

Influência do Posicionamento de bandas Sobre a Variabilidade das Linhas de Solo

Lênio Soares Galvão
Ícaro Vitorello

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515, 12201-910 São José dos Campos, SP, Brasil.
lenio@ltid.inpe.br
icaro@dge.inpe.br

Abstract. The effects of the spectral band positioning on the variability of soil lines of soils from southeastern Brazil were studied. The investigation was based on laboratory spectra of air-dried soil samples, which provided the basis for the simulation of red (R) and near-infrared (NIR) bands of some broad- and narrow-band sensors. Line parameters and dispersion statistics were used to evaluate the performance of general and individual soil lines as a function of different band positioning and bandwidth. The results showed that the soil lines obtained with broad or narrow NIR bands placed at shorter wavelengths, in the range of 760-1100 nm, presented better fitted lines than the ones obtained with NIR bands positioned at longer wavelengths in the same range. Consequently, the best results were obtained for sensors such as LANDSAT 5-TM and JERS 1-OPS, and the worst results were obtained for LANDSAT 5-MSS and NOAA 11-AVHRR. The use of adequately positioned narrow NIR/R bands produced closely similar results to the use of broad NIR/R bands.

Keywords: soil lines, band positioning, radiometry.

1 Introdução

Em geral, o conceito de linha do solo envolve a relação entre os valores de radiância ou reflectância das bandas do vermelho (VM) e do infravermelho próximo (IVP). Este conceito é a base da determinação de vários índices de vegetação que podem ser usados, por exemplo, para estimativas de índices de área foliar e da percentagem de cobertura de vegetação verde (Tucker, 1979; Asrar et al., 1984; Wiegand et al., 1991; Elvidge e Chen, 1995). Na prática, não existe uma linha de solo geral ou única, ou seja, que represente adequadamente todos os tipos de solos. Consequentemente, o solo pode ter uma forte influência sobre a determinação dos índices de vegetação, dependendo de suas propriedades espectrais e, obviamente, do tipo e quantidade de vegetação presente (Huete et al., 1984; 1985).

Do ponto de vista do sensoriamento remoto, os índices de vegetação são geralmente calculados a partir dos dados espectrais coletados por um grande número de sensores orbitais ou aerotransportáveis, cujas bandas do vermelho e do infravermelho próximo estão posicionadas em intervalos espectrais não-coincidentes. Neste trabalho, o efeito do posicionamento de bandas amplas e estreitas sobre a variabilidade das linhas de solo de solos da região sudeste do Brasil é discutido. Com base em espectros de reflectância obtidos em laboratório, o par de bandas que fornece o melhor ajuste destas linhas, e portanto minimiza a influência do solo no cálculo dos

índices de vegetação, é indicado. Os parâmetros de uma linha de solo geral são comparados com parâmetros de linhas de solo individuais obtidas para alguns tipos de solos.

2 Metodologia

2.1 - Espectros de Reflectância das Amostras de Solos

Os 52 espectros de reflectância utilizados neste trabalho foram coletados por Epiphany et al. (1992), através do uso do espectrorradiômetro IRIS (Infra-Red Intelligent Spectroradiometer). As amostras do horizonte superficial de 14 tipos de solos foram iluminadas por uma lâmpada de tungstênio de 600 Watts de potência, posicionada a 15° do nadir. Uma placa de spectralon de reflectância conhecida foi usada como referência para a obtenção do Fator de Reflectância Bidirecional (FRB). As amostras foram medidas na condição de Terra Fina Seca ao Ar. Os dados espectrais foram obtidos em intervalos espectrais de 2 nm, entre 400-1000 nm, e de 4 nm entre 1000-2500 nm.

