

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRO-TEMPORAL DE CULTURAS AGRÍCOLAS COM O USO DE IMAGENS ETM+/LANDSAT-7 E SOFTWARE SPRING

Ieda Del'arco Sanches¹
Alfredo José Barreto Luiz²
José Carlos Neves Epiphanyo³

RESUMO

Neste trabalho é feita uma análise do comportamento espectro-temporal das principais culturas agrícolas do município de Ipuã, SP, baseada em imagens ETM+/Landsat-7 obtidas em diferentes datas, utilizando o SPRING. Foram escolhidos como alvos alguns talhões agrícolas e algumas parcelas com mata para serem monitorados. Os alvos foram analisados em seis bandas espectrais do sensor ETM+. A análise dos valores de reflectância de cada alvo, nas seis bandas espectrais, nas diferentes datas, permitiu caracterizar o comportamento espectro-temporal de cada cultura estudada.

PALAVRAS-CHAVE: análise espectral, análise temporal, culturas agrícolas, sensoriamento remoto, SIG, SPRING.

EVALUATION OF CROP SPECTRAL-TEMPORAL BEHAVIOR WITH ETM+/LANDSAT IMAGES AND SPRING SOFTWARE

ABSTRACT

This paper analyzes the spectral-temporal behavior of the main crops of Ipuã, SP (Brazil), with multitemporal ETM+/Landsat images and SPRING software. Some agricultural and natural vegetation traits were chosen as targets to be monitored, in six spectral bands of ETM+ sensor. The evaluation of each target reflectance values, in the six spectral bands analyzed, in different dates, allowed the characterization of the spectral-temporal behavior of each crop studied.

KEYWORDS: spectral evaluation, temporal evaluation, crops, remote sensing, SIG, SPRING.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é de grande importância para o desempenho da economia brasileira e, portanto, a aquisição de informações sobre o setor agrícola é extremamente necessária. No entanto, essa tarefa não é muito simples, visto que a obtenção de informação atualizada sobre este setor da economia é bastante dificultada pela ampla dispersão espacial da atividade agrícola e grande número de produtores. Por poder fornecer dados sobre grandes áreas da superfície terrestre em um prazo relativamente curto e a pequenos intervalos de tempo, o sensoriamento remoto vem ganhando cada vez mais espaço nas pesquisas relacionadas à agricultura. O conhecimento do comportamento espectral das culturas facilita o processo de interpretação de alvos agrícolas em imagens de satélite, e é um ponto chave para expandir os estudos que utilizam dados de sensoriamento remoto de áreas agrícolas. Por isso, este trabalho teve como objetivo o estudo do comportamento espectro-temporal de algumas culturas.

^{1,2,3} Engenheiro Agrônomo. Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Caixa Postal 515 – 12.201-970 - São José dos Campos – SP, Brasil. {ieda, barreto, epiphani}@dsr.inpe.br

² Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde a Ipuã, município de caráter agrícola, localizado ao norte do Estado de São Paulo. Possui aproximadamente 46.600 ha de área.

Foi utilizada uma série multitemporal com imagens do sensor ETM+/Landsat-7, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 da órbita/ponto 220/74. As imagens adquiridas correspondem aos meses de janeiro a junho e agosto a outubro de 2002, e agosto de 2001. Não foi possível adquirir imagens para os meses de novembro e dezembro, por causa da grande quantidade de nuvens.

Quatro pontos de controle obtidos no campo com auxílio de GPS foram usados para registrar as imagens de satélite no SPRING. O registro permite que dois pixels em duas imagens diferentes, de uma mesma área, coincidam com um mesmo ponto no terreno. Este procedimento é necessário quando se utilizam dados multitemporais (Schowengerdt, 1997). Após serem registradas, as imagens foram importadas para o SPRING no formato Grib.

