



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES/AUTHORS

IMAGENS SPOT E TM  
SENSORIAMENTO REMOTO

ANÁLISE DIGITAL  
AGRICULTURA

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Marcos Antonio Rupp  
Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL  
RESPONSIBLE AUTHOR

Getulio Teixeira Batista

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL  
 EXTERNA / EXTERNAL  
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Evlyn Marcia L.M. Novo

CDU/UDC

528.711.7:633

DATA / DATE

Maio 1988

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICACION NO INPE-4541-PRE/1287
	SEPARABILIDADE DE CULTURAS ATRAVÉS DA ANÁLISE DIGITAL DE DADOS SPOT E TM
AUTORES/AUTHORSHIP	Getulio Teixeira Batista Sherry Chou Chen Antonio Tebaldi Tardin Jean François Dallemand

ORIGEM  
ORIGIN  
DPA

PROJETO  
PROJECT  
PEPSAG

Nº DE PAG.  
NO OF PAGES  
18

ULTIMA PAG.  
LAST PAGE  
11

VERSÃO  
VERSION

Nº DE MAPAS  
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Este trabalho tem como objetivo avaliar dados do SPOT e TM visan do a discriminação espectral das culturas de café, trigo, cana-de-açúcar e pastagens no Noroeste do Paraná. A área teste corresponde a uma cena do SPOT de 60 x 60km, aproximadamente. Para cada cultura foram estudados 15 talhões dos quais são disponíveis informações de campo referentes à variedade, data de plantio, estágio fenológico, espaçamento, orientação de plantio, percentagem de cobertura do solo, etc. A cultura do trigo foi dividida em duas classes em função do seu estágio de desenvolvimento. Os dados foram analisados a partir de uma cena SPOT (visada de 5,3º no sentido leste) obtida em 10.07.86 e de uma imagem TM de 02.08.86. Calcularam-se as distâncias J-M entre as várias combinações de classes de culturas e bandas espectrais de ambos SPOT/HRV e LANDSAT/TM. A melhor combinação de bandas do TM para a discriminação de café, trigo, cana-de-açúcar e pastagem foi determinada. Uma análise comparativa da separabilidade das diversas classes de culturas no SPOT e no LANDSAT é apresentada.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

Apresentado no II Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto, Bogotá, Colômbia, 16-20 novembro de 1987.

### ABSTRACT

*The objective of this paper was to evaluate SPOT and TM data for spectral discrimination of coffee, wheat, sugar cane and pasture in the Northwest of Paraná State. The test site comprises a SPOT scene of 60 km x 60 km approximately. Fifteen fields were analyzed for each crop. Field information such as variety, planting date, phenological stage, row space, planting direction, percent soil cover, etc was obtained. Wheat was initially considered as two classes according to its growing stage. Data were analyzed using one SPOT scene (5,3° off nadir, east viewing) acquired on July 10, 1986 and one TM scene from August 2, 1986. J-M distance was calculated taking into account several classes and band combinations from both SPOT/HRV and Landsat-TM. The best TM band combination for crop discrimination was determined. Separability analysis of crops using SPOT and TM images is presented.*

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE TABELAS .....	v
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>ÁREA TESTE</u> .....	2
3. <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	2
4. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	3
5. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	11

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Respostas espectrais de café (CF), pastagem (P), trigo vegetativo (TV), trigo frutificação (TF) e cana-de-açúcar (C) .....	3
2 - Percentagem de classificação correta das diferentes combinações das bandas para todas as culturas e todos os produtos .....	6
3 - Matrizes de classificação obtidas de dados SPOT (10/07/86) das culturas de café (CF), pastagem (P), trigo (T) e cana (C) .....	7
4 - Matriz de classificação de dados SPOT (10/07/86) com "Contrast Stretch" nas bandas 1 e 2 e filtragem nas bandas 1, 2 e 3 .....	7
5 - Matrizes de classificação obtidas de dados TM (02/08/86) das culturas de café (CF), pastagem (P), trigo (T) e cana (C) .....	8