As amostras incluíram os tipos de solos: Latossolo Roxo (LR), Terra Roxa Estruturada (TE), Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Latossolo Variação Una (LU), Latossolo Vermelho-Amarelo (LA), Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), Podzólico Vermelho-Escuro (PE), Cambissolo (CB), Latossolo Húmico (LH), Podzólico Roxo (PR), Podzol (PZ), Brunizém Avermelhado (BV), Areia Quartzosa (AQ), e solos Hidromórficos (HI). Mais detalhes sobre o procedimento de aquisição de dados e características físico-químicas destes solos podem ser encontrados em Epiphany et al. (1992).

2.2 – Análise dos dados

A análise dos espectros restringiu-se ao intervalo 500-1100 nm, onde estão posicionadas as bandas do VM e IVP da maioria dos sensores orbitais. Estas bandas são utilizadas no cálculo de índices de vegetação convencionais como, por exemplo, o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e o SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index).

A partir dos espectros de reflectância das amostras de solos, simulou-se os intervalos espectrais nominais, relacionados na **Tabela 1**, equivalentes as bandas do VM e IVP dos seguintes sensores: LANDSAT 5-MSS e -TM; NOAA 11-AVHRR; SPOT 3-HRV; JERS 1-OPS; e MODIS-EOS. Considerou-se, também, a simulação de dois pares de bandas estreitas VM/IVP (SB1 e SB2) e dois pares de bandas estreitas IVP/IVP (SB3 e SB4), todas com 20 nm de largura. Conforme mostrado na **Tabela 2**, a banda do IVP de SB2 representa um posicionamento espectral extremo em relação a banda do IVP de SB1. SB3 e SB4 foram incluídos neste estudo em função do uso potencial das bandas IVP/IVP como uma alternativa ao cálculo dos convencionais índices de vegetação, conforme destacado no trabalho de Malthus et al. (1993).

Linhas de solo geral e individuais foram calculadas a partir das bandas amplas e estreitas relacionadas, respectivamente, nas **Tabelas 1 e 2**. Os resultados foram comparados entre si. O ajuste das linhas de solo, ou da relação entre as bandas do VM e IVP (ou IVP *versus* IVP para SB3 e SB4), foi avaliado através do cálculo do intercepto das linhas (b), da declividade (a), do coeficiente de determinação (r^2) e do erro quadrático médio (RMS).

3 Resultados e Discussão

A **Tabela 3** mostra os coeficientes das linhas de solos (declividade e intercepto) e os parâmetros estatísticos (coeficiente de determinação e erro quadrático médio) para a linha de solo geral, obtida a partir de 52 espectros de reflectância, em função do posicionamento das bandas amplas dos sensores listados na **Tabela 1**. Resultados para linhas de solos individuais de 6 tipos de solos (LR, TE, LE, LU, LA e PV) que compõem a linha geral também são apresentados. Os solos estão posicionados na **Tabela 3** em ordem crescente de albedo.

Os resultados da **Tabela 3** mostram que as linhas de solo apresentam declividades que tendem a aumentar e interceptos que tendem a diminuir, em função do aumento do albedo dos solos. Portanto, solos de baixo albedo (p. ex., LR e TE) possuem linhas com declividades menores que 1 e valores de intercepto maiores do que os observados para solos de albedo intermediário a alto (p. ex., LA e PV). Comparando os parâmetros da linha geral com os das linhas individuais, em função do posicionamento de bandas dos diferentes sensores, é possível observar que a declividade das linhas tende a se deslocar para valores próximos a 1 quando a banda do IVP muda na direção de menores comprimentos de onda, ou seja, do MSS para o TM. Nesta mesma sequência de mudança de bandas, o intercepto tende a se deslocar para valores próximos de zero. Em relação aos resultados obtidos para JERS 1-OPS e SPOT 3-HRV, que não foram mostrados na **Tabela 3** para facilitar a discussão, o primeiro apresenta resultados intermediários entre o TM e o MODIS, enquanto o último apresenta resultados aproximadamente equivalentes aos do TM.

