

USO DO SCANNER AEROTRANSPORTÁVEL PARA DISCRIMINAÇÃO DE CULTIVARES DE MAÇÃ

HUGO JOSÉ BRAGA¹
FLÁVIO FELIPE KIRCHNER²

¹ EPAGRI/SAA - Gerência de Recursos Naturais - Caixa Postal 502
88.040-900, Florianópolis/SC.

² AERODATA S/A - Engenharia de Aerolevantamentos. R. Alfredo Pinto, 3305.
88065-150 - São José dos Pinhais, Pr, Brasil.

RESUMO. O presente trabalho analisa a possibilidade de discriminação de cultivares de maçã (Gala, Golden Delicious, Belgoden, Fuji) com o uso de imagens digitais do *scanner* aerotransportável CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager), da restituição aerofotogramétrica digital e do sistema geográfico de informações - GIS. A área de estudo compreende parte da Fazenda Bom Futuro, com 920 ha, pertencente à POMIFRAI - Fruticultura S/A de Fraiburgo-SC. Foram empregadas 8 bandas espectrais entre o visível e o infravermelho próximo (465-790nm), com resolução espacial de 3,5m X 3,5m, 6 faixas de voo de 512 *pixels* e recobrimento lateral aproximado de 30%. Voo aerofotogramétrico foi realizado concomitantemente com o imageamento digital pelo CASI, em 05/11/92. Para a classificação supervisionada e automática da área de estudo, utilizou-se a estação de trabalho ARIES-380, e o método da máxima verossimilhança. Como verdade terrestre, empregou-se inventário detalhado da fazenda quanto as parcelas e subparcelas cultivadas, restituição aerofotogramétrica digital e aerofotos. Empregou-se o GIS/SPANS (Spatial Analysis System) para obtenção dos resultados quantitativos (áreas) pela análise cruzada entre o mosaico de imagens classificadas e o mapa restituído contendo parcelas (25) e subparcelas (261 quadras) com pomares. Os resultados preliminares demonstram que as parcelas em produção comercial, com baixa densidade de plantio (<1.000 plantas/ha), tiveram 90,50% das cultivares de maçã totalmente discriminadas e de 9,50% de forma parcial. Das parcelas restantes em produção, com alta densidade de plantio (1.000 a 2.000 plantas/ha), apenas 15,57% tiveram discriminação total das cultivares de maçã, 31,15% parcial e 52,28% não tiveram discriminação entre cultivares. Concluiu-se que pomares com alta densidade de plantas, uso de porta-enxertos anões, plantas livres de viroses e época imageada com pouca folhagem modificaram o vigor das plantas, alterando sua refletividade e aproximando o comportamento espectral das mesmas.

ABSTRACT. This paper analyses the possibility of discriminating apple cultivars (Gala, Golden Delicious, Belgoden, Fuji) using digital images generated by a compact airborne spectrographic imager (CASI), combined with aerophotogrametric digital restitution and geographical information systems. The area of study has 920 ha and is part of Fazenda Bom Futuro, located in Fraiburgo - SC and owned by Pomifrai - Fruticultura S/A. Eight spectral bands, from the visible to the near infrared (465 - 790 nm), were used with a spatial resolution of 3.5 x 3.5 m, six flight lanes of 512 pixels and lateral coverage of 30%. Aerophotogrametric and spectrographic coverages were performed concomitantly, in November 05, 1992. An ARIES-380 workstation was used to carry out the supervised and the automatic classification of the area of study, adopting the maximum likelihood criterion. A detailed inventory of the farm, including a map showing the orchards, the digital aerophotogrametric restitution and the aerophotos were used as terrestrial truth. A spatial analysis system (GIS/SPANS) was used to determine the areas for each class by overlapping the mosaic of classified images and the corrected map showing the orchards and their subdivisions. Results showed that in 90.50% of the orchards in full production, with less than 1000 plants/ha, the apple cultivars were correctly discriminated and in 9.50% of them, only partially. In the case of orchards in full production with 1000 to 2000 plants/ha, in only 15.57% of them apple cultivars were correctly discriminated, while 31.15% were partially and 52.28% were incorrectly discriminated. It was concluded that factors like high density plantings and use of dwarf rootstocks and virus-free seedlings modify plant vigor changing their reflectivity as well as approximating spectral behavior of different cultivars. Also, the flight, carried out at the end of the flowering phase, was too early since the apple tree foliage had not reached full development.

