM O ANALISADOR "IMAGE-100"

### 4.1 — Introdução

Deste capítulo constam os resultados das análises feitas através de: fotointerpretação, análise visual de imagens e análise digital.

### 4.2 — Resultados da Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas

A adoção de fotografias aéreas, na escala de 1:15.000, proporcionou o conhecimento da grande área, denominada Zona Açucareira de Campos. Certas feições, como, por exemplo, uma grande usina e seus canaviais, subdivididos pelos diversos estágios de crescimento, entrecortados por vários canais de irrigação, foram claramente definidos nas fo-

tos verticais. As fotografias aéreas evidenciaram a grande homogeneidade da área, traduzida pelo cultivo da cana-de-açúcar na Região, podendo-se dizer que a cana é a lei, no Circuito Campista, onde a atividade agroindustrial, interfere na paisagem, na economia e na política. O caráter especializado do plantio e produção de açúcar e de álcool fornece, aí, um quadro "sui-generis", evidenciado pela observação dos outros centros produtores de açúcar, no Brasil, localizados em São Paulo e na Zona da Mata Nordestina. A cidade de Campos é cercada por canaviais.

Os diversos elementos da paisagem foram observados, trazendo informações adicionais às de campo e às das imagens, qualificando a investigação geográfica, para a posterior Análise Digital.

A caracterização da área canavieira fluminense, pelo estudo realizado através de fotografias aéreas, imagens, cartas e mapas, além da pesquisa de campo, mostram, nitidamente, a interferência humana local do presente trabalho.

As mudanças ocorridas na área canavieira tais como: o crescimento da cidade de Campos, o aumento das áreas cultivadas com cana-de-açúcar, o assoreamento de rios e, principalmente, das lagoas e a poluição puderam ser observadas mediante comparações realizadas entre as fotos, as cartas produzidas mediante restituição estereofotogramétrica das mesmas e as cartas da Fundação IBGE. E, também, entre as fotografias aéreas do PLANLSUCAR/IAA, as imagens de satélite, as pesquisas de campo e os dados estatísticos produzidos pela SONDOTÉCNICA. As fotos esclareceram as informações, elucidaram algumas questões e pormenorizam as áreas críticas, nas imagens. Além disso, a fotointerpretação e as cartas em escalas grandes serviram de parâmetros de avaliação na Análise Digital dos dados do MSS/LANDSAT.

A existência de fotografias aéreas e imagens, da mesma época, deu um caráter preciso às informações, principalmente no caso da diferenciação entre aterros recentes transformados em pastos e canaviais.

Tem-se a seguir os resultados da Fotointerpretação.

O trabalho de fotointerpretação permitiu a observação de áreas outrora de-

dicadas ao plantio da cana-de-açúcar, junto à cidade de Campos, loteadas e já ocupadas com residências. A observação, no local, possibilitou a constatação do surgimento de bairros novos, com casas amplas e modernas, indicando o crescimento da área urbana da cidade e, inclusive, o tipo de ocupação do espaço.

As fotografias aéreas mostraram feições que poderiam ser interpretadas como solo preparado para o plantio da cana-de-açúcar e por terem localização próxima das usinas, mas, na realidade, eram terrenos onde haviam sido realizados trabalhos recentes de terraplenagem, com o objetivo de demarcação de lotes para serem colocados a venda, pois havia, no local, placas indicativas. Percorrendo-se a rodovia BR 356, a caminho de Barcelos, observam-se loteamentos e construções modernas de veraneio.

A comparação entre as fotografias aéreas, as cartas e as imagens evidenciou a expansão de Campos, que é maior na direção Leste-Oeste, no sentido Leste, na porção à margem direita do Rio Paraíba do Sul, onde os canaviais vêm sendo erradicados.

A cana-de-açúcar tem perdido áreas junto a aglomeração urbana campista e tem ganho outras posições na região; basta examinar os mapas (Figs. 14, 15 e 16) nas escalas de 1:5000 e 1:150.000 que apresentam a situação do Uso da Terra na Microrregião Açucareira de Campos, para os anos de 1973 e 1982.

A análise das fotografias aéreas ratificou o caráter de extrema homogeneidade espacial, impresso na paisagem campista pelo cultivo da cana-de-açúcar. A mandioca, a laranja, o abacaxi e o arroz aparecem nas áreas periféricas (principalmente a Leste da grande mancha de cana), geralmente nas porções onde há menor fertilidade e em pequena escala. Quando identificou-se a presença destes cultivos, no interior da área canavieira, viu-se que não passavam de pequenos pomares de fundo de quintal; quanto aos cultivos consorciados de cana, milho e feijão não tinham expressão em termos de área plantada.

É notável, nestes últimos anos, a competição do espaço empreendido pela atividade açucareira, com relação aos ocupados com: a mandioca (especificamente em São João da Barra), as pastagens, os brejos e as lagoas.

O Projeto Pró-Álcool<sup>(31)</sup> foi respon-

sável pela instalação de sofisticada destilarias nas usinas da Região, para a produção de álcool; gerou-se, então, a necessidade de maior quantidade de cana plantada para ser moída; somam-se a este aspecto, as iniciativas da administração federal e estadual, muitas das quais anteriores a este Projeto e que através da construção de obras de irrigação e drenagem, aumentaram as áreas cultivadas, havendo, também, recuperação de solos pela aplicação de adubos e fertilizantes agrícolas.

A observação dos mapas (1973 e 1982) evidencia, por exemplo, o aumento da área plantada com cana e o assoreamento das lagoas, onde o caso da Lagoa Feia é o mais notável.