Em termos de dispersão de dados, as linhas de solo obtidas com a banda do IVP posicionada em menores comprimentos de onda (p. ex., linhas para o TM) tendem a apresentar melhores correlações e menores valores de RMS do que as linhas obtidas com a banda do IVP situada em maiores comprimentos de onda (p. ex., linhas para o MSS). As linhas dos solos de baixo albedo (LR e TE) tendem a apresentar correlações mais pobres e menores valores de RMS do que os outros solos, em função da maior homogeneidade espectral de seus valores de reflectância e do formato de seus espectros.

A **Tabela 4** apresenta os resultados no contexto dos pares de bandas estreitas IVP/VM e IVP/IVP relacionadas na **Tabela 2**. No que se refere aos pares de bandas IVP/VM (SB1 e SB2), as linhas de solos para SB2 apresentam valores de declividade mais próximos de 1 e intercepto mais próximos de zero. Os melhores resultados obtidos para SB2, em relação a SB1, ocorrem em função do posicionamento de sua banda do IVP em menores comprimentos de onda, o que é concordante com os resultados obtidos na **Tabela 3**.

Para os pares de bandas IVP/IVP, os melhores resultados foram obtidos para SB4. De fato, o uso de bandas IVP/IVP produz melhores linhas de solo do que as obtidas com o uso dos convencionais pares de bandas IVP/VM. Entretanto, uma das principais restrições para a sua aplicação no cálculo de índices de vegetação é a consequente redução do contraste espectral entre solo e vegetação.

Os resultados obtidos nas **Tabelas 3 e 4** são ilustrados graficamente na **Figura 1**, que mostra as linhas de solo geral obtidas a partir da simulação de sensores com diferentes posicionamento de bandas. Para o par de bandas IVP/VM, a declividade das linhas desloca-se para valores próximos a 1 e o intercepto para valores próximos a zero, de SB1 para o TM, em função do deslocamento da banda do IVP para menores comprimentos de onda. A linha para as bandas estreitas de SB2, que não foi mostrada na **Figura 1** para uma melhor representação

gráfica, apresenta resultados apenas levemente melhores do que os obtidos com as amplas bandas do TM. A linha de solo de SB1, em relação a do MSS, apresenta piores resultados tipicamente em decorrência de dois fatores: o posicionamento extremo de sua banda do IVP e a sua largura estreita associada.

4 Conclusões

As linhas de solo obtidas com sensores com bandas do IVP amplas (p.ex, LANDSAT 5-TM, JERS 1-OPS, e SPOT 3-HRV) ou estreitas (p. ex., SB2), posicionadas em menores comprimentos de onda, produzem melhores linhas de solo do que sensores com bandas do IVP situadas em maiores comprimentos de onda (p. ex., NOAA 11-AVHRR e LANDSAT 5-MSS). Portanto, com o deslocamento da banda do IVP para menores comprimentos de onda, a influência dos diferentes tipos de solos sobre o cálculo dos índices de vegetação tende a ser minimizada. De acordo com Galvão e Vitorello (1998), isto ocorre porque este deslocamento reduz o contraste espectral resultante da interação composicional entre o conteúdo de matéria orgânica e o de óxidos de ferro nos solos da região sudeste do Brasil.

Quando comparadas com as bandas amplas do TM, as bandas estreitas de SB2 produzem apenas resultados levemente melhores. Isto ocorre devido ao fato do ruído associado a redução da largura do intervalo espectral afetar as relações lineares entre os pares de bandas.

Os autores agradecem aos Drs. José Carlos Neves Epiphany e Antônio Roberto Formaggio por fornecerem os espectros de reflectância utilizados neste estudo.

