

COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE CULTURAS A PARTIR
DA ANÁLISE DE DADOS DO LANDSAT TM

Sherry Chou Chen
Jean François Dallemard
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos - SP

Daniel Alfredo Rosenthal
Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE
Avenida Dr. João Guilhermino, 429 - 11º andar - 12245 - São José dos Campos-SP

RESUMO

Dados do Mapeador Temático (TM) para uma região situada na margem do Rio Ivaí (Sudoeste de Maringá, Paraná) foram adquiridos no dia 19 de janeiro de 1985 para estudar as respostas espectrais das culturas agrícolas: soja, milho e cana-de-açúcar. Os resultados mostraram que existe correlação entre as bandas visíveis (banda 1,2,3), as bandas 4,5 e as bandas 5 e 7. As variações espectrais das bandas 1,2,3 e 7 são relativamente estreitas (< 100 níveis de cinza), comparadas com as variações das bandas 4 e 5; isso indica que maior conteúdo de informação possuem estas bandas. Respostas espectrais de cana planta (variedades CB 47-355, NA 56-79, IAC 64-257) de soja (variedades FT₂, Bossier, Paranagoiana, Paraná, Lancer) e de milho foram extraídas dos dados TM. Os resultados de análise mostram que as diferenças nas respostas espectrais são causadas pelo tipo de cultura, pela variedade de no caso da cana e pelo nível de biomassa no caso da soja. Estes resultados demonstram a possibilidade de discriminar soja, milho e cana-de-açúcar usando técnicas de tratamento digital.

ABSTRACT

LANDSAT-TM digital data of Jan. 19, 1985 were requested for a 15x15 km area near Maringá, Paraná State to study spectral responses of agricultural crops soybeans, corn and sugarcane. Study results show that correlations were found between spectral data of visible bands (band 1,2 and 3), and infrared bands (band 4 vs. band 5, and band 5 vs. band 7). Among the six TM bands analyzed, bands 4 and 5 contained more information than the others. For crop discrimination using single TM band, band 4 was the best eventhough differentiations of soybeans from non-soybeans were also possible in bands 5 and 7. These preliminary results indicate not only the potential of LANDSAT-TM data for crop discrimination, but also differentiations of sugarcane varieties and the soybean biomass.

1. INTRODUÇÃO

Um novo sensor, o Mapeador Temático (Thematic Mapper) foi colocado nos Landsat 4 e 5, em adição ao sensor MSS previamente usado. O sensor TM detecta a energia refletida em 6 bandas estreitas situadas nas regiões do visível e infra-vermelho refletido e uma banda larga situada na região do infra-vermelho termal emitido.

A energia detectada provém de uma área no terreno de (30m x 30m) e é medida a cada 16 dias. A tabela 1 apresenta uma comparação entre os sensores TM e MSS em termos de resolução espectral, espacial e radiométrica. A alta resolução do sensor TM deve provocar uma melhor identificação dos padrões de superfície no caso de estudos de recursos naturais. As principais aplicações de cada banda do TM figuram na tabela 2.

Para otimizar o uso de dados do TM em identificação de culturas, é necessário estudar as respostas das culturas em cada uma das bandas.

Neste estudo foi realizada a análise de uma subcena de 512 pixels x 512 pixels situada na margem do Rio Ivaí no Sudoeste de Maringá (Paraná). Os dados digitais Landsat TM (bandas 1 a 5 e banda 7) foram adquiridos no dia 19 de janeiro de 1985. A banda 6 situada no infravermelho termal não foi concluída devido ao maior campo de visão instantânea (IFOV) que não permite comparações com as outras bandas.

O objetivo deste trabalho foi examinar as respostas espectrais de soja, milho e cana-de-açúcar nas bandas do TM, e verificar quais são as bandas do TM mais promissoras para discriminar culturas e diferenciar variedades. Uma atenção especial foi dada à discriminação de soja e milho que são as duas culturas de verão mais importantes do Estado do Paraná.

2. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA SUBCENA

Para este estudo foram adquiridos dados do Landsat TM para uma subcena (512 x 512 pixels) na região agrícola do Noroeste do Estado do Paraná do dia 19 de Janeiro de 1985.

TABELA 1

ESPECIFICAÇÕES DOS SENSORES TM E MSS DO LANDSAT

MAPEADOR TEMÁTICO (TM)		MULTISPECTRAL SCANNER (MSS)	
BANDA	(μm)	BANDA	(μm)
1	0,45 - 0,52	4	0,5 - 0,6
2	0,52 - 0,60	5	0,6 - 0,7
3	0,63 - 0,69	6	0,7 - 0,8
4	0,76 - 0,90	7	0,8 - 1,1
5	1,55 - 1,75		
6	10,45 - 12,50		
7	2,08 - 2,35		
Resolução espacial	30 m (banda 1 ~ 5,7) 120 m (banda 6)		80 m
Níveis de quantização	8 bits		6 bits

TABELA 2

AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DAS BANDAS DO TM

BANDA	APLICAÇÕES PRINCIPAIS
1	Mapeamento da água na zona costeira, diferenciação do solo/vegetação e pinus/decíduas.
2	Pico de reflectância verde para monitorar o vigor da vegetação.
3	Absorção de clorofila para discriminar a espécie da planta.
4	Determinar a biomassa e delinear corpos d'água.
5	Indicar umidade de planta, e solo. Diferenciação de neve e nuvem, discriminação litológica.
6	Análise do estresse hídrico da vegetação / discriminar umidade de solo / mapeamento termal.
7	Discriminação do tipo de rochas e de zonas de alteração hidrotermal na exploração mineral.

O Rio Ivaí atravessa diagonalmente esta subcena e os tipos principais de vegetação são: soja, mata natural e cana-de-açúcar. Pastagem, milho e solo preparado ocupavam pequenas porcentagens da área. Todos os pixels contidos nesta subcena foram usados para estudar o conteúdo de informação das diversas bandas do TM.

A figura 1 mostra as distribuições de frequência dos valores digitais dos pixels da subcena. Nota-se que as bandas 1, 2, 3 e 7 possuem distribuições relativamente estreitas enquanto as distribuições das bandas 4 e 5 são mais largas e multi-modais. Comparando as distribuições, podemos concluir que as bandas 4 e 5 tem um maior conteúdo de informação (maior entropia) que as outras bandas.

Aplicando o programa de fatiamento para as bandas 4 e 5, verificou-se que para ambas as distribuições o primeiro pico está associado a classe "água" (Rio Ivaí). O segundo pico engloba várias classes tais como mata natural, cana-de-

açúcar, pastagem, milho e solo preparado; o terceiro pico está associado à soja.

Uma análise estatística demonstrou que há correlações entre as bandas visíveis, o que é bastante divulgado em literatura (Townshend 1984). A correlação entre as bandas 4 e 5 depende da cena analisada. Neste estudo, devido à alta presença de vegetação, uma significativa correlação positiva é esperada entre estes dois canais (Tabela 3).

3. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE CULTURAS

Para estudar o comportamento espectral de culturas a partir dos dados do TM-Landsat, 13 talhões de soja, milho e cana-de-açúcar foram selecionados na subcena. As informações tais como tipo de cultura, variedade, data de plantio e rendimento foram fornecidos pela Cia Melhoramentos Norte do Paraná (Tabela 4).

