

## Comportamento espectral do solo da Caatinga em diferentes tipos de manejos

Camila Figueredo Oliveira<sup>1</sup>  
Washington Jesus Sant'anna da Franca Rocha<sup>1</sup>  
Taíse Bomfim de Jesus<sup>1</sup>  
Elane Fiúza Borges<sup>2</sup>  
Tony Jarbas Ferreira Cunha<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
Caixa Postal 252-294, Feira de Santana, Bahia, Brasil  
camylafigueredo@gmail.com, wrocha@uefs.br, taisebj@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia-UFBA  
Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável-ICADS  
CEP 47805-100- Barreiras - BA, Brasil  
elaneborges@gmail.com

<sup>3</sup> EMBRAPA Semi-Arido  
Caixa Postal 23, Petrolina, Pernambuco, Brasil  
tony@cpatsa.embrapa.br

**Abstract.** The premise that guides this work is to discriminate, from reflectance measurements obtained in the laboratory, the chemical attributes of the same type of soil in three experimental areas of the Embrapa at systems of distinct management and land use. The systems of use and management of the soils are: organic mango crop, Caatinga degraded and Caatinga preserved. Thus, it is expected that the soil characteristics can be estimated by differences at reflected energy. From the spectral analysis was possible to identify the attributes existing in the samples because the absorption bands which varied in breadth and depth, but not in placement. In part, this can be attributed to organic matter that directly affects the biological characteristics of the soil acting as a carbon source, energy and nutrients for microorganisms and is significantly correlated with the intensity of reflectance across the spectrum. Thus, from the spectra, it was found that the content of organic matter is higher in the savanna preserved because it has a lower reflectance, while the cultivation of organic mango has a higher reflectance consequently a lower content of organic matter. This research aims to assist the technical progress of agriculture as the basis for planning without affecting the environmental aspects.

**Palavras-chave:** reflectance, reflected energy, chemical attributes, reflectância, energia eletromagnética, atributos químicos.

### 1 Introdução

O conhecimento atual do solo é um elemento importante, pois se trata de um recurso natural não renovável em curto prazo. Além disso, o solo desempenha funções essenciais para funcionalidade e sustentabilidade do ambiente, garantindo a produção de alimentos, fibras, matéria primas, entre outros.

Para o monitoramento, caracterização e avaliação desse recurso natural, são necessários métodos práticos que estimem rapidamente e de maneira eficiente os atributos do solo. Nesse sentido, Formaggio et al, (2001); Demattê (1995); Baptista (2006) demonstraram a importância e a possibilidade de caracterizar os solos por sensores remotos ao nível terrestre (no campo ou laboratório), uma vez que, as informações das características físico-químicas e mineralógicas dos solos propiciam as diferenças espectrais, permitindo sua discriminação e caracterização.

A espectrometria de reflectância em laboratório tem sido utilizada devido a várias razões: preparação mínima da amostra, análises rápidas, determinação simultânea de vários constituintes do solo, análise não destrutiva da amostra, não há utilização de reagentes químicos tóxicos ao ser humano e ao meio ambiente (VISCARRA ROSSEL et al., 2006).

Madeira Netto (2001) comenta a importância da espectrorradiometria de solos, tanto em condições de campo quanto em laboratório, pois visa diferenciar e quantificar os tipos de solos, sua composição mineral, orgânica e propriedades texturais por meio das curvas de reflectância.

O uso de sistemas convencionais de manejo do solo pode elevar as perdas de nutrientes e de matéria orgânica, elevando os custos financeiros e os riscos ambientais. Assim, espera-se que, a partir da energia eletromagnética refletida, os atributos do solo possam ser estimados, uma vez que, a partir dos manejos diferentes o solo apresenta componentes diferenciados, que podem alterar a energia eletromagnética refletida. Assim, a premissa que norteia o presente trabalho é discriminar, a partir da reflectância obtidas em nível de laboratório, os atributos químicos de um mesmo tipo de solo em três áreas experimentais da Embrapa Semiárido com sistemas de uso da terra e manejo diferentes.

