



**Congresso e Feira
para Usuários de
Geoprocessamento**

17 a 21 outubro 1994

**Centro de Convenções de Curitiba
R. Barão do Rio Branco, 370 Curitiba . PR . Brasil**



**TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA ESTIMATIVA DAS ÁREAS DE
CULTURAS DE VERÃO.**

HÉLIO RICARDO SILVA

Univ. Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Cx. Postal 31 - CEP 15378 - 000 - Ilha Solteira (SP)
TELEFONE (0187) 624343 / FAX (0187) 622735
UEISL@BRFAPEP.BITNET

ANTONIO ROBERTO FORMAGGIO

JOSÉ CARLOS NEVES EPIPHANIO

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/MCT)
Cx. Postal 515 - CEP 12201-970 - S. José dos Campos (S.P.)
TELEFONE (0123) 418977/ FAX (0123) 218743
formag@ltid.inpe.br

ABSTRACT

Summer crops are great importance for the Brazilian economy because they for over 90% of the annual production of grain. The aim of this work is to estimate the fields used for summer crops during the agricultural year 1991/1992 through the integration of multitemporal (TM/Landsat-5) and cartographic data manipulated in the SITIM-340/INPE. Those fields are located in the region around the town of Guaira, São Paulo State. The "Projection" or estimated area for summer crops were carried out by means of the hybrid image classification method, obtained at the initial phase of agricultural cycle (soil preparation/beginning of vegetative development) followed by the operation called "Crossed Tabulation (GIS/INPE)". The results showed that historical data stored in multitemporal Data bank provided the means for the first estimated Projection of the total area occupied with summer crops with a minimum precision of 81.74%.

RESUMO

As culturas de verão são de grande importância para a economia brasileira, pois são responsáveis por mais de 90% da produção anual de grãos. O objetivo deste trabalho é estimar na área de estudo, localizada no município de Guaira (SP), os talhões destinados a exploração das culturas de verão no ano agrícola 91/92 através da integração de dados multitemporais (TM/Landsat-5) e cartográficos manipulados no SITIM-340/INPE. Através do método híbrido de classificação das imagens digitais obtidas na fase inicial do ciclo agrícola (preparo do solo/ início do desenvolvimento vegetativo) e após a operação "Tabulação Cruzada" (SGI/INPE) foram realizadas as "Projeções" ou seja as estimativas das áreas destinadas às culturas de verão. Os resultados mostram que a utilização de dados históricos armazenados nos Bancos de Dados multitemporais contribuiu para que a primeira Projeção estimasse a área total ocupada com as culturas de verão com uma precisão mínima de 81,74%.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de dados confiáveis relacionados às estatísticas de culturas é de fundamental importância para os órgãos ligados ao planejamento das atividades agrícolas.

Estes dados irão compor os quadros de oferta versus demanda, donde serão extraídas informações gerenciais úteis para o governo estabelecer suas políticas de abastecimento, armazenagem, estoques estratégicos, remoções, comércio exterior, dentre outras (Brasil, 1993).

Dentro deste panorama as culturas de verão são de grande importância pois são responsáveis por mais de 90% da produção de grãos em relação as culturas de inverno (Brasil, 1993).

Entretanto existem dificuldades na implementação de uma metodologia para se identificar as culturas de verão a partir de imagens de satélite, pois as respostas espectrais destas culturas são muito heterogêneas devido às diferenças nas variedades, estágios fenológicos, orientação e espaçamento de fileiras, tratos culturais, etc.

Outro problema está relacionado com o ciclo dessas culturas que coincide com o período de maior precipitação pluviométrica (outubro a maio), restringindo assim a obtenção de imagens isentas de nuvens, isto é, dificultando a utilização do aspecto multitemporal.