Foi feita ainda uma correção para minimizar os efeitos atmosféricos nas imagens, pois a atmosfera, através dos fenômenos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, afeta a radiância que é efetivamente medida pelos sensores orbitais. A técnica utilizada foi a de Subtração do Pixel Escuro desenvolvida por Chavez (1988). Como se pretendia fazer a uniformização das imagens, ao invés de fazer a correção atmosférica de todas as imagens, optou-se em fazer a correção de duas imagens, sendo uma representativa da época chuvosa (outubro a março), e outra da época de seca (abril a setembro). Segundo Silva (2003), numa série temporal basta corrigir atmosféricamente uma imagem, pois a normalização (uniformização) entre as imagens garante o ajuste radiométrico entre elas.

Como um mesmo alvo apresenta valores digitais distintos de uma imagem para outra, causados por diferenças do ângulo solar e do espalhamento atmosférico, conjuntos multitemporais de imagens precisam ser uniformizados. Neste trabalho, a uniformização das imagens foi feita de acordo com a metodologia proposta por Gürtler et al. (2003). As imagens dos dias 05/01/2002 e 14/09/2001 foram escolhidas como imagens de referência da época de chuva e seca, respectivamente. A imagem de 2001 só foi utilizada nesta etapa, e foi escolhida como referência por apresentar menor incidência de nuvens que as demais imagens da época seca. A correção atmosférica das duas imagens de referência e a uniformização das demais imagens foram feitas no SPRING usando a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL).

Na área de estudo foram escolhidos 50 talhões para serem monitorados. Em um banco de dados concebido no SPRING com gerenciador ACCESS, foi criado um polígono de 100 pixels no meio de cada talhão; este processamento foi feito para que os dados obtidos de um talhão correspondesse somente a este talhão, sem a interferência de talhões vizinhos.

Como a meta deste trabalho era estudar o comportamento espectral dos alvos em imagens de diferentes datas, os valores de nível de cinza das imagens foram convertidos em valores de reflectância, que melhor representam os diversos alvos. Esta transformação também foi feita através de um programa em LEGAL, usando a metodologia proposta por Luiz et al. (2003).

Para cada um dos 50 polígonos criados, foi obtida a média do valor de reflectância, nas seis bandas estudadas, para as 10 datas. As tabelas com os dados de reflectância foram exportadas do SPRING no formato ASCII delimitado e importadas para o EXCEL.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos 50 talhões monitorados, verificou-se a presença, na área de estudo, durante todos os meses analisados, dos alvos de cana-de-açúcar, solo exposto, pastagem e mata. A soja apareceu de janeiro a março, o sorgo de abril a setembro, o milho e a palha só não estavam presentes, respectivamente, em fevereiro e março (Tabela 1). As épocas de ocorrência verificadas para culturas condizem com as épocas de cultivo na região de estudo.

A cana-de-açúcar apresentou maior reflectância na banda 4 (b4) durante todos os meses. Os maiores valores foram observados de janeiro a março e em outubro, o que era esperado, pois a vegetação fica mais vigorosa na época de chuva, fazendo com que a reflectância na b4 aumente, porque esta banda é altamente correlacionada com a vegetação. Nas quatro datas em que a soja foi encontrada, a b4 apresentou os maiores valores de reflectância, sendo que entre esses, o menor valor foi o de março, mês que precedeu a colheita desta cultura. Para o milho, a b4 (também com reflectância maior que as demais bandas) teve valores maiores em janeiro, fevereiro, maio e setembro, o que está relacionado com os meses em que esta cultura estava no auge de desenvolvimento. Chama-se atenção para o fato de que o milho de sequeiro não é normalmente cultivado em setembro, mas na área foi encontrado um talhão de milho irrigado (pivô central), o que explica a alta reflectância da b4 neste mês. O sorgo foi observado em cinco meses: em abril, agosto e setembro os valores de reflectância da b5 foram um pouco maiores que os da b4; em maio e em junho o contrário foi verificado. O comportamento de abril pode ser explicado pela presença de palha seca da cultura anterior, pois o sorgo é sempre cultivado em rotação mas, em agosto e setembro, a maior reflectância na b5 pode estar associada à particular arquitetura da inflorescência do sorgo, que domina o dossel da cultura na fase final do ciclo. A palha, que neste trabalho representa tanto os restos das culturas colhidas como também uma cultura em fase de crescimento sobre a palha da cultura anterior, que ainda não pode ser identificada através de imagens de satélite, apresentou valores de reflectância maiores na b4 nos meses referente à época de chuva, e na b5 nos meses referentes à época seca. O solo exposto apresentou, em algumas datas, maior valor de reflectância na b4, indicando a presença de restos culturais ou a emergência de alguma vegetação. Para a pastagem, os maiores valores de reflectância foram observados na b4, de janeiro a abril e em outubro, e na b5 em maio, junho, agosto e setembro. A mata possui na b4 os maiores valores de reflectância em todas as datas, mas apresenta uma queda dos valores nos meses de seca (Tabela 1).