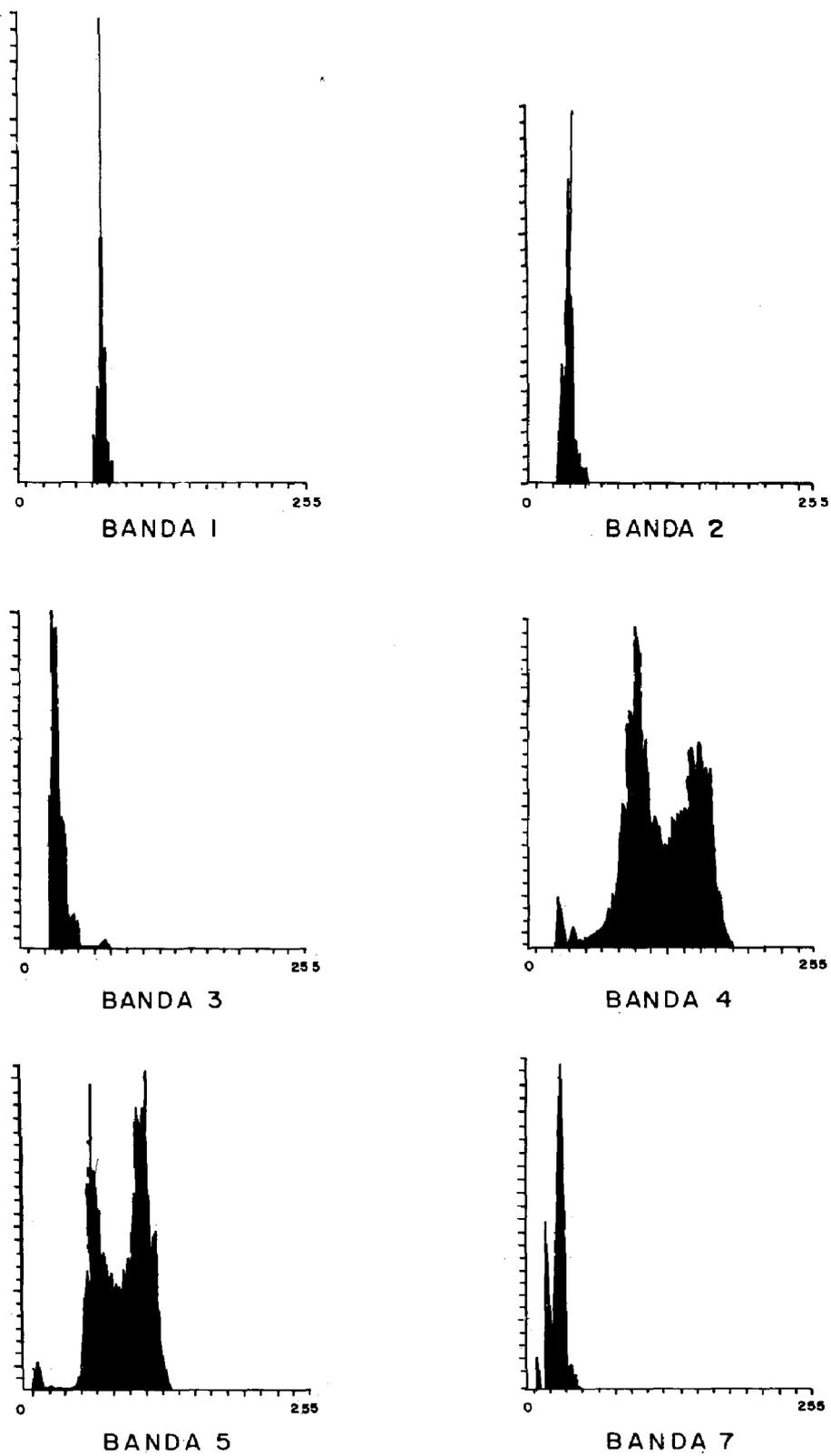


Fig. 1 - Histogramas das bandas do TM-LANDSAT para uma subcena agrícola de 512x512 pixels.