INTRODUÇÃO

Os dados de sensoriamento remoto orbital, nos últimos anos, têm sido utilizados nos mais diferentes campos da geociência e, principalmente, na agricultura. Especialmente no caso de uso da terra, ou seja, a discriminação das espécies e culturas vegetais, tem sido intensamente pesquisada e testada no mundo inteiro, WILLIAMS et al (1973), LINZ (1976), NOVO (1979), LOMBARDO et al (1980), MOREIRA et al (1986), PROVESI et al (1986), PINTO et al (1989), RUDOLFF e BATISTA (1990), LOCH e SILVA (1993).

Em muitas aplicações de técnicas de sensoriamento remoto em atividades como agricultura, silvicultura, mineração, entre outras, necessita-se uma resolução espectral melhor do que a atualmente disponível nas fotografias aéreas ou sensores a bordo de satélites, neste caso ainda com baixa resolução espacial. A resolução temporal também deve ser considerada, pois, em muitas regiões, a nebulosidade tem prejudicado o imageamento da superfície terrestre, reduzindo as possibilidades de discriminação de cultivos em fases fenológicas propícias. Este problema é mais notório quando se trata de utilizar dados de sensoriamento remoto no meio rural com predominância de pequenas propriedades, relevo acentuado, plantios diversificados e sistemas de produção consorciados. Deste modo, a caracterização adequada das áreas cultivadas, por espécie e cultivar, torna-se problemática, especialmente quando se pensa em previsão de safras. Fotografia aérea com resolução espectral alta é possível, mas a sua utilização em nível operacional é árdua e onerosa.

Os atuais sensores a bordo de satélites fornecem cobertura de grandes áreas a custos baixos, mas possuem limitações quanto as suas capacidades espectrais e em muitos casos espaciais também (tamanho do pixel), não permitindo um suficiente detalhamento e precisão, necessários ao monitoramento intensivo dos recursos naturais e da agricultura, conforme KIRCHNER et al (1993).

Nos últimos anos, uma nova geração de sensores aerotransportáveis (scanners) foi desenvolvida para atender a necessidade de imagens com alta resolução espacial e principalmente espectral, STAENZ (1992). Um destes sensores de segunda geração de imageamento espectroscópico é o CASI - *Compact Airborne Spectrographic Imager* - CASI, de procedência canadense, conforme TRINO (1993). O CASI é um equipamento portátil e flexível que pode ser usado em laboratório e no campo. A flexibilidade diz respeito à capacidade que o equipamento tem em selecionar e definir bandas espectrais permitindo utilizá-lo para verdade terrestre, ou na definição da seleção de bandas espectrais ótimas para outros satélites e sistemas aerotransportáveis. Suas imagens são

registradas em fita cassete digital de capacidade de 2.2 Gbytes. O peso do equipamento é de 55kg e o tamanho é o de um computador PC. Foi projetado para produzir imagens digitais do espectro visível (430nm) ao infravermelho próximo (870 nm), com grande sensibilidade, grande resolução espacial e espectral e uma amplitude dinâmica em termos espaciais; ser compacto e facilmente transportável, de fácil montagem em aeronaves de pequeno porte, de fácil operação e baixo custo. Pode operar no modo espacial (até 15 bandas programáveis) e no modo espectral (amostras de pixels com 288 intervalos de 1.8nm).

