

# AUXÍLIO DAS IMAGENS DE SATÉLITE AOS LEVANTAMENTOS POR AMOSTRAGEM EM AGRICULTURA<sup>1</sup>

Alfredo José Barreto Luiz<sup>2</sup>  
Júlio César Oliveira<sup>3</sup>  
José Carlos Neves Epiphany<sup>4</sup>  
Antonio Roberto Formaggio<sup>5</sup>

**RESUMO:** Levantamentos agrícolas por amostragem são atividades necessariamente frequentes no tempo, devido à dinâmica e sazonalidade próprias da agricultura, e que precisam ser realizados sobre extensas áreas. O costumeiro compromisso entre os custos dos levantamentos e a precisão e confiabilidade dos dados estabelecem um desafio para que novas técnicas sejam desenvolvidas no sentido de permitir uma diminuição dos custos sem comprometimento da qualidade da informação. O auxílio de fotografias aéreas na localização, identificação e quantificação das áreas de talhões agrícolas, utilizado no passado, tem um custo proibitivo no que diz respeito à atualização constante do material de referência. As imagens de satélite, com um custo muito menor por unidade de área monitorada e uma resolução temporal muito mais alta do que a dos levantamentos aerofotogramétricos, são uma opção técnica e economicamente viável. É apresentado um método de preparo e utilização de material de campo e é descrita a realização de um levantamento em três municípios do Estado de São Paulo.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, estatística agrícola, método de amostragem.

## SATELLITE IMAGES AID TO SAMPLING SURVEYS IN AGRICULTURE

**ABSTRACT:** Sampling surveys in agriculture are necessarily frequent activities because agriculture is very dynamic and seasonal, and they have to be made over large areas. The ordinary trade-off between survey costs and data accuracy and reliability offers a challenge to the development of new techniques in the sense of allowing a reduction in costs without compromising information quality. The use of aerial photographs in location, identification and area quantification of agricultural stands, as applied in the past, has a prohibitive cost regarding periodical updating of reference material. Satellite images, with a much lower per unit cost of monitored area and with a much higher temporal resolution than that of aerial photogrammetric surveys, are technically and economically viable. A method to prepare and use remote sensing field material is presented and a survey in three Sao Paulo municipalities is described.

**Key-words:** remote sensing, agricultural statistics, sampling method.

**JEL Classification:** C42, Q15, R12.

<sup>1</sup>Trabalho parcialmente financiado pela FAPESP através do Projeto n.99/09485-8. Os autores agradecem ao Engenheiro Agrônomo José Marinaldo Gleriani e à Ecóloga Salete Gurtler o apoio aos trabalhos de campo, e ao Engenheiro Agrônomo Luiz Gustavo Lopes a cessão das estimativas da CATI.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador da EMBRAPA Meio Ambiente (e-mail: barreto@ltid.inpe.br).

<sup>3</sup>Engenheiro Agrimensor, Mestre, Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) (e-mail: oliveira@ltid.inpe.br).

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) (e-mail: epiphani@ltid.inpe.br).

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) (e-mail: formag@ltid.inpe.br).

## 1 - INTRODUÇÃO

Segundo PAX-LENNEY e WOODCOCK (1997), a paisagem agrícola é caracterizada por uma alta variabilidade temporal; isso torna necessário que as estatísticas relativas a esse setor sejam frequentemente atualizadas. Além disso, embora as condições ambientais e sócio-econômicas determinem uma certa especialização agrícola em cada unidade geopolítica considerada (ORTIZ; FORMAGGIO; EPIPHANIO, 1997), e normalmente ocorra a concentração de determinada espécie em apenas algumas regiões de um estado ou país, as atividades agropecuárias continuam sendo extensivas em área; portanto, exigem que os levantamentos agrícolas cubram exaustivamente todo o território sob análise, o que assume enormes dimensões no caso brasileiro. Um exemplo expressivo dessa situação ocorre com a cultura do milho no Brasil. Embora os 50 municípios maiores produtores desta cultura representem apenas 0,91% do número total de municípios brasileiros (que são 5.507), eles são responsáveis por 14,11% da área plantada e por 20,85% da produção nacional. Isso confirma que existem municípios extremamente especializados no seu cultivo. Entretanto, essa mesma cultura é plantada em todas as Unidades da Federação, o que atesta a característica de dispersão territorial das atividades agropecuárias (TSUNECHIRO e FREITAS, 2001).

Tanto a frequência quanto a abrangência territorial influem no sentido de aumentar os custos dos levantamentos agrícolas. Ao considerar ainda que a confiabilidade e a precisão dos dados, dentro de um mesmo patamar tecnológico, são diretamente relacionadas com o consumo de tempo e de dinheiro na execução dos levantamentos (COCHRAN, 1977), está posto o desafio de aprimorar tecnicamente o método utilizado nos levantamentos agrícolas por amostragem, reduzindo custos e mantendo ou aumentando a qualidade da informação gerada.

Dependendo dos objetivos, um levantamento agrícola por amostragem pode ser oneroso e sofisticado ou simples e adaptado a situações nas quais os fundos são limitados. Os elementos imprescindíveis são: o material georreferenciado para localizar e de-

linear as unidades amostrais e os pesquisadores habilitados a usar este material (TSILIGIRIDES, 1998).

Em artigo fundamental sobre o tema estatísticas agrícolas, PINO (1999) afirma que, no século XXI, elas deverão se tornar indispensáveis às estratégias tanto de governo quanto de corporações. Ao propor um Sistema de Estatísticas Agrícolas, aborda as possibilidades tecnológicas no âmbito do levantamento de dados no campo e cita como ferramentas disponíveis as fotografias aéreas, as imagens obtidas por satélites, o sistema de posicionamento global (Global Positioning System - GPS) e os programas computacionais de geoprocessamento.

A área de cada classe de cobertura do solo em uma região pode ser estimada a partir de levantamentos por sensoriamento remoto, nos quais a cobertura do solo é interpretada em fotografias aéreas ou em imagens de satélite. Quando a interpretação não é automatizada, ela geralmente é conduzida de forma a identificar áreas aparentemente homogêneas, delimitá-las por bordas poligonais e então classificar o interior do polígono como pertencente a uma (ou mais) categoria dentre um conjunto de classes de cobertura do solo (BUCKLAND e ELSTON, 1994).

Conforme JANSSEN e VAN DER WEL (1994), a classificação ou interpretação das imagens de sensoriamento remoto podem ser realizadas de maneira visual ou digital, sendo que a interpretação visual apresenta mais ou menos as mesmas características e propriedades da fotointerpretação tradicional.