TABELA 3

MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DAS BANDAS TM-LANDSAT

BANDA	1	2	3	4	5
2	0,94				
3	0,70	0,74			
4	-0,07	-0,23	-0,50		
5	0,22	0,10	-0,22	0,75	
7	0,30	0,31	0,08	0,21	0,63

TABELA 4

INFORMAÇÕES SOBRE TIPO DE CULTURA, VARIEDADE, DATA DE PLANTIO E RENDIMENTO PARA OS TALHÕES AMOSTRADOS

Nº AMOSTRA	CULTURA (CULTIVOS)	DATA DE PLANTIO	RENDIMENTO (SACOS/ha)
S-26	Soja (Bossier)	24/11/84	36
S-25	Soja (Bossier)	04 a 19/11/84	46
S-16	Soja (Bossier)	03/12/84	37
S-17	Soja (Paranagoiana)	23 a 30/10/84	41
S-18	Soja (Paranagoiana)	23 a 30/10/84	41
S-23	Soja (Paraná)	07 a 09/11/84	33
S-24	Soja (Lancer)	07/10/84	33
S-11	Soja (FT2)	23/11/84	45
M13A	Milho (HMD-7974)	22/09/84	—
M13B	Milho (HMD-7974)	29/09/84	—
IAC	Cana (IAC-64257)	04/84	—
NA	Cana (NA-5679)	04/84	—
CB	Cana (CB-47355)	04/84	—

Depois da localização do talhão na tela do I-100, deslocou-se o cursor para o centro do talhão, a fim de evitar os "pixels mixtos". Em cada banda foram extraídas a média e a variância dos pixels delimitados pelo cursor, através do programa "single-cell". (Tabela 5).

Os resultados desta análise foram usados para preparar as figuras 2a e 2b que facilitam a visualização do comportamento espectral das culturas nas bandas TM. A barra associada a cada cultura nas figuras 2a e 2b indica os valores digitais que representam a cultura com 95% de probabilidade, dentro da hipótese de distribuição gaussiana para cada classe.

Comparando as respostas espectrais das culturas para cada banda TM, podemos notar:

- na banda 1 as respostas espectrais de soja, milho e cana-de-açúcar são semelhantes e não é possível diferenciar as culturas e as variedades.
- na banda 2 a diferenciação entre a cana IAC 64257 e as outras variedades é razoável, porém a diferenciação entre as culturas não é possível.
- na banda 3 o milho é espectralmente diferente da soja mas a confusão provocada pela cana impede a separação das 3 culturas.

- a banda 4, de maneira geral, é a melhor banda para a discriminação das 3 culturas. A amostra de soja, S16, é a única amostra que causou confusão espectral com outra cultura (cana-de-açúcar). A baixa reflectância da amostra S-16 na banda 4 em contraste com as outras amostras de soja é devido a seu baixo índice de área foliar. Este talhão foi plantado no dia 3 de dezembro de 1984 (Tabela 4), conseqüentemente no dia da passagem do satélite, a resposta espectral do talhão S-16 resulta da contribuição de dois alvos: soja e solo.

Os talhões S11 (FT₂) e S25 (Bossier) apresentaram uma resposta espectral mais alta na banda 4. Esses dois talhões produziram mais soja em grão (> 45 sacos/ha) do que os outros talhões. Esse fato nos leva a concluir que as variações na resposta de soja foram mais influenciadas pela biomassa do que pela variedade.

Por outro lado, a amostra de cana CB47355 apresentou valores digitais na banda 4 bem inferiores aos valores da cana IAC 64257 e NA 5679; por isso pôde ser diferenciada. A nítida diferença entre a reflectância da variedade CB 47355 e a reflectância das outras variedades de cana já foi observada pela autora em fotografias aéreas infravermelho falsa cor na região de Araçatuba, São Paulo.

