

Relação entre a resposta espectral e os diferentes constituintes de solos arenosos e argilosos

Edvania Aparecida Corrêa¹
Isabel Cristina Moraes¹
Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto¹
José Alexandre Melo Demattê²

¹ Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP/DEPLAN
Avenida 24A, 1515, 13506-900 - Rio Claro - SP, Brasil
edvania.correa@ig.com.br
bel.moraes.geo@gmail.com
sanjos@rc.unes.br

² Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-
USP/ESALQ/LSO
Avenida Pádua Dias, 11, 13418-260 - Piracicaba - SP, Brasil
jamdemat@usp.br

abstract: Considering the importance of remote sensing in analysis of soils, the aim of this article was to evaluate the spectral behavior of different types of soils through the use of spectroscopy and relate this behavior with the physical and chemical characteristics. 11 sampling points were selected with varying land use, slope and soil types, being 7 in the watershed of the stream Monjolo Grande and 6 in the watershed of the stream Jacutinga. In the watershed of the stream Monjolo Grande, the points were collected in Inceptisols, medium texture and in the watershed of the stream Jacutinga were collected in Ultisols and Inceptisol, both clayey. Soil samples were collected for classification purposes and performed physical and chemical analysis. Also soil samples were collected in the 0 to 20 cm, which were air dry and mechanically separated through mesh wire of 2 mm. These were placed in petri dish to obtain the reflectance data using the spectrometer FieldSpec Pro. The spectroradiometry proved able to identify the attributes of sand, clay, organic matter, clay minerals and goethite in soil samples worked. Also was possible to differentiate the samples and their taxonomic units of sampled soils. Thus, the spectral signatures of soils obtained in the laboratory are consistent with the physical and chemical characteristics determined in field and laboratory.

Palavras-chave: remote sensing, spectroscopy, physical and chemical attributes, sensoriamento remoto, espectroscopia, atributos físicos e químicos.

1. Introdução

Conforme Garcia (1982), o Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite a aquisição de informação sobre objetos ou fenômenos sem que haja o contato físico entre eles, utilizando-se, para isso, de sensores instalados em plataformas como aviões e satélites ou na superfície terrestre, a nível de campo e laboratório.

Considerando o crescimento da demanda por identificação e mapeamento dos recursos terrestres visando o aumento da produção de alimentos bem como a exploração dos recursos, o sensoriamento remoto mostrou-se como ferramenta eficaz na medida em que possibilita a obtenção de informações de maneira rápida e com considerável precisão.

As características e composições químicas, biológicas e mineralógicas oriundos dos fatores e processos de formação de cada tipo de solo estão diretamente relacionados com o seu comportamento espectral (Genu e Dematte, 2011). Assim, a mineralogia da fração argila, o tamanho da partículas, a quantidade de matéria orgânica e de óxidos de ferro, além da rugosidade da superfície e umidade do solo, constituem os principais elementos que afetam o comportamento espectral dos solos (Dalmolin et al. 2005).

Neste sentido, atualmente a identificação dos atributos físicos e químicos dos solos através da espectrorradiometria e de dados a nível orbital é tida como ferramenta proposta por

muitos autores (Ben-Dor e Banin, 1995; Demattê e Garcia, 1999; Stenberg et al., 2002; Sorensen e Dalsgaard, 2005; Nanni e Demattê, 2006; Brown et al., 2006; Cezar et al., 2012) na medida em que tem demonstrado elevada correlação.

Tendo em vista a importância do sensoriamento remoto na avaliação de solos, o objetivo do presente artigo foi o de avaliar o comportamento espectral de diferentes tipos de solos através do uso da espectrorradiometria e relacionar tal comportamento com as características físicas e químicas.

2. Caracterização das áreas de estudo

Situadas na região do centro leste do Estado de São Paulo, as áreas de estudo referem-se às bacias hidrográficas do ribeirão Jacutinga, município de Rio Claro, e do córrego Monjolo Grande, município de Ipeúna, tributários do rio Corumbataí e rio Passa Cinco, respectivamente, pertencendo à bacia do rio Corumbataí. Localizada entre as coordenadas geográficas de 22° 16'30" e 22° 22' de latitude sul; 47° 39'30" e 47° 36' longitude oeste de Greenwich (fuso 23), a bacia do ribeirão Jacutinga compreende área aproximada de 28,9 km². A bacia do córrego Monjolo Grande localiza-se entre as coordenadas geográficas de 22° 18' e 22° 23' latitude sul; 47° 48' e 47° 42' longitude oeste (fuso 23), com área aproximada de 28 Km² (Figura 1).