Portanto, essa pesquisa visa conhecer melhor as potencialidades e as limitações dos padrões de qualidade do solo influenciado pelo manejo. Entende-se que é possível encontrar meios necessários ao progresso técnico da agricultura que servirá de base para o planejamento sem afetar os aspectos ambientais

## 2 Metodologia

A área de estudo está localizada na Estação Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semi-Árido, Petrolina/PE, onde os sistemas de uso e manejo dos solos avaliados são: cultivo de mangueira; Caatinga degradada e Caatinga preservada (Figura 01). De acordo com a EMBRAPA (1999) o solo no qual foi realizado o estudo é classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico com textura média muito cascalhenta/argilosa.



Figura 1: Fotos dos sistemas de uso e manejo dos solos avaliados

As amostras foram coletadas pela Embrapa Semiárido nos sistemas de uso e manejo dos solos cultivo de mangueira, Caatinga degradada e Caatinga preservada em pequenas trincheiras de 40 cm de profundidade, essas abertas em locais distintos escolhidos de forma aleatória. Logo após coletadas, as amostras foram empacotadas e conduzidas ao laboratório onde foram secas ao ar e inicialmente passadas em peneira de 2 mm e posteriormente foram realizadas as análises químicas do solo.

As medidas radiométricas foram realizadas no Laboratório de Espectrorradiometria do Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM), localizado Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) utilizando o espectrorradiômetro portátil FieldSpec® 3 Hi-Res (450-2500nm) / A100590, capacitado para realizar medidas espectrais de materiais diversos (rocha, solo, planta, água etc...). Como padrão de referência, foi utilizada uma placa de sulfato de bário que possui alta reflectância

difusa, pois se comporta como uma superfície lambertiana sendo utilizada para estimar a irradiância.

Utilizou-se o software RS<sup>2</sup> (software de interface com o usuário) para converter as medidas de radiância das amostras de solos em fatores de reflectância. O aparelho foi configurado para armazenar a média de dez espectros em cada registro.

Os gráficos contendo as curvas espectrais dos perfis de solo representativos de cada sistema foram elaborados através do software ENVI 4.3, no qual foi realizada a técnica da remoção do contínuo para isolar as características espectrais em comprimentos de ondas específicos, acentuando as diferenças nas profundidades das bandas de absorção dos principais fatores envolvidos. Segundo Clark (1999), o método da remoção de contínuo é um meio de normalizar espectros de reflectância para que seja possível a comparação de feições de absorção individuais a partir de um valor de base comum. Dessa maneira, foi realizada uma análise das curvas espectrais observando a presença de feições, intensidade, forma e inclinação.

### 3 Resultados e discussões

Ao comparar o comportamento espectral dos Argissolos de Piracicaba – SP (figura 2) com os de Petrolina – Pe (figura 3), verificou-se que os espectros apresentaram um comportamento espectral padrão para esta classe de solos, entretanto, em Petrolina, a área de manejo da manga orgânica revelou uma intensidade de reflectância maior. De modo geral, a reflectância do solo diminui com o aumento da matéria orgânica e a composição dos constituintes orgânicos (ácidos húmicos e fúlvicos) em todo o espectro óptico na faixa do espectro que vai de 400 a 2.500 nm (DALMOLIN, 2002).

