

# DISCRIMINAÇÃO ESPECTRAL DE LATOSSOLOS DO PLANALTO CENTRAL BRASILEIRO<sup>1</sup>

ERIC STONER<sup>2</sup>, INA DERKSEN<sup>3</sup> e JAMIL MACEDO<sup>4</sup>

**RESUMO** - Imagens orbitais facilitam o mapeamento de solos na medida que feições nas imagens são relacionadas com solos na paisagem. Isto tem sido amplamente comprovado na discriminação de unidades geomorfológicas em imagens Landsat e SPOT. Porém, mapeamento detalhado, exige discriminação de unidades de solos numa escala onde feições topográficas não bastam para separação de classes, sendo necessário um conhecimento maior das características espectrais do solo. A capacidade de distinguir classes de solos com dados espectrais se relaciona com o comportamento espectral inerente dos componentes do solo. A discriminação espectral de solos é especialmente apropriada no Brasil onde a cor do solo é usada na definição de classes, notadamente como propriedade covariante com o tipo e conteúdo de óxidos de ferro. Isto pode ser atingido por meio da caracterização de sua reflectância, agregando informações além dos comprimentos de onda da percepção humana de cor. Este trabalho investigou o potencial para discriminação espectral de uma cromosequência de latossolos do Planalto Central usando um radiômetro de campo sensível na faixa de comprimento de onda refletido de 380-875 nm. A comparação de pares espectrais de solos revela os comprimentos de onda de máxima discriminação espectral que, no caso dos dois latossolos estudados, corresponde à região de 450-520 nm (azul) de opacidade do Latossolo Vermelho-Escuro, rico em hematita em contraste com o Latossolo Vermelho-Amarelo, rico em goetita.

Termos para indexação: óxidos de ferro, reflectância do solo, sensoriamento remoto.

## SPECTRAL DISCRIMINATION OF BRAZILIAN PLATEAU LATOSOLS

**ABSTRACT** - Remotely sensed imagery serves as a tool for accelerating soil survey activity to the extent that features in the imagery can be related to soils in their landscape. This has been clearly proven for discrimination of broad geomorphic units in Landsat and SPOT imagery. However, farm-level soil mapping is likely to require discrimination of soil units at a scale where topographic clues are not enough for class separation. The capability to distinguish soil classes in remote imagery is very much related to inherent spectral behavior of diagnostic soil components. This is especially true in Brazil where soil color is used for class definition, principally as a covarying property with iron oxide form and content. This study investigated the potential for soil spectral discrimination of a chromosequence of latosols (oxisols), from the Central Plateau of Brazil, using a portable field radiometer sensitive in the 380-875 nm reflective wavelength range. Pairwise comparison of spectral reflectance of soils reveals wavelength regions of maximum spectral discrimination, accentuating the 450-520 nm (blue) region of opaque behavior of the hematite-rich Dark-Red Latosol (LE) in contrast to the goethite rich Red-Yellow Latosol (LV).

Index terms: iron oxides, oxisols, remote sensing, soil reflectance.

## INTRODUÇÃO

Os Latossolos Vermelho-Escuro (LE) e Vermelho-Amarelo (LV) predominam nas paisagens de chapada e meia encosta com relevo plano ou suave ondulado na região dos Cerrados. De comum formação via severo intemperismo do material originário de cobertura de-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 9 de janeiro de 1991.

Trabalho conduzido no CPAC/EMBRAPA.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., Ph.D., Consultor, Convênio EMBRAPA/IICA.

<sup>3</sup> Estagiária, Univ. de Wageningen, Holanda.

<sup>4</sup> Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 700023, CEP 73301 Planaltina-DF.

tritolaterfca, argilitos, siltitos ou de quartzitos, estes solos constituem, por sua facilidade de mecanização, as primeiras, e mais extensas terras a serem ocupadas na abertura dos Cerrados. A maior parte dos estudos em manejo dos solos dos Cerrados para a agropecuária tem sido conduzida nestes solos.

