

# Caracterização e comparação do comportamento espectral de atributos do solo obtidos por sensores orbitais (ASTER e TM) e terrestre (IRIS)

## Characterization and comparison of soil spectral response obtained from orbital (ASTER and TM) and terrestrial (IRIS) sensors

Aline Marques Genú<sup>1(\*)</sup>  
José Alexandre Melo Demattê<sup>2</sup>  
Marcos Rafael Nanni<sup>3</sup>

### Resumo

A utilização, cada vez maior, de informações obtidas por sensoriamento remoto para o estudo de solos torna necessária a avaliação do seu comportamento espectral e de seus atributos. Dessa forma, o presente trabalho objetiva caracterizar o comportamento espectral de atributos do solo a partir de dados obtidos pelo sensor ASTER e compará-lo com o sensor orbital TM-Landsat e terrestre IRIS. Para tanto, foram utilizados dados analíticos de solos da região de Rafard, (SP) e informações obtidas por sensores de satélite e terrestre. As informações foram alocadas sobre a imagem ASTER para a obtenção dos dados de reflectância. Posteriormente, as amostras foram agrupadas em classes para os atributos matéria orgânica, saturação por bases, ferro total e textura para os três sensores utilizados e, as respostas espectrais foram comparadas e caracterizadas. Concluiu-se que o sensor terrestre IRIS é o que melhor discrimina os atributos do solo por ter maior resolução espectral e as bandas dos sensores orbitais ASTER e TM apresentaram correlação negativa para os atributos matéria orgânica, ferro total e argila.

**Palavras-chave:** comportamento espectral; sensores remotos; atributos do solo.

1 Dra.; Professora do Departamento e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, UNICENTRO; Endereço: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil; E-mail: agenu@unicentro.br (\*) Autora para correspondência.

2 PhD.; Engenheiro Agrônomo; Professor do Departamento de Ciência do Solo da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Avenida Pádua dias, 11, CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil; E-mail: jamdemat@esalq.usp.br

3 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, UEM; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Avenida Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil; E-mail: mrnanni@uem.br

Recebido para publicação em 02/10/2011 e aceito em 05/03/2013

Ambiência Guarapuava (PR) v.9 n.2 p. 279 - 288 Maio/Ago. 2013 ISSN 1808 - 0251

DOI:10.5777/ambiencia.2013.02.03

## Abstract

The increasing use of information obtained from remote sensing for soil science make it necessary the evaluation of soil spectral response and their attributes. The objective of this work was to characterize soil attributes spectral response from data obtained of ASTER sensor and compare with TM – Landsat orbital sensor and IRIS terrestrial sensor. For this, were used analytical data of soil from Rafard, (SP) and information obtained through satellite and terrestrial sensors. After that, the samples points were allocated over ASTER images to obtain de orbital reflectance data. Later, the samples were grouped in classes for organic matter, basis saturation, total iron and texture for all three sensors and the spectral response were compared and characterized. The conclusions are that IRIS terrestrial sensor is the best one for soil attributes discrimination due to its higher spectral resolution and the ASTER and TM orbital sensors bands presented a negative correlation for organic matter, total iron and texture.

**Key words:** spectral response; remote sensors; soil attributes.

## Introdução

Os solos possuem uma alta variabilidade, são componentes dinâmicos do ambiente e sua sustentabilidade é essencial para o funcionamento do ecossistema, afetando a produtividade agrícola. Para o monitoramento, caracterização e avaliação deste recurso natural, o sensoriamento remoto vem sendo cada vez mais utilizado.

As informações sobre o solo utilizando-se sensoriamento remoto podem ser obtidas em três níveis: (i) terrestre, utilizando-se sensores no campo ou em laboratório; (ii) aéreas, a partir de sensores a bordo de aeronaves e (iii) orbital, com sensores a bordo de satélites.