A premissa do presente trabalho é que, nas regiões com vocação natural para o plantio das culturas de verão e possuindo agricultores com tradição no manejo dessas lavouras, estes problemas podem ser amenizados através do conhecimento da quantidade da área com solo preparado durante o período de junho a outubro, pois neste período existe uma maior probabilidade de obtenção de imagens de satélite isentas de nuvens. Assim, associando este dado à informação relacionada à intenção de plantio fornecida pelos agricultores, pode-se obter uma indicação preliminar das safras esperadas num determinado ano agrícola (Assunção e Duarte, 1983).

Outra maneira de solucionar este problema seria através da utilização de dados unitemporais, ou seja dados obtidos numa única data durante o ciclo das culturas e a experiência do fotointérprete (Chen, 1988).

Assim, o objetivo do presente trabalho é desenvolver uma metodologia utilizando imagem de satélite para a obtenção da previsão da quantidade de áreas plantadas por cultura, a partir da integração de dados tabulares multifontes, dados históricos e dados multitemporais em ambiente de geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODO

Área de Estudo

A área de estudo está situada na região noroeste do Estado de São Paulo, compreende parte do município de Guaira, num módulo de 15kmx15km e está localizada entre os paralelos 20° 17' e 20° 25' de latitude sul e os meridianos 48° 14' e 48° 25' de longitude oeste.

Quanto aos solos, ocorre o Latossol Roxo (LR) e pequenas manchas de Latossol Vermelho-Amarelo (LVa), Latossol Vermelho-Escuro (LE) e Latossol Variação Una (LU) (IAC/IGC, 1991).

As principais plantações durante o ciclo de verão, no município, são a soja, o milho e o algodão. Ocorrem também áreas de pastagens e cana-de-açúcar.

Materials

Foram utilizadas 10 imagens do TM/Landsat-5 em fitas compatíveis com o computador (CCT) com correção geométrica de sistema (Nível 2), projeção UTM (Universal Transversa de Mercator). As imagens usadas neste estudo foram obtidas nas seguintes datas: 12/08/89, 31/10/89, 19/01/90, 20/02/90, 25/04/90, 16/09/90, 05/12/90, 23/02/91, 18/08/91 e 21/10/91. Além destes, foram utilizados material cartográfico-temático disponível da área.

Os sistemas usados para os vários processamentos envolvidos foram: (a) o "Sistema Iterativo de Tratamento de Imagens" (Imagem, 1993), para o processamento digital das imagens TM/Landsat-5; (b) o "Sistema Geográfico de Informação" (INPE, 1989), para a integração e manipulação dos dados geo-codificados, tais como imagens de satélite, mapas topográficos, mapas temáticos, imagens classificadas e dados de campo.

Para a exploração sistemática dos parâmetros não espaciais obtidos na área de estudo que auxiliaram na identificação das culturas de verão, foi utilizado um sistema de gerenciamento de dados relacional (SGBD) com as características do dBASE IV (Chou e Tiley, 1990).

Metodologia

Os procedimentos metodológicos utilizados para a execução desta pesquisa foram subdivididos em 5 grandes etapas.

Na primeira etapa o objetivo foi a coleta de dados de campo (entrevista com agricultores visando recuperar informações multitemporais referentes às culturas plantadas nos anos anteriores, bem como a intenção de plantio para o ano em estudo, ou seja 91/92). Concomitantemente, foram gerados os mapas-bases, que contêm a localização e a delimitação das propriedades e seus respectivos talhões, para cada um dos anos estudados.

A segunda etapa consistiu nos processamentos das imagens TM/Landsat-5: (a) correção para efeitos atmosféricos das imagens multitemporais (Chavez, 1988); (b) transformação dos valores de níveis de cinza para valores de reflectância, uma grandeza física intrínseca de cada alvo terrestre; (c) o registro (geocodificação) e (c) a coleta dos valores de reflectância representativos de cada cultura/variedade/estágio fenológico e solo preparado, presentes nas imagens multitemporais usadas.