As evidências estratigráfica, geomorfológica e pedogênica apontam para uma evolução paisagística que condiciona a hidrologia destes solos de tal forma que há alteração da mineralogia de ferro e ocorrência de distintas diferenças de coloração (Macedo & Bryant 1989). Solos bem drenados com lençol freático abaixo de 3 m de profundidade apresentam matizes avermelhados (2,5 YR ou 5 YR) indicando ambiente de oxidação com mineralogia de hematita e goetita. A superfície do solo em locais com lençol freático sazonalmente alto tem matizes amarelados (10 YR ou 7,5 YR) com predominância de goetita.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos utiliza a cor em alto nível categórico como fator nominal e covariante com as propriedades de expressão genética, principalmente na discriminação de classes de latossolos por mineralogia e conteúdo de óxidos de ferro (Camargo et al. 1988; Cury & Franzmeier 1984; Kampf et al. 1988). A cor se relaciona mais ao tipo de óxido de ferro presente do que ao teor (Souza 1979). O óxido goetita na ausência de hematita se revela com cores amareladas (2,5 YR ou 5 YR) (Kampf et al. 1988). O efetivo tingidor de certos óxidos de ferro como hematita é evidente mesmo em pequenas quantidades, mascarando até o efeito de matéria orgânica (Resende 1976).

Radiometria de solos e estudo de curvas de reflectância provenientes destas medidas possibilitam a comparação quantitativa da cor do solo com as características espectrais dos componentes do solo que influenciam seu comportamento espectral com destaque para matéria orgânica, água no solo, minerais de argila e óxidos de ferro, granulometria e estru-

tura, e material de origem (Baumgardner et al. 1985; Formaggio & Epiphanyo 1988; Hunt et al. 1971; Stoner 1979, Stoner & Baumgardner 1981; Stoner et al. 1980). Entretanto, aparelhos radiométricos não se limitam ao alcance psicofísico da percepção humana de cor "energando" além dos comprimentos de onda do espectro visível (aproximadamente 400-700 nm), alcançando as importantes regiões da ultravioleta (300-400 nm) e infravermelho próximo (700-1100 nm), de forte influência de absorção de ferro. A cor de um material se define normalmente por absorções específicas na faixa do visível, mas também pode se manifestar por bandas de absorção nas faixas ultravioleta e infravermelho próximo com influência sobre o visível (Hunt & Salisbury 1970). A caracterização de óxidos de ferro por radiometria oferece subsídios para diminuir o aspecto subjetivo de avaliação somente com a comparação tradicional com padrões de referências de cor, abrindo espaço para estudos teóricos (Barron & Torrent 1986), definições estatísticas (Torrent et al. 1983) e identificação de bandas de absorção (Kosmas et al. 1984).

Características mineralógicas e hídricas dos latossolos são de extrema importância no manejo destes solos. Alguns solos amarelados com predominância de goetita absorvem mais fósforo do que solos avermelhados com maior conteúdo de hematita (Bingam et al. 1978). Diferenças nas propriedades da superfície do solo como textura e conteúdo de matéria orgânica também têm reflexos no manejo. A capacidade de discriminar entre classes de latossolos e suas fases texturais é importante na agricultura moderna.

O mapeamento e delimitação de unidades de solos com a ajuda de fotografias aéreas ou imagens orbitais serve de subsídio para o produtor no manejo das áreas. A limitação atual dos sensores orbitais com bandas espectrais relativamente largas dificulta a discriminação de solos com distintas e estreitas bandas de absorção. Porém, a perspectiva muda com o

lançamento previsto ainda para a década de 1990 de um espectrômetro imageador de alta resolução capaz de detectar energia refletida em 192 bandas de aproximadamente 10 nm de largura na faixa de comprimento de onda de 400-2500 nm com resolução no terreno de 30 m (Goetz & Herring, 1987).

O presente estudo visa contribuir para o conhecimento da variabilidade em propriedades dos latossolos buscando o aperfeiçoamento e aprimoramento das técnicas de mapeamento com tecnologias modernas de sensoramento remoto.