## 1. INTRODUÇÃO

O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) tem, nos últimos anos, concentrado esforços no desenvolvimento de pesquisas que utilizam dados coletados por satélites de recursos naturais e técnicas de tratamento visual e digital na discriminação de culturas (Batista et al., 1978; Chen et al., 1984; Batista et al., 1985; Moreira et al., 1986). Vários problemas foram identificados com o uso de dados MSS, dentre eles podem-se destacar: excesso de cobertura de nuvens para o caso de culturas cujo calendário agrícola é coincidente com o período de máxima precipitação pluviométrica; impossibilidade de discriminar espectralmente diferentes espécies de culturas; baixa resolução espacial (80m) considerando que muitas espécies são cultivadas em pequenos talhões. Dados obtidos pelo Mapeador Temático (TM) do LANDSAT-5 e pelos Módulos Multiespectral e Pancromático do SPOT apresentam características bastante favoráveis a um aumento do poder de discriminação de culturas, quais sejam: melhor resolução espectral do TM com três canais no visível, um no infravermelho próximo e dois no infravermelho médio, com 30 metros de resolução espacial e repetitividade de 16 dias; melhores resoluções espaciais do SPOT com 20 e 10 m para os módulos multiespectral e pancromático, respectivamente com possibilidade de repetição de imageamento de áreas selecionadas em tempo inferior a 5 dias.

Este trabalho, desenvolvido em área teste localizada à Noroeste do Estado do Paraná, teve como objetivos: 1) analisar respostas espectrais de diferentes tipos de culturas de dados obtidos pelo SPOT e LANDSAT-TM; 2) comparar dados do SPOT HRV e LANDSAT-TM na discriminação de culturas através de análise digital; 3) avaliar a contribuição do módulo pancromático de alta resolução espacial na discriminação de culturas.

## 2. ÁREA TESTE

A área teste corresponde a uma cena SPOT com formato aproximado de 60km x 60km. Localizada ao norte do Estado do Paraná ela se caracteriza por intensa atividade agrícola, destacando-se as culturas de trigo (inverno), cana-de-açúcar, café e pastagens. A maioria da área possui solos de grande vocação agrícola (Latossolo Roxo), cultivados com alto nível tecnológico, incluindo sistemas avançados de práticas conservacionistas.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Produtos do SPOT incluem as três bandas do módulo multispectral e o módulo pancromático, obtidos com visada lateral de 5,3° no sentido leste. Dados do TM foram obtidos das bandas 2, 3, 4 e 5.

São também disponíveis informações de superfície durante o ciclo de crescimento referentes à variedade, data de plantio, estágio fenológico, espaçamento, orientação de plantio, percentagem de cobertura do solo, etc. Utilizou-se um Sistema de Tratamento de Imagens da GE- (I-100) para a análise digital que envolveu as seguintes etapas:

- seleção de talhões amostrados (15 talhões/categoria) de trigo vegetativo e trigo em frutificação, café, cana-de-açúcar e pastagens os quais foram localizados em produtos SPOT e TM;
- registro dos produtos com o intuito de se ter os mesmos "pixels" amostrados para análise;
- aquisição de médias e variâncias de cada amostra para todas as categorias de culturas e cálculo das distâncias J.M;
- obtenção de matrizes de classificação utilizando algoritmo de máxima verossimilhança e
- aplicação de um realce de contraste nas bandas visíveis e uma filtragem espacial usando uma janela de 3 x 3 "pixels" nas bandas multispectrais do SPOT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas espectrais das culturas do trigo, café, cana-de-açúcar e pastagem estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1

RESPOSTAS ESPECTRAIS DE CAFÉ (CF), PASTAGEM (P), TRIGO VEGETATIVO (TV), TRIGO FRUTIFICAÇÃO (TF) E CANA-DE AÇÚCAR (C)

SPOT XS 10 Jul 86

Classes	N	$\bar{X}_1$	$\sigma_1^2$	$\bar{X}_2$	$\sigma_2^2$	$\bar{X}_3$	$\sigma_3^2$	$\bar{X}_{PAN}$	$\sigma_{PAN}^2$
CF	616	23,3	2,4	16,2	6,8	48,1	27,3	23,8	8,9
P	1392	30,6	3,6	26,2	8,6	46,6	22,8	33,9	9,2
TV	1468	25,6	1,4	17,0	5,4	51,8	70,8	24,5	4,5
TF	1620	28,2	1,6	16,6	5,6	55,4	73,5	24,1	5,5
C	1152	28,2	3,9	19,2	5,1	61,1	88,6	28,3	6,3

