

USO DE IMAGEADOR AEROTRANSPORTÁVEL COMPACTO PARA DISCRIMINAÇÃO DE CULTIVARES DE MAÇÃ

DISCRIMINATING APPLE CULTIVARS USING COMPACT AIRBORNE SPECTROGRAPHIC IMAGER

Hugo José Braga¹ e Flávio Felipe Kirchner²

RESUMO

Avaliou-se 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. O estudo compreende uma área com 920 ha da Fazenda Bom Futuro, município de Fraiburgo-SC (50°54'15,25" e 50°50'37,52" de longitude oeste; 27°00'50,21" e 27°03'32,72" de latitude sul). Empregaram-se oito bandas espectrais entre o visível e o infravermelho próximo (465-790 nm), com resolução espacial de 3,5 m X 3,5 m, seis faixas de vôo de 512 *pixels* e recobrimento lateral aproximado de 30%. Vôo aerofotogramétrico foi realizado concomitantemente com o imageamento digital pelo CASI, em 05/11/92. Para a classificação das imagens, utilizou-se a estação de trabalho ARIES-380 e o método da máxima verossimilhança. Como verdade terrestre, usou-se inventário detalhado da fazenda quanto às 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 e subparcelas com pomares. Os resultados preliminares demonstraram que as parcelas em produção comercial, com baixa densidade de plantio, tiveram 90,50% das cultivares de maçã totalmente discriminadas e 9,50% de forma parcial. Das parcelas restantes em produção, com alta densidade de plantio, apenas 15,57% tiveram discriminação total das cultivares de maçã, 31,15% parcial

¹Engº Agrº, Dr., EPAGRI/SDA - Gerência de Recursos Naturais - Cx.P. 502 - CEP 88.040-900 - Florianópolis/SC.

²Engº Agrº, Dr., UFPr - Depto. de Silvicultura e Manejo - Cx.P. 2959 - CEP - 80.035-010 - Curitiba/PR.

e 52,28% não tiveram discriminação entre cultivares.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, *scanner* aerotransportável, discriminação de cultivares de maçã.

SUMMARY

This paper analyses the possibility of discriminating apple cultivars (Gala, Golden Delicious, Belgolden, 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, Brazil (50°54'15.25" and 50°50'37.52" of Long.; 27°00'50.21" and 27°03'32.72" of Lat.). 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, based on 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 for 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% the apple cultivars were correctly discriminated, while 31.15% were partially and 52.28% were incorrectly discriminated.

Key words: remote sensing, airborne spectrographic imager, apples orchards discrimination.

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, (LINZ 1976, NOVO 1979, LOMBARDO et al. 1980, MOREIRA et al. 1986, PROVESI et al. 1986, PINTO et al. 1989, RUDORFF & BATISTA 1990, LOCH & SILVA 1993).

Em muitas aplicações de técnicas de sensoriamento remoto em atividades como agricultura, silvicultura e mineração, 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 de desenvolvimento 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**, de procedência canadense (TRINO et al. 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 55 kg e o tamanho semelhante a um computador PC. O **CASI** foi projetado para produzir imagens digitais do espectro visível (430 nm) 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 1.8 nm).

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.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu parte da Fazenda Bom Futuro, município de Fraiburgo/SC. A referida Fazenda, com superfície total de 2.274 ha, situa-se a leste da sede municipal, na qual definiu-se 920 ha, com o 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 10 ha. 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 conseqüência 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.