## MATERIAL E MÉTODOS

Onze solos de distribuição ampla no Distrito Federal foram selecionados para representar a cromosequência típica de latossolos no Planalto Central e a gama de classes texturais freqüentemente encontrada nestes solos. Onde possível, os solos foram amostrados perto do local de descrição de perfil do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal (EMBRAPA 1978) ou no local dos perfis do Oitavo Encontro Internacional sobre Classificação de Solos (EMBRAPA 1986). Amostras da camada 0-10 cm foram recolhidas em locais cultivados e transportadas para o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/EMBRAPA para análise física, química, e radiométrica.

A leitura radiométrica foi feita em solos secos ao ar, acondicionados em bandejas de madeira natural de cor clara de 50 x 50 x 5 cm, preenchida até a borda, descartando-se torrões maiores que 1 cm. As medidas principais foram feitas no dia 5 de julho de 1989 em condições de céu claro, sem evidências de nuvens, em campo aberto longe da influência de edificações. Todas as medidas foram repetidas três vezes. Leituras do alvo solo foram intercaladas com leituras da placa padrão de sulfato de bário (LARAD 90-12) para calibração. As leituras radiométricas foram inicialmente feitas com os solos em condições secas sendo em seguida umedecidos uniformemente, para posterior leitura com umidade próxima à capacidade de campo. Subamostras foram feitas para determinação gravimétrica da umidade do solo. A análise granulométrica foi feita pelo método da pipeta e análise da matéria orgânica pelo método Walkley-Brack. A cor do solo foi anotada em condições secas

e úmidas por comparação com cores padrão Munsell.

O radiômetro Spectron SE 590 possibilitou a leitura espectral em incrementos de aproximadamente 4 nm, fornecendo pontos de leitura suficiente para o traçado de curvas contínuas de reflectância na faixa de 380-875 nm. As leituras radiométricas foram feitas numa altura de 1 m com um ângulo de visada de 15°. As medidas principais foram realizadas sem uso do filtro Wratten 12. A presença de tal filtro afeta a detecção na região azul e a sua ausência afeta a sensibilidade efetiva na faixa de 875-940 nm (infravermelho próximo). Por conseguinte, a observação da importante banda de absorção de ferro localizada em 850 nm ficou prejudicada. A decisão de descartar o uso do filtro deveu-se ao interesse de se observar a queda abrupta da reflectância no azul (comprimentos de onda menores que 500 nm) causada por absorção de ferro. A calibração dos dados de reflectância dos solos seguiu o procedimento de Robinson & Biehl (1979), calculando a relação (resposta solo/resposta placa padrão) x 100, derivando o fator de reflectância bidirecional (FRB%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de reflectância de uma cromosequência de solos do Planalto Central revelam dois tipos principais (Fig. 1): os solos LV e LE representam o tipo c, com influência de ferro, enquanto o solo Gley Pouco Húmico (HGP) representa o tipo a dominado pela influência de matéria orgânica (Stoner & Baumgardner 1981). Os latossolos se destacam pela presença de bandas de absorção de  $Fe^{+++}$  nos comprimentos de onda menores que 550 nm (banda de extinção com queda abrupta para opacidade), 650 nm (banda fraca), e 850 nm (banda forte) conforme descrito por Hunt et al. (1971). Os solos LE com maior conteúdo de óxidos de ferro (Tabela 1) evidenciam mais fortemente o fenômeno de absorção de  $Fe^{+++}$ , principalmente na faixa ultravioleta e azul (380-500 nm) onde o solo é praticamente opaco, fenômeno observado por Hunt et al. (1971) no mineral hematita. Embora a banda de absorção na região de 850 nm não se revele claramente com leitura radiométrica sem uso do filtro Wratten 12, a presença da banda é detectada parcialmente, evitando perda de sensibilidade na faixa ultravioleta azul (Fig. 2).