Posteriormente, a Etapa III destinou-se à confecção do Banco de Dados Referenciado (BDR), que continha as "imagens recortadas", ou seja, as 10 imagens multitemporais usadas sem a presença de temas e áreas não-agricultáveis (ex.: área urbana, estradas, rede de drenagem, pastagens, várzea natural, culturas perenes, vegetação natural), de modo que estes temas não venham a se constituir em dificuldades de confusão espectral com os temas de interesse, que são as áreas destinadas as culturas de verão.

Na Etapa IV, foi montado o Banco de Dados Relacional (BDRL). Os dados armazenados referiam-se aos 350 talhões da área de estudo e eram de vários tipos: rótulo, tipos de solos, área do talhão, datas das campanhas de campo, datas das passagens do satélite, culturas plantadas nos anos anteriores, variedades, intenção de plantio, fases do ciclo (concomitantes às passagens do satélite), reflectâncias médias nas bandas TM1,2,3,4,5,7; além de outras observações relevantes.

Na quinta e última etapa, foi feita a identificação das culturas de verão e solo preparado e a obtenção da "primeira projeção" relativa à quantidade de área de cada cultura agrícola, objetivando a obtenção de uma "previsão de safra". Nesta etapa, são usados os Bancos de Dados (BDR e BDRL), através de interações tipo expressões de consulta "query" com operadores lógicos e relacionais, usando o software Code Base, versão 4.2 (Sequiter Software Inc. 1990), que está inserido no módulo de Manipulação do subsistema SGI.

Os "queries" foram usados na classificação pelo método híbrido, após a classificação não-supervisionada, quando o analista consultava o BDRL para atribuir uma determinada classe temática a um padrão espectral.

Um exemplo de um "query" usado pode ser a seguinte: "mostre os talhões com comportamento espectral da cultura de soja, sobre Latossol Roxo, com menos de 60 dias de idade ou mostre os talhões com comportamento espectral semelhante ao intervalo de reflectância dado". Terminadas as "operações de pesquisa" nos Bancos de Dados, a identificação dos temas de interesse era interativa e visual, onde eram levados em consideração os dados sobre o comportamento espectral das culturas, os estudos agronômicos de cada cultura em relação às fases que as mesmas se encontravam na data da passagem do satélite e sobre o comportamento espectral dos solos.

Posteriormente era gerada uma imagem classificada através do sistema MAXVER (Stahler, 1980).

A "Tabulação Cruzada" (classificação temática X verdade terrestre) permitiu a verificação da performance em termos de porcentagem de acerto da classificação e erros (omissão e inclusão).

Finalmente a "Primeira Projeção" era obtida considerando a porcentagem na área de estudo que cada cultura ocupou nos anos agrícolas anteriores associando estes dados as

áreas com solo preparado e somando a este valor os dados das áreas com culturas em desenvolvimento vegetativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pré-processamento

Em função do uso de imagens multitemporais, é altamente recomendável o emprego de técnicas de correção para efeitos de interferência atmosférica.

Aplicado o modelo de Chavez (1988), este indicava a necessidade de extrair valores (números digitais) entre 4 e 66 como devido a espalhamento atmosférico. Porém, verificou-se que para as bandas TM5 e TM7, houve uma superestimação dos efeitos atmosféricos e a extração de valores altos faria zerar vários pixels com informações digitais boas. Chavez (1988) e Ortiz (1993) também já haviam verificado esta possibilidade, tendo o primeiro autor afirmado que a causa para estes valores elevados não é clara, mas pode estar relacionada com a grande diferença entre ganhos e "off-set" das bandas TM5 e TM7 e os parâmetros das outras bandas. Assim nestas duas bandas não foi feita a correção.

A transformação de níveis de cinza para valores de reflectância propicia que haja uma normalização dos valores, uma vez que esta grandeza física pode ser considerada como um parâmetro intrínseco de cada alvo e, assim, a comparabilidade entre imagens multitemporais torna-se mais adequada. Isto é mais indicado ainda para o caso da presente pesquisa, em que, para a fase de classificação não supervisionada, necessita-se de consultas a padrões espectrais semelhantes mostrados em imagens de cerca de dez passagens diferentes do satélite Landsat sobre a área de estudo.