TM 02 Ago 86

Classes	N	$\bar{X}_2$	$\sigma_2^2$	$\bar{X}_3$	$\sigma_3^2$	$\bar{X}_4$	$\sigma_4^2$	$\bar{X}_5$	$\sigma_5^2$
CF	492	18,3	1,1	17,4	7,2	44,3	21,4	37,8	23,9
P	1304	25,9	2,2	33,6	8,7	41,9	21,6	78,6	115,1
TV	1348	20,4	2,9	20,7	15,2	40,4	34,4	34,8	36,5
TF	1468	22,0	5,7	25,1	28,7	38,2	42,8	38,9	57,4
C	1056	24,0	2,5	24,5	10,7	58,0	76,9	52,4	71,1

As médias e variâncias de contagem digital foram obtidas das fitas CCTs. A Figura 1 mostra graficamente os intervalos de confiança (95%) de respostas espectrais das culturas estudadas. Como a época de plantio de trigo começa em abril e estende-se até meado de junho, conseqüentemente, vários estágios de desenvolvimento de trigo foram encontrados durante o primeiro trabalho de campo em junho. As semelhanças espectrais observadas na Tabela 1 e Figura 1 entre as classes trigo vegetativo e trigo em frutificação sugeriram que estas duas subclasses deveriam ser juntadas na análise digital.

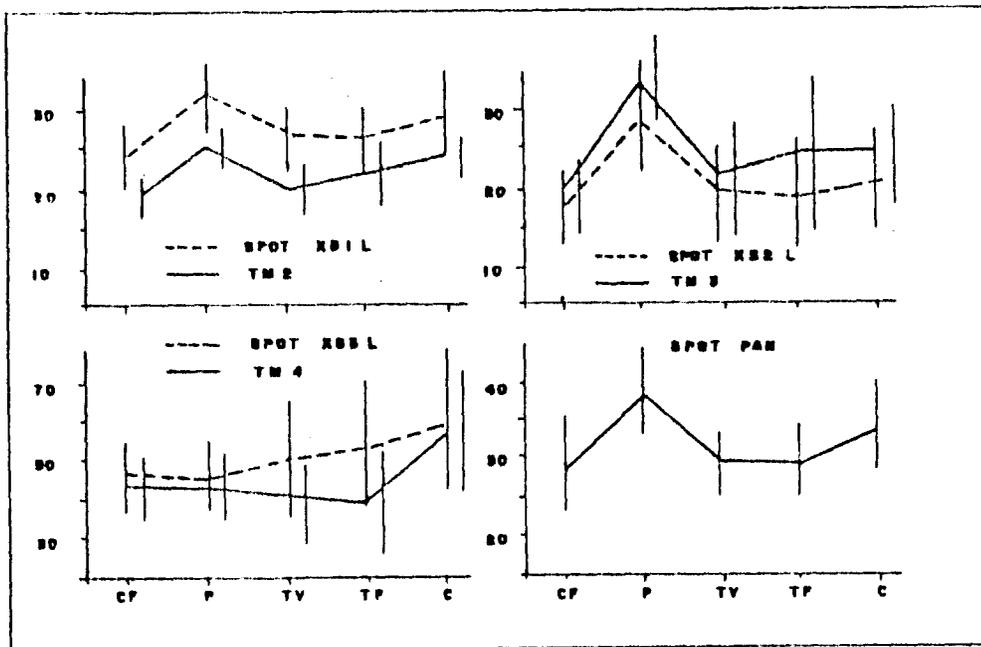


Fig. 1 - Resposta espectral (média e intervalo de confiança ao nível de 95%) de todas as classes e produtos estudados.