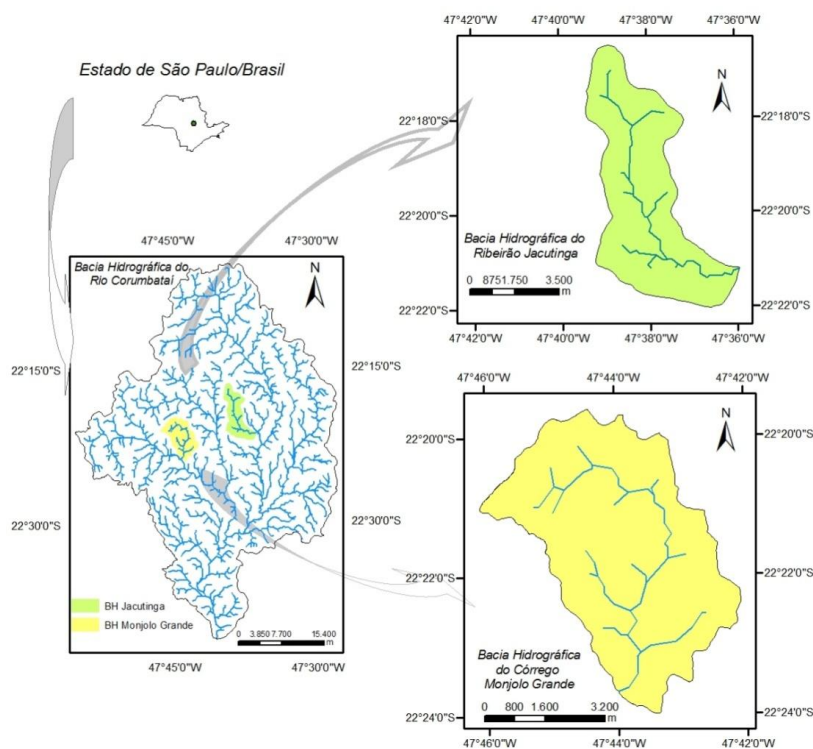


Figura 1. Localização da área de estudo

Considerando a distribuição anual das chuvas e as variações de temperatura, as bacias se enquadram no tipo climático CWa (conforme classificação zonal de Köppen), podendo ser associado ao clima sub-tropical, de inverno seco e verão chuvoso. Em termos geomorfológicos, estas estão inseridas na província geomorfológica da Depressão Periférica Paulista, caracterizada topografia pouco acidentada, com relevo colinoso, interflúvios com áreas entre 1 e 4 km², e topos aplainados. A drenagem mostra-se bem organizada na forma dendrítica, com média a baixa intensidade (IPT, 1981).

A bacia do ribeirão Jacutinga tem como ocorrência geológica as formações Corumbataí, Pirambóia, e Rio Claro e depósitos aluvionais (em 60,21%, 36,6%, 0,6% e 2,60% da bacia, respectivamente (Ceapla, 2013). Quanto aos solos, verifica-se a predominância de Argissolos Vermelho Amarelos de textura média a argilosa (29%), oriundos da formação Corumbataí, Cambissolos Háplicos de textura variando de arenosa a muito argilosa (30,4%) presentes nas áreas de maior declividade e originados das formações Pirambóia e Corumbataí, Neossolos Quartzarênicos (30,4%) associado à formação Pirambóia, e em menor expressão, Latossolos vermelho amarelo (1,13%), associado à formação Rio Claro (Correa, 2013; Moraes, 2013).

Na bacia do córrego do Monjolo Grande, a geologia da área é constituída pelas formações Pirambóia, Corumbataí, Botucatu, Serra Geral e Itaqueri, as quais são ocorrentes em 68,55%, 27,71%, 2,55%, 0,83% e 0,37%, respectivamente (Ceapla, 2013). Quanto aos tipos de solos, tem-se Argissolos Vermelho Amarelos, textura franco arenosa (44%) e Neossolos Quartzarênicos (25,2%), os quais possuem como material de origem as formações Botucatu e Pirambóia. Na transição com pequenos maciços residuais da zona de cuevas arenito-basáltica, áreas com cotas que atingem 900 metros, e de maior declividade localizadas ao longo dos canais de 1ª ordem – classificação de Stralher (1957), tem-se a ocorrência de Cambissolos Háplicos (22,1%) e Neossolos Litólicos (8,42%) (Correa, 2013; Moraes, 2013).

