

ANÁLISE PRELIMINAR DE IMAGENS TM VISANDO A DISCRIMINAÇÃO DE CAFÉ, CITRUS E CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE FURNAS, MG¹

ANTONIO TEBALDI TARDIN², GETULIO VARGAS DE ASSUNÇÃO³ e JOÃO VIANEI SOARES⁴

RESUMO - Café, citrus e cana-de-açúcar desempenham papel importante na economia, contribuindo na pauta dos produtos de exportação. Furnas localizada em Minas Gerais, tem sido caracterizada por um expressivo incremento em áreas plantadas. Vários trabalhos têm sido realizados para discriminar e mapear a cana-de-açúcar, utilizando dados orbitais, mas pouco tem sido feito para as culturas de café e citrus através de imagens de satélite. Neste trabalho foi utilizada análise digital de dados TM correspondentes a quatro bandas. A discriminação espectral e a classificação das culturas foram obtidas utilizando um algoritmo de máxima verossimilhança implementado em um sistema interativo de análise de imagens. São apresentados dados de matrizes de classificação, desempenhos médios e valores de reflectância. Os resultados na área de estudo mostraram altos índices de discriminação entre as culturas estudadas.

Termos para indexação: imagens TM, análise digital.

PRELIMINARY ANALYSIS OF TM DATA FOR COFFEE, CITRUS AND SUGARCANE DISCRIMINATION IN FURNAS REGION, MG, BRAZIL

ABSTRACT - Coffee, citrus and sugarcane play an important role on the national economics in terms of export products. Furnas region localized in Southeastern Brazil has been characterized by an increased agricultural area, mainly for coffee plantation. Several works have been carried out in Brazil with the objective of discrimination and mapping sugarcane using satellite images, but almost nothing has been done to study coffee and citrus through orbital remote sensing data. In this paper, digital image analysis was applied to TM data, bands 3, 4, 5 and 7 which are sensitive to red (B3), near infrared (B4) and middle infrared (B5 and B7) regions. Spectral discrimination and crop classification was obtained on an interactive image processing system using a maximum likelihood algorithm. Classification matrices, average performance, and percentage of reflectance are presented for all crops and channels. Results achieved for the test site show high level of discrimination (greater than 95%) among the studied crops.

Index terms: TM imagery, digital analysis.

INTRODUÇÃO

As culturas de café, citrus e cana-de-açúcar desempenham um papel de destaque na economia brasileira, com uma efetiva participação na pauta dos produtos de exportação. Técnicas

de tratamento digital têm sido utilizadas em alguns trabalhos para verificar o desempenho das bandas do TM na classificação de culturas (Chen et al. 1986, Batista et al. 1988, Epiphanyo 1988, Moreira & Chen 1988, Chen 1988). Vários trabalhos têm sido realizados para identificação e mapeamento da cultura da cana-de-açúcar através da interpretação visual de imagens MSS e TM (Batista et al. 1978, Mendonça et al. 1980, Mendonça et al. 1986). Estudos envolvendo as culturas de café, citrus e cana-de-açú-

¹ Aceito para publicação em 30 de janeiro de 1992

² Eng.-Agr., M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)
Caixa Postal 515, CEP 12201 São José dos Campos, SP.

³ Eng.-Agr., M.Sc., INPE.

⁴ Eng.-Agríc., Ph.D., INPE.

car ainda não foram feitos utilizando dados de satélite de uma área de estudo. Esta característica de cultivo diversificado é bastante comum no País constituindo-se um problema para o sensoriamento remoto, pois aumenta a probabilidade de se cometer erro de classificação.

O objetivo do presente trabalho foi analisar dados do TM visando a discriminação das culturas de café, citrus e cana-de-açúcar através do uso de técnicas de tratamento digital.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental utilizada localiza-se no sul do estado de Minas Gerais em região sob a influência do reservatório de Furnas (Fig. 1).