A análise de uma amostra de terra ou de uma área definida no campo se caracteriza como pontual. A junção de várias informações pontuais inicia o processo de avaliação espacial. Para se chegar ao nível espacial, é preciso entender o objeto pontualmente, como será realizado neste trabalho. Assim, os

dados obtidos em laboratório, utilizando-se espectralradiômetros permitem a observação detalhada da curva espectral do solo, na faixa do visível ao infravermelho. O comportamento espectral do solo é uma propriedade cumulativa que deriva do comportamento dos seus constituintes minerais, orgânicos e fluidos (MADEIRA NETTO, 2001), sendo então possível identificá-los no solo.

Os primeiros trabalhos, avaliando solos mediante sua resposta espectral, foram realizados nas décadas de 60 e 70 como os de Bowers; Hanks (1965) e Hunt; Salisbury (1970). Desde então, muito vem sendo acrescentado sobre as propriedades de reflectância dos solos e quais os atributos que mais influenciam sua resposta espectral e de que forma isso ocorre.

Os sistemas sensores orbitais, desde o seu início, foram utilizados com o objetivo de discriminar e mapear solos assim como quantificar os seus atributos (FIORIO, 2002). O fundamento para a interpretação

dessas imagens orbitais, no entanto, é o entendimento e observação dos trabalhos realizados em campo e laboratório.

Novos sistemas sensores e satélites de observação vêm sendo desenvolvidos e lançados como o sensor ASTER a bordo do satélite TERRA. O sensor ASTER captura dados de alta resolução espacial em 14 bandas, que vão do visível ao infravermelho termal (FUJISADA et al., 2005). O satélite mais utilizado é o Landsat, sensor TM, cujos padrões vinham sendo obtidos e interpretados, com o fim da sua vida útil, a comunidade busca alternativas. No caso, o ASTER apresenta boas características e deve ser melhor estudado.

Não se tem informações sobre os solos tropicais brasileiros avaliados pelo ASTER, portanto devem ser simultaneamente comparados ao sensor TM. Da mesma forma, para a correta interpretação de dados obtidos por sensores orbitais, estes podem ser comparados com informações obtidas por sensor terrestre com melhor resolução espectral, fornecendo informações mais detalhadas em relação à resposta espectral dos solos.

A interação da energia eletromagnética com o solo gera o seu comportamento espectral, que pode ser alterado dependendo da variabilidade de seus constituintes, permitindo a diferenciação de classes de solos e de seus atributos. Dessa forma, este trabalho objetiva caracterizar a assinatura espectral de atributos do solo a partir dos dados espectrais obtidos por sensor terrestre (IRIS) e orbital (ASTER e TM).

## Material e Métodos

A área de estudo, com aproximadamente 184 ha e margeada pelo rio Capivari, localiza-

se no município de Rafard, sudoeste do estado de São Paulo. É delimitada pelas coordenadas geográficas 23°00'31,37"–22°58'53,97" latitude Sul e 53°39'47,81" – 53°37'25,65" longitude Oeste.

A geologia da região pertence à formação Itararé, Grupo Tubarão (IPT, 1981) constituindo-se de arenitos de granulação heterogênea, argilitos e folhelhos de colorações variadas desde cinza claro ao escuro. A área possui ainda basaltos da formação Serra Geral, Grupo São Bento e próximo ao rio, foi observada grande quantidade de seixos.

A área de estudo foi demarcada e estaqueada em forma de grade regular de 100x100 m gerando 184 pontos, perfazendo 184 hectares. Cada estaca foi georreferenciada com receptor GPS trimble PRO-XR submétrico e pós-processado e a amostra coletada na profundidade de 0-20 cm.