A radiometria dos latossolos em condições secas e úmidas mostra o efeito de "escurecimento" dos solos com a adição de água (Fig. 3 e 4). Curiosamente, o solo LE é tão opaco na região azul, mesmo em condições secas, que nem o umedecimento do solo é capaz de escurecê-lo (Fig. 4). A opacidade no azul foi a principal e mais óbvia diferença espectral entre o LE e LV. O nítido caráter opaco dos latossolos com alto conteúdo de ferro não foi observado no trabalho de Stoner (1979) devido às limitações instrumentais que eliminaram os comprimentos de onda menores

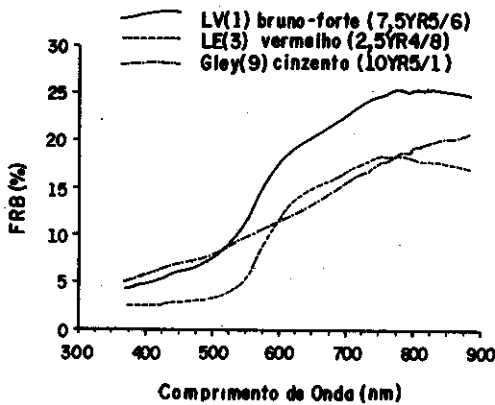


FIG. 1. Reflectância em condições secas de uma cromosequência de solos do Planalto Central. Número em parêntese se refere ao solo identificado na Tabela 1.

TABELA 1. Resumo das propriedades dos solos estudados.

Nº solo	Local	Argila (%)	Cor seco	Cor úmido	M.O. (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CDB extr. umidade de leitura (%)	
							Seco	Úmido
1 LV	Lagoa Bonita	76	7,5YR5/6	7,5YR4/4	2,54	8,0*	2,0	42,0
2 LE	Faz. Salazar	59	2,5YR4/6	2,5YR2,5/4	2,54	3,7*	2,0	43,0
3 LE	Faz. Monjolo	71	2,5YR4/8	2,5YR3/6	2,95	3,4*	2,0	42,0
4 LV	Águas Emendadas	19	7,5YR4/4	7,5YR3/4	1,24	0,3*	0,6	26,0
5 LE	Águas Emendadas	17	5YR5/6	5YR3/4	0,93	5,2*	0,5	26,0
6 LE	CPAC	45	2,5YR4/8	2,5YR2,5/4	1,76	7,4**	1,0	32,0
7 LV	Faz. Arábia	23	10YR5/6	10YR3/4	2,02	5,4*	0,9	29,0
8 LE	Faz. OK (Gama)	73	2,5YR4/8	2,5YR3/4	3,83	11,5**	3,0	49,0
9 HGP	CPAC	37	10YR5/1	10YR3/1	1,76	1,3**	2,0	40,0
10 LV	PAD-DF	72	7,5YR6/6	7,5YR3/3	3,21	6,1*	8,0	46,0

\* valores estimados (EMBRAPA 1978)

\*\* valores estimados (EMBRAPA 1986)

que 520 nm. A banda do TM/Landsat (450-520 nm) cobre esta faixa de opacidade, mas é freqüentemente descartada em análise multiespectral pela influência de aerossóis atmosféricos que degradam a qualidade da imagem.

Um método conveniente de comparar a res-

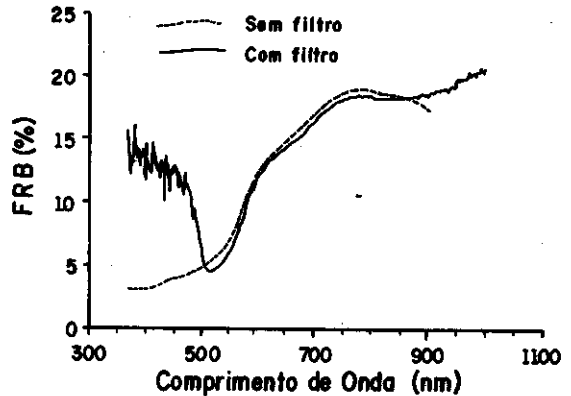


FIG. 2. Reflectância em condições secas de amostras de LE (2) com e sem filtro Wratten 12, com destaque para a influência do íon Fe<sup>+++</sup> centralizado nos comprimentos de onda 650 nm (banda de absorção fraca, 850 nm (banda de absorção forte), e < 500 nm com filtro não apresenta a propriedade espectral do solo, mas sem ruído de leitura com o filtro.