A área apresenta relevo plano a suave ondulado, possuindo grandes plantios contínuos de café e citrus. O solo predominantemente nesta região é o Latossolo Vermelho-Escuro, fase cerrado, argiloso, profundo, acentuadamente drenado, ácido, com baixa percentagem de saturação de bases. A altitude varia de 700 a

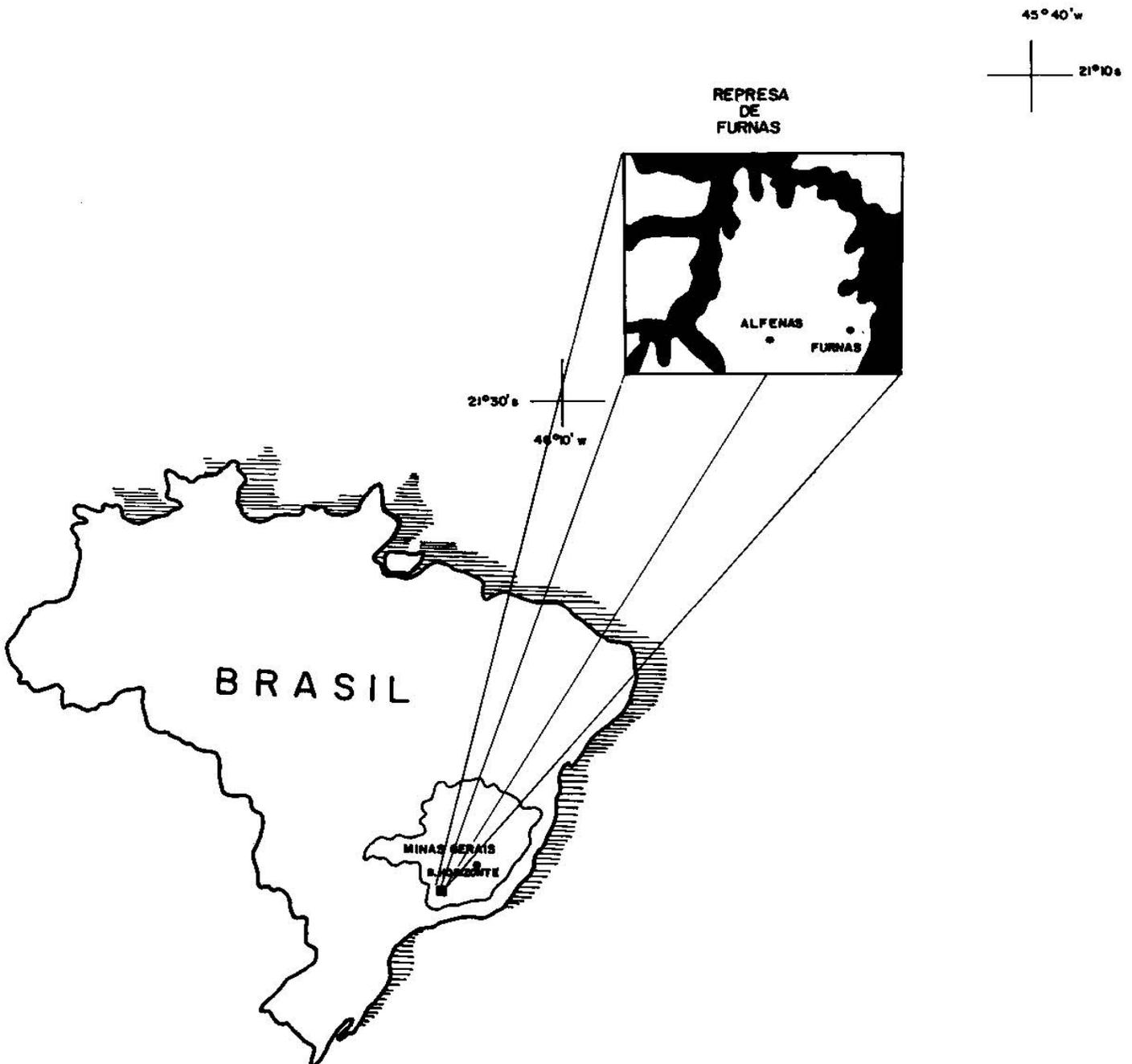


FIG. 1. Localização da área de estudo.

940 metros, com tipo climático Cwb de Köppen de estação chuvosa no verão. O inverno é seco, com ocorrência freqüente de geadas (Brasil 1962).