3. Metodologia de Trabalho

Foram selecionados 11 pontos amostrais em ambas as áreas de estudo, sendo 7 na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande e 6 na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga. Tais pontos amostrais foram alocados juntamente as parcelas de monitoramento erosão que fazem parte de um projeto de pesquisa maior. Assim, os pontos amostrais foram alocados em áreas de maior representatividade no que tange as classes de declividades, tipos de solo e usos da terra realizados. Neste sentido, na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande foram determinados os pontos amostrais: Cana-de-açúcar 1, Solo exposto 1 e pastagem 1, ocorrentes em declives variando de 6 $\pm$ 12% ; Cana-de-açúcar 2, Solo exposto 2 e pastagem 2, ocorrentes em declives variando de 12 $\pm$ 20%. Em todas os pontos amostrais da bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande tem-se a ocorrência de Cambissolo háplicos. Já na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga, tem-se os pontos amostrais Cana-de-açúcar 1, Solo-exposto 1 e Pastagem ocorrentes em declividade variando de 3 $\pm$ 6% e em Argissolo Vermelho Amarelo. Também tem-se os pontos amostrais denominados Cana-de-açúcar 2 e Solo exposto 2 ocorrentes em declividade variando de 6 $\pm$ 12% e em Cambissolo háplico.

Foram coletadas amostras de solo para fins de classificação em maior nível de detalhamento. Em campo, foram realizadas sondagens com trado e coletadas amostras de solo, seguindo os procedimentos da Embrapa (2013), nas profundidades de 0 a 120 cm. As amostras coletadas foram armazenadas e analisadas em laboratório, onde foram realizadas as análises granulométricas pelo método da Pipeta (Embrapa, 1997) e análises químicas – pH em CaCl₂, matéria orgânica, Al, H+Al, K, Ca e Mg trocáveis, calculando-se soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC) e saturação por bases (V%) e por alumínio (m%) (Embrapa, 1997). Os solos foram classificados de acordo com Embrapa (2013), em nível de Subgrupo (3º nível), mais grupamento textural. É válido ressaltar que nos pontos amostrais denominados Cana-de-açúcar e Solo exposto, em ambas as bacias hidrográficas, por estarem implantados em pares, foram coletadas somente uma amostra de solo para fins de classificação.

Após a classificação, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm, as quais foram secadas ao ar e peneiradas em peneira de malha de 2 mm (Henderson et.al, 1992), sendo obtida a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Tais amostras foram alocadas (aproximadamente 15 cm³ de solo) em placa petri para obtenção dos dados de reflectância os quais foram realizados no laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

Aplicado a Solos e Planejamento do Uso da Terra/LSO/ESALQ. Para a obtenção dos dados de reflectância, foi utilizado o espectrômetro FieldSpec Pro (Analytical Spectral Devices, Inc., Boulder, Co), o qual constitui um espectrorradiômetro de fibra ótica com resolução espectral de 1 nm na faixa de 350 a 2500 nm (obtendo-se assim 2150 bandas espectrais por leitura), com capacidade de efetuar mais de 30 leituras por segundo. Tal sensor foi alocado em posição vertical a 8 cm de distância do alvo, onde foi medida a luz refletida de uma área de aproximadamente 2 cm x 2 cm. A fonte de iluminação foi uma lâmpada halógena de 50 W, com feixe não colimado para o plano de visada, sendo esta posicionada a 35 cm do alvo e com ângulo zenital de 30°. Como padrão de referência, foi utilizada a placa Spectralon, considerada como padrão de 100% de reflectância. Foram realizadas três leituras espectrais de cada amostra, sendo posteriormente realizada a média aritmética simples para a obtenção de um valor de reflectância (Nanni e Demattê, 2006; Fiorio et al., 2010).