Pode-se definir a interpretação de imagens como o processo pelo qual o analista humano é capaz de extrair informações diretamente dos dados obtidos por sistemas de sensoriamento remoto, apresentados na forma de uma imagem monocromática ou colorida. É, ainda, o exercício da associação entre as feições visualizadas na imagem e os objetos reais presentes na cena imageada. Alguns elementos de análise são normalmente utilizados neste processo, quais sejam: padrão, cor ou tonalidade, textura, sombreamento, localização, forma, tamanho, associação e resolução. As chaves de interpretação também auxiliam os intérpretes ao oferecer caminhos-padrões para a identificação de certas classes de informação

(LILLESAND e KIEFER, 1994).

Ainda segundo JANSSEN e VAN DER WEL (1994), o sensoriamento remoto funciona como uma técnica de aquisição de dados. Os sensores dos satélites de observação da Terra, como o Landsat (norte-americano), o SPOT (francês) e o CBERS (sino-brasileiro), medem a quantidade relativa de radiação eletromagnética que é refletida (e emitida) pela superfície da Terra. De fato, este é um processo de amostragem que divide a superfície da Terra em áreas iguais chamadas de elementos de cena. A representação de um elemento de cena na imagem é conhecida como pixel (de *picture element* em inglês). As medições desses elementos em diversas bandas espectrais são convertidas e armazenadas em um número limitado de níveis de quantização (por exemplo, códigos de 8 ou 16 bits). Os valores armazenados são denominados números digitais (ND).

Embora o imageamento por satélite forneça uma caracterização espectral completa de uma área, na forma digital, que pode ser utilizada para classificá-la por tipo de cultura agrícola, a disponibilidade destes dados espectrais não elimina a necessidade de dados coletados diretamente no terreno (AMBRÓSIO FLORES e IGLESIAS MARTÍNEZ, 2000).

Apesar de existirem métodos bem conhecidos para estimar os tipos de uso e cobertura do solo em grandes áreas geográficas (como estados ou regiões) usando o sensoriamento remoto e dados coletados a campo, há uma crescente demanda por estimativas confiáveis sobre pequenas áreas, como municípios ou perímetros irrigados (AMBRÓSIO FLORES e IGLESIAS MARTÍNEZ, 2000).

Em 1986, durante um curso oferecido pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) sobre aplicações do sensoriamento remoto em estatísticas agrícolas, o Diretor de Estatísticas Agrícolas da França, A. Jeanet, afirmara em seu pronunciamento que as imagens de satélite, obtidas por sensoriamento remoto, teriam um papel fundamental a desempenhar na obtenção de conhecimento sobre a agricultura. Na sua opinião, por causa das características inerentes às atividades agropecuárias, como a ampla dispersão espacial, o

grande número de produtores, a variabilidade do tamanho das propriedades com muitas delas de pequeno porte, a inexistência ou fragilidade da associação entre produtores, etc., a obtenção de informação atualizada sobre este setor da economia seria particularmente difícil. Os dados obtidos por satélite teriam, então, um grande potencial de utilização neste campo, pois eles poderiam fornecer informação sobre grandes áreas da superfície terrestre em um prazo relativamente curto e a pequenos intervalos de tempo (FAO, 1988). Mais recentemente, TERRES et al. (1995) afirmaram que o sensoriamento remoto por satélites oferece dados sinópticos, objetivos e homogêneos, que podem ser geográfica e temporalmente registrados, e que poderiam, portanto, constituir uma ferramenta eficiente para o fornecimento de informação de alta qualidade sobre a agricultura em grandes áreas, inclusive ultrapassando as fronteiras nacionais. ORTIZ; FORMAGGIO; EPIPHANIO (1997) registram que, devido às características dos dados de sensoriamento remoto por satélite, desde que começaram a ficar disponíveis no início dos anos setentas, eles passaram a ser empregados visando auxiliar na previsão de safras. Isso coincide com IPPOLITI-RAMILO et al. (1999), para quem o caráter multi-espectral, sinóptico, repetitivo e global dos dados orbitais indica esta tecnologia como uma grande aliada dos sistemas de previsão de safra.

Uma imagem, para ser visualizada, impressa em papel ou projetada em tela, pode ter cada uma de suas bandas expostas individualmente, na forma monocromática (geralmente em tons de cinza), ou ter duas ou três bandas, originais ou transformadas, selecionadas para formarem uma composição colorida. Conforme MULDER; DE BRUIN; SCHUILING (1992), os dados multi-espectrais têm o potencial de revelar muita informação sobre a cobertura do solo. Entretanto, ao reduzir-se a dimensão dos dados multiespectrais para permitir a elaboração da composição colorida, é necessário estabelecer um método que, considerando a estrutura digital dos dados, garanta a geração de um produto que seja o mais adequado para o reconhecimento dos atributos do terreno, ou seja, que contenha o máximo de informa-

ção possível. Os autores alertam que combinações que facilitem o raciocínio sobre a relação entre a resposta espectral e as características dos alvos de interesse devem ser preferidas àquelas que, apesar de apresentarem maior contraste, como as primeiras componentes principais por exemplo, têm sua interpretação em termos de comportamento espectral dificultada. Ressaltam também a necessidade de escolher bandas com baixa correlação entre si e que a melhor combinação pode variar de acordo com o objetivo do levantamento, tipo de alvo e época de obtenção da imagem.

Na Europa, dentro do escopo do projeto denominado Monitoramento Agrícola por Sensoriamento Remoto (MARS), utilizaram-se as imagens de satélite como base para os levantamentos. Isso foi possível graças à alta resolução e à repetitividade do Landsat e do SPOT (MONITORING, 1993). Enquanto a cobertura por fotografias aéreas não é atualizada nem a cada ano, estes satélites podem fazer imagens de uma dada área entre uma e duas vezes por mês. Isso é particularmente importante para a avaliação de classificações feitas a partir da imagem, quando a proximidade entre as datas da imagem e do trabalho de campo é desejável, segundo alguns autores (JEWELL, 1989; RIBBES e LE TOAN, 1999). A qualidade dos produtos gerados a partir dos dados dos satélites pode ser melhorada pelo processamento digital de imagens. A correção geométrica permite a sobreposição de mapas topográficos, além disso, a filtragem, o aumento de contraste e a reamostragem para até 5 m são algumas das funções que se podem realizar (TSILIGRIDES, 1998). Ainda segundo o mesmo autor, a localização de um segmento amostral numa imagem de satélite é facilitada em comparação à fotografia aérea. A localização precisa do segmento na imagem já é conhecida, cabendo ao pesquisador apenas encontrá-la no terreno. Não é necessário fazer nenhum cálculo pois a imagem já é corrigida geometricamente.