Utilizaram-se diversos conjuntos de dados para a realização do estudo, como: 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, tratos culturais e fitossanitários, sistemas de cultivo e adubação; plantas aproximadas da fazenda contendo as parcelas e subparcelas; cartas topográficas na escala de 1:100.000 do IBGE, de 1973; fotografias aéreas pancromáticas na escala de 1:18.800, obtidas em vôo realizado em 05/11/92; imagens digitais obtidas com o uso do *scanner* aerotransportável CASI, disponíveis em fitas cassete de 8 mm (2 Gbytes), cobrindo seis faixas de 14 km na direção norte-sul, com resolução espacial (*pixel*) de 3,5 m X 3,5 m; altitude do vôo de 3.658 m (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 3,5 m x 3,5 m, 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

Os equipamentos empregados foram os seguintes: computador PC 486/50 MHZ com 700 Mb de

memória em disco, para pré-processamento (“Roll Correction” e radiometria); estação de trabalho 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*; 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; mesa digitalizadora tamanho A1; “*Plotter*” com oito penas, resolução 0,025 mm, tamanho máximo 841 mm X 1189 mm; restituidor digital acoplado a um Microcomputador PC-386/33 MHZ, 4 Mb de RAM e adaptado ao CAD *Microstation*, v. 3.0.

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 foi fundamental, pois sobre tal base foram 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, carecem 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, seis 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 Curitibaanos (SG-22-Z-C -1).

A partir do mapa planialtimétrico geraram-se diversos **mapas temáticos** da área de estudo, via digitalização pelo GIS/SPANS. Assim, obtiveram-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 (BRAGA 1995).

Inicialmente as imagens digitais do CASI foram pré-processadas para correção do rolamento da aeronave, 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 (oito bandas espectrais e *pixel* de 3,5 m X 3,5 m), 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 seis faixas de vôo sobre a área de estudo. Com base nas imagens classificadas automaticamente, na faixa seis (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 às 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 ao 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 oito em oito temas) para o GIS/SPANS.

A correção geométrica das imagens, quanto ao seu registro, foi procedida pelo método imagem (*slave*) para imagem (*master*), 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*).

No GIS/SPANS, os arquivos contendo as imagens classificadas por faixa foram fundidos e, após, sobrepostas as seis faixas para formar o **mosaico classificado** da área de estudo, conforme BRAGA (1995).

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 a área ocupada total era menor do que 50%, considerava-se não discriminada, embora as cultivares em apreço pudessem ser as mesmas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

Pela análise dos dados da Tabela 2, verifica-se que nos pomares implantados até 1980 (parcelas P-01 a P-10), com baixa densidade de plantio ($\approx 15\text{m}^2/\text{planta}$), 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 oito 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, poderia 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 a cultivar Gala sofreu um processo de adensamento, ou seja, concentrou-se mais plantas entre as já existentes. Esta concentração de plantas provocou uma mudança no dossel com possível mudança de reflectância, passando a responder muito similarmente à 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 três, quatro ou cinco filas contendo uma cultivar (Fuji) e três ou quatro 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 165,64 ha (já descontados 29,56 ha não imageados pelo CASI em 15 subparcelas).

A Tabela 2 também apresenta pomares de kiwi e pêra, os quais tiveram discriminação total no caso da primeira espécie e parciais resultados na segunda. Neste caso, a dificuldade deveu-se também pela insuficiente cobertura foliar decorrente da inoportunidade temporal do imageamento efetuado. Estas espécies, não tiveram atenção adequada neste trabalho pela inexistência de repetição de pomares (subparcelas).

Tabela 2. Resumo dos dados da análise comparativa entre as imagens classificadas pelo CASI versus a verdade terrestre, Fraiburgo/SC - 05/11/92.

Parcelas	Sub-parcelas N°	Área		Acertos				Não		Totais
				Totais		Parciais		Discriminadas		
				ha	%	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
Sem 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

*N°: número de subparcelas

Pelos resultados alcançados neste trabalho, verifica-se a possibilidade concreta da utilização do CASI, apoiado por técnicas de geoprocessamento, em modelagens e programas operativos de previsão de safras, principalmente em cultivos e regiões onde o imageamento por sensores orbitais (Landsat e Spot) não apresentam bons resultados. Devido ao avanço tecnológico presenciado nos últimos anos, no que tange a performance apresentada pelos imageadores digitais (*scanners*) aerotransportáveis, aliado à redução de custos, pode-se afirmar que serão extremamente úteis no monitoramento ambiental e no acompanhamento e estimativas mais exatas das safras.