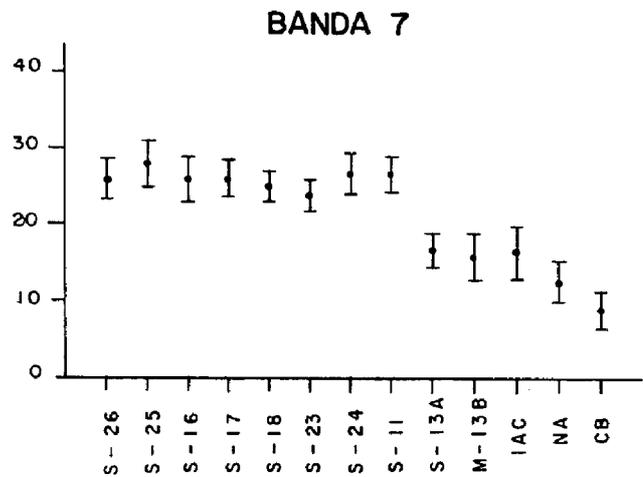
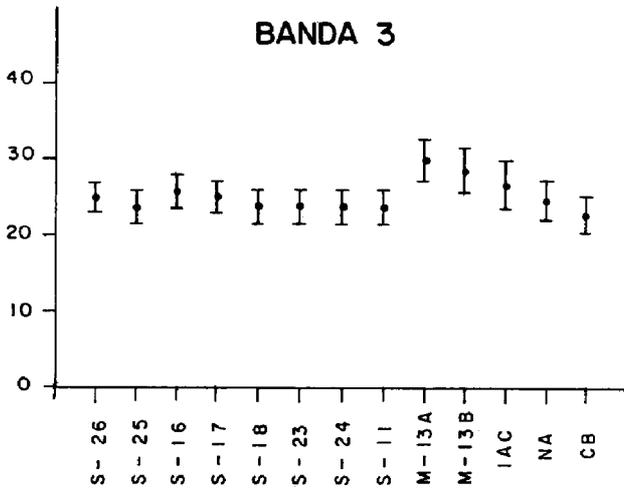
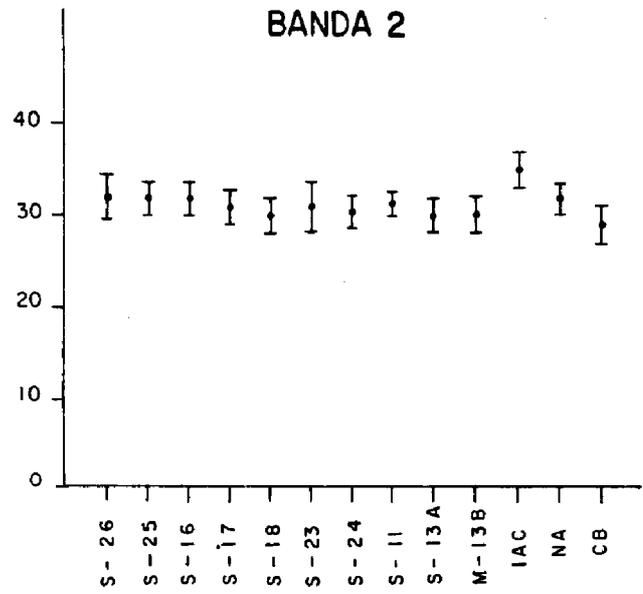
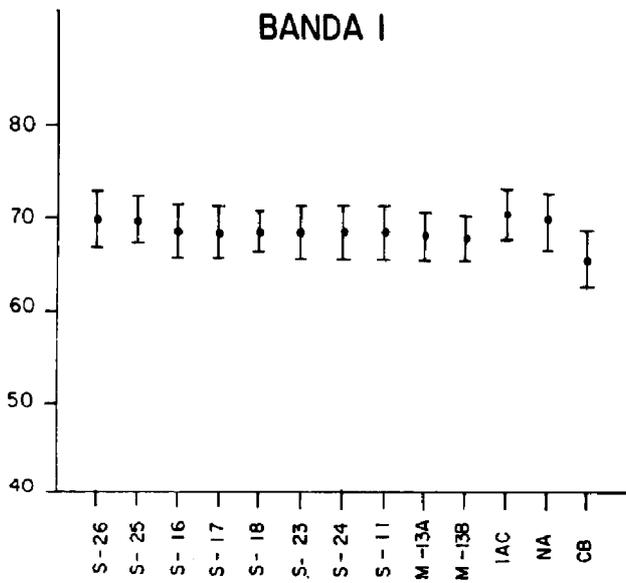