A real utilidade e o potencial discriminante destes novos sensores não são conhecidos totalmente em termos práticos e em condições ambientais variadas. Assim, este trabalho tem como objetivo testar o poder discriminante do CASI em pomares comerciais de maçã, em nível de cultivares, com a ajuda da restituição aerofotogramétrica digital e sistema geográfico de informações - GIS.

ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para o trabalho de pesquisa compreende parte do município de Fraiburgo/SC, localizado no vale do Rio do Peixe e está inserida dentro da Fazenda Bom Futuro de propriedade da Agroindústria Pomifrai - Fruticultura S/A. A referida Fazenda, com superfície total de 2.274 ha, situa-se a leste da sede municipal, na qual definiu-se 920 ha, como Área de Estudo (-50° 54'15.25", - 50° 50'37.52", -27° 00'50.21, -27° 03'32.72").

Esta região caracteriza-se pela exploração empresarial da cultura da maçã. Os cultivos ocorrem em subparcelas com menos de 10ha. O conjunto de subparcelas forma a parcela, caracterizada pelo ano de plantio e sistema de produção. Os pomares caracterizam-se pelos plantios mistos, em filas com cultivares diferentes, com idades diversas, tendo como consequência um padrão de refletividade esperado variado. Se por um lado este fato dificulta a discriminação das espécies e cultivares existentes, por outro proporciona uma ótima oportunidade para se testar os sensores digitais aerotransportáveis existentes no caso de áreas pequenas e cultivo consorciado.

MATERIAL E MÉTODOS

1 - DADOS E EQUIPAMENTOS

- Inventário dos pomares existentes, em nível de parcelas (25) e subparcelas (276), contemplando todas as cultivares, número de plantas por parcela e subparcela, idade dos pomares, espaçamentos utilizados, tratamentos culturais e fitossanitários, sistemas de cultivo e adubação;
- Plantas aproximadas da fazenda contendo as parcelas e subparcelas;

c) - Cartas topográficas na escala de 1:100.000 da FIBGE, de 1973;

d) - Fotografias aéreas pancromáticas na escala de 1:18.800, obtidas em voo realizado em 05/11/92 pela empresa AERODATA S.A.;

e) - Imagens digitais obtidas com o uso do *scanner* aerotransportável CASI, disponíveis em fitas cassete de 8 mm (2 Gbytes), cobrindo 6 faixas de 14 km na direção norte-sul, com resolução espacial (*pixel*) de 3,5m X 3,5m; altitude do voo de 3.658m.(12.000 ft) e velocidade da aeronave de 210 km/h. A configuração das bandas espectrais está discriminada na TABELA 1.

TABELA 1 - Configuração das bandas espectrais do CASI, resolução espacial 3,5m x 3,5m, Fraiburgo/SC - 05/11/92

BANDA	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	
	início	final
1	463,8	502,5
2	548,4	555,0
3	598,1	605,2
4	678,4	682,0
5	710,7	714,3
6	736,0	739,6
7	746,9	750,5
8	785,0	788,6

f) - Computador PC 486/50 MHZ com 700 Mb de memória em disco, para pré-processamento (Roll Correction e radiometria);

g) - Estação de trabalho (workstation standalone) ARIES-380 para processamento e classificação de imagens com CPU Micro-Vax 3800, 700 Mb de armazenamento em disco, 3 MIPS, 16 Mb de memória principal, processador matricial de 8 Mb de memória, 20 MIPS para visualização em vídeo e processamento mais complexos, unidade de fita com capacidade de 6250 BPI, monitor de alta resolução de 17", impressora matricial e um *bit pat*.