Foram utilizados dados digitais do TM correspondentes a uma superfície aproximada de 1000 km² (órbita/ponto 219/75, quadrante B) dos canais 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 5 e 7 (infravermelho médio).

A banda 3 foi selecionada da região do visível, segundo recomendação de Tardin et al. (1985), para discriminação da cultura da cana-de-açúcar. Bandas do infravermelho próximo e médio foram selecionadas por apresentarem as características de serem sensíveis a mudanças na estrutura interna e a variações do teor de água das folhas, respectivamente, tendo sido já utilizadas em trabalhos sobre detecção de culturas (Chen et al. 1986, Batista et al. 1987, Epiphanyo 1988).

Dados de campo referentes a espaçamento, altura de plantas, percentagem de cobertura do solo etc. foram disponíveis.

Imagens do TM foram adquiridas durante período seco em 25.08.87 e analisadas em um Sistema de Tratamento de Imagens da GE (I-100), utilizando um algoritmo de máxima verossimilhança para a obtenção de matrizes de classificação. Dados de reflectância foram calculados a partir de valores digitais de níveis de cinza para cada canal, segundo transformações propostas por Robinove (1982) e Markham & Barker (1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra as matrizes de classificação e os desempenhos médios para algumas combinações de canais. As diferentes classes de culturas foram selecionadas em função do grau de heterogeneidade em termos espectrais, que está associado à cobertura do solo que, por sua vez, é função da idade, variedade, espaçamento, entre outros. A cultura da cana-de-açúcar apresentava, na área de estudo, 100% de cobertura do solo, razão pela qual foi considerada como uma única classe.

Os melhores desempenhos médios de classificação para as três culturas foram obtidos ao se utilizar três bandas (uma no visível, uma no infravermelho próximo e uma no infravermelho médio). A combinação 3, 4 e 5 apresentou desempenho um pouco melhor (97,9%) do que a combinação 3, 4 e 7 (97,6%). Embora apresen-

TABELA 1. Matrizes de classificação e desempenhos médios (DM) obtidos de dados TM das culturas de café (CF-1 e CF-2), citrus (CT-1, CT-2 e CT-3) e cana-de-açúcar (CN).

BANDAS 4 e 7							
Classe		CF-1	CF-2	CT-1	CT-2	CT-3	CN
Cultura							
Café	CF-1	83,3	2,1	0,0	0,0	0,0	14,6
	CF-2	0,0	95,8	0,0	0,0	4,2	0,0
Citrus	CT-1	0,0	0,0	95,3	3,1	1,6	0,0
	CT-2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	CT-3	0,0	5,6	0,0	0,0	94,4	0,0
Cana	CN	35,0	3,3	0,0	0,0	0,0	61,7
DM = 87,2%							
BANDAS 4, 5 e 7							
Classe		CF-1	CF-2	CT-1	CT-2	CT-3	CN
Cultura							
Café	CF-1	81,2	2,1	0,0	0,0	0,0	16,7
	CF-2	0,0	95,8	0,0	0,0	4,2	0,0
Citrus	CT-1	0,0	1,6	95,3	1,6	1,6	0,0
	CT-2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	CT-3	0,0	2,8	0,0	0,0	97,2	0,0
Cana	CN	35,0	3,3	0,0	0,0	0,0	61,7
DM = 87,2%							
BANDAS 3 e 4							
Classe		CF-1	CF-2	CT-1	CT-2	CT-3	CN
Cultura							
Café	CF-1	87,5	8,3	0,0	0,0	0,0	4,2
	CF-2	0,0	95,8	0,0	0,0	4,2	0,0
Citrus	CT-1	0,0	3,1	95,3	0,0	1,6	0,0
	CT-2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	CT-3	0,0	11,1	0,0	0,0	88,9	0,0
Cana	CN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
DM = 95,1%							

BANDAS 3, 4 e 7

Cultura	Classe	BANDAS 3, 4 e 7					
		CF-1	CF-2	CT-1	CT-2	CT-3	CN
Citrus	CF-1	93,7	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	CF-2	0,0	95,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Citrus	CT-1	0,0	0,0	98,4	0,0	1,6	0,0
	CT-2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	CT-3	0,0	5,6	0,0	0,0	94,4	0,0
Cana	CN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