TABELA 1: Valores médios de reflectância dos alvos, por banda, por data.

	Ano 2002	5jan	21jan	6fev	10mar	11abr	29mai	30jun	17ago	2set	20out
Cana-de-açúcar	Banda1	0,046	0,032	0,049	0,049	0,048	0,058	<u>0,119</u>	0,063	0,057	0,066
	Banda2	0,044	0,030	0,046	0,046	0,052	0,066	<u>0,067</u>	0,062	0,065	0,062
	Banda3	0,023	0,016	0,030	0,029	0,045	0,070	0,080	<u>0,098</u>	0,088	0,086
	Banda4	<u>0,301</u>	<u>0,254</u>	<u>0,291</u>	<u>0,317</u>	<u>0,254</u>	<u>0,228</u>	<u>0,210</u>	<u>0,216</u>	<u>0,189</u>	<u>0,267</u>
	Banda5	0,099	0,112	0,114	0,117	0,137	0,140	0,141	0,170	0,166	<u>0,196</u>
	Banda6	0	0,040	0,043	0,039	0,055	0,067	0,073	0,111	0,099	0,100
	Banda7	0	0,040	0,043	0,039	0,055	0,067	0,073	0,111	0,099	0,100
Soja	Banda1	0,039	0,025	0,040	<u>0,045</u>	-	-	-	-	-	-
	Banda2	0,037	0,019	0,032	<u>0,051</u>	-	-	-	-	-	-
	Banda3	0,013	0,005	0,011	<u>0,038</u>	-	-	-	-	-	-
	Banda4	<u>0,391</u>	<u>0,455</u>	<u>0,427</u>	<u>0,293</u>	-	-	-	-	-	-
	Banda5	<u>0,158</u>	0,175	<u>0,158</u>	0,152	-	-	-	-	-	-
	Banda6	0,019	<u>0,058</u>	0,052	<u>0,058</u>	-	-	-	-	-	-
	Banda7	0,019	<u>0,058</u>	0,052	<u>0,058</u>	-	-	-	-	-	-
Milho	Banda1	0,041	0,050	0,044	-	0,045	0,050	<u>0,109</u>	0,051	0,046	0,053
	Banda2	0,036	0,043	0,040	-	0,043	0,047	0,051	0,052	0,048	<u>0,070</u>
	Banda3	0,015	0,031	0,026	-	0,036	0,040	0,053	<u>0,069</u>	0,038	<u>0,069</u>
	Banda4	<u>0,303</u>	<u>0,295</u>	<u>0,281</u>	-	<u>0,222</u>	<u>0,285</u>	<u>0,214</u>	<u>0,166</u>	<u>0,272</u>	<u>0,178</u>
	Banda5	0,106	0,137	0,121	-	0,123	0,116	0,123	0,113	<u>0,138</u>	0,126
	Banda6	0	0,052	0,043	-	0,048	0,042	0,059	<u>0,164</u>	<u>0,065</u>	0,093
	Banda7	0	0,052	0,043	-	0,048	0,042	0,059	<u>0,164</u>	<u>0,065</u>	0,093
Sorgo	Banda1	-	-	-	-	0,052	0,051	<u>0,112</u>	0,062	0,058	-
	Banda2	-	-	-	-	0,054	0,051	0,054	0,062	<u>0,071</u>	-
	Banda3	-	-	-	-	0,075	0,063	0,072	0,106	<u>0,116</u>	-
	Banda4	-	-	-	-	0,152	<u>0,160</u>	<u>0,148</u>	0,178	<u>0,204</u>	-
	Banda5	-	-	-	-	<u>0,173</u>	0,135	0,132	<u>0,200</u>	<u>0,231</u>	-
	Banda6	-	-	-	-	0,121	0,084	0,087	0,119	<u>0,155</u>	-
	Banda7	-	-	-	-	0,121	0,084	0,087	0,119	<u>0,155</u>	-
Palha	Banda1	0,060	0,042	-	0,055	0,062	0,072	<u>0,128</u>	0,070	0,067	0,070