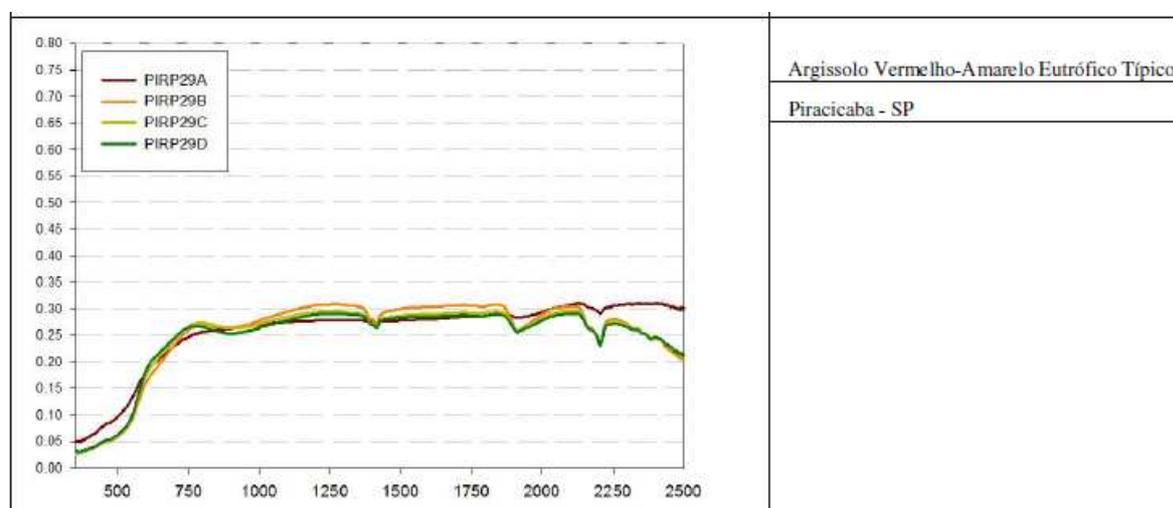


Figura 2: Comportamento espectral do solo de Piracicaba - SP

Fonte: Belinasso, 2009.

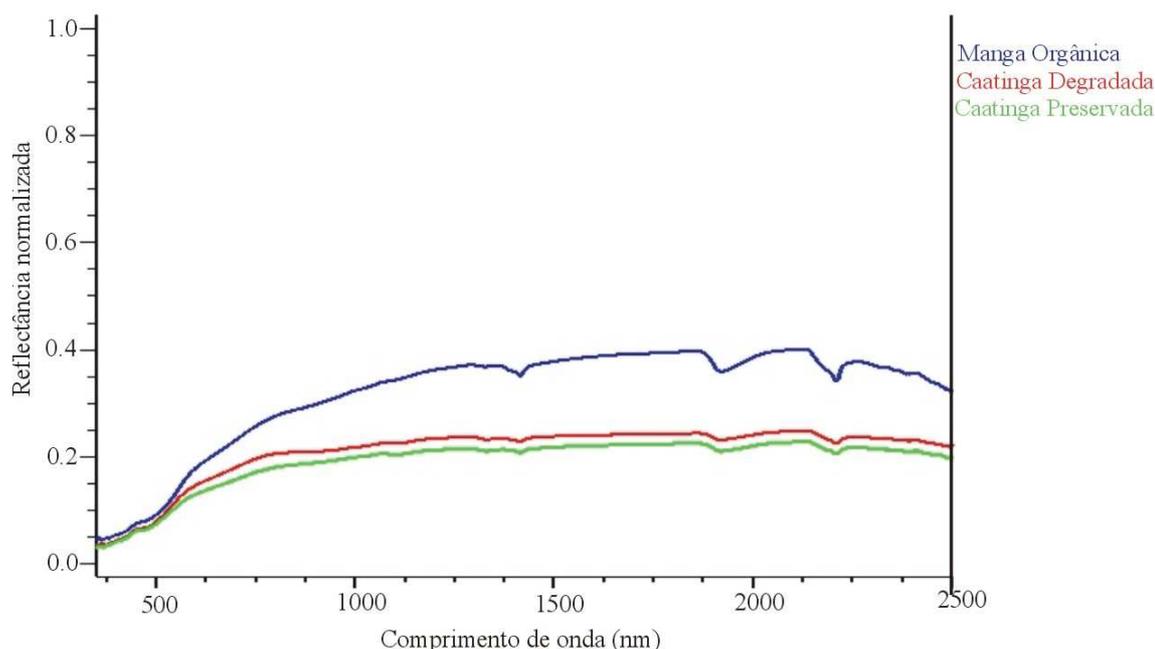


Figura 3: Comportamento espectral dos valores médios dos diferentes tipos de manejos

Assim, a partir da Figura 1 é possível analisar o teor de matéria orgânica do solo que é um material complexo, rico em carbono, caracterizado por diversos tipos de ácidos orgânicos, sendo importante para a produtividade biológica e para a “saúde” do solo (Sposito, 1989). Dessa maneira, pode-se afirmar que o teor da matéria orgânica é maior na caatinga preservada, pois possui uma reflectância menor, enquanto a mangueira apresenta uma maior reflectância conseqüentemente um menor teor da matéria orgânica. Este resultado concorda com os obtidos por Demattê et al. (2003a) que constatou que a remoção da matéria orgânica do solo promove o aumento da intensidade de reflectância em todo o espectro.