Entre as bandas individuais analisadas, a banda do infravermelho próximo é a banda que contém mais informação espectral (maior variância), porém a banda do SPOT e banda 3 do TM são as melhores bandas individuais para discriminação dos alvos em estudo. Pastagem possui a característica espectral mais distinta dentre todas as culturas, porém foi impossível discriminá-la usando somente uma banda. Espectralmente cafê e pastagem são separáveis através da banda de absorção de clorofila (i.ê., banda 2 do SPOT e banda 3 do TM).

A Tabela 2 mostra os desempenhos totais das diferentes combinações de bandas dos produtos TM e SPOT. Como é esperado, a discriminação de culturas usando somente informações espectrais de uma única banda é limitada. A melhoria da classificação é obtida com o incremento do número de bandas utilizadas na análise. O máximo desempenho de classificção é atingido com a utilização de 3 bandas espectrais; uma na faixa visível, uma do infravermelho próximo e outra do infravermelho médio, confirmando o resultado obtido em trabalho de Chen et al. (1986).

As matrizes de classificação usando várias combinações de bandas do SPOT e TM estão apresentadas nas Tabelas 3 a 5. Convém salientar que a finalidade deste trabalho não era obter um melhor pacote de estatísticas de treinamento e atingir a máxima exatidão de classificação. O objetivo principal é comparar a separabilidade de culturas utilizando várias combinações de bandas do SPOT e TM. A Tabela 3 mostra que, com a adição da informação espectral da banda pancromática, a classificação correta da classe cana melhorou aproximadamente 10% devido à melhor separabilidade entre as classes de trigo e cana. Entretanto, para todas as classes, o aumento do desempenho de classificação foi relativamente pequeno (85,3 vs 83,5). Um pré-processamento das bandas multiespectrais com realce de contraste e filtragem espacial melhorou sensivelmente o desempenho de classificação para 3 das 4 classes estudadas (Tabela 4). Este fato indica que a informação espectral da banda pancromática não

contribui na separabilidade dos alvos. Comparando as bandas 2, 3, 4 do TM e equivalentes do SPOT observa-se que todas as classes, com exceção do trigo, apresentaram melhores discriminações (Tabela 3 versus Tabela 5).

TABELA 2

PERCENTAGEM DE CLASSIFICAÇÃO CORRETA DAS DIFERENTES COMBINAÇÕES DAS BANDAS PARA TODAS AS CULTURAS E TODOS OS PRODUTOS

COMBINAÇÃO DE BANDAS	SPOT/HRV 10 JUL 86	COMBINAÇÃO DE BANDAS	LANDSAT TM 02 AGO 86
1	71,6	2	69,8
2	47,1	3	58,3
3	42,4	4	50,0
P	64,7	5	62,9
2,3	75,6	3,4	78,1
1,2,3	83,5	2,3,4	84,7
1,2,3,P	85,3	2,3,4,5	93,9

TABELA 3

MATRIZES DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDAS DE DADOS SPOT (10/07/86) DAS CULTURAS DE CAFÉ (CF), PASTAGEM (P), TRIGO (T) E CANA (C)

XS BANDAS 1, 2, 3 E PAN

Classe Cultura	N	CF	P	T	C
CF	0	78,7	0,2	19,3	1,8
P	0,1	0,7	90,4	1,1	7,6
T	0,1	7,9	2,3	86,4	3,3
C	0,2	3,1	5,8	11,0	79,9

DM = 85,3%

XS BANDAS 1, 2 E 3

Classe Cultura	N	CF	P	T	C
CF	0,2	76,6	0,3	22,6	0,3
P	0,1	0,2	88,3	4,6	6,8
T	0,1	7,4	2,6	88,0	2,0
C	0,1	3,2	5,8	21,8	69,1

DM = 83,5%

TABELA 4

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE DADOS SPOT (10/07/86) COM "CONTRAST STRETCH" NAS BANDAS 1 E 2 E FILTRAGEM NAS BANDAS 1,2 E 3

Classe Cultura	N	CF	P	T	C
CF	0	91,6	0,0	8,1	0,3
P	0	0,0	92,2	4,5	3,3
T	0	6,0	3,8	89,6	0,8
C	0	7,3	0,4	17,9	74,4

