

## Avaliação espectral de amostras de solos e argilo-minerais em função de diferentes níveis de hidratação

JOSÉ ALEXANDRE MELO DEMATTÊ<sup>1</sup>

ANTÔNIO AMADOR SOUSA<sup>2</sup>

MARCOS RAFAEL NANNI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ESALQ/USP - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Dep. Ciência do Solo Caixa Postal 09, 13 418-900, Piracicaba, SP, Brasil. e-mail: jamdemat@carpa.ciagri.usp.br

<sup>2</sup> ESALQ/USP – Pós-Graduando em Irrigação e Drenagem, Dep. Irrigação e Drenagem e-mail: aasousa@carpa.ciagri.usp.br

<sup>3</sup> UEM - Universidade Estadual de Maringá, Dep. Solos Avenida Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR. e-mail: mrnanni@din.uem.br

**Abstract.** The objectives of this research were to study the spectral reflectance of soil and clay mineral samples for different moisture conditions. Spectral reflectance was determined at the wavelength interval from 400 to 2500 nm using a laboratory spectroradiometer. As the water content increased, the spectral reflectance of soils and clay minerals decreased. As a result, changes in the 1400 and 1900 nm absorption band parameters, especially depth and width, were observed. The absorption features observed in the spectra of clay mineral sample were helpful for mineralogical characterization of the studied soils both under wet and dry conditions.

**Key words:** Reflectance, soil, soil moisture

### Introdução

A avaliação da reflectância espectral tem sido útil na caracterização e discriminação de solos para fins de levantamento. Vários estudos têm mostrado que o comportamento espectral dos solos é influenciado, entre outros, pelas suas características físicas, químicas e mineralógicas (Demattê, 1995; Madeira Netto, 1996). Por outro lado, o entendimento das variações espectrais que ocorrem nos solos ainda não é completo, o que vem a ser um fator limitante na aplicação prática da espectrorradiometria. Uma das necessidades do estudo espectral, refere-se à detecção dos minerais de argila existentes nos solos, principalmente em relação aos minerais 2:1. Existe uma estreita relação entre a água no solo e os minerais de argila e também entre água no solo e reflectância espectral (Bowers e Hanks, 1965). Devido a isso, a verificação das relações existentes entre estes atributos e a reflectância espectral torna-se necessária. O objetivo deste trabalho foi o de verificar o comportamento espectral de argilo-minerais, como auxílio na caracterização mineralógica de solos, em função da variação de umidade, utilizando um espectrorradiômetro de laboratório.

### Material e Métodos

Os solos avaliados foram o Latossolo Vermelho Amarelo textura média (LVA), a Terra Roxa Estruturada Latossólica (TRL), o Cambissolo (C) e o Vertissolo (V), todos localizados na região de Piracicaba, SP. Foram realizadas análises granulométricas, químicas e mineralógicas. Nos horizontes de cada solo, foram coletadas amostras com anel volumétrico. Elas foram colocadas

em bandejas com água ficando em repouso até a saturação. Posteriormente, as amostras foram pesadas (para determinação da umidade) e foram obtidos dados de reflectância em laboratório, utilizando-se o sensor IRIS (Infra Red Intelligent Spectroradiometer) na faixa espectral de 400 a 2500 nm. Como padrão de referência absoluta, utilizou-se uma placa de spectralon calibrada com 100% de reflectância. A fonte de iluminação foi uma lâmpada halógena de tungstênio de 650 W de potência. Assim, foram feitas medições radiométricas das amostras saturadas, bem como na medida em que tais amostras perdiam água. Foram realizadas leituras por um período de seis dias, sendo que nos primeiros quatro dias as amostras foram secas ao ar livre, e nos dois últimos em estufa a 45 °C e 110 °C, respectivamente. O mesmo esquema foi adotado para as amostras de caulinita e montmorilonita.

### **Resultados e Discussão**

Na medida em que se aumentou o teor de umidade da amostra no mineral de argila caulinita, ocorreu aumento da concavidade (largura e profundidade) da banda de absorção centrada em 1400 nm. Quanto menor o teor de umidade, mais estreita e menos profunda a concavidade. Em 1900 nm o mesmo fato foi observado, porém, em menor intensidade. As bandas em 1400 nm e 1900 nm são devidas às vibrações de moléculas de água adsorvidas nos minerais (Lindberg e Snyder, 1972). Ao serem atingidas pela energia eletromagnética, ocorre vibração dessas moléculas com conseqüente diminuição da reflectância, promovendo a formação das bandas de absorção. A banda de absorção em 2200 nm, considerada típica da presença de caulinita, apresentou profundidade menos acentuada em amostras com maior teor de umidade. A presença deste mineral é caracterizada por uma feição típica em 2200 nm, apresentando um pequeno degrau na curva espectral (dupla absorção), como foi observado principalmente na amostra seca. Isso evidencia que as moléculas de água podem causar um mascaramento da banda em 2200 nm.