Referências

- Asrar, G.; Fuchs, M.; Kanemasu, E.T.; Hatfield, J.L. Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agronomy Journal*, **76**:300-306, 1984.
- Elvidge, C.D.; Chen, Z. Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, **54**:38-48, 1995.
- Epiphany, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M.; Oliveira, J.B. de. Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo. INPE Publicação Interna 5424, São José dos Campos, SP, 1992.
- Galvão, L.S.; Vitorello, I. Variability of laboratory measured soil lines of soils from southeastern Brazil. *Remote Sensing of Environment*, **63**:166-181, 1998.
- Huete, A.R.; Post, D.F.; Jackson, R.D. Soil spectral effects on 4-space vegetation discrimination. *Remote Sensing of Environment*, **15**:155-163, 1984.
- Huete, A.R.; Jackson, R.D.; Post, D.F. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. *Remote Sensing of Environment*, **17**:37-53, 1985.
- Malthus, T.J.; Andrieu, B.; Danson, F.M.; Jaggard, K.W.; Steven, M.D. Candidate high spectral resolution infrared indices for crop cover. *Remote Sensing of Environment*, **46**:204-212, 1993.

- Tucker, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, **8**:127-150, 1979.
- Wiegand, C.L.; Richardson, A.J.; Escobar, D.E.; Gebermann, A.H. Vegetation indices in crop assessments. *Remote Sensing of Environment*, **35**:105-119, 1991.

Tabela 1 - Intervalos espectrais das bandas do vermelho e do infravermelho próximo de alguns sensores.

Sensor	Vermelho (nm)	Infravermelho (nm)
LANDSAT 5-MSS	600-700	800-1100
NOAA 11-AVHRR	580-680	725-1100
LANDSAT 5-TM	630-690	760-900
SPOT 3-HRV	610-680	790-890
JERS 1-OPS	630-690	760-860
MODIS-EOS	620-670	841-876

Tabela 2 - Posicionamento espectral de 4 pares de bandas estreitas (20 nm de largura).

Pares de Bandas Selecionadas	Intervalo Espectral (nm)
SB1 (VM/IVP)	620-640/1080-1100
SB2 (VM/IVP)	620-640/760-780
SB3 (IVP/IVP)	900-920/1080-1100
SB4 (IVP/IVP)	980-1000/1080-1100

Tabela 3 - Parâmetros das linhas de solo geral e individuais [declividade (a) e intercepto (b)] e valores estatísticos [coeficiente de determinação (r^2) e erro quadrático médio (RMS)] para diferentes posicionamentos de bandas. Os intervalos espectrais das bandas do vermelho e do infravermelho próximo utilizados para cada sensor estão listados na Tabela 1. N representa o número de amostras utilizado nas determinações. As abreviações dos solos são explicadas no texto.

Solo	N	Sensor	a	b	r^2	RMS
LR	12	TM	0,60	6,85	0,55	0,29
		MODIS	0,63	6,38	0,54	0,33
		AVHRR	0,46	9,03	0,39	0,51
		MSS	0,37	9,70	0,14	0,92
TE	4	TM	0,90	3,72	0,54	0,46
		MODIS	0,62	7,37	0,32	0,70
		AVHRR	0,23	12,9	0,04	0,73
		MSS	0,20	13,1	0,03	1,00
LE	6	TM	1,19	0,54	0,65	3,14
		MODIS	1,22	0,54	0,56	4,37
		AVHRR	1,36	0,85	0,54	5,18
		MSS	1,46	-1,66	0,51	7,42
LU	4	TM	1,24	-0,26	0,98	0,35
		MODIS	1,36	-1,90	0,97	0,46
		AVHRR	1,30	0,35	0,95	0,78
		MSS	1,33	-1,21	0,92	1,41
LA	5	TM	1,36	-1,03	0,88	1,28
		MODIS	1,39	-0,45	0,76	3,46
		AVHRR	1,77	-4,24	0,83	2,83
		MSS	1,70	-3,93	0,62	9,72
PV	6	TM	1,24	3,05	0,97	4,10
		MODIS	1,29	4,02	0,95	6,30
		AVHRR	1,31	6,22	0,91	12,20
		MSS	1,37	3,88	0,92	13,51
Geral	52	TM	1,36	-1,17	0,95	3,70
		MODIS	1,45	-1,61	0,92	7,03
		AVHRR	1,52	-0,41	0,89	9,19
		MSS	1,54	-1,67	0,87	12,90

Tabela 4 - Parâmetros das linhas de solo geral e individuais [declividade (a) e intercepto (b)] e valores estatísticos [coeficiente de determinação (r^2) e erro quadrático médio (RMS)] para diferentes pares de bandas estreitas. Os intervalos espectrais destas bandas estão listados na Tabela 2. N representa o número de amostras utilizado nas determinações. As abreviações dos solos são explicadas no texto.