Outros autores, que defendem o uso de imagens em levantamentos agrícolas (NAGESWARA RAO e MOHANKUMAR, 1994), chegam a afirmar que o monitoramento em tempo real das atividades agrí-

colas só é possível, na prática, através do uso de sensoriamento remoto por satélite. Segundo eles, a interpretação visual de imagens de composições coloridas, mesmo que com resolução espacial de 70-80 m, pode ser aplicada para produzir estimativas bastante precisas mesmo das áreas agrícolas em regiões muito restritas, como são os projetos de irrigação. Dizem, ainda, que as técnicas de amostragem baseadas em dados de satélite podem fornecer estimativas mais econômicas e atualizadas das áreas sob irrigação.

Muitos são os exemplos da aplicação de dados obtidos através de sensores orbitais (tanto ativos como passivos) para monitoramento e identificação do uso do solo do ponto de vista do interesse agrícola (BRUZZONE et al., 1997; FORMAGGIO; EPIPHANIO; SIMÕES, 2001; JEWELL, 1989; RANCHIN et al., 2001; RIBBES e LE TOAN, 1999; SRIDHAR et al., 1994; THENKABAIL et al., 1994; YULIANG; BUZHOU; JIULIANG, 2000; WALKER e MALLAWAARACHCHI, 1998). Em alguns casos ressalta-se a necessidade de uma visita a campo para reconhecimento dos padrões apresentados pela resposta espectral de cada alvo (AMBRÓSIO FLORES e IGLESIAS MARTÍNEZ, 2000; BUCKLAND e ELSTON, 1994; MULDER; DE BRUIN; SCHUILING, 1992).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) desenvolveu, em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), um método para o levantamento por amostragem de áreas tendo imagens de satélite como sistema referencial. Nesse método, denominado de Pesquisa Objetiva de Previsão e Acompanhamento de Safras Agrícolas (PREVS), atualmente aplicado apenas no Estado do Paraná, os painéis amostrais são produzidos com o auxílio de imagens de satélite, fotografias aéreas e outros materiais cartográficos (COLLARES; LAURIA; CARRILHO, 1993). Essa pesquisa, segundo a FAO (1998), ao assumir um caráter objetivo, significa um avanço metodológico sobre a subjetividade dos levantamentos tradicionalmente realizados no País.

O grande avanço da tecnologia na parte de comunicação e localização via satélite, aumento da resolução espectral e espacial das imagens, alta capacidade para armazenamento e processamento de dados digitais em menores intervalos de tempo e com-

putadores portáteis são ferramentas fundamentais para a execução do reconhecimento de campo com base nas informações orbitais. As imagens de satélite associadas ao georreferenciamento possibilitam localizar com precisão desejável os alvos identificados na cena para posterior reconhecimento em campo ou vice-versa.

Ao afirmar que o levantamento de campo é uma atividade complexa, PINO (1999) comenta que ele pode ser feito *in loco* ou à distância. O primeiro tipo é importante no caso de variáveis como utilização de mão-de-obra. Já o levantamento à distância, feito através de fotografias aéreas ou de dados de sensoriamento remoto orbital, é particularmente adequado para variáveis como área plantada. Segundo esse autor, a fotografia aérea e o sensoriamento remoto orbital tanto podem servir para executar o levantamento de dados propriamente dito como servir de sistema referencial de amostragem. Ele ressalta ainda que, para o caso do levantamento por sensoriamento remoto, é necessário dispor de um programa computacional eficiente para localização geográfica. Neste mesmo artigo, o autor chega a propor um projeto de pesquisa denominado "Tecnologia de levantamento de dados para o Sistema de Estatísticas Agrícolas do Estado de São Paulo", em que aparecem como objetivos específicos, entre outros: testar o uso de GPS para localização de unidades amostrais no campo, testar programas computacionais de geoprocessamento e testar a utilização de sensoriamento remoto na medição de áreas de culturas.

Visando disponibilizar o potencial de uma cena obtida de sensores a bordo de um satélite para auxiliar o trabalho de campo, faz-se necessário um conjunto de operações que vão desde a obtenção dos dados, processamentos das imagens (correção geométrica, registro, etc.), composições coloridas, reconhecimento e interpretação da área de estudo, até a produção em papel, ou outro meio físico, do material próprio para ser utilizado em campo.

Foi com base em todas as considerações anteriores que se traçou como objetivo principal deste trabalho a sistematização de um procedimento de preparação e utilização de imagens obtidas por saté-

lite para serem usadas em levantamentos agrícolas por amostragem. Em decorrência da aplicação do método proposto, para fins de validação, estabeleceu-se como objetivo secundário, no âmbito deste trabalho, o cálculo das estimativas de área por classe de cobertura do solo em três municípios do norte do Estado de São Paulo: Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.