	Banda2	0,062	0,041	-	0,052	0,071	0,078	0,073	0,066	<u>0,080</u>	0,047
	Banda3	0,067	0,037	-	0,073	0,105	0,108	0,109	<u>0,122</u>	0,119	0,094
	Banda4	<u>0,222</u>	<u>0,195</u>	-	<u>0,187</u>	0,174	0,158	0,165	0,202	0,201	<u>0,234</u>
	Banda5	0,205	0,151	-	0,183	<u>0,232</u>	<u>0,216</u>	<u>0,212</u>	<u>0,241</u>	<u>0,273</u>	0,226
	Banda6	0,088	0,070	-	0,094	0,153	0,150	0,145	0,087	<u>0,190</u>	0,072
	Banda7	0,088	0,070	-	0,094	0,153	0,150	0,145	0,087	<u>0,190</u>	0,072
Solo exposto	Banda1	0,048	0,013	0,043	0,049	0,046	0,057	<u>0,112</u>	0,053	0,049	0,047
	Banda2	0,046	0,008	0,037	0,044	0,048	0,059	0,053	0,065	0,052	0,052
	Banda3	0,062	0,037	0,063	0,070	0,063	0,085	0,084	0,089	0,087	0,069
	Banda4	<u>0,147</u>	0,002	<u>0,086</u>	<u>0,123</u>	<u>0,148</u>	<u>0,123</u>	<u>0,109</u>	<u>0,124</u>	0,118	<u>0,122</u>
	Banda5	0,090	<u>0,069</u>	0,081	0,108	0,123	0,116	<u>0,113</u>	0,115	<u>0,124</u>	0,094
	Banda6	0,033	0,051	0,063	0,073	0,082	0,091	0,091	0,104	<u>0,109</u>	0,090
	Banda7	0,033	0,051	0,063	0,073	0,082	0,091	0,091	0,104	<u>0,109</u>	0,090
Pastagem	Banda1	0,051	0,044	0,101	0,052	0,052	0,075	<u>0,122</u>	0,065	0,063	0,069
	Banda2	0,071	0,058	<u>0,116</u>	0,062	0,065	0,085	0,070	0,056	0,075	0,080
	Banda3	0,050	0,039	0,100	0,049	0,073	0,102	0,102	0,111	<u>0,115</u>	0,100
	Banda4	<u>0,317</u>	<u>0,314</u>	<u>0,364</u>	<u>0,313</u>	<u>0,228</u>	0,205	0,180	0,195	0,199	<u>0,251</u>
	Banda5	0,157	0,158	0,195	0,151	0,197	<u>0,211</u>	<u>0,204</u>	<u>0,227</u>	<u>0,258</u>	0,218
	Banda6	0,032	0,062	0,097	0,057	0,100	0,128	0,132	0,100	<u>0,181</u>	0,126
	Banda7	0,032	0,062	0,097	0,057	0,100	0,128	0,132	0,100	<u>0,181</u>	0,126
Mata	Banda1	0,039	0,044	0,040	0,040	0,042	0,040	<u>0,106</u>	0,050	0,047	0,048
	Banda2	0,035	0,036	0,034	0,032	0,040	0,036	0,044	<u>0,073</u>	0,046	0,051
	Banda3	0,013	0,024	0,016	0,014	0,032	0,030	0,042	<u>0,055</u>	0,052	0,026
	Banda4	<u>0,289</u>	<u>0,272</u>	<u>0,281</u>	<u>0,282</u>	<u>0,218</u>	0,189	0,176	<u>0,177</u>	<u>0,191</u>	<u>0,294</u>
	Banda5	0,111	0,128	0,114	0,112	0,131	0,102	0,114	0,138	<u>0,152</u>	0,137
	Banda6	0	0,048	0,039	0,034	0,051	0,038	0,055	<u>0,090</u>	0,083	0,083
	Banda7	0	0,048	0,039	0,034	0,051	0,038	0,055	<u>0,090</u>	0,083	0,083