DM = 97,6%

BANDAS 3, 4 e 5

Cultura	Classe	BANDAS 3, 4 e 5					
		CF-1	CF-2	CT-1	CT-2	CT-3	CN
Café	CF-1	95,8	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	CF-2	0,0	95,8	0,0	0,0	4,2	0,0
Citrus	CT-1	0,0	1,6	96,9	0,0	1,6	0,0
	CT-2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	CT-3	0,0	2,8	0,0	0,0	97,2	0,0
Cana	CN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

DM = 97,9%

tassem menor erro de inclusão, o ganho atingido com a adição de uma banda no infravermelho médio em relação ao desempenho dos canais 3 e 4 não foi muito alto (menor do que 3%), quando comparado com dados de Batista et al. (1988) que, ao tratar digitalmente as culturas de café, trigo, cana-de-açúcar e pastagem, no norte do Paraná, obteve incremento superior a 10%, o que leva a afirmar que variações em tipos de culturas, região, manejo e outros são fatores influenciadores importantes e que devem ser estudados caso a caso, até que se atinja uma compreensão aceitável dos alvos agrícolas em investigação.

As classes CT-2 e CN foram as únicas que apresentaram uma separabilidade de 100%, que é explicada pela sua homogeneidade. A classe CT-2 é um plantio novo de citrus, cuja percen-

tagem de cobertura do solo não ultrapassa 10%. Neste caso ele é considerado mais como um solo exposto propriamente dito. A classe CN é cana-de-açúcar com 100% de cobertura do solo. Observa-se que a banda 3 foi muito importante na sua discriminação de café, principalmente com a classe CF-1 (café com mais de 70% de cobertura de solo). Esta diferença é mais perceptível na Fig. 2, na qual são apresentados os valores de reflectância para todas as classes nos canais 3, 4, 5 e 7. Essa melhor discriminação na banda 3 (visível) é observada mesmo no campo, onde a cultura canavieira apresentava tonalidades mais claras do que café e citrus, devido, provavelmente, a um maior teor de xantofila e caroteno e/ou menor teor de clorofila. Também foi eliminada a confusão causada por pastagens, devido à época de aquisição da imagem, coincidente com o período seco, época em que as pastagens perdem o vigor vegetativo.

Os maiores problemas de classificação estão nas culturas que se apresentavam com níveis intermediários de cobertura do solo, razão pela qual foi necessário mais do que uma classe para caracterizar as culturas de café e citrus. Este maior número de classes tende a aumentar a confusão entre culturas, o que foi observado em café e citrus para todas as combinações de bandas, mas em menor grau quando foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 e 3, 4 e 7.

A Fig. 3 foi obtida a partir de dados digitais dos canais 3, 4 e 5 do TM utilizando os filtros verde, vermelho e azul, respectivamente. Visualmente, pode-se verificar as diferenças tonais entre as culturas de café, citrus e cana-de-açúcar, o que concorda com os altos índices de separabilidade alcançados para estas três classes.

Os maiores valores de reflectância na banda 4 foram obtidos para as classes CN (100% de cobertura de solo) e CF-1 (mais de 70% de cobertura de solo). Todas as três classes de citrus tiveram valores inferiores às classes de café, mesmo em comparação com a classe CT-3 (mais de 70% de cobertura) e com a classe CF-2 (em torno de 50% de cobertura). Estes dados não concordam com os obtidos por Paulini (1973), que, ao medir a reflectância de folhas de citrus e café em laboratório, encontrou valores