As amostras de terra foram posteriormente secas em estufa a 50 °C por 48 horas e peneiradas (2 mm); na fração menor que 2 mm foram efetuadas as análises físicas e químicas. Para a análise física, foram determinados os teores de areia, silte e argila a partir do método do densímetro (CAMARGO et al., 1986). Para as análises químicas, determinou-se pH em água e KCl, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> e matéria orgânica (MO) de acordo com Raij; Quaggio (1989). A partir desses dados, obteve-se o valor da soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). O ferro total (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), a sílica (SiO<sub>2</sub>) e o titânio (TiO<sub>2</sub>) foram determinados pelo ataque sulfúrico, de acordo com a metodologia descrita por Camargo et al. (1986). As análises foram realizadas no ano de 1997.

Os dados espectrais foram obtidos nos níveis orbital e terrestre. No nível orbital,

utilizaram-se duas imagens de sensores distintos, TM-Landsat 5 (Bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7) com data de passagem em 27 de agosto de 1997 e órbita/ponto 220/076 e ASTER-TERRA (Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) com data de 6 de agosto de 2004.

Para a conversão dos níveis digitais da imagem para reflectância e para eliminar o efeito da atmosfera na imagem de satélite utilizou-se a correção atmosférica no programa 5S (TANRÉ et al., 1992) para a imagem TM-Landsat e o programa *Atmospheric Correction Now* - ACORN (AIG, 2001) para ASTER.

Posteriormente, a correção geométrica das imagens se fez necessária para integrá-las com uma base cartográfica. Dessa forma, coletaram-se pontos de controle da área de estudo com o GPS trimble PRO-XR, submétrico e pós-processado de acordo com os procedimentos descritos por Crósta (1992). Esta correção geométrica foi feita no programa ENVI (RSI, 2005). O sistema de projeção e Datum utilizados foram UTM e SAD-1969, respectivamente.

Para a coleta dos dados espectrais orbitais, a informação da posição dos 184 pontos de amostragem foi sobreposta a composições coloridas das imagens utilizadas. A coleta dos dados espectrais terrestres, foi realizada em amostras de terra secas e peneiradas acondicionadas em placas de petri de 9 cm de diâmetro para a realização das leituras espectrais no sensor IRIS (*Infra Red Intelligent Spectroradiometer*) com resolução espectral de 2 nm (de 400-1000 nm) e de 4 nm (1000-2500 nm).

A geometria do sistema foi baseada no posicionamento perpendicular do sensor em relação à amostra, mantendo entre ambos uma distância de 27 cm. A fonte de iluminação foi posicionada a 61 cm da

amostra, formando um ângulo de 20° com o zênite. O padrão de referência absoluto utilizado foi uma placa de espectralon branca. A razão espectral entre o fluxo de radiação refletido pela superfície de referência e a amostra gerou o fator de reflectância bidirecional (NICODEMUS et al., 1977).

Na sequência, os dados espectrais das amostras de terra, ao nível de laboratório, foram agrupadas por classe de solo e em seguida geradas as curvas espectrais médias. Nos pixels onde os pontos de amostragem georreferenciados foram sobrepostos às imagens ASTER e TM, foram extraídos os dados de reflectância das cenas, o que permitiu comparar a forma e intensidade das curvas espectrais destes três sensores.

Posteriormente, realizou-se uma avaliação de atributos do solo agrupando as amostras de terra em relação a cada um deles separadamente e, na sequência, avaliando-os com os dados espectrais em intervalos de interpretação. Para a matéria orgânica (em g dm<sup>-3</sup>), utilizaram-se as classes alta (MO > 25), média (15 < MO < 25) e baixa (MO < 15) (TOMÉ JÚNIOR., 1997); para saturação por bases (em %) utilizou-se distrófico (V < 50) e eutrófico (V > 50) (TOMÉ JÚNIOR., 1997); ferro total (em g kg<sup>-1</sup>) foi dividido em hipoférrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> < 80), mesoférrico (80 < Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> < 180) e férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 180) (EMBRAPA, 2006) e para textura, utilizaram-se as seguintes classes quanto ao teor de argila (TA, em g kg<sup>-1</sup>): arenosa (TA < 150), média arenosa (150 < TA < 250), média argilosa (250 < TA < 350), argilosa (350 < TA < 600) e muito argilosa (TA > 600) (DEMATTÊ et al., 2005).