4. Resultados e Discussão

Da análise granulométrica efetuada sobre a camada superficial dos solos amostrados, tem-se que os solos da bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande apresentaram elevada quantidade de areia total, em especial de areia fina na sua constituição. Em contrapartida, os solos da bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga apresentaram valores superiores a 40% de argila na camada superficial, coincidindo assim com os levantamentos de solos pré existentes (Tabela 1). Assim, tem-se que os solos da bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande foram classificados em Cambissolo háplico, Tb distrófico, textura média, relevo ondulado a forte ondulado e na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga os solos foram classificados em Argissolo Vermelho Amarelo, eutrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado e Cambissolo háplico, Tb distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado (tabela 2).

Tabela 1. Distribuição das frações granulométricas nas camadas superficiais dos solos amostrados.

BH	Pontos amostrais	Prof. cm	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
			-----%				
Monjolo Grande	Cana e solo 1	0-20	78,53	23,35	55,18	5,52	15,95
	Cana e Solo 2	0-20	90,90	10,57	80,33	5,15	3,95
	Pasto 1	0-20	79,15	25,09	54,06	1,55	19,30
	Pasto 2	0-20	75,35	19,62	55,74	1,15	23,50
Jacutinga	Cana e Solo 1	0-20	33,34	11,50	21,84	15,11	51,55
	Cana e Solo 2	0-20	23,42	9,47	13,95	35,28	41,30
	Pasto	0-20	41,43	13,47	27,96	16,72	41,85

Stoner (1979) afirma que a diminuição no tamanho das partículas de areia, ou seja, o aumento da proporção de areia fina e areia muito fina na composição do solo, tende a aumentar a reflectância dos solos arenosos. Também solos arenosos cuja composição mineralógica seja rica em quartzo, são solos que apresentam baixos teores de matéria orgânica e de óxidos de ferro e água, o que favorece o aumento da reflectância (Dalmolin et al., 2005). Assim, devido a composição dos solos arenosos da bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande, onde os arenitos da formação Pirambóia são compostos basicamente por quartzo e caolinita (Conceição e Bonotto, 2006), tem-se maior intensidade de reflectância ao longo de todo o espectro (Figura 2).

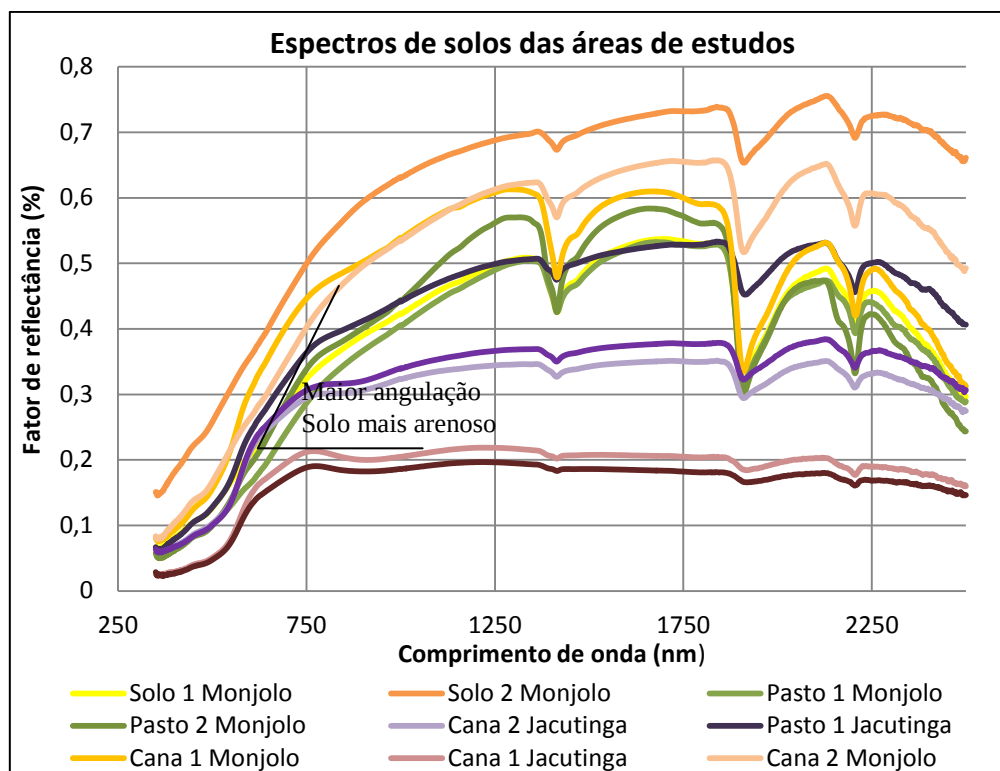


Figura 2. Espectros de solos das áreas de estudo (Fonte: o autor)