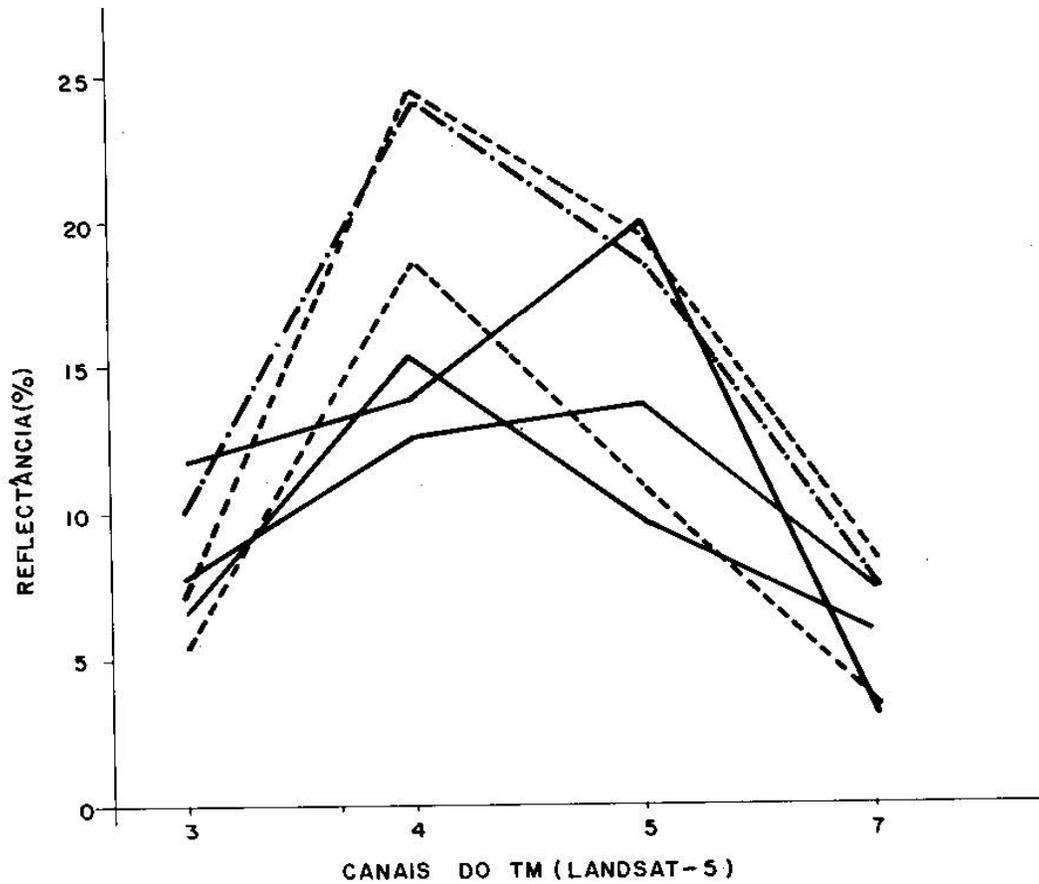


FIG. 2. Reflectância espectrais de culturas de citrus (—), café (---) e cana-de-açúcar (-.-) obtidas de dados do TM/Landsat-5 (Passagem de 25/08/87).



FIG. 3. Composição colorida do TM mostrando áreas de café, citrus e cana-de-açúcar.

maiores para citrus tanto em folhas novas quanto em folhas velhas. Estes resultados sugerem o direcionamento de linhas de pesquisa em sensoriamento remoto no entendimento da interação da energia eletromagnética com os alvos agrícolas estudados nas suas mais variadas configurações (Epiphanyo 1988), que incluem, entre outras, percentagem de cobertura do solo, índices de área foliar, estado de fitossanidade da cultura, relevo, orientação de plantio, geometria do dossel, estágio fenológico, manejo.

As altas respostas de CN e CF-1 na banda 5 podem ser explicadas pela maior predominância de folhas mais velhas de menor conteúdo de água, enquanto que o pico de reflectância na mesma banda para CT-2 deve-se à presença de solo exposto seco (Fig. 2).

Os resultados também mostram que a data de aquisição da imagem foi muito boa para a discriminação das culturas analisadas.

CONCLUSÕES

1. Culturas perenes como café e citrus necessitam ser subdivididas em classes, para sua melhor caracterização espectral, em face da sua alta heterogeneidade.

2. Plantios recentes de citrus apresentam-se como solo exposto, porque a percentagem de cobertura do solo não é suficiente para representar a resposta espectral de citrus. A escolha do período de obtenção da imagem procurando evitar a época de preparo do solo e a fase inicial de crescimento de culturas anuais, aliada a um bom controle de campo, poderá melhorar a caracterização desta classe de citrus.