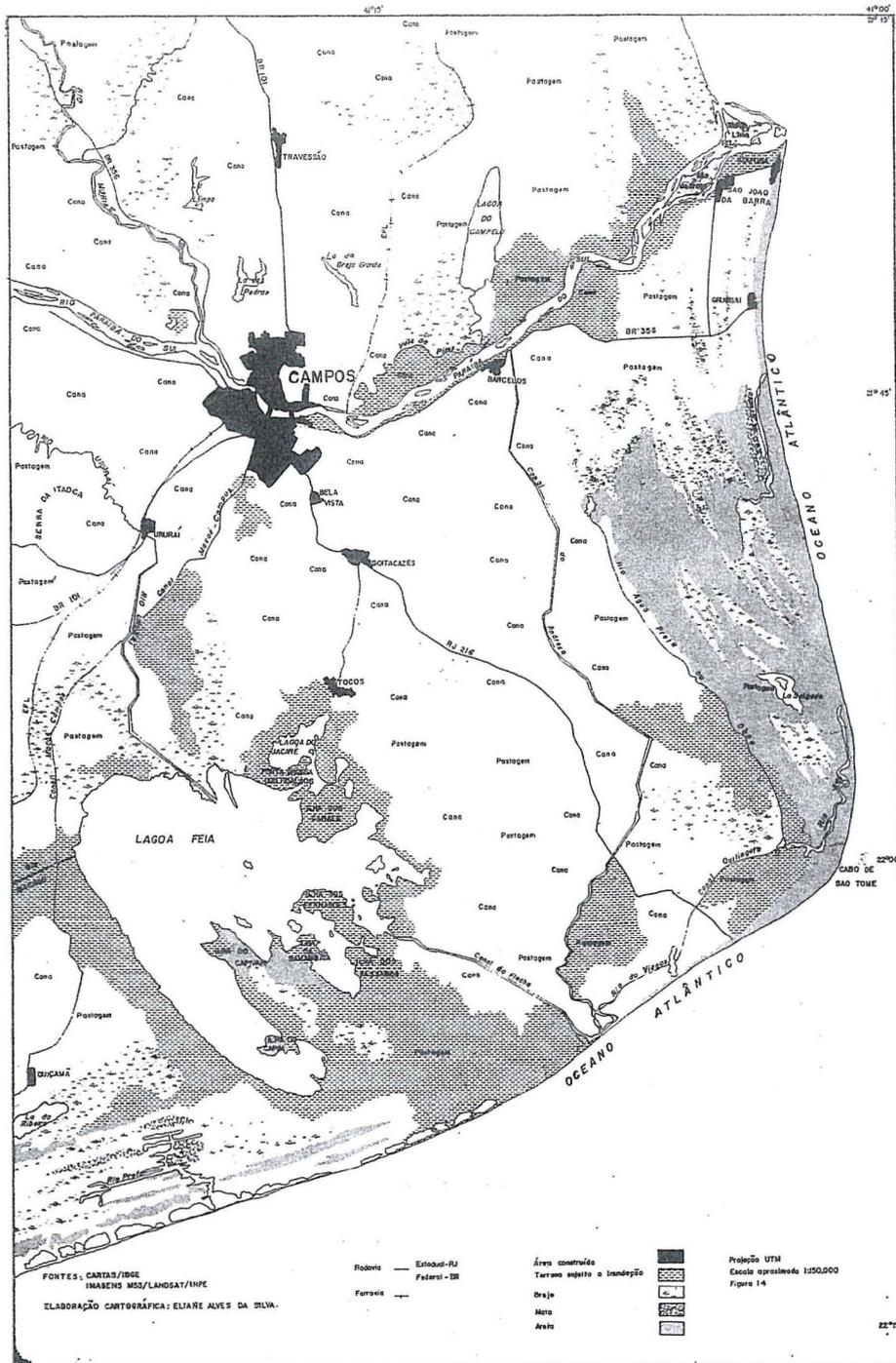
O exame das fotografias aéreas referentes à Lagoa Feia mostrou, especificamente, na porção Noroeste, o seu antigo limite (ao tomar-se por base a carta de 1968); o resultado desta análise aparece no mapa (Fig. 14), na escala de 1:15.000, com dados também compilados das imagens e das cartas utilizadas nesta dissertação, obedecendo metodologia cartográfica de mapeamento.

Este antigo limite da Lagoa Feia aparece nítido, nas fotos, devido à presença de tonalidades de cinza médio e claro do solo e com linhas estreitas e sinuosas, na porção aterrada, que já tem sido transformada em pastagem. A antiga ilha, sujeita a inundação, existente dentro da Lagoa Feia e que aparece mapeada na Carta IBGE (1968) é, também visível na imagem de 1973, porém na imagem de 1975 não existia mais; e viu-se, também, o aumento da canalização do Rio Uruaí, no sentido da Lagoa Feia, que recebe o nome local de Rio de Jesus. Acima desta área, os terrenos foram drenados e plantados canaviais.

Os inúmeros aterros têm extinguido os brejos e a sua vegetação característica e alterado as formas das lagoas (Feia, Campelo) causando a redução drástica de seus respectivos espelhos d'água. As pesquisas de campo na área, permitiram a constatação da gravidade do problema ambiental, pois, as mudanças introduzidas naquele espaço, a fim de promover a expansão da cultura da cana-de-açúcar e suas atividades correlatas que envolvem a produção de açúcar e, principalmente, do álcool, trouxeram também a poluição das águas e até do ar