Quando da comparação com os solos argilosos da bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga, cuja composição é quartzo, hematita, illita, caolinita, calcita, microclínio e albita (Conceição e Bonotto, 2006), tem-se curvas espectrais com menor intensidade do que nos solos arenosos. Tal diferença de reflectância entre os solos das duas bacias pode ser verificado a partir da maior angulação positiva dos solos arenosos da bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande (Figura 2).

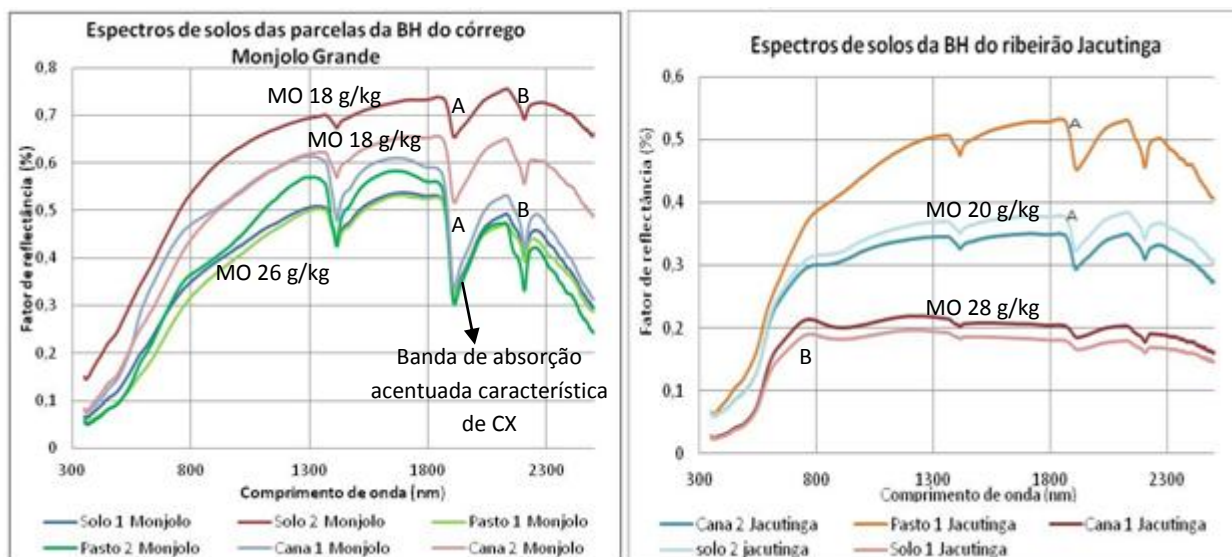
Da mesma maneira, quando da comparação entre os solos de ambas as bacias, tem-se maior absorção em todo o espectro nos solos argilosos da bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, derivado também a maior presença de água e matéria orgânica (Tabela 2 e figura 2).

Tabela 2. Análise química das amostras superficiais de solos das áreas de estudo

Pontos amostrais		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	MO	CT	SB	CTC	V	m	pH
		mg.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³					g.kg		mmolc.dm ⁻³		%		CaCl ₂
Monjolo Grande	Cana e solo 1	83	7,3	25	8	8,5	22	18	10,6	40	63	64	17	5,6
	Cana e solo 2	17	2,4	10	3	0	28	18	10,4	15	44	35	0	4,7
	Pasto 1	13	6,2	9	5	7,5	29	26	14,8	20	49	41	27	4,8
	Pasto 2	7	2,2	7	5	7,7	30	17	10,1	14	44	32	35	4,9
Jacutinga	Cana e Solo 1	9	2,8	30	12	0	22	28	16	45	67	67	0	5,6
	Cana e Solo 2	8	3,7	17	8	6,3	32	20	11,8	29	61	47	18	5
	Pasto	8	3,6	14	6	7,7	26	27	15,4	24	50	47	25	5

Quando da avaliação dos solos presentes na bacia hidrográfica do Córrego Monjolo Grande, tem-se em todas as amostras depressão de absorção na faixa de 1900 nm derivado de

mineral em formação montmorilonita (item A, figura 3a) e absorção na faixa de 2200nm derivado de formação de caolinita (item B, figura 3b). Tal característica de absorção na faixa de 1900 nm é característico de solos jovens, como os Cambissolo Háplicos encontrados em todos os pontos amostrais.