Apesar da banda da caulinita estar centrada em 2200 nm, as moléculas de água presentes neste mineral, promoveram uma pequena absorção em 1900 nm. Na montmorilonita, as feições em 1400 e 1900 nm foram mais fortes e acentuadas (**Figura 1**). Por outro lado, a feição em 2200 nm também apareceu na montmorilonita, mas não apresentou a feição característica de dupla absorção. Ou seja, a banda em 2200 nm pode existir num solo, mesmo sem a presença de caulinita, porém, apresentando formato diferenciado. Mesmo a amostra seca da montmorilonita, apresentou uma banda forte em 1900 nm, diferindo de intensidade em relação à mesma banda da caulinita quando seca. Observou-se ainda que, com maiores teores de umidade, a curva espectral da montmorilonita apresentou uma feição de absorção diferenciada centrada em 610 nm. Da mesma forma as feições centradas em 960 e 1160 nm, também identificadas na caulinita, apresentaram feições mais acentuadas, quando a amostra se apresentou com maior teor de umidade. Porém, as curvas espectrais da amostra seca, tanto da caulinita quanto da montmorilonita, não apresentaram a banda em 1160 nm. Por sua vez, a banda em 610 nm da montmorilonita desapareceu com a secagem da amostra (**Figura 1**). Neste caso, talvez esta seja uma banda tipicamente dos minerais 2:1. Portanto, verifica-se que as feições espectrais que caracterizam estes minerais estão intimamente ligadas à sua condição de umidade.

Em relação aos solos, na medida em que se aumentou os teores de umidade, ocorreu uma diminuição na intensidade de reflectância em toda a curva espectral entre 400 e 2500 nm. Da mesma forma, maiores teores de umidade evidenciaram as bandas de absorção em 1400 e 1900

nm. Nesses comprimentos de onda, as feições de absorção ficaram mais evidentes, com uma concavidade mais larga e aprofundada em relação às amostras com menores teores de umidade. Em todas as amostras de solos, o aumento da umidade causou uma diminuição na magnitude de reflectância ao longo da faixa 400-2500 nm. Também se observou que maiores teores de umidade causaram uma tendência negativa nas curvas espectrais a partir de 1150 nm.

As amostras secas em estufa a 45 °C perderam muito pouca umidade em relação à secagem a 110 °C. Apesar disso, em muitas das amostras observadas tal perda promoveu um aumento de reflectância em todo o intervalo espectral estudado. A influência das moléculas de água nas bandas de absorção em 1400 e 1900 nm, e sua relação com os argilo-minerais também foi notada. Observou-se que a diferença de intensidade dessas bandas de absorção, entre as amostras secas a 45 e 110 °C, foi maior na montmorilonita, demonstrando que a água influenciou essas bandas com maior intensidade nos solos de mineralogia 2:1.

No caso do LVA, a banda em 2200 nm da curva da amostra seca, apresentou-se semelhante à observada na curva da caulinita. Com o aumento do teor de umidade, essa banda ficou menos evidente. Por outro lado, nas bandas em 1400 e 1900 nm ocorreu o contrário. Ou seja, na medida em que houve um aumento no teor de umidade, ocorreu um aumento na intensidade dessas bandas de absorção. As concavidades ficaram mais largas e aprofundadas. Com o secamento da amostra, essas bandas ficaram bem menos evidentes.

Na TRL, além da banda em 2200 nm, a amostra com maior teor de umidade apresentou uma pequena feição em 1160 nm, à semelhança do observado nas curvas de amostras úmidas da caulinita. Por outro lado, não apareceu a banda em 610 nm, indicando não haver a presença de montmorilonita, concordando com as análises mineralógicas.

O C apresentou bandas fortes em 1400, 1900 e fraca em 2200 nm nas amostras úmidas. Porém, nas amostras secas, apresentou a banda ligeiramente mais forte em 2200 nm, menos acentuada em 1400 e acentuada em 1900 nm. O mesmo fato ocorreu nas amostras dos horizontes inferiores. A banda de absorção com formato característico em 2200 nm, na curva espectral da amostra seca, indicou a presença de caulinita, concordando com as análises mineralógicas. A amostra quando úmida apresentou uma ligeira concavidade em 1160 nm, semelhante às curvas das amostras úmidas da caulinita, bem como da montmorilonita. Por outro lado, também apresentou uma ligeira concavidade em 610 nm, que foi mais retilínea para amostras secas, semelhante ao ocorrido nas curvas da montmorilonita. Essas observações caracterizam a presença destes dois minerais no solo, concordando com as análises mineralógicas.