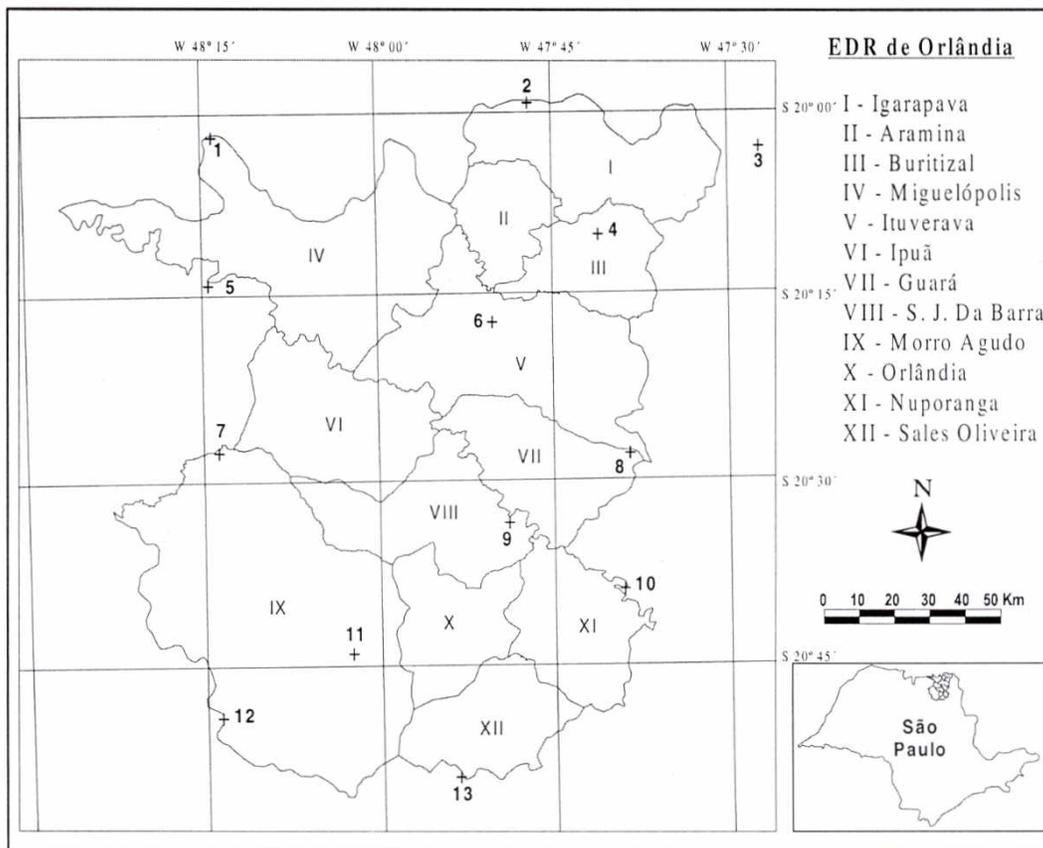
## 2 - MATERIAL E MÉTODO

Para testar a hipótese de que imagens orbitais são adequadas como suporte ao trabalho de campo em levantamentos agrícolas por amostragem, foi escolhida a área dos municípios de Ipuã, Guará e São Joaquim da Barra (Figuras 1 e 2). Eles estão localizados no norte do Estado de São Paulo e pertencem à área de abrangência do Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR) de Orlândia, uma das divisões na estrutura administrativa da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI).

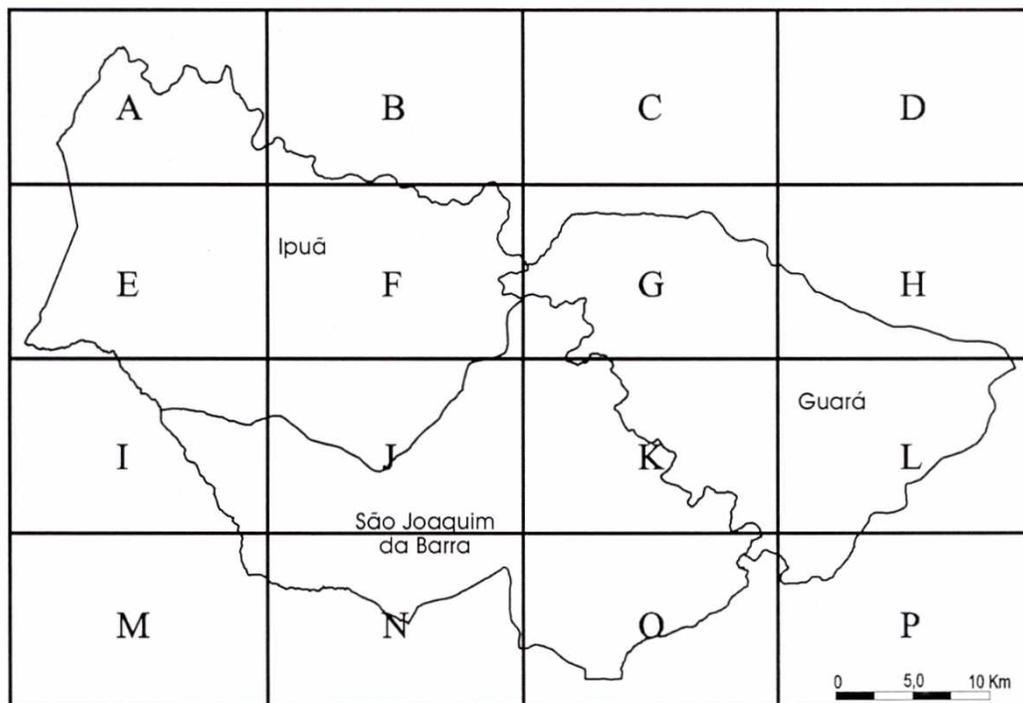
Segundo o banco de dados que acompanha o Atlas do Brasil, fornecido pelo IBGE e incluído na versão 3.5 do SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas), um programa computacional para geoprocessamento desenvolvido pelo INPE, a área destes municípios é de 46.559ha em Ipuã, 36.265ha em Guará e de 41.226ha em São Joaquim da Barra.

O relevo pouco acidentado, os solos relativamente férteis, a boa quantidade e distribuição de chuvas e a excelente malha viária determinaram a vocação eminentemente agrícola da região. Além disso, propiciada pela farta presença de rios e pela proximidade de hidrelétricas, disponibilizando água e energia, nas últimas décadas observou-se uma intensificação da agricultura pela adoção da irrigação, principalmente através de sistemas de pivôs centrais (EPIPHANIO et al., 2001).

Tudo isso levou a que mais de 75% da área destes três municípios fossem cultivadas, pelo menos uma vez ao ano, com o que se denominou de grandes culturas, ou seja: cana, milho e soja. A estas



**Figura 1** - Local de Coleta dos 13 Pontos de Referência Usados no Registro da Imagem.  
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do IBGE (2002).



**Figura 2** - Representação Esquemática do Módulo Síntese Mostrando a Posição de Cada Um dos Módulos de Imagem Necessários para o Recobrimento da Área de Estudo.  
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do IBGE (2002).

características soma-se o fato de que, segundo o Levantamento das Unidades de Produção Agrícola (LUPA), realizado na safra 1995/1996 em conjunto pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), ambos órgãos da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, o tamanho médio das Unidades de Produção Agrícola (UPAs) destinadas ao cultivo das três grandes culturas era de: 107ha para a soja, 54ha para o milho e de 189ha para a cana, demonstrando a predominância de médias e grandes propriedades na região (PINO et al., Orgs., 1997).

É o conjunto destes fatores, expostos acima, que explica e justifica a escolha da região de estudo.

A primeira atividade necessária para permitir o uso prático das imagens é o seu georreferenciamento. Para tanto, optou-se pela coleta de pontos de referência *in loco* empregando um aparelho GPS III Plus da marca Garmin. Em uma viagem de dois dias foi possível coletar treze pontos de referência bem distribuídos por toda a área de abrangência do EDR de Orlândia (Figura 1). A preocupação em fazer o registro adequado aos doze municípios do EDR deve-se à intenção de uma futura expansão do trabalho para os demais municípios da região, que se beneficiariam do presente registro.

A coleta dos pontos foi realizada nos dias 30 e 31 de outubro de 2001. Utilizou-se uma imagem obtida pelo sensor ETM+, do satélite Landsat 7, de 14/08/2001, órbita 220 e ponto 74 pelo Sistema Landsat de Referência Universal (WRS), para auxiliar na localização e deslocamento pela área e também para pré-selecionar pontos claramente visíveis na imagem. Ressalte-se que, como a área de estudo fica distante aproximadamente 400km do INPE em São José dos Campos, sede do laboratório onde se realizam as análises dos dados e base física dos autores, metade desse tempo foi gasto no deslocamento até o local de interesse e não propriamente na coleta dos pontos.