posta espectral de dois solos diferentes ou o mesmo solo em diferentes condições de umidade é a simples razão aritmética entre os dois. O traçado resultante define as regiões de comprimento de onda de maior diferença espectral entre os dois alvos, e ajuda orientar a escolha das bandas de maior poder discriminativo para a situação. A razão das reflectâncias das amostras de LV medidas em condições secas e úmidas define um traçado diferente da-

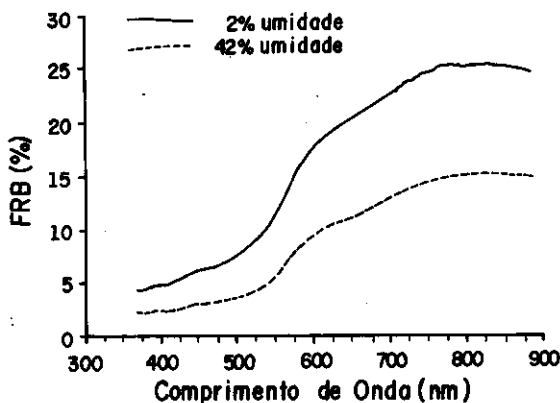


FIG. 3. Reflectância em condições secas e úmidas de LV(1). O solo LV mostra as mesmas bandas de absorção de  $Fe^{+++}$  do solo LE (Fig. 2), mas com menor intensidade.

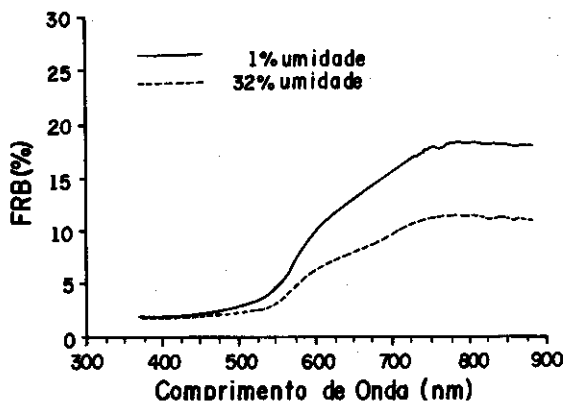


FIG. 4. Reflectância em condições secas e úmidas de LE (6). A opacidade por absorção de  $Fe^{+++}$  é tão forte que há pouca diferença de reflectância neste solo nos comprimentos de onda de 380-500 nm (ultravioleta e azul) entre o solo seco e úmido.

quele das amostras de LE em condições semelhantes (Fig. 5 e 6). Enquanto a comparação das amostras de LV revela a maior separabilidade espectral na faixa do azul (450 - 525 nm), a melhor faixa para discriminação espectral de condições de umidade de LE foi no vermelho e infravermelho próximo (600-875 nm). Este fenômeno de resposta espectral diferenciada ao umedecimento de latossolos pode ser mais uma evidência para es-

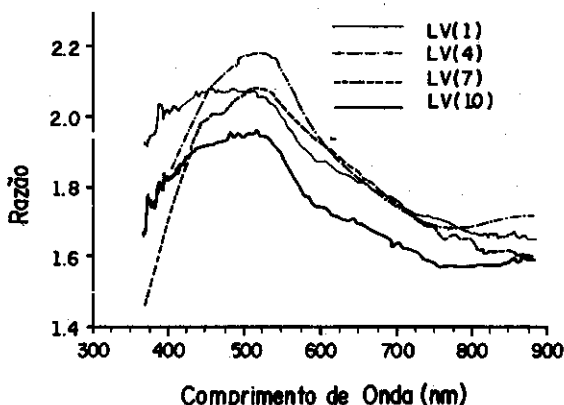


FIG. 5. Razão das reflectâncias de 4 amostras de LV comparadas em condições secas e úmidas. Os maiores valores de diferenças espectral entre o LV seco e úmido ocorrem na faixa do azul (450-525 nm).