O georeferenciamento executado (imagem x carta topográfica e imagem corrigida x demais imagens) permitiu uma precisão total de registro da ordem de 0,587 pixel, ou seja, 18 metros; portanto dentro dos limites de precisão cartográfica proposta por EME (1976).

Classificação Temática X "Primeira Projeção"

Com base nas observações de Formaggio (1989), verifica-se que o ciclo das culturas de verão, são divididos em três fases fenologicamente distintas, onde na primeira fase que vai do preparo do solo/plantio até o desenvolvimento vegetativo inicial, ocorre o domínio do solo nas interações com a radiação eletromagnética. Na fase seguinte, que se estende até a formação dos grãos, verifica-se o domínio da cobertura verde nas interações com a radiação eletromagnética. Na última fase com a maturação e a senescência da cultura grande porcentagem do solo volta a ficar exposto.

Assim a "Primeira Projeção" pode ser considerada como o primeiro conjunto de números relativos a uma safra de uma região (ou seja, é uma primeira previsão da safra) obtido bem no início do respectivo ciclo agrícola. No caso das culturas de verão, para a área em estudo, é interessante que se obtenha a primeira projeção aproximadamente em meados ou final de outubro.

De acordo com Silveira (1992), no município de Guaiara (SP), até o mês de outubro, a principal atividade agrícola está relacionada com as operações de preparo do solo para o plantio das culturas de verão; embora já haja algumas culturas implantadas, nas áreas irrigadas com pivô central, em diferentes estágios do ciclo fenológico.

As Tabelas 1 e 2 mostram o resultado da Tabulação Cruzada entre a classificação temática (obtida com o apoio dos Bancos de Dados: BDR e BDRL) e a verdade terrestre para a imagem de 21/outubro/91.

TABELA 1 - Resultado da Tabulação Cruzada para a classificação temática da passagem TM/Landsat de 21/10/91 e a verdade terrestre.

Verdade terrestre(%) 22 a 25/10/91	IMAGEM CLASSIFICADA (%) - 21/10/91												
	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Milho-fase 3 - 1	22,96	73,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,81
Milho-fase 2/3 - 2	11,21	0,08	87,49	0,08	0	0,16	0	0	0	0	0,16	0	0,82
Milho-fase 2 - 3	18,85	0	35,53	41,88	0	0,25	0	0	0	0	2,99	0	0,50
Milho-fase ½ - 4	60,48	19,76	3,25	0	0	0	0	0	0	0	14,04	0	2,47
Milho-fase 1 - 5	21,39	1,34	0	0	0	33,80	0	0	0	0	0,03	0	43,44
Algodão-fase 1 - 6	24,94	0	0	0	0	21,48	0	0	0	0	0	0	53,58
Arroz-fase 1 - 7	0,60	0	0	0	0	65,0	0	0	0	0	0	0	34,40
Cebola-fase 3 - 8	97,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Soja-fase 3 - 9	82,00	1,27	1,10	0	0	4,74	0	0	0	0	0	0	10,89
Soja-fase ½ - 10	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feijão-fase 3 - 11	60,12	35,12	0	0	0	0,59	0	0	0	0	0	0	4,17
Solo prepara.-12	11,65	1,38	0,19	0,05	0	1,13	0	0	0	0	0,04	0	85,56

Tabela 2. Áreas das classes identificadas no módulo de estudo. Obtidas através de operação "Tabulação Cruzada".