Como a intenção era fazer uma estimativa para a safra de verão, foi adquirida uma imagem ETM+, WRS 220/74, livre de nuvens, de 06/01/2002, a qual foi georreferenciada com o auxílio dos

pontos coletados, resultando em um erro de registro de 0,486 pixels. O georreferenciamento foi realizado no SPRING, tendo sido empregados quatro pontos para registro (4, 5, 10 e 11), oito para controle (1, 2, 3, 7, 8, 9, 12 e 13) e um foi descartado (6) por dificuldade de localização exata na imagem. Como a área dos municípios abrangidos pelo EDR ocupa aproximadamente 25% da cena Landsat completa (quase exatamente o seu quadrante inferior esquerdo), foi definido o menor retângulo envolvente possível, que englobasse toda a área do EDR, para a criação do Projeto no SPRING no qual a imagem foi registrada. Esse procedimento diminui a quantidade de memória necessária para armazenamento dos dados e aumenta a velocidade dos procedimentos computacionais eventualmente realizados sobre o conjunto de dados da imagem, como aplicação de contraste, por exemplo.

Sobre a imagem registrada foram digitalizados os limites municipais. Na realidade importaram-se os limites existentes na malha municipal do Brasil, fornecida pelo IBGE e que acompanha o SPRING, sendo feitos pequenos ajustes com base nas feições na imagem e nas Cartas do Brasil - Escala 1:50.000, também do IBGE.

Utilizando-se a função de geração de números aleatórios da planilha eletrônica EXCEL, foi produzido um arquivo digital com centenas de coordenadas geográficas (latitude e longitude com precisão de décimo de segundo). Este arquivo, na mesma ordem aleatória em que foi produzido, foi então importado para o SPRING como um arquivo de pontos e, através do uso de uma máscara que extrai apenas os três municípios da cena, foram mantidos apenas os 300 primeiros pontos localizados dentro da área de estudo.

A composição colorida escolhida foi a RGB/453 que, apesar de não guardar relação visual imediata entre as feições na imagem e os alvos na cena real, permite uma boa discriminação entre os principais tipos de usos do solo presentes na área de estudo. Após algum tempo de experiência dos analistas, adquirida em visitas periódicas ao campo, quando se fazia uso de imagens nesta composição, o

raciocínio que permite a associação de determinado alvo real com sua representação pictórica na imagem torna-se natural e rápido.

Como exemplo pode-se ressaltar que a soja, em seu pleno vigor vegetativo, por recobrir totalmente o solo com várias camadas de folhas intensamente verdes e planas, absorve fortemente na banda 3 e fracamente tanto na banda 4 como na 5, aparecendo na cor amarelo vivo na imagem. O solo, que nessa região é geralmente escuro e nessa época está quase sempre com algum grau de umidade, ao contrário, reflete mais na banda 3 e muito pouco nas bandas 4 e 5, e, portanto, aparece na imagem na cor azul escuro. A cana, que como a soja apresenta muitas folhas verdes fotossintetizantes, também absorve muito na banda 3 e reflete na banda 4; entretanto, provavelmente devido à sua arquitetura, espaçamento e ciclo (o qual determina a presença concomitante de folhas verdes na superfície e de folhas secas no interior do dossel), não reflete tanto na banda 5 como a soja, aparecendo então na cor vermelha na imagem. Sobre a cana pode-se lembrar ainda que, além da cor, outros elementos de análise facilitam sua identificação, quais sejam o padrão e a forma dos talhões, conferidos pela necessária presença dos carregadores nesta cultura.

Escolhida a composição, outra etapa no processamento digital que melhora a visualização de feições na imagem é a aplicação do contraste. No presente trabalho, optou-se pela aplicação do contraste linear em cada uma das bandas, escolhendo como mínimo e máximo os valores que delimitam simetricamente, na distribuição de frequência dos valores de ND dos pixels, os 96% centrais.

A imagem, até esse momento só manipulada na forma digital, precisa ser disponibilizada na forma impressa para seu emprego durante o trabalho de campo. Para permitir o seu fácil manuseio e, ao mesmo tempo, produzir um material em cuja escala seja possível a identificação dos talhões agrícolas e das principais características fisionômicas do terreno, optou-se pela confecção de módulos da imagem, em tamanho A4, na escala de 1:60.000. O material nessa dimensão e nessa escala é plenamente adaptá-

vel a uma prancheta comum e ainda abrange uma área de aproximadamente 18.000ha, o que garante uma razoável visão sinóptica, sem que se perca a capacidade de distinção dos principais alvos agrícolas, pois, por exemplo, um talhão de forma quadrada com 9ha de área apareceria nesse material como um quadrado de 5mm de lado.

Entretanto, como são necessários vários módulos nessa escala para cobrir cada município, torna-se também necessária a produção de um módulo síntese, que poderia ser chamado de fotoíndice, na escala 1:240.000, que reproduza o conjunto dos demais módulos em uma única prancha A4, permitindo a visualização da área total dos três municípios simultaneamente. A figura 2 mostra o módulo síntese cujas letras indicam a área de abrangência de cada módulo de imagem.

Para a confecção dos módulos A4 e posterior impressão, foi utilizado o aplicativo SCARTA, que é parte do programa SPRING. O primeiro procedimento executado foi a elaboração do molde de impressão, que consistiu na definição de: tamanho do papel (A4); posição da folha (paisagem); área de impressão (18,7 x 27,0cm); e escala (1:60.000). A seguir foi determinada sobre a imagem a forma de recobrimento dos módulos.

Por causa da escala e do tamanho de papel utilizados, fez-se necessária a confecção de 16 módulos para cobrir toda a área de estudo. O módulo inicial foi posicionado no canto superior esquerdo da área de estudo (apenas os três municípios), sendo os demais módulos localizados à sua direita na horizontal, e abaixo, na vertical. Foi deixada uma pequena área de sobreposição entre os módulos.

Com o objetivo de não sobrecarregar a imagem com textos e traços, e possibilitar anotações durante o trabalho de campo, gerou-se um conjunto auxiliar de módulos contendo apenas os dados das coordenadas geográficas, os limites dos municípios e as posições e os números dos 300 pontos anteriormente aleatorizados. Esses módulos, impressos em transparências, foram posteriormente sobrepostos aos seus respectivos módulos de imagem e fixados por meio de fitas adesivas, garantindo a coincidência

geográfica através de marcas fiduciais comuns, deixadas para este fim. Os módulos de imagem foram impressos em papel de alta qualidade e específico para impressão de imagens ou fotografias, usando-se uma impressora colorida "jato de tinta" comum, ou seja, não foi utilizado nenhum recurso mais refinado como *plotters* ou técnicas fotográficas na produção do material de campo.

Visando proceder à anotação do uso atual do solo em cada um dos 300 pontos, foram preparadas planilhas de campo que acompanhavam cada um dos módulos de imagem. Nelas já vinham impressas as seguintes informações: município; módulo; ponto; latitude; e longitude. Havia espaço para a anotação da classe de cobertura do solo e eventuais observações.