A matéria orgânica pode exercer efeito de máscara diminuindo as feições de absorção de outros constituintes do solo. Esse comportamento foi analisado por Demattê e Garcia (1999) e Dalmolin (2002), que observaram os teores superiores a  $17\text{g kg}^{-1}$  obliteram o efeito dos óxidos de ferro na reflectância e na cor, sendo mais forte este efeito na região visível. Dessa forma, pode-se afirmar que o óxido de ferro desse espectro não teve interferência da matéria orgânica, pois de acordo a análise química vista na Tabela 1, o maior teor da matéria orgânica foi de  $10,76\text{g kg}^{-1}$  na caatinga degradada.

Tratamentos			
Profundidade	Caatinga Preservada	Caatinga Degradada	Manga Orgânica
	Matéria Orgânica		
cm	mg. Kg		
0 - 2,5	8.69	10,76	7.76

Tabela 1: Análise química do solo realizada pela EMBRAPA (2009).

Visando manipular um dado com qualidade para visualização e realce, aplicou-se a técnica de remoção do contínuo. A partir da Figura 4, percebe-se que a banda próxima à região dos 450 - 480 nm é caracterizada pela presença da goethita que é um dos óxidos de ferro mais encontrados em solos de clima tropical. Nos locais onde predomina, a goethita

imprime aos solos a coloração amarela ou bruna, os quais possuem reflectância maior que solos ricos em hematita (DALMOLIN, 2002).

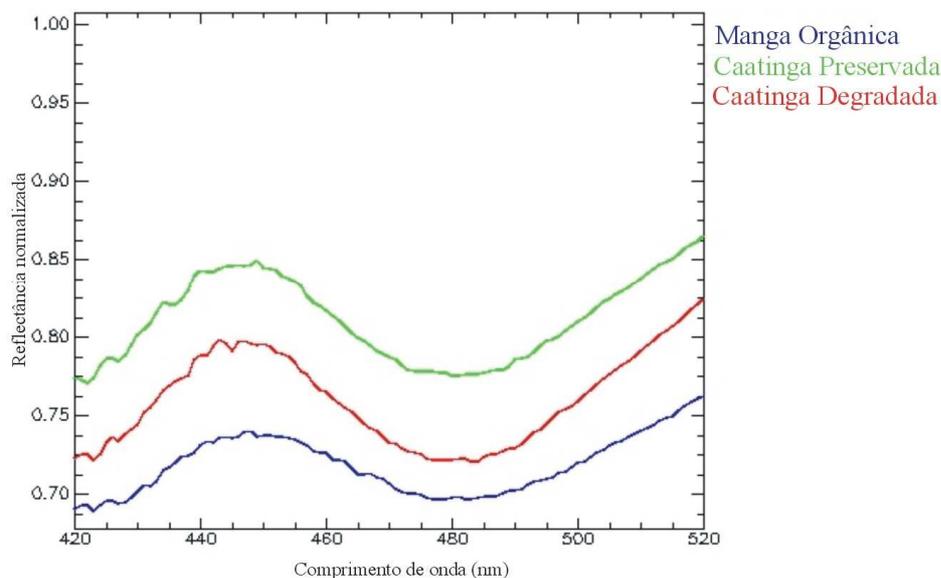


Figura 4: Espectros normalizados através do método de remoção do contínuo para os comprimentos de onda entre 420 a 520 nm.

Em todos os espectros aparecem feições côncavas dos óxidos de ferro na faixa de 850-900 nm, concordando com Formaggio (1989), Epiphanyo et al. (1992) e Demattê (2000). A partir da análise da remoção do contínuo, onde ocorre a influência dos óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Na figura 5, pode-se verificar que não existe uma grande variação nas profundidades de absorção deste mineral entre os solos da caatinga preservada e manga orgânica. O solo que teve maior profundidade foi o da caatinga degradada, entretanto não se pode quantificá-lo, pois, de acordo com Espig et al. (2007) o teor de óxido de ferro e as variáveis (profundidade e concavidade) de bandas não se correlacionaram.