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 P26, 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 normalmente predomina uma cultivar, contendo menos de 10% de outras cultivares (polinizadoras). Outro aspecto diz respeito à época do imageamento ocorrida em fase de desenvolvimento inadequado (final da floração), 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, nas parcelas P-11 a P-26, de um total de 122 subparcelas (267,79 ha), correspondendo a 61,34% dos pomares em produção, apenas 19 (15,57%) foram discriminados totalmente quanto às cultivares de maçã existentes e 38 (31,15%) de forma parcial.

Dos pomares jovens, sem produção comercial, P-25 a P-26, apenas sete (13,21%) foram discriminados totalmente. Este fato decorreu da falta de recobrimento do solo pela copa das macieiras, pois eram plantas jovens, ocorrendo, portanto, a reflexão de outros alvos, como espécies rasteiras (capim) e solo

desnudo.

CONCLUSÕES E SUGESTÃO

1. As imagens do CASI, nas condições deste trabalho, são adequadas para 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 (< 3 ha).
2. 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, permitem segurança e objetividade na análise discriminatória (quantitativa) das áreas cultivadas com maçãs, em nível de cultivares.
3. Em pomares jovens ou em produção comercial com alta densidade (1.000 a 2.000) os resultados discriminatórios não são satisfatórios e, portanto, inconclusivos. Neste caso, sugere-se a repetição do trabalho com utilização de imagens obtidas em fase fenológica mais favorável quanto à cobertura foliar. Uma análise espectral de *pixels* sobre pomares típicos da área em estudo, num futuro vôo exploratório espectral, é também fundamental para a definição e escolha das bandas mais adequadas para o imageamento desta espécie.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à 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

- BRAGA, H.J. **Previsão agrícola: uma nova abordagem - uso de *scanner* aerotransportável e redes neurais**. Florianópolis, 1995. 197 p., (Tese de Doutorado), Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- KIRCHNER, F.F., PREOSCK, R.E., TRINO, P.C.T. 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, 1993, Curitiba, Pr. **Anais...** Curitiba: SBSR, 1993. 476 p. v. 2. p. 363 - 372.

- LINZ JR, H.F. Land use mapping from Skylab S190B Photography. **Photogrammetric Engin. & Remote Sensing**, Falls Church, Virginia, v. 52, n. 3, p. 301-302, 1976.
- LOCH, R.E.N., SILVA, O.G. da. Avaliação dos danos à paisagem na "Capital Brasileira do Carvão" - Criciúma/SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba, Pr. **Anais...**, Curitiba: SBSR, 1993. 476 p. v. 2. p. 171-179.
- LOMBARDO, M.A., NOVO, E.M.L.M., NIERO, M. et al. **Uso da terra no Vale do Paraíba através de dados de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1980, 42 p. (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**, Basingstoke, v. 7, n. 9, p. 1109-1120, 1986.
- 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, 79 p. (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**, Campinas, v. 13, p. 101 - 110, 1989.
- 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, 1986, Gramado-RS. **Anais...** São Paulo: INPE, 1986. 420p. p. 772 - 784.
- RUDORFF, B.F.T., BATISTA, G.T. Yield estimation of sugar-cane based on agrometeorological-spectral models. **Remote Sens. Environ**, New York, v. 33, p. 193-192, 1990.
- STAENZ, K. A decade of imaging spectrometry in Canada. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 18, n. 4, p. 187-197, 1992.
- TRINO, P.C.T., KIRCHNER, F.F., PREOSCK, R.E. 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, 1993, Curitiba, Pr. **Anais...** Curitiba: SBSR, 1993. 463 p. v 7. p. 437-441.