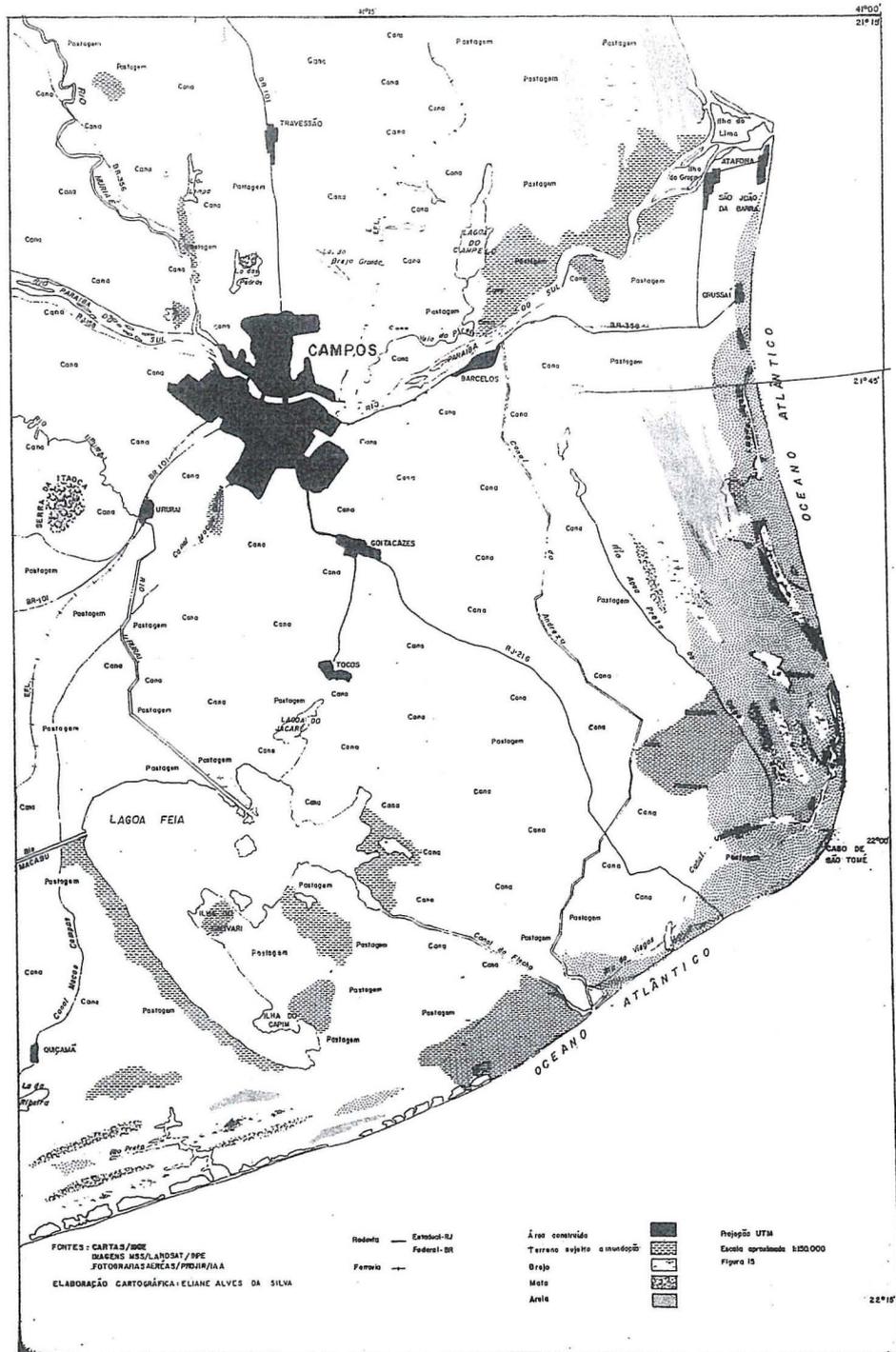
# MICRORREGIÃO AÇUCAREIRA DE CAMPOS

## USO DA TERRA EM 1973



# MICRORREGIÃO AÇUCAREIRA DE CAMPOS

## USO DA TERRA EM 1982



(devido ao forte mau cheiro produzido pelo vinhoto).

A avaliação da poluição, através de estudos do IAA, segundo PINTO (1979), causada pelos efluentes das destilarias de álcool, atingiu a rede hidrográfica da região "in natura". Ainda de acordo com estas pesquisas, os agentes poluidores, resultantes da produção de álcool em destilarias que são a água de lavagem e o vinhoto, são produzidos em larga escala. São gastos, em média, 10 m<sup>3</sup> de água para cada tonelada de cana moída e, no caso do vinhoto, substância resultante da produção de álcool, a proporção é de 13 litros de vinhoto para um litro de álcool.

É difícil a situação de preservação das condições ambientais, na região, e o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) tem pesquisado alternativas de destinação para as águas de lavagem e para o vinhoto, para minimizar o problema, visando, inclusive, a fertilização dos canais.

#### 4.3 — Resultados da Análise Visual de Imagens do LANDSAT

O acompanhamento da série temporal de imagens, durante o período de nove anos (1973 a 1982), evidenciou os seguintes resultados:

— foi perfeitamente possível estudar a cultura da cana-de-açúcar em diferentes estágios do seu cultivo, ou seja, áreas de cana adulta, cana nova e cana cortada, e delimitar a grande mancha de cana-de-açúcar nas imagens. Um exemplo desta análise aparece na Figura 17.