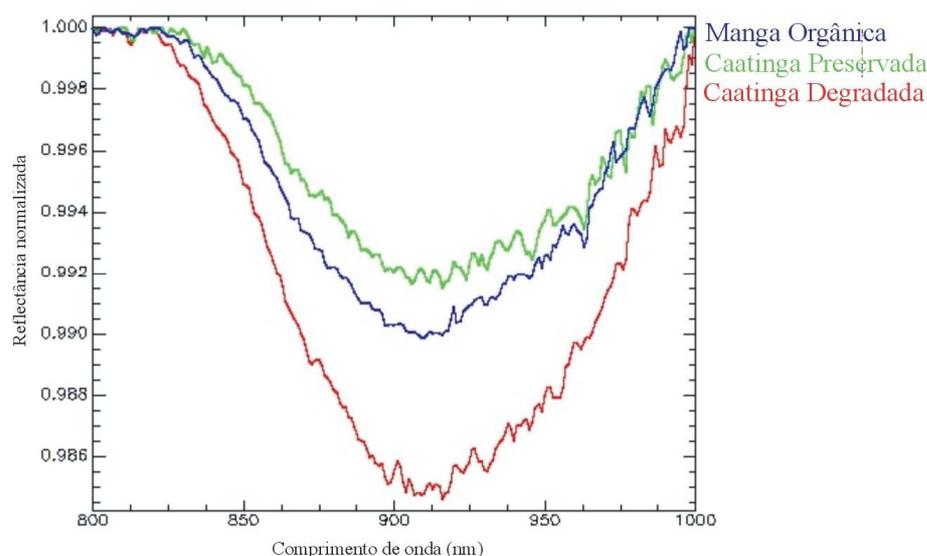


Figura 5: Espectros normalizados através do método de remoção do contínuo para os comprimentos de onda entre 800 a 1000 nm.

As feições de absorção posicionadas em 1400nm em 1900nm originadas pelo processo vibracional molecular são, provavelmente, ocasionadas pela existência de água adsorvida aos minerais argilosos ou devido ao radical hidroxila existentes nesses minerais.

A figura 6 mostra que faixa 1400 nm o solo da mangueira teve maior influência da água e da hidroxila (OH<sup>-</sup>), tendo profundidades de banda com 0,073. Os demais solos apresentaram profundidade de bandas em função da água e das hidroxilas bastante semelhantes, com menores teores destes componentes.

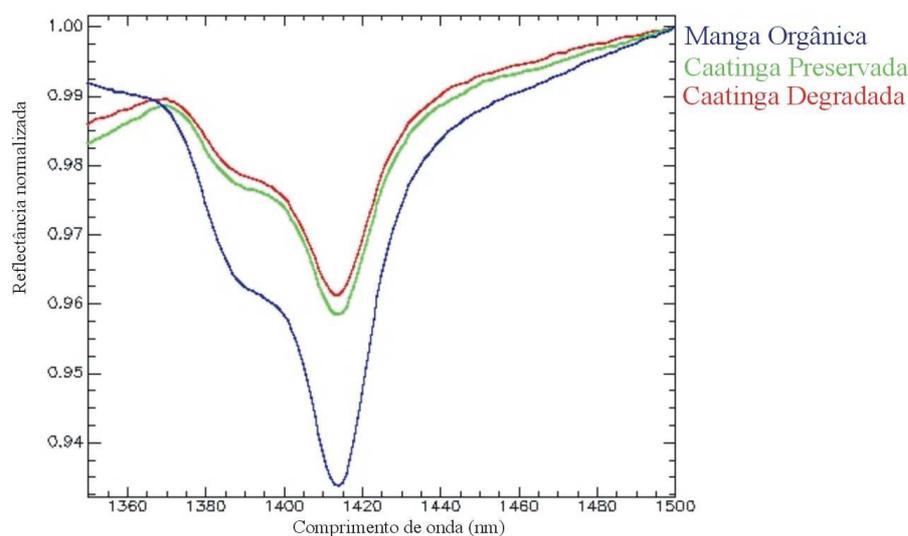


Figura 6: Espectros normalizados através do método de remoção do contínuo para os comprimentos de onda entre 1350 a 1500 nm.

A absorção na faixa em torno de 1900 nm é atribuída à presença de vermiculita e água (D'Arco et al., 2003). De acordo com a figura 7, verificou-se que o solo da mangueira apresentou uma profundidade maior com valores próximos a 0,100, seguido do solo da caatinga preservada e caatinga degradada com profundidade de 0,070 e 0,061 respectivamente.