h) - Computador PC - 486/50MHZ/250 Mb de memória em disco, 8 MB de RAM, para geoprocessamento com a utilização de Sistema Geográfico de Informação - GIS/SPANS (Spatial Analysis System) versão 5.2. O referido GIS é de procedência canadense, desenvolvido pela empresa INTERA TYDAC TECHNOLOGIES INC., operando sobre sistema operacional OS/2 v. 2.0;

i) - Mesa digitalizadora *Van Gogh* da Digigraph;

j) - *Plotter* HP GL/2 Language - DraftMaster RX, 8 penas, resolução 0,025mm, tamanho máximo 841mmX1189mm;

i) - Restituído Digital AVIOLYT WILD BC2, acoplado a um Microcomputador PC-386/33 MHZ, 4

Mb de RAM e adaptado ao CAD *Microstation da Intergraph*, v. 3.0.

2- RESTITUIÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE MAPAS

Em função da baixa precisão e da falta de um sistema de referenciamento geográfico das plantas da Fazenda Bom Futuro, além de sua desatualização, tornou-se imprescindível a elaboração de mapa-base adequado à pesquisa em apreço. Esta etapa é fundamental, pois sobre tal base são georreferenciados todos os resultados do trabalho, desde a localização das parcelas e subparcelas, efetuada por processos de digitalização vetorial, até a geocorreção das imagens digitais, geradas pelo CASI e manipuladas pelo ARIES-380, bem como a sua transferência para o GIS/PMSPANS. Ou seja, os resultados obtidos pela classificação dos pomares, via imagens do CASI, necessitam de um padrão confiável e preciso de comparação espacial (medida), ou seja, da verdade terrestre.

Para tanto lançou-se mão de restituição aerofotogramétrica digital da área de estudo, com 920 ha, aproximadamente. Assim, elaborou-se mapa planialtimétrico, com precisão de 1:5.000, contendo, basicamente, 6 planos de informações, quais sejam: rios/açudes/áreas inundáveis, estradas/caminhos/viradouros, tipos de vegetação, áreas cultivadas, construções/áreas com solo exposto e curvas de nível/cotas altimétricas.

As aerofotos foram utilizadas para a restituição e geração de mapas com detalhes de 1:5.000. O apoio terrestre, no que diz respeito aos pontos geográficos básicos, foi extraído a partir de pontos notáveis das cartas topográficas, Folhas Lebon Régis (SG-22-Z-A-4) e Curitiba (SG-22-Z-C-1).

A partir do mapa planialtimétrico, tendo em vista a sua precisão, escala apropriada e confiabilidade espacial, gerou-se diversos mapas temáticos da área de estudo, via digitalização de módulo do GIS/SPANS. Assim, gerou-se mapas contendo as parcelas (25) e subparcelas (276) da área de estudo, sendo estes fundamentais para o georreferenciamento de todos os dados relativos aos pomares da área de estudo.

3- PROCESSAMENTO E CORREÇÃO DAS IMAGENS DIGITAIS NO SISTEMA ARIES 380

Inicialmente as imagens digitais do CASI foram pré-processadas para correção do rolamento da aeronave (Roll Correction), da radiometria, e transformação de formato BIP para BSQ e VAX/VMS. A seguir foram transferidas e processadas pelo sistema ARIES 380.

Devido ao potencial discriminante das imagens geradas pelo CASI (8 bandas espectrais e *pixel* de 3,5mX3,5m), produziram 25-32 temas quando da

classificação pelo método da máxima verossimilhança de uma cena, adotou-se, inicialmente, a classificação automática, como procedimento geral para as 6 faixas de vôo sobre a área de estudo. Com base nas imagens classificadas automaticamente, na faixa 6 (P6G), selecionou-se visualmente as áreas de treinamento e gerou-se assinaturas espectrais para a classificação supervisionada correspondente. Neste aspecto, utilizou-se, também, fotografias aéreas e informações de campo para auxílio da escolha das áreas de treinamento. Tal procedimento reduziu o número de temas da classificação automática de 21 para 13 com similar poder discriminante, quanto as cultivares de maçã. Desta forma, adotou-se a classificação automática como procedimento geral da área de estudo, tendo em vista não diferir significativamente da classificação supervisionada e ser substancialmente mais rápida a classificação.