— o crescimento da cidade de Campos, que já tinha sido verificado através da comparação das cartas antigas com as fotos, pode ser acompanhado pelas imagens em seu processo evolutivo. A expansão urbana dá-se, preferencialmente, no sentido Leste-Oeste e na margem direita do Rio Paraíba do Sul. A cidade de Campos apresenta duas linhas principais de crescimento no Setor Leste: a primeira ocorre ao longo da rodovia BR 356, com destino ao litoral, e a segunda ao longo da rodovia RJ 216, onde pequenas localidades e bairros distantes, como Bela Vista e Parque dos Goitacazes, gradativamente, tendem a pertencer a uma única mancha urbana que

## MICRORREGIÃO HOMOGÊNEA AÇUCAREIRA DE CAMPOS CANA-DE-AÇÚCAR

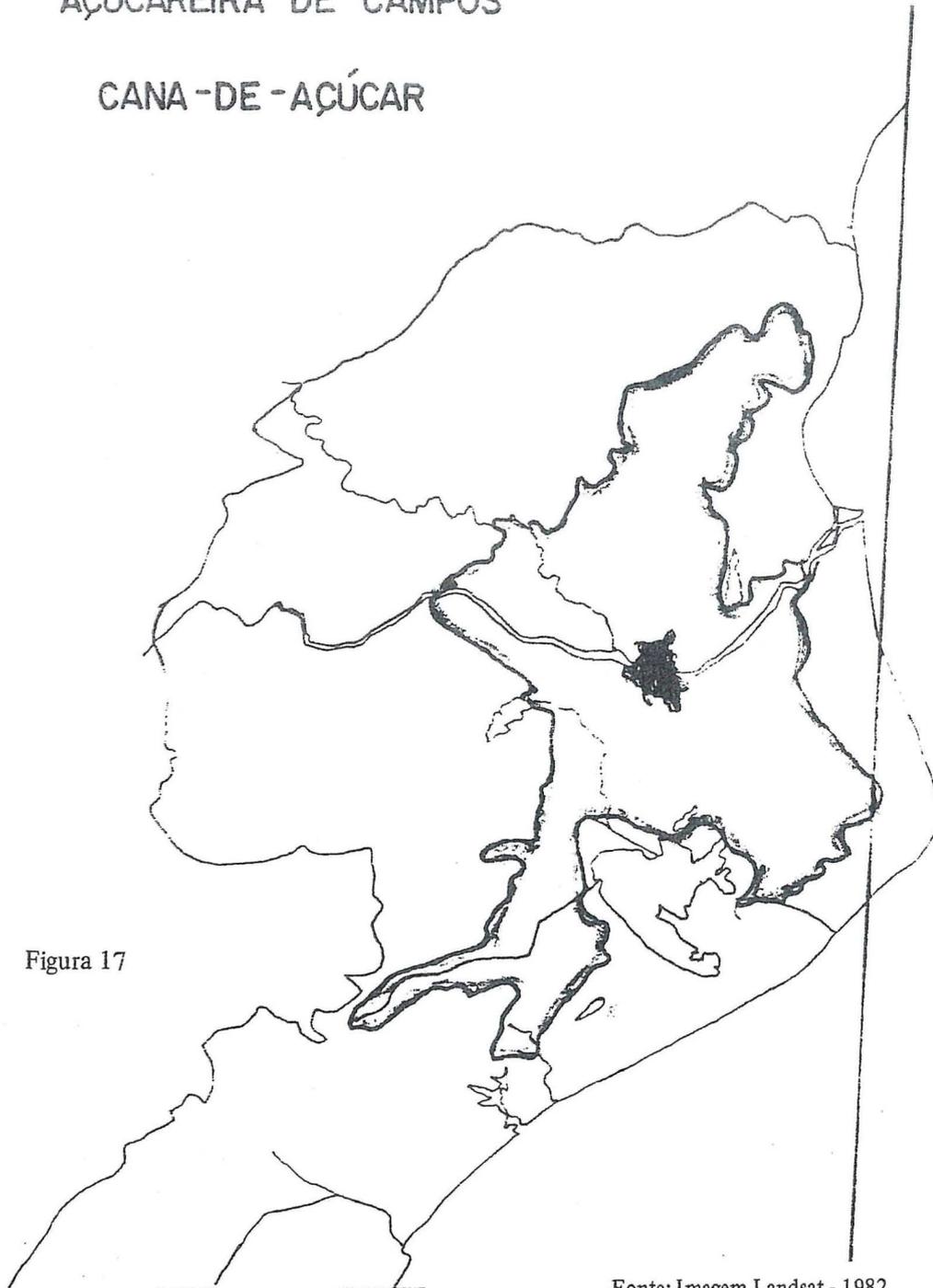


Figura 17

Fonte: Imagem Landsat - 1982  
Escala: 1:1.000.000

Elaboração cartográfica: Eliane A. da Silva

avança sobre áreas anteriormente ocupadas pela cana. A descontinuidade existente entre a área urbana de Campos e Bela Vista, em 1973, não existia mais em 1982.

O assoreamento de rios e lagoas é

grande, destacando-se da Lagoa Feia; basta comparar os resultados da fotointerpretação e da análise visual de imagens, mapeados no presente trabalho. Alguns aspectos já foram mencionados no item anterior, contudo, face ao nú-

mero de imagens utilizadas, além do assoreamento existente a Noroeste da Lagoa Feia (onde os terrenos alagados são pastagens, que aparecem em cinza médio no canal 5), viu-se outro aterro, ao Norte, nas proximidades da lagoa do Jacaré.

A canalização do Rio Uraraí, que desemboca na Lagoa Feia, avançou bastante com o aterro de 1973 para 1982 chegando a formar uma península.

Nas imagens, a partir de 1975, a Lagoa do Jacaré já estava bastante reduzida, passando a ter ligação com a Lagoa Feia, através do estreito Canal do Jacaré, presente no mapa de 1982.

A porção ao Norte da Lagoa é uma extensão natural da Baixada argilosa, com os solos mais férteis da zona canavieira. Os terrenos, após os trabalhos de drenagem, foram transformados em pastagens e, depois de bem drenados, foram transformados em canaviais, a partir de 1979. A Ilha dos Carões, antes inundada, foi aterrada; em 1975 aparecia em tom escuro, quase preto, na imagem, devido à umidade; o tom da área é mais claro em 1982, onde já existem canaviais.