Solo	N	Par de Bandas	a	b	r^2	RMS
LR	12	SB1	0,38	10,19	0,08	1,93
		SB2	0,58	7,88	0,65	0,22
		SB3	1,43	-5,35	0,75	0,52
		SB4	1,23	-3,05	0,95	0,10
TE	4	SB1	-0,50	22,00	0,10	2,12
		SB2	0,50	9,25	0,25	0,75
		SB3	1,01	1,25	0,42	1,37
		SB4	1,43	-6,43	0,94	0,14
LE	6	SB1	1,36	3,06	0,29	16,81
		SB2	0,96	5,90	0,56	2,70
		SB3	1,38	-4,83	0,99	0,17
		SB4	1,19	-2,58	0,99	0,29
LU	4	SB1	1,44	-1,19	0,85	3,49
		SB2	1,23	0,96	0,96	0,63
		SB3	1,26	-4,31	0,98	0,40
		SB4	1,25	-4,29	0,99	0,16
LA	5	SB1	1,96	-2,73	0,55	17,06
		SB2	1,23	2,03	0,98	0,14
		SB3	1,33	-2,77	0,97	1,01
		SB4	1,12	-0,55	0,99	0,28
PV	6	SB1	1,35	12,14	0,77	39,63
		SB2	1,23	3,81	0,98	0,14
		SB3	1,06	4,53	0,96	7,35
		SB4	1,05	1,11	0,99	1,56
Geral	52	SB1	1,77	-1,16	0,76	33,44
		SB2	1,34	0,43	0,96	2,23
		SB3	1,21	-1,15	0,97	4,12
		SB4	1,11	-0,94	0,99	0,88

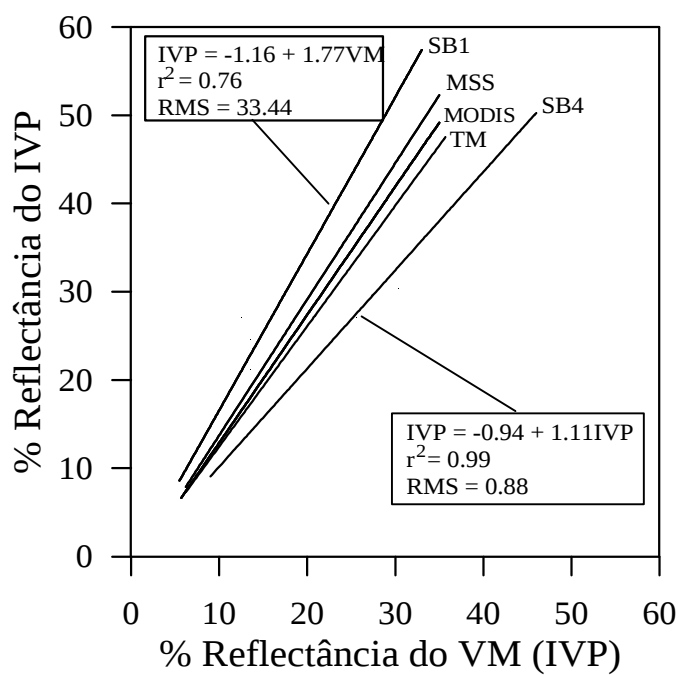


Figura 1 - Influência do posicionamento de bandas sobre as linhas gerais de solo (IVP/VM e IVP/IVP), obtidas a partir de 52 espectros de reflectância de laboratório. Os parâmetros das linhas para SB1 e SB4 estão indicados.