Devido o processo classificatório ser individual para cada faixa do vôo, foram discriminados 16 a 32 temas. Com o auxílio de uma tabela classificatória básica, reclassificou-se os temas em até 14 classes, utilizando funções existentes no sistema ARIES 380. Após esta etapa, procedeu-se a correção geométrica das imagens reclassificadas e a transferência dos seus arquivos individuais (faixas e arquivos classificados de 8 em 8 temas) para o GIS/SPANS.

A correção geométrica das imagens, quanto ao seu registro, foi procedida pelo método imagem (Slave) para imagem (raster), com base em mapa restituído (subparcelas), com precisão de 1:5.000, vetorizado e após rasterizado e transferido para o sistema ARIES 380. A reamostragem dos valores dos pixels para as novas imagens corrigidas foi feita pelo método de alocação de vizinho mais próximo (Nearest Neighbour).

4 - PROCESSAMENTOS NO GIS/SPANS

No GIS/SPANS, os arquivos contendo as imagens classificadas por faixa foram fundidos (Model/Overlay/Unique Conditions) e, após, sobrepostas as 6 faixas (Model/Overlay/Join) para formar o mosaico classificado da área de estudo.

A partir do mosaico de imagens classificadas e de funções de análise existentes no GIS/SPANS, procedeu-se cruzamentos desse com outros mapas contendo polígonos das parcelas e subparcelas, advindos da restituição aerofotogramétrica digital, vetorizados e rasterizados. Os resultados obtidos, por meio de tabelas, permitiram definir quais cultivares de maçã foram classificadas em cada parcela ou subparcela da área de estudo. A partir destas tabelas, as quais definem que cultivares existem por parcela e subparcela em termos de área ocupada, e da comparação com a verdade terrestre, por meio de inventário detalhado dos pomares existentes (área plantada, número de plantas), concluiu-se pela discriminação ou não das 261 subparcelas imageadas na área de estudo. Considerou-se

discriminada a subparcela quando mais de 80% das cultivares predominantes eram as mesmas e em proporções de área ocupada semelhantes, com relação a verdade terrestre. Parcial, quando 50% das cultivares envolvidas na subparcela eram as mesmas. Quando a proporção das cultivares afastava-se muito da realidade e em área ocupada total menor do que 50%, considerava-se não discriminada, embora as cultivares em apreço poderiam ser as mesmas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TABELA 2, apresenta um resumo da análise comparativa entre as imagens classificadas pelo CASI versus a verdade terrestre, extraídas das tabelas de análise cruzada do GIS/SPANS.

Pela análise da Tabela 2, pode-se verificar que nos pomares implantados até 1980 (parcelas P-01 a P-10), com baixa densidade de plantio ($\approx 15m^2$ /planta), houve uma discriminação quase total das cultivares Fuji (+ Granny S.), Golden Delicious, Belgolden e Gala. Ou seja, de 84 subparcelas (38,66% dos pomares em produção), 76 foram discriminadas totalmente e 8 parcialmente. A cultivar Belgolden, similar a Golden Delicious, foi discriminada nos pomares onde sua concentração era predominante, como na parcela P-10. Nas demais parcelas, onde existia em menor proporção, houve confusão com a Golden Delicious, em alguns casos. Esta confusão pode ser decorrente do controle deficiente de campo (relatórios) em virtude da dificuldade prática na sua diferenciação. Alguns relatórios identificavam como Golden Delicious, outros como Belgolden. A impossibilidade espectral de diferenciá-las quando associadas a certas condições de vigor da planta (fracas, médias, fortes) e densidade de plantio, podeira ser outra razão para a confusão. Os pomares P-02 a P-04, sofreram mudanças de cultivares em 1985, quando a cultivar Golden Delicious, consorciada com Fuji, foi reenxertada pela Gala. Além disso, nos últimos anos esta cultivar (Gala) sofreu um processo de adensamento, ou seja, concentrou-se mais plantas entre as já existentes. Esta concentração de plantas de Gala (alta densidade), provocou uma mudança na composição vegetativa (folhagem) da mesma com possível mudança de reflectância. Desta forma, passaram a responder muito similarmente à própria cultivar Fuji ou mesmo à Golden Delicious. A parcela P-01 até P-04, mais a P-08 e P-09, possuíam um tipo de plantio característico. Eram constituídos de 3, 4 ou 5 filas contendo uma cultivar (Fuji) e 3 ou 4 com outra (Gala ou Golden). Tal fato, no entanto, não dificultou a sua discriminação. Nas parcelas P-01 a P-10, a discriminação foi total quanto à espécie maçã, perfazendo 165,64ha (já descontados 29,56ha não imageados pelo CASI em 15 subparcelas).