Viu-se, também, nesta análise, um grande aterro a Leste, seguindo a tendência geral ocorrida nas áreas assoreadas da Lagoa Feia, tanto a Noroeste como ao Norte. Este passou a ser notável a partir de 1976, graças à observação, nas imagens, das antigas ilhas: dos Fernandes, da Lama, da Samambaia, do Capivari e dos Pássaros, mapeadas nas cartas do IBGE e que aparecem nas imagens de 1973 e 1975. Hoje não existem e grande parte desta porção Leste está ocupada com pastagens. A atividade de pecuária vem sendo diminuída na Baixada e transferida para esta região.

Percebeu-se, também, na zona aterrada da Lagoa do Jacaré, até ao Canal da Flecha (única saída da Lagoa Feia para o mar), que os brejos e terrenos sujeitos a inundação deram lugar à atividade canavieira.

A porção oeste da Lagoa Feia, onde os terrenos têm menor fertilidade, o processo de assoreamento pode ser considerado pequeno. O traçado não foi alterado. Na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, os trabalhos de drenagem, executados na faixa compreendida entre o Rio Muriaé e a Lagoa Campelo (também assoreada), têm possibilitado

a expansão dos canaviais e até das pastagens, seguindo a mesma tendência da Baixada. Inicialmente, aterram, constroem os canais e, como os terrenos ainda estão muito úmidos, são, pouco a pouco, transformados em pastagens. Depois, os mais férteis são convertidos em canaviais e os demais continuam destinados à pecuária. A Lagoa das Pedras e a Lagoa Limpa têm mantido o seu original, embora o aumento dos brejos, ao norte de cada uma delas e em alguns de seus "braços", sejam bons indicadores de um processo de colmatagem que pode ser acelerado com os trabalhos de saneamento executados nas proximidades.

O estudo da série temporal de imagens, através da análise e/ou interpretação visual, adicionou informações para a escolha da imagem que foi analisada, digitalmente, bem como da área. Escolheu-se a última, isto é, a mais recente delas, que foi a de 08/01/82.

A observação das imagens proporcionou o acompanhamento da evolução de fenômenos já mencionados e que estão em curso na Microrregião Açucareira de Campos. Comprovou-se a importância do aspecto temporal, qualidade indiscutível no acompanhamento das mudanças existentes no espaço.

Esta análise serviu de base e verdade terrestre para a Análise Digital.

Foram adotadas oito classes, na presente interpretação: cana adulta, cana nova, cana cortada, pastagens, mata, área construída, brejo, massa d'água. Este é o limete máximo de classes que o imageador discrimina por vez, isto é, em cada operação iterativa. Limitou-se o estado a estas variáveis por serem as mais significativas para a área em questão; entretanto, o programa MAXVER pode classificar mais classes se o pesquisador desejar.

Apresenta-se, a seguir, para cada área interpretada, o resultado final, obtido com esta tecnologia.

#### 4.4.1 — Região de Baixada a Sudoeste de Campos

CLASSES	NÚMEROS DE PONTOS
1—Cana adulta	72
2—Cana nova	144
3—Cana cortada	108
4—Pastagens	144
5—Mata	116
6—Área construída	108
7—Brejo	108
8—Massa d'água	56

Os números de pontos, por categoria, foram escolhidos em função da ocorrência das mesmas em termos de ocupação do espaço. A cana nova, por exemplo, apresentava, em relação aos outros tipos de cana-de-açúcar, a menor extensão de ocupação do espaço, daí a necessidade de testar mais pontos. As massas d'água eram perfeitamente nítidas, a olho nu; no vídeo apareceram, com perfeição, os rios, lagos e lagoas da área analisada, necessitando de poucas amostras.

Devido às características físicas da região da Baixada Campista, de origem flúvio-marinha, com muitos canais de irrigação, rios, brejos e lagoas, foram produzidas duas matrizes de classificação. Uma delas, com todas as oito classes, e outra, excluindo-se a variável massa d'água, com o fito de testar o desempenho da classificação MAXVER, em áreas irrigadas.

Esta área, analisada por processo digital, encontra-se na Figura 20.

De acordo com a primeira Matriz de Classificação, tem-se:

Observa-se que a cana cortada, de todas as categorias pesquisadas, foi a que

TABELA 9

LIMIAR = 5,00

	N	1	2	3	4	5	6	7
1 — Cana adulta	0,0	77,8	0,0	0,0	22,2	0,0	0,0	0,0
2 — Cana nova	2,3	0,0	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 — Cana cortada	0,0	0,0	0,0	100,00	0,0	0,0	0,0	0,0
4 — Pastagem	0,0	2,8	0,0	0,0	91,7	4,6	0,0	0,9
5 — Mata	0,0	0,0	0,0	5,2	4,3	89,7	0,0	1,7
6 — Área construída	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	94,4	0,0
7 — Brejo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	87,0

Desempenho Médio— MD = 93,3%

Abstenção Média— AM = 0,6%

Confusão Média— CM = 6,1%

obteve o máximo de desempenho com este tipo de classificação, atingindo cerca de 100%; significa dizer que todos os pontos indicados ao imageador, como sendo cana cortada, foram corretamente identificados. Com relação às outras classes de cana-de-açúcar, cana nova e cana adulta, é óbvio constatar-se o grande poder de discriminação por parte do Sistema, graças aos percentuais obtidos.

A segunda melhor categoria de cana-de-açúcar ficou para a cana nova; 97,7% de seus pontos foram reconhecidos e apenas 2,3% ficaram sem qualquer classificação, como demonstra a tabela 1, na primeira coluna (N), segunda linha.

O pior desempenho de todas as categorias pesquisadas ficou para a cana adulta que, por suas características, apresenta similaridade de reflectância espectral com as pastagens, sendo esta, no valor de 22,2%. Este fenômeno também ocorreu, nas áreas canavieiras paulistas estudadas por Mendonça (1980).