Foram realizadas análises de correlação entre os atributos do solo e

as bandas dos sensores ASTER e TM-Landsat, mediante o procedimento *proc corr* do programa *Statistical Analysis System* (SAS, 1999).

## Resultados e Discussão

O teor de matéria orgânica, que foi dividido nas classes alto, médio e baixo, mostra que quanto maior o teor de matéria orgânica, maior é a absorção de energia e, conseqüentemente, menor reflectância, comportamento este observado para os três sensores (Figura 1a). Além disso, normalmente elevados teores de matéria orgânica estão relacionados a maiores teores

de argila nos solos (DALMOLIN et al., 2005). Este resultado concorda com os obtidos por Dalmolin et al. (2005) e Demattê et al. (2003a) que verificaram que a remoção da matéria orgânica do solo promove o aumento da intensidade de reflectância em todo o espectro .

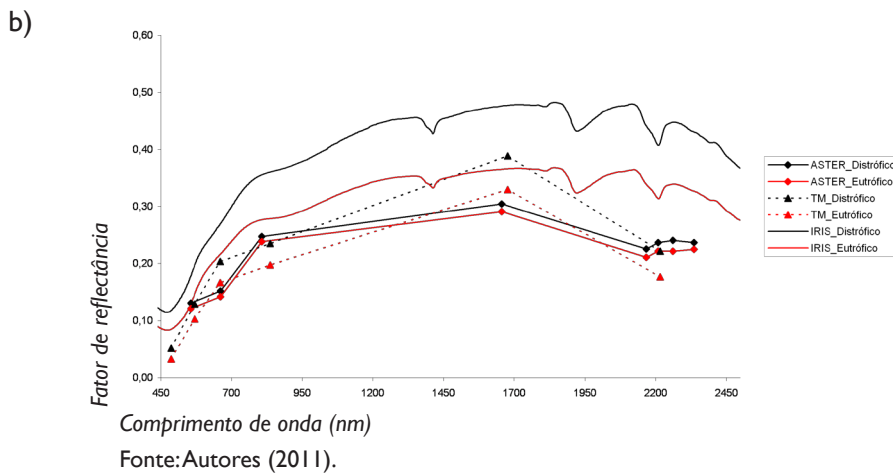
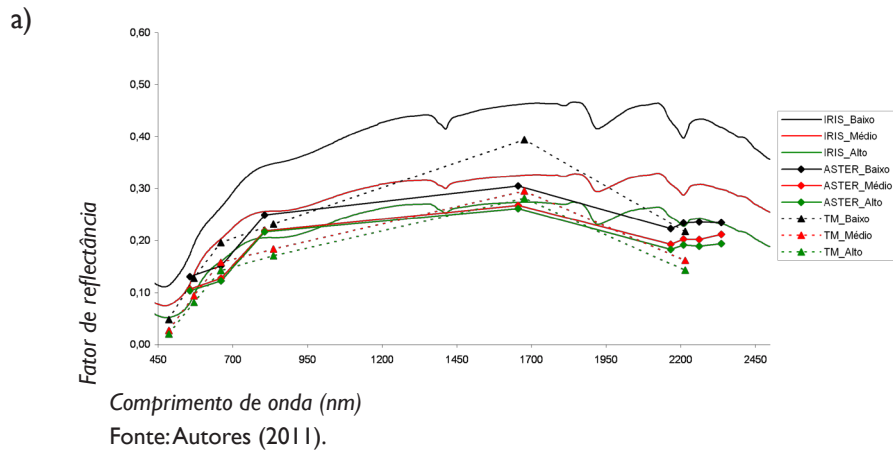
Esse resultado, também, demonstra que existe uma correlação negativa entre matéria orgânica e reflectância, o que pode ser verificada para todas as bandas dos sensores orbitais ASTER e TM (Tabela 1). A correlação negativa indica que quanto maior o teor de matéria orgânica, menor a intensidade de reflectância, em todo o espectro.