TABELA 2 - Resumo da análise comparativa entre as imagens classificadas pelo CASI versus a verdade terrestre.

versus a variedade terrestre.										
Parcelas	Subpar- celas	Área		—— Acertos ——				Não Discri.		Totais
				Totais		Parciais				
	- N. -	- ha -	- %-	- N.-	- %-	- N. -	- %-	- N. -	- %-	- %-
Em Produção										
P-01 a P-10	84	165,64	38,66	76	90,50	8	9,50	0	0,00	100
P-11 a P-26	122	262,79	61,34	19	15,57	38	31,15	65	52,28	100
Sub Total A	206	428,43	100,00	95	46,12	46	22,35	65	31,55	100
S/ Produção										
P-25 a P-26	53	97,00	100,00	7	13,21	1	1,89	45	84,89	100
Sub Total B	53	97,00	100,00	7	13,21	1	1,89	45	84,89	100
Outras Espécies										
P-50/kiwi	1	3,31	75,74	1	100,00	0	0,00	0	0,00	100
P-60/Pêra	1	1,06	24,26	0	0,00	1	100,00	0	0,00	100
Sub Total C	2	4,37	100,00	1	50,00	1	50,00	0	0,00	100
Total A+B+C	261	529,80	100,00	103	39,46	48	18,40	110	42,14	100

A partir da parcela P-11, implantada após 1980, até a última analisada (P-26), houve uma modificação técnica na condução dos pomares, com diminuição dos espaçamentos, com valores entre 5m²/planta até 10m²/planta nos pomares em produção. As parcelas P-25 e P-26, apresentavam de 10 a 12 m²/planta, mas tais pomares implantados a partir de 1990, não estavam em produção comercial. Modificações ocorreram, também, quanto aos porta-enxertos, com utilização de espécies menos robustas, muitas livres de viroses. O sistema de plantio foi alterado para um sistema mais homogêneo, onde predomina uma cultivar, contendo menos de 10% de outras cultivares (polinizadoras), normamente. Outro aspecto diz respeito à época do imageamento ocorrida em fase fenológica (final da floração) inadequada, pois a cobertura foliar não estava completa. A combinação destes fatores proporcionou variações de uniformidade no vigor das plantas e na sua concentração em função do espaçamento, numa mesma subparcela. Desta forma, de um total de 122 subparcelas (267,79ha), correspondendo a 61,34% dos pomares em produção, apenas 19 (15,57%) foram discriminados totalmente quanto as cultivares de maçã existentes e 38 (31,15%) de forma parcial.