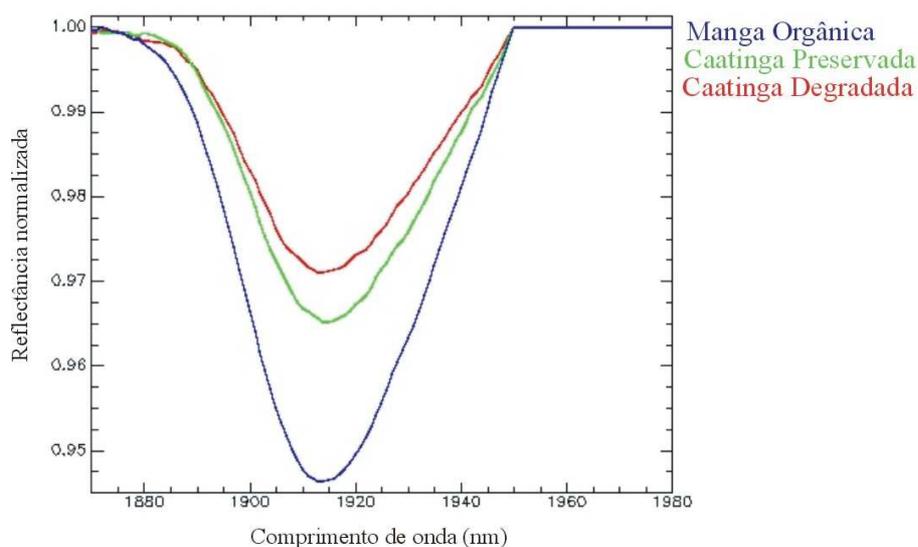


Figura 7: Espectros normalizados através do método de remoção do contínuo para os comprimentos de onda entre 1870 a 1980 nm.

A feição e absorção em 2200 nm são causadas por vibrações de dobramento das ligações Al-OH (hidroxila) existente nos argilo-minerais (caulinita, esmectita, ilita). No entanto, Crósta (1999) afirma que quando a feição de absorção é dupla em 1400 e 2200 nm é sugestivo a presença de caulinita, o que é reforçado pela presença de uma feição em 1900 nm também característica desse mineral. Dessa forma, ao se analisar a figura 6 e 8 foi verificada a dupla absorção e a figura 7 com a feição 1900 nm pode-se determinar presença de caulinita nos espectros das amostras avaliadas neste trabalho.

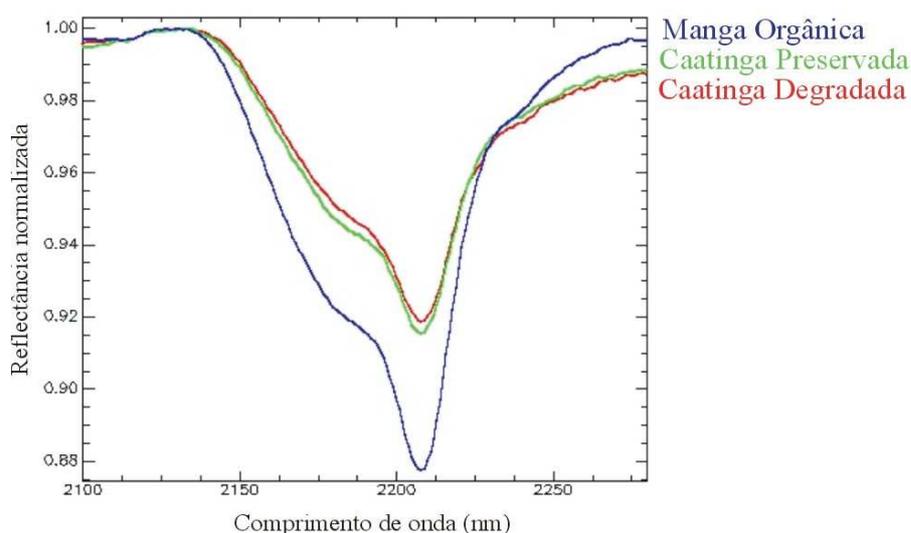


Figura 8: Espectros normalizados através do método de remoção do contínuo para os comprimentos de onda entre 2100 a 2280 nm.

Em relação ao constituinte mineralógico gibbsita, os solos não apresentaram feições deste mineral, que conforme Epiphanyo et al. (1992) e Demattê et al. (2000) podem ser visto na faixa de 2300 nm.