Os brejos são muito disseminados na região; obtiveram 13% de confusão com a mata. Atribui-se, este fato, à existência de muitos brejos vegetação, diminuindo assim, o poder de discriminação do MAXVER em virtude da semelhança de assinatura espectral devido a proximidade das pastagens.

A mata, por sua vez, a variável de menor expressão em termos de ocorrência, no local, face à devastação da mata original, em séculos passados, apresentou baixos índices de similaridade com outras classes, sendo o maior deles com cana cortada, seguido de pastagens e, como não poderia deixar de ser, com os brejos; alcançou 89,7%, de classificação correta de áreas de mata no total.

As áreas construídas foram, também, extremamente evidenciadas, 94,4%,

apresentando, apenas, 5,6% de seus pontos: classificados como cana nova, demonstrando que, apesar de ser uma área de grande expressão em cana-de-açúcar, as áreas urbanas são bem detectadas; o contorno da cidade de Campos é um excelente exemplo; bem como as usinas (instalações), em torno das quais muitas localidades surgiram.

As pastagens não fugiram à regra, confundindo, apenas, 4,6% com mata, fato considerado normal, em trabalhos anteriores, bem como, 2,8% com cana adulta e 0,9% com brejos, graças ao alagamento de algumas áreas no verão.

Quando se utilizou a variável água, porque a Baixada apresenta inúmeros rios e canais de irrigação, houve, portanto, decréscimo na classificação; o desempenho médio torou-se inferior; passou de 93,3% para 85,2%, e o índice de confusão média aumentou de 6,1% para 14,8%, conforme a tabela abaixo, com a seguinte Matriz de Classificação.

A inclusão de classe massa d'água ocorreu a partir de estudo das principais características geomorfológicas e climáticas da região e pela importância dada à prática de irrigação nos canaviais e a observação desta matriz indica alterações no desempenho das classes.

Para a cana cortada, o MAXVER teve seu desempenho reduzido, isto é, passou de 100%, para 83,3%, sendo classificado como água 14,8% e 1,9% como sendo pasto.

No caso da água, podemos afirmar que, isto se deveu à presença de inúmeros canais de irrigação e as chuvas de verão que mantiveram o solo úmido e alagado em algumas partes.

A cana adulta teve o seu desempenho melhorado para 83,3%, continuando a ter certa similaridade com as pastagens.

Das três categorias de cana-de-açúcar, a cana nova manteve o mesmo pa-

drão; os pontos que não foram classificados na primeira matriz, agora foram encontrados como incluídos na classe de área construída 2,1% e, na classe de água, 0,7%.

As áreas construídas também mantiveram o bom nível de classificação, apresentando alguma confusão com a cana nova e surgindo, entretanto, com 2,8% de confusão com a água.

Nas áreas de pastagens, nota-se um pequeno aumento de confusão com a cana adulta (4,2%) e diminuição com os brejos para 0,7%.

O que é, realmente, interessante destacar é a inclusão da variável massa d'água onde, apenas, 50% de seus pontos foram realmente classificados e, além disso, interferiu em três categorias: 1) brejo 21,4%, fato já esperado, bastando observar as características ecológicas da área; 2) a cana cortada, porque existem canais de irrigação nos canaviais e dada a presença das chuvas de verão. Este fato demonstra a importância da hidrografia da região e recomenda-se, em estudos futuros, o emprego do programa Célula Única no canal 7, para a hidrografia, "limpando" a classificação MAXVER da influência da mesma. Esta sugestão é de extrema relevância para áreas planas, com hidrografia caótica e com sérios problemas de irrigação (na época da estiagem) e drenagem (na época das cheias). 3) As pastagens sofreram influência, não só pela proximidade de porções líquidas, como também pela existência de aterros recentes de áreas de lagoas e brejos, conforme pesquisa de campo e trabalho de fotointerpretação que, muitas vezes, são áreas que precedem a implantação de canaviais.

A cana adulta também ofereceu bons resultados, havendo alguma similaridade de reflectância com a cana cortada e com os brejos. No primeiro caso, consi-

LIMIAR 5:00

TABELA 10

	N	1	2	3	4	5	6	7	8
1 — Cana Adulto	0,0	83,3	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0
2 — Cana nova	0,0	0,0	97,2	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,7
3 — Cana cortada	0,0	0,0	0,0	83,3	1,9	0,0	0,0	0,0	14,8
4 — Pastagem	0,0	4,2	0,0	1,4	89,6	0,0	0,0	0,7	4,2
5 — Mata	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	79,3	0,0	1,7	10,3
6 — Área construída	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	93,5	0,0	2,8
7 — Brejo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	82,4	4,6
8 — Massa d'água	0,0	0,0	0,0	19,6	8,9	0,0	21,4	21,4	50,0

Desempenho Médio — MD = 85,2%

Abstenção Média — AM = 0,0%

Confusão Média — CM = 14,8%

dera-se a presença de restolhos de cana quando da colheita recente, nesta época do ano; no segundo, explica-se porque há sempre canaviais alagados no verão, época de chuvas causando prejuízos freqüentes e existem canais de irrigação próximo aos canaviais e os brejos da área que se caracterizam por possuírem vegetação.

Percebe-se, através desta operação, que as alterações, não foram profundas nos resultados finais; entretanto, evidenciaram-se nuances bem distintas de outras áreas canavieiras estudadas por este método, pois os canaviais paulistas são cultivados em regiões de Planalto que não apresentam hidrografia de traçado irregular nem tantos canais de irrigação.

#### 4.4.2 — Região de Tabuleiro a Noroeste de Campos

O mesmo procedimento foi adotado para porção a Noroeste de Campos (Figuras 21, 22 e 23), quanto à seleção de pontos para serem analisados no I—100, pela classificação MAXVER, onde cada classe recebeu o número de pontos em função de sua área de ocorrência, com excessão da classe massa d'água, pois, desejava-se saber a sua influência na Análise digital, em função dos resultados anteriores.