DM = 87,7%

TABELA 5

MATRIZES DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDAS DE DADOS TM (02/08/86) DAS CULTURAS DE CAFÉ (CF), PASTAGEM (P), TRIGO (T) E CANA (C)

BANDAS 2, 4 E 5

Classe Cultura	N	CF	P	T	C
CF	0	83,5	0	16,4	0
P	0,2	0	96,4	0	3,5
T	0	1,5	1,5	96,2	0,8
C	0	0	2,2	5,2	92,6

DM = 94,5%

BANDAS 2, 3 E 4

Classe Cultura	N	CF	P	T	C
CF	0	81,9	0	18,1	0
P	0,2	0	92,4	5,0	2,5
T	0,1	9,3	8,2	81,0	1,4
C	0	0	5,9	8,0	86,1

DM = 84,7%

O resultado da classificação usando as bandas 2, 3 e 4 do TM apresentou maior confusão da classe trigo com pastagem e café do que as bandas do SPOT. Porém, com a substituição de uma banda no visível por uma banda no infravermelho médio do TM os desempenhos melhoraram significativamente para todas as classes estudadas (Tabela 5). Um desempenho médio de 94,5% usando as bandas 2, 4 e 5 do TM indica a importância da banda no infravermelho médio na discriminação de alvos agrícolas.

Com os resultados alcançados conclui-se que:

- . A diferença de 22 dias entre as tomadas dos produtos SPOT e TM não causou grandes mudanças na resposta espectral das culturas nos canais visíveis; porém, no canal infravermelho a reflectância do trigo diminuiu. Este fato foi atribuído ao estágio de maturação do trigo neste intervalo e o conseqüente aumento da exposição do solo (baixa reflectância).
- . O desempenho médio, levando em consideração todas as classes, foi similar entre o SPOT (83,5%) e o TM (84,6%) usando as três bandas espectrais do SPOT e as três bandas equivalentes do TM.
- . A utilização de uma banda no infravermelho médio (banda 5 do TM) no lugar de uma banda no visível melhorou o desempenho médio em 10% aproximadamente, sendo o ganho mais significativo para a classe trigo (15% de aumento na porcentagem de classificação correta).
- . A adição do canal pancromático do SPOT as três bandas espectrais do modo multiespectral aumentou o desempenho médio da classificação (DM = 85,3%), entretanto este aumento foi menor do que o ganho (DM = 87,7%) obtido ao se fazer um realce de contraste nas bandas do visível e uma filtragem passa baixa (janela 3 x 3 "pixels") nas três bandas do SPOT.
- . Devido à inexistência de software apropriado para testar a informação espacial do SPOT, a maioria das análises comparativas foi baseada somente em análise espectral. Porém, a utilização de imagens SPOT no campo e na localização de áreas de treinamento para análise digital mostrou o benefício da melhor resolução espacial dos produtos SPOT, especialmente do canal pancromático.
- . Resultados deste experimento permitem confirmar que o programa SPOT, que prevê a inclusão de uma banda no infravermelho médio a partir do SPOT 3, está no caminho certo no sentido de se ter um sistema sensor adequado à identificação de culturas.

•

•

•

## 5. BIBLIOGRAFIA

- BATISTA, G.T.; HIXSON, M.M.; BAUER, M.E. 1985. LANDSAT MSS crop classification performance as a function of scene characteristics. Int. J. of Remote Sensing, v.6, n.9, pp. 1521-1533.
- BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T.; NOVAES, R.A.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; CHEN, S.C. 1978. Interim report of INPE's crop survey program using combined LANDSAT and aircraft data, INPE-1289, NTE. São José dos Campos, SP.
- CHEN, S.C.; BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T. 1984. Crop forecasting activities at INPE. IV Japan-Brazil Symposium on Science and Technology. Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, pp. 105-111. São José dos Campos, SP.
- CHEN, S.C.; BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T. 1986. LANDSAT TM band combinations for crop discrimination. Proc. Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management, Enschede, pp. 211-214.
- MOREIRA, M.A.; CHEN, S.C.; BATISTA, G.T. 1986. Wheat area estimation using digital LANDSAT MSS data and aerial photographs. International J. of Remote Sensing, v. 7, n. 9, pp. 1109-1120.