Dos pomares jovens, sem produção comercial, apenas 7 (13,21%) foram discriminados totalmente. Este fato decorre da falta de recobrimento do solo pela copa das macieiras, pois são plantas jovens, ocorrendo, portanto, a reflexão de outros alvos, como espécies rasteiras (capim) e solo desnudo.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

- As imagens do CASI, nas condições deste trabalho, foram capazes de discriminar quatro cultivares de maçã: Gala, Golden Delicious, Belgolden e Fuji + Granny Smith, no caso de plantios comerciais de baixa densidade (< 1.000 planta/ha), sistema de condução consorciado e em pomares pequenos (< 3ha).
- A combinação de mapas precisos (restituídos) e em escala adequada (1:5.000), com imagens classificadas do CASI, analisados de forma cruzada pelo GIS/SPANS, permitiram segurança e objetividade na análise discriminatória (quantitativa) das áreas cultivadas com maçãs, em nível de cultivares.
- Em pomares jovens ou em produção comercial com alta densidade (1.000 a 2.000) os resultados discriminatórios não foram satisfatórios e, portanto, inconclusivos. Neste caso, sugere-se a repetição do trabalho com utilização de imagens obtidas em fase fenológica mais favorável quanto a cobertura foliar. Uma análise espectral de pixels sobre pomares típicos da área em estudo, num futuro vôo exploratório espectral, seria também fundamental para a definição e escolha das bandas mais adequadas para o imageamento desta espécie.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a empresa AERODATA S.A. pela cedência das imagens CASI, aerofotos, equipamentos de restituição aerofotogramétrica digital, GIS/SPANS, sistema de tratamento de imagens digitais ARIES 380, entre outros, bem como pelo apoio recebido, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KIRCHNER, F. F. et al. Aplicações de dados digitais obtidos através de um sensor aerotransportável - CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) e suas interações em um sistema de informações geográficas. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7, Curitiba, Anais, v. 2, 1993:363-372.
- LINZ JR, H. F. Land use mapping from Skylab S190B Photography. *Photogrammetric Engin. & Remote Sensing*, Falls Church, 52(3), 1976: 301-302.
- LOCH, Ruth E. N. e SILVA, O. G. da. Avaliação dos danos à paisagem na "Capital Brasileira do Carvão" - Criciúma/SC. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7, Curitiba, Anais, 1993: 171-179.
- LOMBARDO, M. A. et al. *Uso da terra no Vale do Paraíba através de dados de sensoriamento remoto*. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE 1972 - RPE/278).
- MOREIRA, M. A., CHEN, S. C., BATISTA, G. T. Wheat-area estimation using digital Landsat MSS DATA and aerial photographs. *Int. J. Remote Sensing*, 7 (9), 1986:1109-1120.
- NOVO, E. M. L. M. Projeto UTVAP - análise comparativa entre fotografias aéreas convencionais e imagens Landsat para fins de levantamento do uso da terra. São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1542-NTE/152).
- PINTO, S. A. F., VALÉRIO FILHO, M., GARCIA, G. J. Utilização de imagens TM/Landsat na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. *R. Bras. Ci. Solo*, 13 (1989): 101 - 110.
- PROVESI, J. R., VALERIANO, D. M., KRUG, T. Estudo preliminar sobre a aplicação de processamento digital de dados TM-Landsat no mapeamento de pomares de maçã em Fraiburgo-SC. In: *SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 1. Gramado-RS, V.1, 1986: 772 - 784.
- RUDORFF, B. F. T. e BATISTA, G. T. Yield estimation of sugar-cane based on agrometeorological-spectral models. *Remote Sens. Environ*, 33 (1990): 193-192.
- STAENZ, K. A decade of imaging spectrometry in Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 18(4), 1992: 187-197.
- TRINO, P. C. T. et al. Programa de transferência tecnológica em sensoriamento remoto e sistema de informação geográfico entre Canadá e Brasil. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7, Curitiba, Anais, 1993: 447-441.
- WILLIAMS, D. L. et al. Identification of winter wheat from ERT-1 imagery. In: *NASA-SYMPOSIUM OF SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCE TECHNOLOGY SATELLITE-1*. Mary-Land, Washington, DC, 1973, v.1 A: 11-18.