Classe	Verdade Terrestre(Ha) 22 a 25/10/91	Classificação (Ha)		
		Correta	Confusão	Não Classificada
Solo Preparado	9.470,03	8.102,25	264,53	1.103,25
Algodão-fase 1	41,49	0,00	31,14	10,35
Arroz-fase 1	30,60	0,00	30,60	0,18
Milho-fase 1	611,37	206,64	273,96	130,77
Milho-fase ½	69,21	0,00	27,36	41,85
Milho-fase 2	361,71	291,06	10,80	59,85
Milho-fase 3	18,81	13,78	0,72	4,32
Cebola-fase 3	12,06	0,00	0,36	11,70
Feijão-fase 3	15,12	0,00	6,03	9,09
Soja-fase 3	57,06	0,00	10,26	46,80
Total	10.687,46	8,613,73	655,76	1.418,16
Porcentagem	100%	80,60%	6,13%	13,27%

Verifica-se que em cerca de 88,60% (9.470,03 ha) da área a maioria das operações de preparo do solo tinham sido realizadas até 21/10/91 (época da realização da "Primeira Projeção" referente à safra de verão 91/92).

Vale salientar que os "solos preparados" em questão apresentavam-se com características de condições diversificadas, conforme os dados do BDRL, o que levou à criação de seis subclasses deste tema.

Estas condições de superfície dos solos variavam: havia, por ex., talhões com solo gradeado, lisos e com pequena quantidade de restos culturais; ou talhões com solo já nivelado; ou também talhões com solo arado, apresentando torrões com diâmetros grandes e variados, além de grande quantidade de restos culturais. Há que se considerar também as diferenças espectrais conferidas pelos diferentes tipos de solos, em que o auxílio do BDR foi importante para a definição das subclasses.

Contudo, conforme os resultados da Tabulação Cruzada, houve um acerto de identificação do tema "solo preparado" da ordem de 85%.

Pelas Tabelas 1 e 2, verifica-se que as maiores confusões com a classe "solo preparado" foram as das classes "milho fase-1" (início do desenvolvimento vegetativo) e "milho fase-3" (fase de senescência da cultura), em função das semelhanças espectrais, uma vez que, nestas fases do ciclo agrícola, conforme Formaggio (1989), a cultura apresenta valores baixos de IAF (índice de área foliar) e de cobertura verde sobre o solo, propiciando que a resposta que chega ao sensor seja uma combinação entre vegetação e solo exposto nas entrelinhas, porém com predominância da resposta do solo.

Além disso, na área de estudo há solos que apresentam respostas espectrais muito baixas, como é o caso do Latossol Roxo. Estes solos em função dos seus altos teores de óxidos de ferro, apresentam bandas de absorção muito largas e reflectâncias baixas da ordem de 15%, ao longo de quase todo o espectro ótico. Assim, em áreas de vegetação rala ou em áreas com alvos espectralmente escuros, pode haver confusão com áreas de Latossolos Roxos preparados para o plantio. Isto confirma o que foi encontrado por Assunção e Duarte (1983), em cujo trabalho, temas como massas d'água, áreas com pastagem degradada e áreas urbanas confundiram-se com "solo preparado", diminuindo a performance da classificação para esta classe.

Com relação ao uso das "imagens recortadas", ou seja, a retirada das áreas sem interesse (não culturas de verão) por um lado houve a vantagem de que este procedimento evitou a possibilidade de confusões entre os alvos de interesse (as culturas de verão) e os outros alvos presentes; por outro lado, devido ao fato de que as áreas de "não culturas de verão" ficaram com nível de cinza igual a zero e a utilização da algoritmo de pós-processamento "UNITOT" fez com que os limites das áreas de interesse ficassem alteradas, aumentando o número de pixels "não-classificados".

Com relação à "Primeira Projeção" da safra 91/92, que deve ser realizada em meados ou final de outubro, a Tabela 3 apresenta os resultados.

TABELA 3. "Primeira Projeção" da safra de verão 91/92, obtida com o uso de imagem TM/Landsat de 21/10/91

Classe	Primeira Projeção (ha)	Verdade Terrestre (ha)
Algodão	695,98	626,31
Arroz	0	43,83
Milho	2.143,27	1.954,10
Soja	5.760,69	7.895,85
Total	8.599,95	10.520,09
Precisão (%)	81,74%	100%

Analisando a Tabela 3, verifica-se que a metodologia proposta é interessante, uma vez que foi possível estimar a área total que seria ocupada com culturas de verão no ciclo 91/92, com uma precisão da ordem de 81,74%, mesmo com uma imagem obtida bem no início do ciclo (outubro/91).