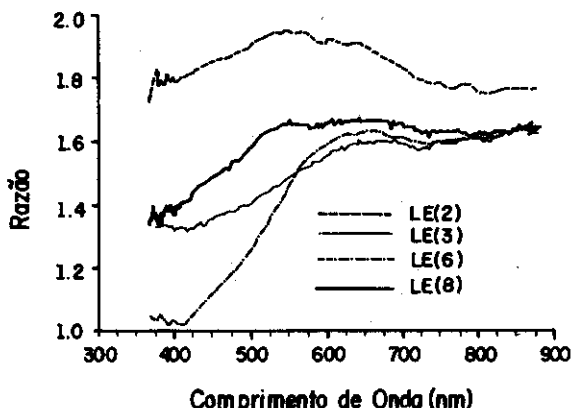


FIG. 6. Razão das reflectâncias de 4 amostras de LE comparadas em condições secas e úmidas. Os maiores valores de diferença espectral entre o LE seco e úmido ocorrem do vermelho até o infravermelho próximo (600-875).

clarecer diferenças observadas em imagens orbitais. Comparando duas aquisições de imagens orbitais: uma da época seca e uma da época de preparo para o plantio com solo úmido, espera-se uma maior diferença de resposta espectral com o solo LV, justamente nos comprimentos de onda onde há a menor diferença espectral entre LE seco e úmido.

Um problema prático na comparação de radiometria de solos à campo com detecção orbital é a falta de padrão de referência para calibração de reflectância com imagens orbitais, principalmente entre diferentes datas de aquisição. O ideal seria determinar um alvo padrão na terra que fosse de fácil localização, tivesse resposta espectral relativamente constante como aquela de material inorgânico, e fosse de pouca expressão espectral nas faixas características de fenômenos de absorção do material de interesse. Segundo Barron & Torrent (1986) um alvo padrão para observação de solo deveria ser um matiz cinzento, sem a presença de hematita e goetita. O solo HGP representa um alvo padrão natural de cor acinzentada sem a presença de minerais de hematita e goetita (EMBRAPA 1986). A curva de reflectância do HGP mostra o aumento monotônico de reflectância com o aumento de comprimento de onda, sem evidência de absorção de  $Fe^{+++}$  (Fig. 1). A comparação entre as reflectâncias do solo LV e do solo HGP (Fig. 7) mostra um traçado que define a região espectral de 600 nm como a de maior discriminação espectral, justamente no ponto de inflexão entre as bandas de absorção do íon ferrico. Este pico em 600 nm coincide com o pico da segunda derivada observada por Kosmas et al. (1984), atribuído por eles ao mineral hematita.

Comparando as reflectâncias de amostras de LV e LE (Fig. 8) através do método de razões, os maiores valores de diferença espectral ocorrem, como é de se esperar, na região de opacidade causada pela presença de  $Fe^{+++}$ . Esta diferença diminui sensivelmente em condições de solo úmido, como também já foi observado, mas com a ressalva que os valores mínimos de diferença espectral ocorrem na faixa vermelho

(600-700 nm), perto de outra banda de absorção de ferro. Nos dois casos (solo seco e solo úmido), a maior diferença espectral entre amostras de LV e LE ocorre perto da faixa verde do espectro (550 nm).

Dois latossolos com aproximadamente a mesma cor em condições secas e úmidas, mas com textura diferentes, revelam curvas alteradas com o deslocamento das máximas de diferença espectral para os comprimentos de onda mais longos após o umedecimento (Fig. 9). Embora não esclarecido, é claro que a comparação espectral revela diferenças nas propriedades dos dois solos não relacionados com diferenças de cor. A possibilidade de detecção de fases texturais por discriminação espectral não pode ser descartada.

## CONCLUSÕES

1. A discriminação espectral entre LV e LE é mais acentuada em condições de solo seco.
2. A diferença espectral entre LV e LE é maior na faixa espectral 450-520 nm, correspondente à banda 1 do TM/Landsat.
3. Tanto o solo LE (de cor avermelhada) bem como o solo LV (de cor amarelada) evidenciam bandas de absorções de  $Fe^{+++}$  nos comprimentos de onda < 550 nm, em 650 nm e em 850 nm, embora com menor intensidade no solo LV. A maior diferença entre os dois é a forte banda de extinção de  $Fe^{+++}$  na faixa inferior a 550 nm que torna o solo LE opaco nesta região, fenômeno atribuído à presença substancial do mineral hematita.
4. A resposta diferenciada entre a reflectância do mesmo solo em condições secas e úmidas produz curvas características para os solos LV e LE, fornecendo mais uma possibilidade para discriminação dos dois solos.
5. A comparação da reflectância do LV com a reflectância do solo HGP destaca a região de máxima diferença espectral entre os dois (600 nm), e levanta a possibilidade de uso do solo HGP como um padrão cinzento de referência, sem a influência de  $Fe^{+++}$  presente nos latossolos.
6. O deslocamento das curvas de razões de reflectância de amostras de LE com texturas diferentes, quando comparadas em condições secas e úmidas, sugere a possibilidade de detecção em conteúdo de argila dos solos.