(tab.11)

CLASSES	NÚMEROS DE PONTOS
1—Cana adulta	144
2—Cana nova	72
3—Cana cortada	72
4—Pastagem	108
5—Mata	144
6—Área construída	136
7—Brejo	72
8—Massa d'água	252

A cana nova também apresentou o melhor desempenho, nesta área, em relação às outras classes de cana-de-açúcar, com alguma confusão com as áreas construídas.

Das três categorias de cana-de-açúcar, a cana cortada alcançou o mais baixo índice de desempenho — 83,3%. Foi considerada como tendo níveis de assinatura espectral semelhantes aos da cana adulta; vale, entretanto, a explicação dada para os resultados referentes à cana adulta, já mencionada para a área Sudoeste.

As áreas construídas foram bem classificadas, apresentando pouca similaridade com a cana cortada e cerca de 5,9% dos pontos fornecidos como amostras não foram classificados, isto é, apareceram na coluna N; não eram amostras corretas.

Já as pastagens sofreram alguma influência da presença da água 9,3%, e uma pequena faixa foi considerada como área construída.

As matas, com desempenho de 90,3%, tiveram amostras perdidas para as classes: brejo e cana adulta, fato considerado normal. Este erro de omissão é verificado pela presença de vegetação, que apresenta semelhança de reflectância multiespectral.

A água, ao contrário do que foi demonstrado para as áreas de Baixada, (Figura n.º 20), foi, sem dúvida, a categoria de melhor individualização — 100%, não interferindo em qualquer outra. A matriz para esta área de Tabuleiro, com a inclusão ou não da variável água, não muda. Esta área não apresenta o mesmo tipo de relevo e nem de solo, em sua maior parte, e a rede de drenagem não é caótica como na porção Sul,

apresentando, contudo, lagoas e brejos a Sudoeste.

Pode-se dizer que esta tecnologia se presta bem a estudos de cana-de-açúcar; o desempenho, de um modo geral, foi considerado bom, e, atualmente, os técnicos do INPE, fazem testes de simulação na área com o "Thematic Mapper", de maior resolução. O emprego da Análise Digital de Dados de LANDSAT, é eficaz. Dando prosseguimento ao trabalho, mencionam-se outros resultados, sempre em analogia com as verdades terrestres, já mencionadas.

#### 4.4.3 — Microrregião Açucareira de Campos

Na realização da Classificação e/ou Análise Digital de Dados para a Microrregião, perceberam-se, de imediato, as profundas alterações para os itens classificados. Desta vez, foi empregada a mesma fita utilizada para a região situada à margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, porque já representavam amostras significativas de dados para as classes estudadas, conseguindo-se uma classificação prévia para a área, a qual foi melhorada em seu desempenho médio, de 61% para 80,4% a partir da introdução de amostras com objetivo de melhorar os índices da Análise Digital. (tabela 12).

Vê-se que o aumento da área classificada implica, ao mesmo tempo, em diminuir a escala anterior de 1:50.000 para as duas áreas, agora 1:400.000 abrangendo, praticamente, toda a Microrregião. Evidentemente, os resultados sofreram alterações, pois, à medida que a escala utilizada para a análise é diminuída, implica, automaticamente, em

TABELA 11

LIMIAR = 5,0

	N	1	2	3	4	5	6	7	8
1 — Cana adulta	0,0	89,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0
2 — Cana nova	0,0	0,0	93,1	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0
3 — Cana cortada	0,0	16,7	0,0	83,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 — Pastagem	0,0	0,0	0,0	0,0	89,8	0,0	0,9	0,0	9,3
5 — Mata	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	90,3	0,0	4,9	3,5
6 — Área construída	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,1	0,0	0,01
7 — Brejo	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	89,9	0,0
8 — Massa d'água	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

Desempenho Médio — DM = 92,7%

Abstenção Média — AM = 0,8%

Confusão Média — CM = 6,5%

TABELA 12

LIMIAR: 5,0

	N	1	2	3	4	5	6	7	10
1 — Cana adulta	0,0	51,3	11,8	4,3	32,9	0,0	1,3	1,3	1,4
2 — Cana nova	0,0	10,0	40,0	6,2	11,3	1,2	28,8	2,5	0,0
3 — Cana cortada	0,0	9,5	11,9	65,5	4,8	0,0	2,4	6,0	0,0
4 — Pastagem	0,0	22,7	11,4	1,5	59,8	0,8	8,0	3,0	0,0
5 — Mata	0,6	0,6	0,6	0,6	1,7	90,0	0,0	5,1	0,0
6 — Área construída	1,7	2,5	19,2	5,8	0,0	0,0	70,0	0,8	0,0
7 — Brejo	0,0	1,4	2,1	2,8	9,0	4,2	0,7	78,5	1,4
8 — Massa d'água	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	98,1

Desempenho Médio — DM = 80,4%  
 Abstenção Média — AM = 0,2%  
 Confusão Média — CM = 19,4%

maior afastamento da resolução do sistema MSS/LANDSAT, trazendo dificuldade para a discriminação de classes como as de cana-de-açúcar, por exemplo.

O estudo da cana, a nível regional, obteve baixos resultados dentre as classes de cana-de-açúcar. O melhor resultado coube à cana cortada, 65,5%, com alguma confusão com os outros níveis de cana e com as pastagens, as áreas construídas e os brejos, pelos efeitos já explicados em itens anteriores deste capítulo.