Célula pintada em cinza – maior valor de reflectância na coluna, para uma mesma cultura.

Célula com valor de reflectância sublinhado - maior valor de reflectância na linha.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o menor valor de reflectância registrado, exceto os valores nulos, foi observado na cultura da soja, na b2; isso está plenamente de acordo com o esperado, posto que a soja apresenta uma completa cobertura do solo e um alto vigor vegetativo, o que garante uma grande absorção da radiação nos comprimentos de onda abrangidos por essa banda. Quanto ao valor máximo, para cana, soja, milho, pastagem e mata, ele ocorreu na b4 devido à alta reflectância dos tecidos vegetais vivos nessa faixa de comprimentos de onda. No caso da palha, sorgo e solo exposto, a resposta mais alta ocorreu na b5, associada à estrutura dos tecidos vegetais desidratados na palha, à arquitetura da inflorescência do sorgo, e às características dos solos predominantes no município, que são os latossolos vermelhos.

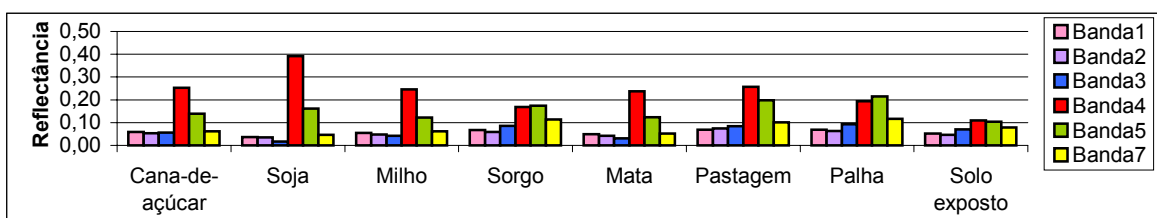
TABELA 2: Valores de reflectância mínimo e máximo, por alvo e por banda, obtidos para os 50 talhões monitorados.