Como a área de estudo já vinha sendo visitada há dois anos pelos autores do presente trabalho, sempre munidos de imagens ETM+/Landsat preparadas na mesma composição colorida, havia uma experiência acumulada suficiente para permitir a interpretação e a classificação, no laboratório, de muitos dos pontos com base apenas na imagem. Apenas os pontos para os quais havia uma "certeza" consensual quanto ao uso foram assim classificados ainda no laboratório. As coordenadas geográficas dos demais pontos foram importadas pelo aparelho GPS, o que veio facilitar efetivamente a localização exata de diversos deles no campo.

Na efetiva execução do trabalho de campo, os únicos itens indispensáveis são: o analista familiarizado com a imagem, os módulos, as planilhas, o GPS e um veículo para o deslocamento. Um item não essencial, mas recomendável, é uma máquina fotográfica, de preferência digital, para enriquecer o registro em um futuro banco de dados associado à imagem.

O método de amostragem e de construção das estimativas e seus respectivos intervalos de confiança estão detalhadamente descritos em LUIZ e EPIPHANIO (2001). A única modificação deve-se ao fato de o trabalho ter sido realizado sobre a área de três municípios e não de apenas um, como propõe o trabalho citado. Para adaptá-lo basta considerar, ao

invés de uma amostragem aleatória simples, uma amostragem aleatória estratificada, onde os estratos são os municípios.

Na amostragem aleatória estratificada, a população de  $N$  unidades é, primeiro, dividida em  $L$  subpopulações de  $N_1, N_2, \dots, N_L$  unidades cada uma. Estas subpopulações não apresentam sobreposição e, juntas, representam o total da população, ou seja:

$$N_1 + N_2 + \dots + N_L = N$$

As subpopulações são chamadas de estratos e o número de unidades em cada estrato é representado por  $N_h$ . Para obter o máximo de benefício da estratificação, os valores de  $N_h$  devem ser conhecidos. Quando os estratos são definidos, uma amostra é retirada de forma independente em cada um dos diferentes estratos. Os tamanhos das amostras dentro dos estratos são denominados  $n_1, n_2, \dots, n_L$ , respectivamente.

Se uma amostra aleatória simples é tomada em cada estrato, o procedimento completo é descrito como **amostragem aleatória estratificada**.

A estratificação é uma técnica comum. Existem muitas razões para isso e, entre as principais, duas são aqui destacadas. A primeira é a conveniência administrativa, tanto no que diz respeito à supervisão e condução dos trabalhos nos levantamentos, como em relação à possibilidade de apresentação dos resultados desagregados por estrato. A segunda é que a estratificação pode produzir um ganho na precisão das estimativas das características da população como um todo.

TSILIGIRIDES (1998), embora concorde com COCHRAN (1977) que, se bem aplicado, o esquema amostral estratificado produz uma estimativa mais precisa dos parâmetros populacionais que a amostragem aleatória simples com amostra do mesmo tamanho, mostra ao longo do seu trabalho que a melhor fonte de informação para uma boa estratificação são os dados de área plantada obtidos em levantamentos anteriores, que estão disponíveis geralmente em base municipal. Portanto, a estratificação só é justificável em levantamentos em escala regional, es-

tadual ou nacional, não na escala municipal, pois não haveria critérios para a construção de estratos. Ou seja, não há conhecimento suficiente para que se execute uma estratificação dentro dos municípios. Portanto, optou-se por considerar o conjunto dos três municípios como sendo uma região, e cada um deles como sendo um estrato.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro grande resultado diz respeito ao custo do material de suporte ao trabalho de campo. Para efeito de comparação, foi solicitado a uma empresa especializada em aerofotogrametria um orçamento referente ao recobrimento da área dos três municípios com fotografias aéreas. A proposta da empresa englobava o fornecimento de uma coleção de fotos aéreas coloridas na escala de 1:30.000 e um conjunto de fotoíndice digital desenhado na escala de 1:120.000 ao preço de R\$95,00 o quilômetro quadrado, o que resultava em um preço total para os três municípios de R\$117.895,00. Entretanto, esse seria o preço para regiões onde a empresa já possuísse, em arquivo, fotos aéreas recentes; como esse não era o caso da região de interesse, seria necessária a realização de um voo fotogramétrico específico, o que elevaria o custo para R\$210,00/km<sup>2</sup>, resultando num valor total de R\$260.610,00 para os 1.241km<sup>2</sup> da área de estudo, considerando os preços vigentes em fevereiro de 2002.

Considerando que uma cena completa do ETM+ recobre uma área de 180 x 180km (32.400km<sup>2</sup>) e custa R\$1.050,00, o custo do km<sup>2</sup> em uma imagem é menor que R\$0,04. Mesmo que se dividisse o custo total da imagem apenas pela área dos três municípios (considerando que o restante da cena imageada não seria utilizado em nenhum outro levantamento), o custo continuaria sendo muito menor que o das fotografias aéreas, equivalendo a R\$ 0,85/km<sup>2</sup>.

Para ser completa a comparação, deve-se reconhecer que o produto do voo já é fornecido em papel fotográfico enquanto a imagem é entregue em CD-ROM, sendo necessária a impressão dos mó-

dulos. Entretanto, mesmo que se computasse o preço total de uma impressora, mais cartuchos de tinta colorida e resmas de papel A4 fotográfico, apenas para o levantamento dos três municípios, ainda assim o custo por km<sup>2</sup> do material produzido a partir da imagem obtida por satélite continuaria da ordem de dezenas de vezes menor que o das fotografias aéreas. É interessante observar que, quanto ao uso do programa SPRING e do seu aplicativo SCARTA, não há implicações no custo pois eles são disponibilizados gratuitamente pelo INPE, inclusive via rede, a partir do sítio <http://www.dpi.inpe.br>.

Pode-se, com razão, argumentar que a escala das fotografias aéreas é de 1:30.000 e a dos módulos de imagem utilizados é de 1:60.000, o que impediria uma comparação direta de custos. Mas, isso apenas evidencia uma outra vantagem da imagem, que, por ser gerada, armazenada e disponibilizada em ambiente digital, permite, através do uso de programas com recursos de processamento digital de imagens, como o SPRING, sua manipulação de maneira a que se adapte às necessidades de cada uso. As fotografias, uma vez adquiridas em uma escala, para serem ampliadas ou reduzidas exigiriam um enorme esforço de digitalização e registro. Enquanto uma única imagem recobre a área de dezenas de municípios, para recobrir apenas a área de estudo seriam necessárias mais de 40 fotografias na escala de 1:30.000. Além disso, a escala adotada para a impressão dos módulos permitiu, com facilidade, a visualização dos limites dos talhões agrícolas, que era exatamente o que se esperava da imagem.