A cana nova, bem evidenciada nas outras análises, desta vez obteve o menor índice, no caso, de 40%. As razões aventadas podem ser: a pequena extensão de área plantada com cana nova em relação ao total pesquisado, a existência de outros cultivos ao Norte da zona canavieira, o problema da semelhança de reflectância espectral. A confusão ocorrida nesta classificação com a cana adulta, a cana cortada, a pastagem, a mata e o brejo trouxe aspectos novos, pois não houve este tipo de dificuldade, anteriormente. Quanto à classe de área construída, o percentual de confusão foi de 28,8%, bem alto ao observar-se as matrizes anteriores; a cana nova realmente apresentou alguma similaridade com área construída, ou seja 2,1% na Baixada (tabela n.º 10) e 6,9% no Tabuleiro.

Falando-se ainda da cana nova, deve-se considerar que a ampliação do universo (área geográfica maior) englobou áreas geomorfologicamente, diferentes como o cristalino (Nordeste) e o feixe arenoso do litoral. Este argumento também é válido para as outras classes analisadas.

No caso das pastagens, desta vez, cerca de 22,7% das amostras foram classificadas como cana adulta; nas outras matrizes de classificação a situação era inversa.

A observação da tabela 12 e da figura 24, com a foto da região classificada automaticamente, mostra os cordões arenosos situados entre a Baixada e o oceano Atlântico, como sendo área construída, porque a reflectância espectral da areia é semelhante, não se podendo, no caso, confiar no valor de 70,0%. Por outro lado, o Rio Paraíba do Sul não aparece bem individualizado (classificado), porque foi inevitável classificar a porção líquida oceânica, e o Rio, para a região estudada, é "apenas um filete"; inclusive, a água existente junto à foz, não foi classificada; acredita-se que pela existência de grande quantidade de material em suspensão.

Colocando-se as fotografias (análise digital), os "print-outs" de cada área analisada, as imagens e as cartas lado a lado, percebe-se, imediatamente, a similaridade entre os limites, por exemplo, dos canaviais, rios, lagoas e áreas construídas, graças ao relevo, em grande parte plano, com unidades geomorfológicas bem distintas na paisagem e grande expressão espacial da monocultura da cana-de-açúcar em Campos. A extrema variação do tamanho das propriedades agrícolas é outro aspecto que dificulta a aplicação de teste estatístico.

#### 5.1 — Conclusões

a. Quando se trata de áreas rurais, como na Microrregião Açucareira de Campos, é fundamental que a sua variação espacial, ou seja, diferentes estágios de cultivos, venha associada à

análise espectral (pesquisada através dos canais 4, 5, 6 e 7 do MSS/LANDSAT).

- b. A densidade do cultivo da cana-de-açúcar e sua distribuição espacial, bem como a presença de inúmeros canais de irrigação na Baixada, são fatores importantes que influenciam as características espectrais no caso do estudo do cultivo.
- c. Os canaviais da Zona da Baixada, em Campos, aparecem bem individualizados nas imagens estudadas, principalmente, em relação aos Tabuleiros ao Norte de Campos, por se apresentarem estes últimos, em tonalidades mais escuras, indicando diferenças de reflectância espectral, face às diferenças pedológicas, geomorfológicas, de condições de umidade e de relevo.
- d. O aumento da área estudada mostrou a dificuldade da classificação em discriminar melhor: a cana adulta, a cana nova, a cana cortada, a pastagem e área construída, elementos da organização do espaço da Região; são classes que apresentam semelhanças de respostas espectrais e também ficaram mais sujeitas à resolução do sistema MSS/LANDSAT. O aumento da área física implicou, também, em abrangência de outras unidades geomorfológicas.
- e. A mata, o brejo e a massa d'água foram bem visíveis em quaisquer escalas das Interpretações, bem como a Cidade de Campos; seus limites são nítidos. Estas classes foram discrimi-

---

nadas através do MAXVER, provando que determinados alvos captados pelo MSS/LANDSAT não estão limitados a escalas.

- f. Este estudo do Uso da Terra através da Fotointerpretação, da Análise Visual e da Análise Digital de imagens possibilitou a caracterização do espaço geográfico da Microrregião Açucareira de Campos.
- g. As comparações entre as pesquisas de campo, as fotografias aéreas, as cartas e as imagens evidenciaram as tendências do Uso da Terra na Região, além de servirem como verdades terrestres para a Análise Digital.
- h. Assim, compreende-se que a Análise Digital deve ser realizada por pesquisador com conhecimento prévio da área, a nível regional. Sua contribuição ao estudo do espaço é inegável e de grande valor, coadjuvada por pesquisa realizada sobre mapas, car-

- O emprego desta técnica é válido e ela deve ser aplicada para outras áreas rurais.
- Os percentuais de amostras de cana adulta que foram confundidas, especialmente, com pastagens, verificados nesta dissertação, podem sugerir modificações no MAXVER.
- É recomendável, em trabalhos futuros, a utilização das imagens do "Thematic Mapper" (Mapeador Temático) que já se encontram disponíveis no INPE, visto que sua resolução é de 30 metros.
- Recomenda-se o emprego das análises visual e digital de imagens de satélite LANDSAT, em Cartografia, tanto no mapeamento temático quanto na atualização do mapeamento sistemático (cartas topográficas) que dão suporte às diversas pesquisas realizadas no espaço geográfico.

tas, fotografias aéreas, imagens e observações de campo, servindo de base a um quadro de referência real para todos aqueles que se preocupam com o espaço, quer sejam engenheiros cartógrafos, geógrafos ou outros profissionais.

#### 5.2 — Recomendações

Recomenda-se o emprego de outras classificações para melhorar o desempenho desta técnica para a área, principalmente na Baixada, devido à presença da água, no sentido de minimizar a sua influência.

- A Análise Digital de imagens do LANDSAT, quando realizada para áreas de terreno movimentado e para regiões policultivadas, apresenta restrições e exige maior controle de campo; pode-se fazer esta extrapolação, visto, que, houve problemas de semelhança de respostas espectrais na Região de Campos, onde predomina o cultivo da cana-de-açúcar.