7. A radiometria contribui para quantificar as propriedades espectrais do solo que por sua vez são relacionadas às características intrínsecas dos solos, tais como conteúdo e mineralogia de ferro, que são utilizados como parâmetros diferenciais de latossolos.

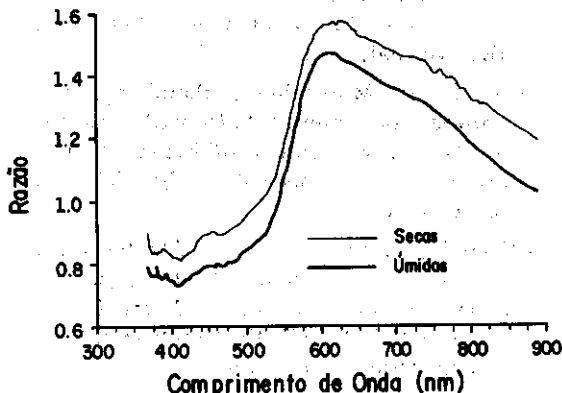


FIG. 7. Razão das reflectâncias de amostras de LV(1) e Gley(9). Os maiores valores de diferença espectral entre LV e Gley ocorrem na região de 600 nm, no ponto de inflexão entre as bandas de absorção de  $Fe^{+++}$  de 550 e 650 nm.

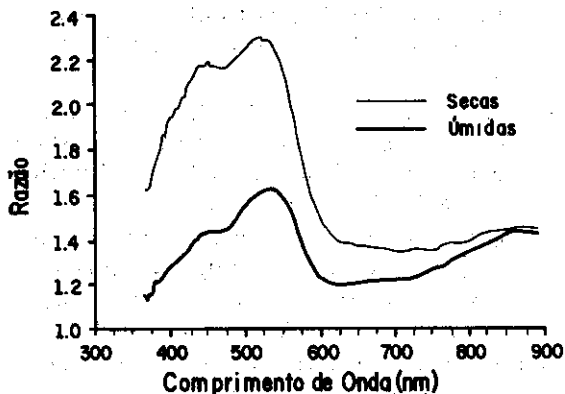


FIG. 8. Razão das reflectâncias de amostras de LV(1) e LE(3). Maiores valores representam a região de máxima diferença espectral entre os dois solos, correspondente com a banda de opacidade na presença de  $Fe^{+++}$ . Diferenças espectrais entre os dois solos são menores em condições úmidas, sendo mínimas na faixa vermelha do espectro (600-700 nm).

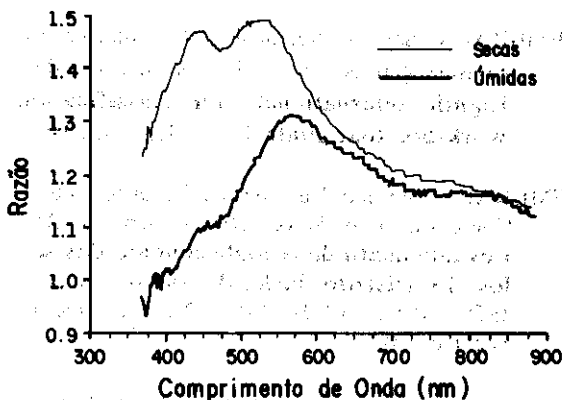


FIG. 9. Razão das reflectâncias de amostras de LE com 73% e com 45% de argila LE(8) e LE(6) mostrando o deslocamento das máximas de diferença espectral para os comprimentos de onda mais longos em função do umedecimento dos solos.