Tabela 1- Coeficientes de correlação entre os dados espectrais ASTER e TM e atributos do solo

Bandas	Matéria Orgânica	Ferro Total (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Saturação por bases	Argila
ASTER 1	-0,44	-0,62	0,03	-0,57
ASTER 2	-0,41	-0,52	-0,01	-0,49
ASTER 3	-0,42	-0,57	0,08	-0,54
ASTER 4	-0,40	-0,60	0,04	-0,58
ASTER 5	-0,45	-0,57	0,02	-0,60
ASTER 6	-0,41	-0,57	0,03	-0,57
ASTER 7	-0,42	-0,57	-0,03	-0,59
ASTER 8	-0,43	-0,59	-0,02	-0,60
TM 1	-0,47	-0,73	-0,44	-0,73
TM 2	-0,51	-0,71	-0,46	-0,68
TM 3	-0,49	-0,66	-0,49	-0,62
TM 4	-0,51	-0,72	-0,42	-0,70
TM 5	-0,47	-0,67	-0,34	-0,66
TM 7	-0,53	-0,73	-0,43	-0,70

Fonte: Autores (2011).

Figura 1- Curvas espectrais médias das classes de Matéria Orgânica (a) e Saturação por Bases (b), obtidas pelos sensores IRIS (terrestre), ASTER e TM (orbitais)



As curvas espectrais para saturação por bases mostraram que quanto maior o V%, menor a reflectância, ou seja, a resposta espectral das amostras eutróficas foi menos intensa que das amostras distróficas (Figura 1b) para todos os sensores estudados. A análise de correlação das bandas TM com o V% mostrou coeficientes em torno de 0,4 e negativos para todas as bandas (Tabela 1). Isso significa que a saturação por bases afeta a curva em todo o espectro eletromagnético

e, quanto maior o V%, menor a reflectância. Isso não foi verificado para as bandas ASTER, com coeficientes muito baixos, e em sua maioria positivos (Tabela 1). Sousa Junior (2005), estudando solos do Estado de São Paulo observou, para curvas espectrais ASTER, que amostras eutróficas refletiam menos que as distróficas. Por outro lado, Demattê et al. (1998) demonstraram que a aplicação de carbonato de cálcio altera a resposta espectral de solos, tendo

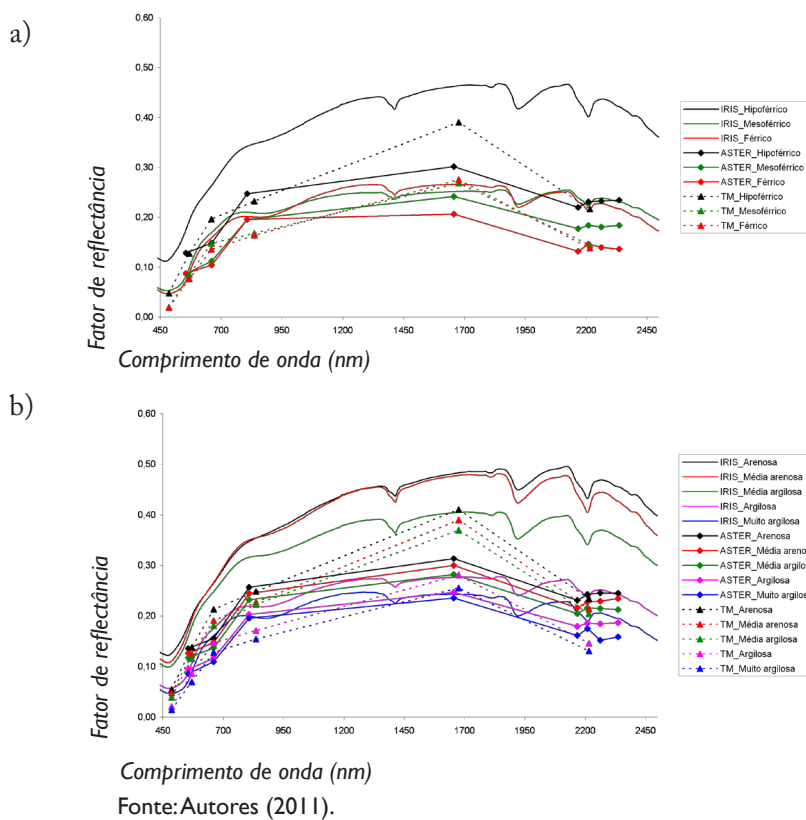
aumento significativo no teor de cálcio e na intensidade de reflectância. Uma possível explicação para este resultado seria o efeito do manejo químico realizado na área ter afetado a resposta espectral orbital do solo para o sensor ASTER quando comparado com o TM, pois a data da imagem Landsat é mais próxima do período que se realizou as análises de laboratório do que a imagem ASTER.