3. A banda 3 foi decisiva na discriminação da cana-de-açúcar e do café, e o melhor desempenho médio de classificação para as três culturas foi alcançado com a combinação 3, 4 e 5 (97,9%).

4. O uso de 3 canais (um no visível, um no infravermelho próximo e outro no infravermelho médio) foi suficiente para alcançar altos índices de discriminação entre as culturas. Não houve concordância entre valores de reflectância obtidos de dados de imagens TM com os obtidos em laboratório, por causa da influência de outros

fatores tais como espaçamento, arquitetura de planta, sombreamento, rugosidade de copa, inclinação e orientação de encosta, nível tecnológico, etc.

5. A época de aquisição de imagens foi adequada para o presente estudo em função dos resultados alcançados, mas é essencial que o aspecto temporal seja exaustivamente explorado, dada a complexidade dos diversos tipos de manejo adotados na agricultura brasileira.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, G.T.; CHEN, S.C.; TARDIN, A.T.; DALLEMAND, J.F. Separabilidade de culturas através de análise digital de dados SPOT e TM. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2., 1987, Bogotá, Colômbia. Memória. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1987.
- BATISTA, G.T.; DALLEMAND, J.F.; CHEN, S.C.; TARDIN, A.T. Digital and visual analysis of SPOT and TM data for crop discrimination in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPOT-1 IMAGE UTILIZATION ASSESSMENT, RESULTS, Paris, 1987. Toulouse: Cepadues, 1988. p.381-390.
- BATISTA, G.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; CHEN, S.C.; NOVAES, R.A. Uso de dados orbitais para a identificação e avaliação de áreas de cana-de-açúcar. São José dos Campos: INPE, 1978. (INPE-1136-NTE/105).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Rio de Janeiro, 1962. 462p. (Boletim, n.13).
- CHEN, S.C. Separabilidade espectral de culturas de verão a partir de dados digitais do satélite TM-Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 1988, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 1988. v.1, p.211-216.
- CHEN, S.C.; BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T. Landsat TM band combinations for crop discrimination. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR RESOURCES, DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL

- MANAGEMENT, 1986. Enschede, Netherlands, *Proceedings...* Rotterdam: A.A. Balkema, 1986. p.211-214.
- EPIPHANIO, J.C.N. **Dados TM Landsat-5 no estudo das culturas de trigo e feijão.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1988. 141p. Tese de Doutorado.
- MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, reflectance and at-satellite temperatures. *EOSAT Landsat Technical Notes*, v.1, p.3-8, 1986.
- MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; TARDIN, A.T.; NOVAES, R.A.; CHEN, S.C. **Utilização de dados do Landsat para inventário da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo.** São José dos Campos: INPE, 1980.
- MENDONÇA, F.J.; ROSENTHAL, D.A.; FARIA, K.; COVRE, M.; SANTO, R.; RODRIGUES, R. L.V. **CANASATE - Mapeamento de cana-de-açúcar por satélite - Área III.** São José dos Campos: INPE, 1986. (INPE-4068-RPE/526).
- MOREIRA, M.A.; CHEN, S.C. **Avaliação dos resultados de classificação digital de cultura de verão numa área teste do Estado do Paraná - Ano Safra 1986/87.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 1988, Natal. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 1988. v.1, p.180-185.
- PAULINI, A.E. **Estudo de reflectância em folhas de citrus (*Citrus sp*) e café (*Coffea arabica*) no infravermelho próximo.** São José dos Campos: INPE, 1973. (INPE-280-RI/69).
- ROBINOVE, C.J. **Computation of physical values from Landsat digital data.** *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.48, n.5, p.781-784, 1982.
- TARDIN, A.T.; BATISTA, G.T.; PALME, U.W.; LIMA, A.M. **Avaliação preliminar de dados do TM para identificação e estimativa de área da cultura da cana-de-açúcar.** In: REUNIÃO SELPER, 4., 1984, Santiago, Chile. *Memória Final.* Santiago: Universidade de Chile, 1985.