### REFERÊNCIAS

- BARRON, V.; J. TORRENT. Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour. *Journal of soil colour. Journal of Soil Science*, v.37, n.4, p.499-510, 1986.
- BAUMGARDNER, M.F.; SILVA, L.F.; BIEHL, L.L.; STONER, E.R. Reflectance properties of soils. *Advances in Agronomy*, v.38, p.2-44, 1985.
- BINGHAM, J.M.; COLDEN, D.C.; BUOL, S.W.; WEED, S.B.; BOWEN, L.H. Iron oxide mineralogy of well-drained Ultisols and Oxisols. II. Influence on color, surface area, and phosphate retention. *Soil Science Society of America Journal*, v.42, n.4, p.825-830, 1978.
- CAMARGO, M.N.; JACOMINE, P.K.T.; CARVALHO, A.P.; OLMOS, L.L. The Brazilian classification of latossols. In: *INTERNATIONAL SOILS CLASSIFICATION WORKSHOP*, 8., 1986, Rio de Janeiro, RJ. *Proceedings...* Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/USDA-SMSS, 1988. Part 1, p.190-199.
- CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. *Soil Science Society America Journal*, v.48, n.2, p.341-346, 1984.

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Eighth international soil classification workshop tour guide**. Rio de Janeiro, 1986.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, 1978. 455p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 53).
- FORMAGGIO, A.R.; EIPHANIO, J.C.N. Reflectance pattern and the physical and chemical characteristics of three Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 16., 1986, Kyoto, **Proceedings...** Amsterdam: ISPRS, 1988. p.497-505.
- GOETZ, A.F.H.; HERRING, M. The high resolution imaging spectrometer (HIRIS) for EOS. In: IEEE INT. GEOSCI. AND REMOTE SENS. SYMPOS., 1987., Ann Arbor. **Proceedings...** New York: IEEE, 1987. p.367-372.
- HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W. Visible and near infrared spectra of minerals and rocks I. Silicate minerals. **Modern Geology**, v.1, p.283-300, 1970.
- HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.; LENHOFF, C.J. Visible and near-infrared spectra of mineral and rocks III, oxides and hydroxides. **Modern Geology**, v.2, p.195-205, 1971.
- KAMPF, N.; RESENDE, M.; CURI, N. Iron oxides in Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro, RJ. **Proceedings...** Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SNLCS/USDA-SMSS, 1988. Part 1, p.71-77.
- KOSMAS, N.; CURI, N.; BRYANT, R.B.; FRANZMEIER, D.P. Characterization of iron oxide minerals by second derivative visible spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, n.2, p.401-405, 1984.
- MACEDO, J.; BRYANT, R.B. Morphology, mineralogy, and genesis of a hydrosequence of Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v.51, n.4, p.1114-1116, 1989.
- RESENDE, M. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil**. West Lafayette: Purdue University, 1976. 237p. Tese de Doutorado.
- ROBINSON, B.F.; BIEHL, L.L. Calibration procedure for measurement of reflectance factors in remote sensing field research. **Journal of the Society of Potato Optical Instrumentation Engineering**, v.196, p.16-26, 1979.
- SOUZA, G.A. de. **Estudo comparativo de propriedades de latossolos do Brasil**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1979. 105p. Tese de Mestrado.
- STONER, E.R. **Physicochemical, site, and bidirectional reflectance factor characteristics of uniformly moist soils**. West Lafayette: Purdue University, 1979. Tese de Doutorado.
- STONER, E.R.; BAUMGARDNER, M.F. Characteristic variations in reflectance of surface soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, n.6, p.1161-1165, 1981.
- STONER, E.R.; BAUMGARDNER, M.F.; BIEHL, L.L.; ROBINSON, B.F. **Atlas of soil reflectance properties**. West Lafayette: Purdue Univ., 1980. (Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 962).
- TORRENT, J.; SCHWERTMANN, U.; FECHTER, H.; ALFEREZ. Quantitative relationships between soil color and hematite content. **Soil Science**, v.136, n.6, p.354-358, 1983.