A heterogeneidade do comportamento espectral das culturas e dos solos preparados (condições superficiais variáveis devido a operações de aração, gradagem, nivelamento, presença de ervas daninhas, de resíduos vegetais, etc) sugerem que Bancos de Dados contendo mais informações deverão auxiliar com maior aproveitamento as classificações temáticas visando as previsões de safras de verão.

CONCLUSÕES

Levando em consideração as condições, materiais e os métodos usados no presente trabalho, podem ser indicadas as conclusões indicadas a seguir:

A correção atmosférica (segundo Chavez, 1988), a transformação dos níveis de cinza para valores de reflectância e a geocodificação das imagens foram fundamentais para as manipulações das imagens multitemporais utilizadas.

Os bancos de dados, tabular (dados multifontes e históricos) e espacial (imagens multitemporais) foram de grande utilidade e permitiram uma porcentagem de acerto da ordem de 85%; nas áreas com solo preparado contudo um maior conjunto de dados deverá permitir melhorar ainda mais o desempenho de classificação.

A interface Banco de Dados Relacional/SGL/SITIM mostrou-se eficiente e de fácil manuseio, tendo possibilitado a obtenção de um bom desempenho geral na classificação das áreas destinadas as culturas de verão.

Através da metodologia proposta foi possível uma porcentagem de acerto da ordem de 81% para a "primeira projeção" da estimativa das áreas plantadas das culturas de verão da safra 91/92.

REFERÊNCIAS

Assunção, G.V.; Duarte, V. **Avaliação de áreas preparadas para plantio (solo nu) utilizando dados do satélite Landsat.** São José dos Campos, INPE, fev. 1983. (INPE-2637-TDL/113).

Brasil, Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Companhia Nacional de Abastecimento. **Intenção de plantio da safra 93/94. Previsão e acompanhamento das safras.** Brasília, v.18, n° 2, p.1-37, dez. 1993.

Chavez, P.S. An improved dark object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, 24(3):459-479, 1988.

- Chen, S.C. **Separabilidade espectral de cultura de verão a partir de dados digitais do satélite TM-Landsat.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, 1988. **Anais.** São José dos Campos, INPE, 1988, v.1, p.211-213
- Chou, G.T. & Tiley, W.E. **dBase IV: manual do usuário.** Rio de Janeiro, Campus, 1990. v.1
- Estado Maior do Exército (EME). **Manual técnico de restituição fotogramétrica, 1.ed.,** 1976. (Manual Técnico T34-303).
- Formaggio, A.R. **Características agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e de feijão.** (Tese de Doutorado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 1989. 161p.
- Imagem, S.R. **Manual do Sistema de Tratamento de Imagens.** São José dos Campos, 1993. 204 p.
- Instituto Agrônomo/Instituto Geográfico e Cartográfico (IAC/IGC) **Carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo.** Guaira. 1991 SF-22-X-B-III.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) **Manual do usuário do SIG.** São José dos Campos, 1989.
- Ortiz, M.J. **Integração de sensoriamento remoto multitemporal, sistema de informações geográficas e banco de dados, na identificação de culturas agrícolas irrigadas de inverno.** (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, Dez. 1993.
- Sequiter Software Inc. **Code Base 4.2 The "C" Library for Database and Screen Management.** Alberta, Canada, 1990
- Silveira, M. **Meses que ocorreram as fases dos ciclos das culturas de verão.** Guaira, 06.07.92, Comunicação pessoal. Fax nº 238 p.02 Cooperartiva dos Agricultores da Região de Orlandia - CAROL.
- Strahler, A.H. The use of priori probabilities in Maximum Likelihood Classification of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, 10(2):135-163, 1980.