#### 4 Conclusões

A técnica da espectrorradiometria de solos em condições de laboratório mostrou ser um método prático que estima rapidamente e de maneira eficiente não destrutiva, livre da utilização de reagente químico as propriedades do solo. Tais resultados podem auxiliar, integrando mais uma informação para a tomada de decisões relacionadas a mapeamento e manejo de solos

A partir da análise espectral foi possível identificar os atributos existentes nas amostras. Os dados sistemáticos na predição dos atributos químicos em sistemas de produção agrícola são fundamentais para uma estimativa mais precisa da relevância dos processos de degradação, poluição, assim como para uma adubação mais eficaz

Observou-se que entre as curvas espectrais obtidas com diferentes tipos de manejos as bandas de absorção variaram em amplitude e profundidade, mas não em posicionamento. Em parte, isso pode ser atribuído a matéria orgânica que afeta diretamente as características biológicas do solo atuando como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microorganismos e está significativamente correlacionada com a intensidade da reflectância em todo o espectro.

Essas análises são preliminares, pois este estudo faz parte de um projeto que visa analisar comportamento espectral do carbono do solo, para o qual se pretende elaborar modelos de estimação e curvas de calibração para uma efetiva quantificação deste componente.

## Agradecimentos

A FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia), por prover recursos ao projeto Mapeamento do Estoque de Carbono em Áreas Referência do Semi-Árido.

## Referências Bibliográficas

Baumgardner, M. F.; Stoner, E. R.; Silva, L. F.; Biehl, L. L. Reflective properties of soils. In: Brady, N. (Ed), *Advances in Agronomy*, 38. Academic Press, New York, pp. 1-44. 1985.

Bellinaso, H. Biblioteca espectral de solos e sua aplicação na quantificação de atributos e classificação data. 2009. 264 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba. 2009.

Baptista, G. M. M. **Sensoriamento Remoto Espectral – O novo paradigma nos estudos de solos tropicais**. Brasília: Universa, 2006. 212 p.

Clark, R.N. *Manual of Remote Sensing*. U.S. Geological Survey, 1999.

Dalmolin, R.S.D. Matéria orgânica e características físicas, químicas, mineralógicas e espectrais de Latossolos de diferentes ambientes. 2002. 151 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

D'Arco, E.; Alvarenga, B. S.; Moura, P.; Texeira, C. G. Estudos de reflectância de amostras de 5 tipos de solos Brasileiros. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 2327-2334. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <[http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.10.47/doc/17\\_298.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.10.47/doc/17_298.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2010.

Demattê, J.A.M.; Garcia, G.J. Alteration of soil properties through a weathering sequence as evaluated by spectral reflectance. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 63, n. 2, p. 327-342, Mar./Apr. 1999.

Demattê, J. A. M.; Campos, R. C.; ALV1s, M. C. Avaliação espectral de solos desenvolvidos em uma toposequência de diabásio e folhelho da região de Piracicaba, SP. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.35, n.12, p.2447-2460, dez. 2000.

Demattê, J.A.M.; Epiphânio, 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. 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação-SPI, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p. il.

Epiphânio, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M.; Oliveira, J.B. Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo. São José dos Campos, SP, INPE, 1992. 132 p. (INPE-5424-PRP/172).

Formaggio, A. R. Interação da radiação eletromagnética com os solos. In: Formaggio, A.R.; Tardin, A.T.; Rudolf, B.; Assunção, G.V.; Epiphânio, J.C.N.; Moreira, M.A.; Chen, S.C.; Duarte, V. *O sensoriamento remoto na agricultura: conceitos básico, metodologia e aplicações*. São José dos Campos: INPE, 1989. p. 31-52. (INPE-4806-MD/39).

Formaggio, A.R.; Epiphânio, J.C.N.; Valeriano, M.M.; Oliveira, J.B. Comportamento espectral (450-2450 nm) de solos tropicais de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, p. 467-474, 1996.

Madeira Netto, J.S. Comportamento espectral dos solos. In: Meneses, p.r.; Madeira Netto, J.S. *Sensoriamento remoto - reflectância dos alvos naturais*. Brasília, DF : UnB; Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2001. p.127-147.

Viscarra Rossel, R.; Walvoort, D.J.J.; McBRATNEY, A.B.; JANIK, L.J.; SKJEMSTAD, J.O. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *Geoderma*, Amsterdam, v. 131, n. 1/2, p. 59-75, Mar. 2006.