Cobertura do solo (n)	Mínimo						Máximo					
	Banda1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda7	Banda1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda7
Cana-de-açúcar (26)	0,009	0,009	<u>0,000</u>	0,135	0,081	<u>0,000</u>	0,128	0,108	0,178	<u>0,420</u>	0,345	0,216
Soja (22)	<u>0,008</u>	<u>0,001</u>	<u>0,000</u>	0,256	0,090	<u>0,000</u>	0,046	0,052	0,039	<u>0,542</u>	0,202	0,069
Milho (4)	0,041	0,036	0,015	0,165	0,099	<u>0,000</u>	0,110	0,070	0,069	<u>0,355</u>	0,138	0,164
Sorgo (4)	0,045	<u>0,044</u>	0,049	0,109	0,102	<u>0,062</u>	0,115	0,071	0,116	0,219	<u>0,231</u>	0,155
Pastagem (2)	0,042	<u>0,051</u>	0,035	0,176	0,142	<u>0,020</u>	0,152	0,164	0,159	<u>0,391</u>	0,283	0,189
Palha (7)	0,042	<u>0,034</u>	0,037	0,127	0,149	<u>0,050</u>	0,125	0,110	0,178	0,329	<u>0,348</u>	<u>0,238</u>
Solo exposto (15)	0,013	<u>0,008</u>	0,037	<u>0,002</u>	0,062	<u>0,027</u>	0,119	0,088	0,123	0,174	<u>0,186</u>	0,182
Mata (2)	0,019	0,016	0,001	0,163	0,093	<u>0,000</u>	0,109	0,089	0,068	<u>0,333</u>	0,167	0,105

Célula pintada em cinza – menor valor de reflectância na coluna (Mínimo), maior valor de reflectância na coluna (Máximo).

Célula com valor de reflectância sublinhado - menor valor de reflectância na linha (Mínimo), maior valor de reflectância na linha (Máximo).

A comparação entre a reflectância média dos oito alvos estudados pode ser visualizada na Figura 1. A soja apresenta um comportamento bastante distinto das demais culturas, é facilmente identificável. A cana-de-açúcar, o milho e a mata apresentam comportamento bastante semelhante, o que dificulta a sua discriminação baseada exclusivamente na resposta espectral média. O sorgo assemelha-se à palha, provavelmente por ser cultivado sobre a palha da cultura anterior e por não apresentar um desenvolvimento vegetativo vigoroso, pois é cultivado na época da seca em regime de sequeiro. O solo exposto se destaca pelos valores próximos nas seis bandas. A pastagem tem um comportamento semelhante ao da palha, pois quase sempre existe tecido vegetal desidratado na parte baixa das gramíneas utilizadas na região, mas com a diferença de apresentar uma resposta mais alta na b4, característica da parte viva das plantas, também presentes.

**FIGURA 1: Reflectância média dos alvos por banda.**

4. CONCLUSÕES

O programa SPRING permitiu a execução de todas as fases necessárias ao tratamento multitemporal da informação georreferenciada contida em imagens de satélite, facilitando sua interpretação no sentido de identificar culturas agrícolas.

A utilização de um banco de dados multitemporal que preserve a localização espacial da informação é um instrumento muito útil na análise de imagens de satélite com vistas à classificação do tipo de uso do solo.

Em muitos casos a informação da resposta espectral de uma única data não é suficiente para a distinção entre culturas agrícolas, sendo necessário o emprego de informações adicionais de atributos não espectrais da mesma data ou dos dados espectrais multitemporais.

A soja é, entre as culturas presentes no município de Ipuã, a de mais distinto comportamento espectral, sendo facilmente diferenciável dos demais tipos de uso do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAVEZ JR., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 9, p. 459-479, set. 1988.
- GÜRTLER, S.; LUIZ, A.J.B.; EIPHANIO, J.C.N. Uniformização de imagens Landsat para previsão de safras agrícolas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2003. p. 109-116. CD ROM.
- LUIZ, A.J.B.; GÜRTLER, S.; GLERIANI, J.M.; EIPHANIO, J.C.N.; CAMPOS, R.C. Reflectância a partir do número digital de imagens ETM+. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2071-2078. CD ROM.
- SCHOWENGERDT, R.A. **Remote sensing models and methods for image processing**. 2nd Edition, Academic Press, Inc, 1997. 522 p.
- SILVA, P.G.; GRAÇA, P.M.A; SANTOS, J.R.; SHIMABUKURO, Y.E. Avaliação da correção atmosférica e retificação radiométrica em estudos multitemporais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2135-2142. CD ROM.