Figuras 3a e 3b. Espectros de solos das bacias hidrográficas do córrego Monjolo Grande e ribeirão Jacutinga.

A parcela denominada Pasto 1 apresentou menor reflectância ao longo de todo o espectro quando comparada as demais amostras. Devido as condições similares de textura, tal absorção é devida a maior quantidade de matéria orgânica na composição (26 g/kg) quando comparada as demais amostras, cujos valores variaram de 17 a 18g/kg (figura 3a). Conforme Coleman e Montgomery (1987), os maiores teores de matéria orgânica tendem a decrescer a reflectância espectral em todos os comprimentos de onda, sendo que na região de 760 a 900 nm, tal decréscimo é mais acentuado, e, portanto, mais utilizado para predizer o conteúdo da matéria orgânica no solo.

Quando da comparação entre todas as amostras da bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande, tem-se maior angulação nas amostras solo exposto e cana-de-açúcar 2. Tal característica é devida a maior quantidade de areia total nas camadas superficiais (90,9%) quando comparado aos solos dos demais pontos amostrais, cujos valores de areia total variam de 75% a 78% (tabela 1).

Já nos solos presentes na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga, tem-se maior quantidade de montmorilonita nos solos presentes nos pontos amostrais cana-de-açúcar e solo exposto 2 e pastagem (símbolo A, figura 3b). Tal mineral de argila possui atividade alta, elevada plasticidade e pegajosidade, além de uma grande capacidade de expansão e contração, o que provoca fissuras no solo quando seco. A identificação deste mineral de argila bem como a sua devida caracterização coincide com a identificação do mesmo em trabalhos de campo efetuado na área.

Já nos solos presentes no ponto amostral cana-de-açúcar e solo exposto 1, tem-se uma atenuação da intensidade da curva devido a maior quantidade de matéria orgânica e da fração argila (tabela 1). Neste sentido, da análise química realizada, tem-se ocorrência de 28g/kg sendo tal valor considerado médio quando comparado ao teor de matéria orgânica nos pontos amostrais cana-de-açúcar e solo exposto 2 (20g/kg). Ainda em relação as amostras cana e solo 1, na faixa espectral próxima a 650nm é possível verificar a presença de goetita, sendo esta

representada por um ligeiro "ombro" próximo a 650nm e uma leve absorção próximo a 800nm (item B, figura 3b).

Também foi observado maior intensidade de reflectância e maior angulação positiva acentuada no ponto amostral Pastagem quando comparado aos pontos cana-de-açúcar e solo exposto 1 e 2. Tal diferença se deve a maior quantidade da fração areia na superfície (41%) quando comparada as demais amostras de solos, as quais apresentaram valores de 23% e 33%, respectivamente (Figura 3b e tabela 1)

Em todas as amostras localizadas nas parcelas experimentais com solo exposto, em ambas as áreas de estudo, verificou aumento da reflectancia em todo o comprimento de onda. No processo de erosão hídrica pelas águas da chuva, as partículas mais erodíveis e transportáveis são as frações de areia fina, silte e os colóides, sendo que as frações de areia grossa necessitam de maior energia para serem transportadas. Assim, considerando que as superfícies das parcelas com solo exposto estavam aproximadamente 6 meses sem cobertura vegetal, tem-se que o aumento do albedo das curvas espectrais dos solos se devem ao aumento do teor de areia grossa e a diminuição da matéria orgânica. No entanto, tal consideração deve ser confirmada mediante análises laboratoriais das amostras de solos realizadas no término das experimentações em erosão.

5. Conclusões

A espectrorradiometria mostrou ser capaz de identificar os atributos areia, argila, matéria orgânica, minerais de argila e goetita nas amostras de solos trabalhadas. Também possibilitou a diferenciação entre as amostras e as respectivas unidades taxonômicas de solos trabalhadas. Assim, as assinaturas espectrais dos solos obtidas em laboratório condizem com as características físicas e químicas determinadas em campo e em laboratório.