Outro ponto importante é que o prazo de execução do trabalho estabelecido pela empresa consultada é de 90 dias a contar da data de autorização de aerolevanteamento a ser expedida pelo Ministério da Defesa. Enquanto isso, o satélite Landsat 7 coleta imagens sobre a área a cada 16 dias, sendo que é comum a sua disponibilização para aquisição entre uma e duas semanas após a passagem do satélite. No presente trabalho, por exemplo, conseguiu-se ir a campo menos de um mês após a data da passagem do satélite, levando como material auxiliar as imagens processadas conforme o método aqui proposto.

Quanto à execução do levantamento auxiliado pelas imagens, a primeira grande vantagem obtida com o uso da imagem foi a possibilidade de definir, ainda no laboratório, o tipo de uso do solo em 80% dos pontos amostrais. De um total de 300, apenas 60 pontos ficaram para comprovação a campo. A principal causa de dúvidas quanto à classificação do uso do solo nestes pontos foi a sua posição próxima ao limite entre duas feições distintas na imagem, ou seja, o ponto estava localizado perto da divisa entre um uso e outro, caindo sobre uma região de pixels impuros, o que exigia a visita no local para que fosse definida, através do uso do aparelho GPS, a posição exata do ponto e, conseqüentemente, a classe a que pertencia. Todo o trabalho de campo durou menos de cinco dias, sendo dois deles gastos no deslocamento da equipe e apenas três efetivamente na coleta de dados, que se deu entre os dias 4 e 6 de fevereiro de 2002, terminando exatamente um mês após a data da imagem orbital utilizada na confecção dos módulos.

Vale lembrar que, na realidade, outros trabalhos de campo já haviam sido realizados pela mesma equipe, na mesma região, nos últimos dois anos, o que conferiu a experiência necessária para as classificações e maior facilidade no deslocamento pelas estradas vicinais e carreadores. Entretanto, para facilitar a exposição do método, optou-se por restringir o relato apenas aos procedimentos necessários à obtenção das estimativas de área plantada na safra de verão 2001/2002.

Sobre os dados coletados foram realizadas as análises que consistiram simplesmente na contagem da frequência de ocorrência de cada classe de cobertura do solo entre os 300 pontos classificados diretamente sobre a imagem ou visitados no campo. Esta contagem se fez para o total dos três municípios e também para cada um em separado. Utilizando as equações fornecidas pela teoria da amostragem aleatória estratificada aplicada a proporções, calculou-se então a probabilidade de ocorrência de cada classe na população (os três municípios em conjunto) e nos estratos (cada município em separado). Aplicando-se a probabilidade diretamente sobre a área dos mu-

nicipios, foi então obtida a área estimada para cada cobertura do solo em cada um dos municípios e no total. Foram calculados ainda os limites dos intervalos de confiança (IC) a 90% para as estimativas na população.

Como as probabilidades foram calculadas ajustando-se os dados a uma distribuição hipergeométrica, que é discreta, não é possível obter sempre exatamente 90% para o IC, tendo sido escolhidos os valores de limite inferior (LI) e limite superior (LS) que mais se aproximassem desse número. No caso de classes com muito baixa frequência de ocorrência, como, por exemplo, o milho e o solo exposto nesse trabalho, para se conseguir um IC de 90% seria necessário adotar o LI igual a zero, o que não é lógico, pois, se as classes apareceram na amostra, elas, com certeza, existem na população. Portanto, foi adotado o menor valor positivo possível para o LI (pois, como a área total da região é de 124.049ha e foram coletados 300 pontos amostrais, cada ponto representa 414ha), resultando em um IC de aproximadamente 86% para estas classes. Estes resultados encontram-se organizados na tabela 1.

Para efeito comparativo, foram solicitados junto ao escritório da CATI em Orlândia, onde fica a coordenação do EDR, os dados da Estimativa Subjetiva de Previsão de Safras no período do verão 2001/2002, para os três municípios estudados. Na última estimativa disponível, obtida em mãos no dia 7 de fevereiro de 2002, os valores para as três grandes culturas eram de: 67.400ha de cana; 26.037ha de soja; e 3.200ha de milho. Como se vê, para as duas principais culturas as estimativas são muitíssimo parecidas. Deve ser ressaltado que a estimativa da CATI foi realizada por agrônomos que residem nos municípios e acompanham as atividades agrícolas locais o ano todo, visitando regularmente o campo, enquanto a estimativa deste projeto foi realizada por especialistas em sensoriamento remoto que visitam a região cerca de três vezes por ano, em períodos nunca superiores a uma semana.

O resultado obtido para o milho, além de não coincidir com a estimativa da CATI, apresenta um intervalo de confiança pouco esclarecedor. Senão ve-

**Tabela 1** - Estimativa Obtida por Amostragem da Área Ocupada, com Cada Tipo de Cobertura do Solo, nos Municípios de Ipuã, Guará e São Joaquim da Barra, Estado de São Paulo, Fevereiro de 2002 (em ha)

Cobertura do solo	Ipuã	Guará	São Joaquim da Barra	Três Municípios		
				Total	LI 90% <sup>1</sup>	LS 90%
Cana	22672	17444	26058	66574	60785	72363
Soja	12551	11017	2722	25637	21089	30186
Mata/galeria	6073	4591	3889	14473	10751	18194
Pasto	4453	2754	5056	12405	9097	15713
Não agrícola	405	0	2722	3308	1654	4962
Milho	405	0	389	827	414	2481
Solo exposto	0	459	389	827	414	2481
Tamanho da amostra	115	79	106	300		
Área total	46559	36265	41226	124049		

<sup>1</sup>LI = limite inferior e LS = limite superior. Os valores do intervalo de confiança são apenas aproximadamente iguais a 90%, sendo que para milho e solo exposto são próximos a 86%.

Fonte: Dados da pesquisa.

amos, afirma-se que a estimativa para a área de milho é de 827ha, mas pode variar de 414ha (metade) a 2481ha (o triplo). Isso é explicado pela baixa ocorrência desta classe de uso do solo na região de estudo, que é de aproximadamente 2,6%, se for considerada a estimativa da CATI de 3.200ha em relação aos 124.049ha dos três municípios. O tamanho da amostra necessário para conferir maior confiabilidade às estimativas de classes pouco frequentes deveria ser muito maior.

Observa-se ainda que, através do levantamento por amostragem, foi possível quantificar a ocorrência de outras classes de cobertura do solo, classes não estimadas pelo procedimento adotado pela CATI e que, devido às características imprimidas ao método pelo uso da imagem, garantem a ausência de sobreposição e de falhas de cobertura. Ou seja, a soma das áreas das classes consideradas será sempre igual à área da região de estudo, não havendo a possibilidade de, por exemplo, um ou mais talhões de uma fazenda, localizada próxima ao limite entre dois municípios, serem contabilizados ao mesmo tempo nas estimativas dos dois ou, por outro lado, em nenhuma delas.