Fig. 2a - Respostas espectrais das culturas obtidas usando dados do TM-LANDSAT

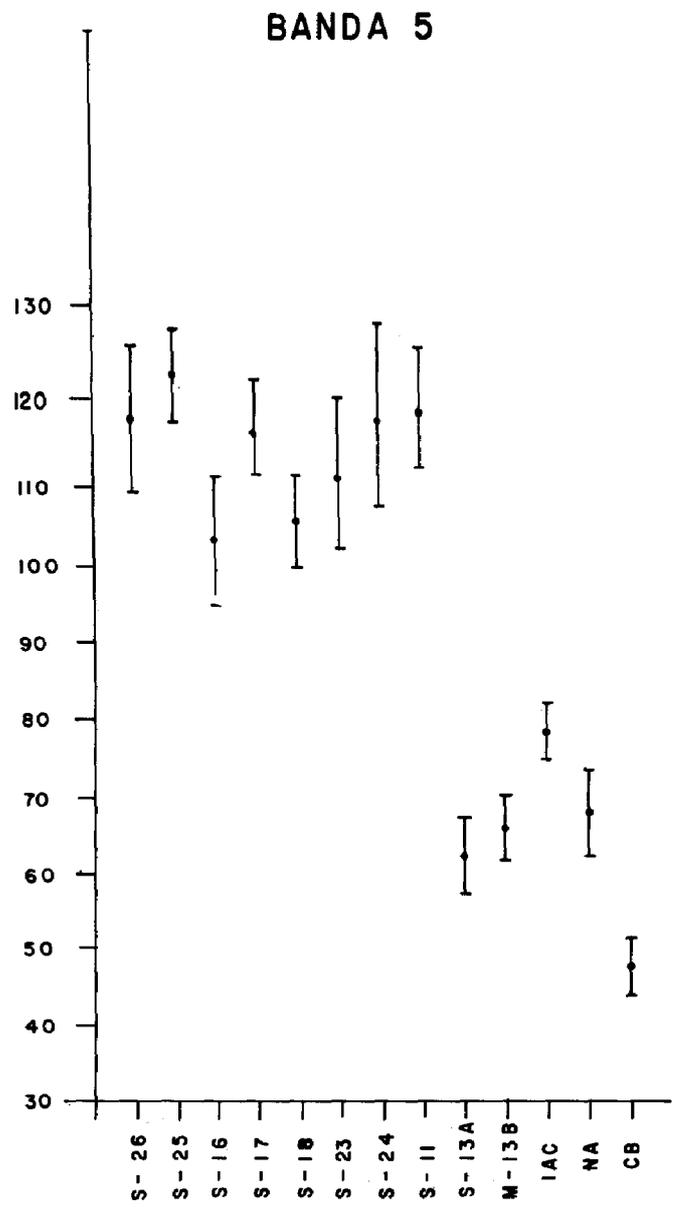
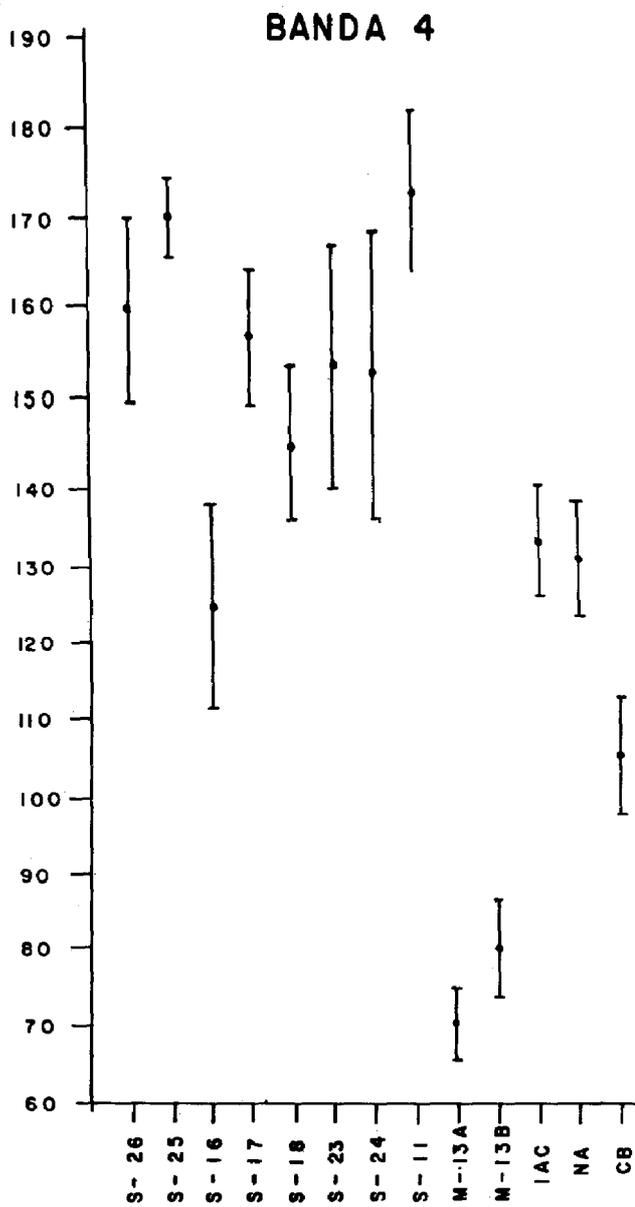