O emprego da resposta espectral dos solos na identificação e estimativa de atributos físicos e químicos é tido como uma ferramenta promissora na medida em que possibilita a análise rápida dos atributos dos solos bem como a identificação de algumas unidades taxonômicas.

Maiores estudos devem ser realizados a fim de avaliar a relação do uso da terra com a resposta espectral dos solos, visto que as alterações no uso/cobertura do solo acarretam alterações nos atributos físicos e químicos dos solos.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de doutorado concedida e pelo apoio financeiro por meio do projeto "Avaliação da erosão hídrica, química e mecânica entre arenitos e argilitos: uma contribuição à evolução geomorfológica da bacia do Rio Corumbataí (SP)" - processo Fapesp nº 2012/19935-7; à Prefeitura Municipal de Ipeúna, pelo apoio, e à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, pelo suporte às atividades de campo.

Referências Bibliográficas

BEN-DOR, E.; BANIN, A. Near-infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59:364-372, 1995.

BROWN, D.J.; SHEPHERD, K.D.; WALSH, M.G.; MAYS, M.D.; REINSCH, T.G. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma*, 132:273-290, 2006.

CENTRO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. CEAPLA. **Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/ceapla/atlas/>>. Acesso em 25/06/2012.

CEZAR, E.; NANNI, M.R. CHICAT, M.L.; SOUZA JÚNIOR, I.G.; COSTA, A.C.S. Avaliação e quantificação das frações silte, areia e argila por meio de suas respectivas reflectâncias. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1157-1165, 2012.

COLEMAN, T.L.; MONTGOMERY, O.L. Soil moisture, organic-matter and iron content effect on the spectral characteristics of selected vertisols and alfisols in Alabama. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v.53. p. 1659- 1663. 1987.

CONCEICAO, F. T. da; BONOTTO, D. M. Dose de exposição radiométrica e composição das rochas sedimentares e ígneas na bacia do Rio Corumbataí (SP). **Rev. Bras. Geof.** [online]. 2006, vol.24, n.1, pp. 37-48.

CORREA, E. A. **Avaliação da cultura de cana-de-açúcar como fator protetor em termos da erosão hídrica do solo e a sua associação com a resposta espectral por meio e diferentes sensores**. Relatório interno. Rio Claro, SP, 2013.

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. Avaliação de atributos de Latossolo Bruno e de terra Bruna Estruturada na região de Guarapuava, Paraná, por meio de sua energia refletida. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:343-355, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 212 p. 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. – Rio de Janeiro, 353 p. 2013.

FIORIO, P.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; NANNI, M.R.; FORMAGGIO, A.R. Diferenciação espectral de solo utilizando dados obtidos em laboratórios e por sensor orbital. **Bragantia**, 69:453-466, 2010.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto: Princípios e interpretação de imagens**. São Paulo: Nobel, 1982.

HENDERSON, T.L.; BAUMGARDNER, M.F.; FRANZMEIER, D.P.; STOTT, D.E.; COSTER, D.C. High dimensional reflectance analysis of soil organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, 865-872, 1992.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.

MORAES, I. C. **Análise de desempenho dos modelos de perda de solo MEUPS e WEPP: contribuição a aplicação em bacias hidrográficas**. Relatório interno. Rio Claro, SP, 2013.

NANNI, M.R.; DEMATTÊ, J.A.M. Comportamento da linha do solo obtida por espectrorradiometria laboratorial para diferentes classes de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:1031-1038, 2006.

NANNI, M.R.; DEMATTÊ, J.A.M. Spectral reflectance methodology in comparison to traditional soil analysis. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 70:393-407, 2006a.

SORENSEN, L.K.; DALSGAARD, S. Determination of clay and other soil properties by near infrared spectroscopy. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 69:159-167, 2005.

SORENSEN, L.K.; DALSGAARD, S. Determination of clay and other soil properties by near infrared spectroscopy. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 69:159-167, 2005.

STONER, L.k. **Physicochemical, site and bi-directional reflectance factor characteristics of uniformly moist soils**. 1979. 132f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Purdue University.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.