Demattê et al. (2003b), utilizando sensor IRIS, em laboratório, verificaram que o aumento do cálcio na saturação por bases promove aumento na intensidade de reflectância do solo, concordando com os dados do presente trabalho quando se utiliza o IRIS. Os resultados observados neste

trabalho, para ASTER e TM, assim como os de Sousa Junior (2005) demonstram o contrário ao se avaliar a saturação por bases em imagem de satélite.

Duas são as diferenças principais entre sensor em laboratório e orbital, área de avaliação que no caso do laboratório corresponde a 2 cm<sup>2</sup> enquanto que no satélite é de 900 m<sup>2</sup> e a interferência atmosférica. A variabilidade de atributos físicos como argila e ferro deve ser menor, além de ter maior peso na influência espectral. A parte química, em contrapartida, é extremamente detalhada, podendo ter alta variação em pequenas distâncias. Isso faz com que quando avaliada, amostra por amostra, o resultado é mais preciso. Ao nível orbital, entretanto,

Figura 2 - Curvas espectrais médias das classes de Ferro Total (a) e Textura (b) obtidas pelos sensores IRIS (terrestre), ASTER e TM (orbitais).



há uma área muito grande de amostra, cujo resultado final é uma média.

O teor de ferro total, obtido através do método do ataque sulfúrico, foi subdividido nas classes hipoférrico, mesoférrico e férrico. Observando-se as curvas espectrais obtidas pelos três sensores (Figura 2a) verifica-se que a classe hipoférrico apresenta uma maior intensidade de reflectância que as outras duas classes embora as outras possuam respostas muito próximas. A presença de ferro no solo influencia o comportamento da curva, diminuindo o albedo conforme aumenta seu teor no solo (DALMOLIN et al., 2005). Esta relação entre ferro e reflectância também é verificada pelos altos coeficientes de correlação negativa entre todas as bandas dos sensores orbitais e o ferro total (Tabela 1).

Os óxidos de ferro apresentam feições típicas, principalmente na região de 900 nm, que são mais intensas quanto maiores forem seus teores (DEMATTE et al., 2003a), o que pode ser observado nas curvas espectrais das classes mesoférrico e férrico (Figura 2a), que possuem neste comprimento de onda uma banda de absorção mais intensa que o hipoférrico na curva IRIS.

Com relação à textura, quanto menor o teor de argila, maior a intensidade de reflectância das curvas espectrais orbitais e terrestres (Figura 2b), pois

solos mais arenosos tendem a ter na sua constituição mineralógica basicamente quartzo, que apresenta alta resposta em todo o espectro, soma-se a isso o fato de que geralmente apresentam baixos teores de matéria orgânica, óxidos de ferro e água (DALMOLIN et al., 2005).

A análise de correlação confirma o resultado, mostrando que existe uma alta relação entre o teor de argila e as bandas espectrais orbitais, com coeficientes em torno de 0,70 para TM e 0,56 para ASTER, ambos negativos para todas as bandas (Tabela 1).