Fig. 2b - Respostas espectrais das culturas obtidas usando dados do TM-LANDSAT

TABELA 5

MÉDIA E VARIÂNCIA DE CULTURAS OBTIDAS A PARTIR DOS DADOS DO TM-LANDSAT

AMOSTRA	Nº PIXELS	BANDA TM-LANDSAT					
		1	2	3	4	5	7
S-26	84	69,71 (1,43)	31,68 (0,83)	24,88 (0,97)	160,38 (4,82)	117,86 (4,00)	26,27 (1,20)
S-25	84	69,79 (1,27)	31,46 (0,90)	24,14 (0,92)	169,65 (2,33)	122,99 (2,47)	27,74 (1,34)
S-16	100	68,90 (1,23)	32,14 (0,69)	26,46 (0,92)	125,38 (6,74)	103,14 (4,11)	25,91 (1,20)
S-17	84	68,98 (1,22)	30,73 (1,02)	24,60 (1,00)	157,25 (3,61)	114,45 (2,55)	25,70 (1,04)
S-18	84	68,50 (1,09)	30,15 (0,99)	24,24 (1,02)	144,79 (4,37)	105,58 (2,85)	24,73 (1,12)
S-23	196	68,55 (1,24)	31,08 (1,14)	23,52 (1,06)	156,77 (6,61)	110,62 (4,41)	24,54 (1,16)
S-24	196	68,65 (1,32)	29,91 (0,90)	23,73 (1,01)	153,51 (8,09)	116,56 (4,55)	26,06 (1,27)
S-11	100	69,27 (1,35)	32,15 (0,59)	24,09 (0,90)	172,94 (4,76)	119,14 (3,19)	27,48 (1,16)
M13A	84	68,36 (1,10)	29,68 (0,77)	29,60 (1,22)	71,45 (2,26)	63,00 (2,01)	17,32 (1,20)
M13B	60	68,32 (1,20)	30,05 (0,88)	28,38 (1,33)	81,15 (3,03)	66,20 (1,97)	16,10 (1,28)
IAC	36	71,53 (1,19)	34,86 (0,91)	26,75 (1,40)	134,19 (3,67)	78,00 (1,74)	16,92 (1,57)
NA	60	70,20 (1,37)	31,53 (0,82)	25,38 (1,34)	132,53 (3,64)	67,68 (2,88)	12,75 (1,33)
CB	140	66,14 (1,50)	28,06 (0,87)	22,68 (1,13)	106,36 (3,83)	47,96 (1,81)	8,64 (1,24)