#### 4 - CONCLUSÕES

- As imagens do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 são adequadas como suporte ao trabalho de cam-

po em levantamentos agrícolas por amostragem.

- Com o uso de imagens orbitais, os levantamentos de áreas agrícolas por amostragem ficam muito mais econômicos que com o uso de fotografias aéreas.
- Além de auxiliar e facilitar a localização dos pontos amostrais no terreno, a imagem obtida por sensoriamento remoto orbital também permite a classificação de muitos desses pontos sem a necessidade de visita *in loco*, desde que interpretada por um analista treinado.
- O uso do programa SPRING e do aparelho GPS foram essenciais na consecução dos objetivos deste trabalho.
- A realização de levantamentos agrícolas por amostragem seguindo o método aqui descrito é prática, rápida, econômica e precisa.
- O método proposto é adequado para estimativas, nos âmbitos municipal ou superiores, da área plantada com grandes culturas, ou seja, aquelas cultivadas em talhões superiores a 10ha e que ocupem mais de 5% da área de estudo.

#### LITERATURA CITADA

AMBRÓSIO FLORES, L.; IGLESIAS MARTÍNEZ, L. Land cover estimation in small areas using ground survey and remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, v. 74, n. 2, p. 240-248, 2000.

BRUZZONE, L. et al. Multisource classification of complex rural areas by statistical and neural-network approaches.

- Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 63, n. 5, p. 523-533, 1997.
- BUCKLAND, S. T.; ELSTON, D. A. Use of ground truth data to correct land cover estimates from remotely sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 16, p. 1273-1282, 1994.
- COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428 p.
- COLLARES, J. E. R.; LAURIA, C. A.; CARRILHO, M. M. Pesquisa de previsão e acompanhamento de safras baseada em painéis de amostras de áreas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, 1993. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. v. 4, p. 450-453.
- EPIPHANIO, J. C. N. et al. Sistema de amostragem em imagem como base para estimativa de áreas de culturas agrícolas no município de Ipuã-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. 8 p. CD-ROM.
- FAO. **Report of the eleventh international training course on applications of remote sensing to agricultural statistics**. Rome, 1988. 224 p. (FAO Remote Sensing Centre Series, 47).
- \_\_\_\_\_. **Multiple frame agricultural surveys: volume 2 agricultural survey programmes based on area frame or dual frame (area and list) sample design**. Rome, 1998. 242 p. (FAO Statistical Development Series, 10).
- FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N.; SIMÕES, M. S. Radar backscattering from agricultural scene. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 823-830, 2001.
- IBGE. **Malha municipal digital 1997: documentação técnica**. Disponível em: <wysiwyg://5/http://www.ibge.gov.br/home/geografia/cartogramas/defaultcarto.php>. Acesso em jan. 2002.
- IPPOLITI-RAMILO, G. A. et al. Sensoriamento remoto orbital como meio auxiliar na previsão de safras. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 46, t. 1, p. 89-101, 1999.
- JANSSEN, L. L. F.; VAN DER WEL, J. M. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 60, n. 4, p. 419-426, 1994.
- JEWELL, N. An evaluation of multi-date SPOT data for agriculture and land use mapping in the United Kingdom. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, n. 6, p. 939-951, 1989.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 3 ed. New York: Wiley, 1994. 750 p.
- LUIZ, A. J. B.; EPIPHANIO, J. C. N. Amostragem por pontos em imagens de sensoriamento remoto para estimativa de área plantada por município. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. 8 p. CD-ROM.
- MONITORING AGRICULTURE WITH REMOTE SENSING TECHNIQUES (MARS). **Crop area estimation of annual crops through area frame sampling based on segments: results obtained in Europe in 1992**. Varese: Ispra, 1993. 21 p.
- MULDERS, M. A.; DE BRUIN, S.; SCHULING, B. P. Structured approach to land cover mapping of the Atlantic zone of Costa Rica using single date TM data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 13, n. 16, p. 3017-3033, 1992.
- NAGESWARA RAO, P. P.; MOHANKUMAR, A. Cropland inventory in the command area of Krishnarajasagar project using satellite data. \_\_\_\_\_, v. 15, n. 6, p. 1295-1305, 1994.
- ORTIZ, M.J.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Classification of croplands through integration of remote sensing, GIS, and historical database. \_\_\_\_\_, v. 18, n. 1, p. 95-105, 1997.
- PAX-LENNEY, M; WOODCOCK, C. E. Monitoring agricultural lands in Egypt with multitemporal Landsat TM imagery: how many images are needed? **Remote Sensing of Environment**, v. 59, p. 522-529, 1997.
- PINO, F. A. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 46, t. 2, p. 71-105, 1999.
- \_\_\_\_\_. et al. (Orgs.). **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do estado de São Paulo**. São Paulo: IEA/CATI/SAA, 1997. 4 v.
- RANCHIN, T. et al. An automatic method for vine detection in airborne imagery using wavelet transform and multiresolution analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 67, n. 1, p. 91-98, 2001.
- RIBBES, F.; LE TOAN, T. Rice field mapping and monitoring with RADARSAT data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 4, p. 745-765, 1999.
- SRIDHAR, V. N. et al. Wheat production forecasting for a predominantly unirrigated region in Madhya Pradesh (India). \_\_\_\_\_, v. 15, n. 6, p. 1307-1316, 1994.
- TERRES, J. M. et al. The use of remote sensing and GIS capabilities to support the reform of the common agricultural policy of the European Community. **Remote Sensing Reviews**, v. 12, p. 53-60, 1995.
- THENKABAIL, P. S. et al. Thematic mapper vegetation indices for determining soybean and corn growth parameters. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 60, n. 4, p. 437-442, 1994.
- TSILIGIRIDES, T. A. Remote sensing as a tool for agricul-

tural statistics: a case study of area frame sampling methodology in Hellas. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 20, n. 1, p. 45-77, 1998.

TSUNECIRO, A.; FREITAS, B. B. de. Os cinquenta municípios brasileiros maiores produtores de milho e soja. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 53-58, jul. 2001.

WALKER, P. A.; MALLAWAARACHCHI, T. Disaggregating agricultural statistics using NOAA-AVHRR NDVI. **Remote Sensing of Environment**, v. 63, p. 112-125, 1998.

YULIANG, Q.; BUZHOU, M.; JIULIANG, F. Study on monitoring farmland by using remote sensing and GIS in Shanxi China. **Advanced Space Research**, v. 26, n. 7, p. 1059-1064, 2000.

---

Recebido em 12/04/2002. Liberado para publicação em 19/04/2002.