De forma geral, verificou-se correlação melhor entre os atributos matéria orgânica, ferro total e argila com as bandas TM. As bandas ASTER, também, geraram bons resultados, porém com coeficientes de correlação mais baixos (Tabela 1).

## Conclusões

1. O sensor terrestre IRIS é o que melhor discrimina atributos do solo por ter maior resolução espectral;
2. Há correlação negativa entre os atributos matéria orgânica, ferro total e argila e as bandas dos sensores orbitais ASTER e TM.

## Referências

AIG. Analytical Imaging and Geophysics. **Atmospheric correction now (ACORN)** 3.12. Boulder, 2001. 1 CD-ROM.

ASTER-TERRA. Imagem de satellite. [S.I.], 2004. Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

BOWERS, S. A.; HANKS, R. J. Reflection of radiant energy from soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 100, n. 2, p. 130-138, Feb., 1965.



CAMARGO, A. O. de; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas: IAC, 1986. 94 p. (IAC. Boletim Técnico, 106).

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. 170 p.

DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; KLAMT, E.; DICK, D. P. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 481-489, mar./abr. 2005.

DEMATTÊ, J. A. M.; GARCIA, G. J.; PROCHNOW, L. I. Variações induzidas de atributos químicos e sua influência na reflectância espectral de três solos do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 479-490, 1998.

DEMATTÊ, J. A. M.; EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Influência da matéria orgânica e de formas de ferro na reflectância de solos tropicais. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 451-464, set/dez., 2003a.

DEMATTÊ, J. A. M.; PEREIRA, H. S.; NANNI, M. N.; COOPER, M.; FIORIO, P. R. Soil chemical alterations promoted by fertilizer application assessed by spectral reflectance. **Soil Science**, Philadelphia, v. 168, n. 10, p. 730-747, Oct., 2003b.

DEMATTÊ, J. A. M.; MORETTI, D.; VASCONCELOS, A. C. F.; GENÚ, A. M. Uso de imagens de satélite na discriminação de solos desenvolvidos de basalto e arenito na região de Paraguaçu Paulista. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 697-706, jul. 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 2006. 306 p.

FIORIO, P. R. **Dados radiométricos obtidos nos níveis terrestre e orbital na avaliação de solos**. 2002. 198 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FUJISADA, H.; BAILEY, G. B.; KELLY, G. G.; HARA, S.; ABRAMS, M. J. ASTER DEM performance. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New Jersey, v. 43, n. 12, p. 2707-2714, Dec. 2005.

HUNT, G. R.; SALISBURY, J. W. Visible and near infrared spectra of minerals and rocks I: Silicate minerals. **Modern Geology**, London, v. 1, p. 283-300, 1970.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. Escala 1:1.000.000.

LANDSAT TM5: Imagem de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997. Bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

MADEIRA NETTO, J. S. Comportamento espectral dos solos. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (Org.). **Sensoriamento remoto: reflectância de alvo naturais**. Brasília: UnB, 2001. p. 127-156. EMBRAPA Cerrados.

NICODEMUS, F. E.; RICHMOND, J. C.; HSIA, J. J.; GINSBERG, I. W.; LIMPERIS, T. **Geometrical considerations and nomenclature for reflectance**. Washington: US Department of Commerce, 1977. 52 p. (NBS Monograph, 160).

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1989. 40 p. (IAC. Boletim Técnico 8).

RESEARCH SYSTEMS INC. **ENVI 4.1.**, 2005. Boulder, 2005. 1 CD-ROM.

SOUSA JUNIOR, J. G. **Sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na caracterização de solos e quantificação de seus atributos**. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS 8.02**. Cary, 1999. CD-ROM.

TANRÉ, D.; HOLBEN, B. N.; KAUFMAN, Y. J. Atmospheric correction algorithm for NOAA-AVHRR products: theory and application **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New Jersey, v. 30, n. 2, p. 231-248, Mar. 1992.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análises de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.