Este estudo permitiu confirmar que usando dados do Landsat TM também é possível discriminar entre a variedade CB 47355 e as variedades IAC-64257 e NA 5679.

Entre os talhões de milho, a diferença entre os valores digitais é mais realçada na banda 4 do que nas outras bandas. Isso porque no dia 19 de janeiro o talhão M 13 A, que foi plantado uma semana antes do talhão M 13 B, entrou num estágio de senescência mais avançado; o resultado foi uma refletância mais baixa no infravermelho próximo.

Na banda 5 existem dois agrupamentos espectrais distintos. O grupo soja apresenta valores digitais altos (>90). O grupo da cana e do milho apresenta valores menores (<90). Não existe diferença espectral entre cana e milho. Entretanto, a diferenciação entre as variedades de cana-de-açúcar é possível, usando a característica espectral de cada variedade nesta banda.

- Na banda 7a separação da cultura da soja com as culturas de cana e milho pode ser efetuada usando o valor digital 20 como limitear. Discriminar as variedades de soja, diferenciar categorias de soja por classe de rendimento ou ainda diferenciar estágios de desenvolvimento do milho não foi possível com as informações espectrais tanto na banda 7 como nas bandas visíveis.

4. CONCLUSÕES

Dados do Landsat TM da passagem do dia 19 de janeiro de 1985 foram adquiridos numa área agrícola para estudar o comportamento espectral da soja, do milho e da cana-de-açúcar.

Os resultados deste estudo permitiram concluir:

- Dentre as bandas do Landsat TM as bandas 4 e 5 do infravermelho possuem maior conteúdo de informações.
- A banda 4 é a melhor banda para discriminar soja, cana e milho. De maneira geral os pixels com valores digitais maiores que 140 pertencem à classe soja; a exceção é o talhão S-16 que apresentou uma resposta relativamente baixa devido a presença de solo exposto. Os valores digitais da cana variam de 98 a 142 enquanto os valores do milho variam de 65 a 88.
- Foi demonstrada a utilidade da banda 5 para diferenciar a soja das outras culturas e também para diferenciar variedades de cana. A importância da banda 5 também tinha sido mostrada por De Gloria (1984) através de um estudo sobre as culturas de beterraba e alfafa.
- Para uma eficiente discriminação das culturas e das variedades, as bandas 4 e 5 são indispensáveis. A importância destas bandas numa classificação também foi encontrada por Townshend et al. (1983).
- A separação classe soja de outras classes na banda 5 ou na banda 7 pode ser facilmente efetuada através de uma limiarização no tom de cinza.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Leonardo Zanta da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná pelo fornecimento de informações de campo e ao Engº Agrônomo Ednaldo Michelão da Secretaria de Agricultura do Estado do Paraná pela cooperação no trabalho de campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Gloria S.D. 1984. Spectral variability of LANDSAT-4 Thematic Mapper and Multispectral Scanner data for selected crop and forest cover types. IEEE. Trans. Geosci. and Remote Sensing GE-22(3): 303-311.
- TOWNSHEND J.R.G.; GAYLER J.R.; HARDY J.R.; JACKSON M.G.; BAKER J.R. 1983. Preliminary analysis of LANDSAT-4 Thematic Mapper products. Int. J. Remote Sensing 4(4): 817-828.
- TOWNSHEND J.R.G. 1984. Agricultural land-cover discrimination using Thematic Mapper spectral bands. Int. J. Remote Sensing 5(4): 681-698.