Outro fato que ratifica a presença de montmorilonita nas amostras de solos, refere-se à intensidade das bandas em 1900 nm. No C, essa banda apresentou uma feição acentuada mesmo com a amostra na condição seca. Observou-se que a banda da curva da caulinita em 1900 nm com a amostra seca é menos acentuada do que a banda em 2200 nm. O mesmo ocorre nas curvas dos horizontes inferiores. Na curva espectral do LVA, por outro lado, a amostra seca não apresentou banda acentuada em 1900 nm, mas sim em 2200 nm, semelhante à curva da caulinita. Observou-se também que nos solos com mineralogia 2:1, C e V, ocorreu maior alteração nas bandas em 1900 nm, quando comparadas as curvas das amostras secas a 45°C e 110°C. Nos solos com mineralogia caulínica LVA e TRL, a diferença é pequena. Por sinal, tal banda fica fraca já com secagem a 45°C. Isso indica que a banda em 1900 nm também pode auxiliar na

caracterização mineralógica dos solos, principalmente a montmorilonita, devido à sua forte relação com a umidade.

### Conclusões

O aumento no teor de umidade promoveu uma diminuição na magnitude da reflectância espectral nas amostras de solos e dos argilo-minerais caulinita e montmorilonita, entre 400 e 2500 nm, bem como bandas de absorção mais acentuadas em 1400 e 1900 nm. As curvas espectrais das amostras úmidas dos minerais de argila montmorilonita e caulinita apresentaram um maior número de feições do que para as amostras secas. As feições de absorção observadas nos argilo-minerais permitiram detectar sua presença nos solos estudados. A banda centrada em 610 nm na curva da montmorilonita foi discriminante em relação à caulinita. A avaliação espectral de amostras de solos secas e úmidas, conjuntamente, permitiu obter maiores informações relacionadas à sua mineralogia, particularmente em relação à presença de minerais 1:1 e 2:1. Não obstante, é necessário que haja mais estudos nesse campo para que tais relações sejam mais bem definidas, particularmente no que se refere à relação espectral entre umidade e mineralogia.

### Referências

- Bowers S.A.; Hanks, R.J. Reflectance of radiant energy from soils. **Soil Science**, **100**:130-138, 1965.
- Demattê, J.A.M. Relações entre dados espectrais e características físicas, químicas e mineralógicas de solos desenvolvidos de rochas eruptivas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1995. 265 p. (Tese de Doutorado).
- Lindberg, J.D.; Snyder, D.G. Diffuse reflectance spectra of several clay minerals. **Am. Mineral.**, **57**: 485-493, 1972.
- Madeira Netto, J.S. Spectral reflectance properties of soils. **Photo Interpretation**, **34**:59-72, 1996.

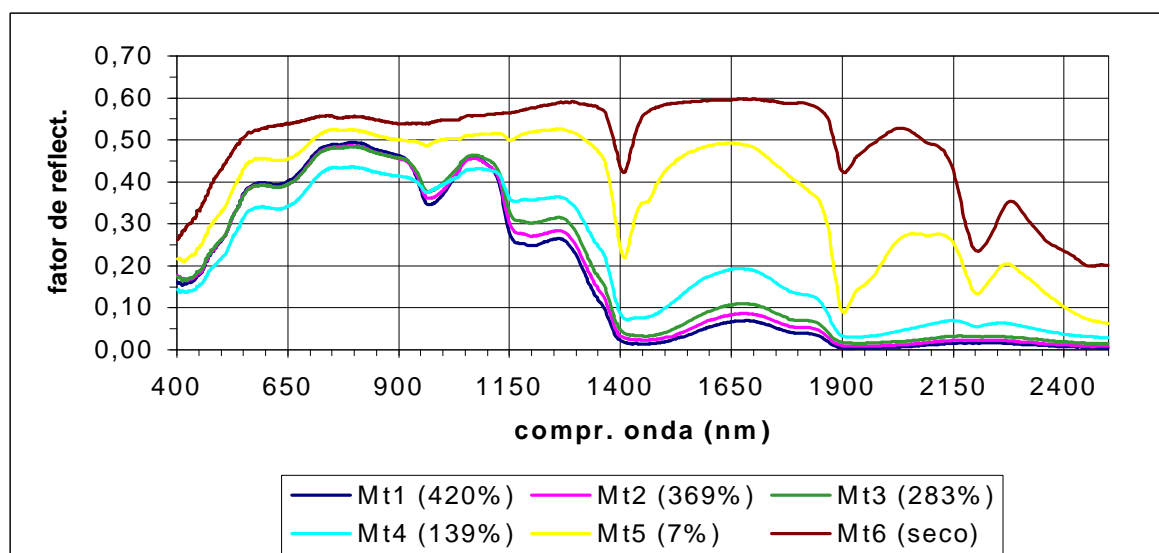


Figura 1. Curvas espectrais de amostras de montmorilonita com diferentes níveis de umidade.