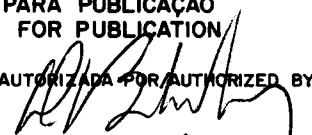


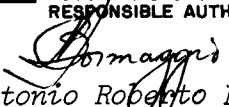
AUTORES
AUTHORS

PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS
RADIOMETRIA DE CAMPO; RADIOMETRIA DE LABORATÓRIO
LATOSSOLOS DE SÃO PAULO; PDZÓLICO VERMELHO-AMARELO

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY


Marco Antonio Raupp
Diretor Geral

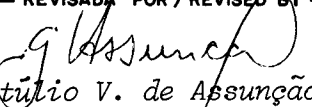
AUTOR/ RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR


Antonio Roberto Formaggio

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

☐ INTERNA / INTERNAL
☒ EXTERNA / EXTERNAL
☐ RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY


Getúlio V. de Assunção

CDU/UDC

528.831:541.52

DATA / DATE

Agosto, 1988

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO INPE-4644-PRE/1355
	ESTUDOS ESPECTRAIS DE TRÊS OXISOLS E DE UM ULTISOL BRASILEIROS
AUTORES/AUTHORSHIP	Antonio Roberto Formaggio - INPE José Carlos Neves Epiphanyo - INPE

ORIGEM
ORIGIN

DPA

PROJETO
PROJECT

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

22

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

19

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

O presente trabalho tem por objetivo verificar a correlação existente entre os comportamentos espectrais de três latossolos (oxisols) e de um podzólico (ultisol) de duas regiões do Estado de São Paulo (Brasil) com as suas características de conteúdos de óxidos de ferro e de matéria orgânica, granulometria, cor, condições superficiais, capacidade de troca de cátions e material de origem. Foram obtidos dados espectrais em três níveis de coleta: laboratório, campo e satélite. Para os dois primeiros níveis, os dados foram coletados no intervalo espectral de 400 a 1100nm, com um espectrorradiômetro e com um radiômetro portátil, respectivamente. Para o último, foi utilizado o Analisador de Imagens Multiespectrais Image-100, com dados de fitas (CCT) dos sensores MSS e TM/LANDSAT. Evidenciaram-se altamente significativas as correlações entre os parâmetros físicos e químicos estudados e os comportamentos espectrais dos quatro solos. Alguns solos apresentam amplas possibilidades de serem discriminados espectralmente dos outros estudados na região geográfica em que o material de origem é mais argiloso, havendo outro tipo de discriminação onde as rochas originam coberturas pedológicas mais arenosas. Isto faz ressaltar a importância da textura e do material de origem como parâmetros influenciadores do comportamento espectral dos solos. Além disso, houve claras indicações de se poder inferir sobre propriedades relacionadas com óxidos de ferro, em função de intensa absorção que ocorre principalmente na região do infravermelho próximo, para solos originados de rochas básicas.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

Trabalho apresentado no "II Simpósio Latinoamericano sobre Sensores Remotos (16 a 20 de novembro de 1987), Bogotá - Colômbia.

ESTUDOS ESPECTRAIS DE TRÊS OXISOLS E DE UM MULTISOL BRASILEIROS

Antonio Roberto Formaggio

José Carlos Neves Epiphanyo

Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE

Caixa Postal 515 - CEP: 12201 - São José dos Campos-SP - Brasil

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo verificar a correlação existente entre os comportamentos espectrais de três latossolos (oxisols) e de um podzólico (ultisol) de duas regiões do Estado de São Paulo (Brasil) com as suas características de conteúdos de óxidos de ferro e de matéria orgânica, granulometria, cor, condições superficiais, capacidade de troca de cátions e material de origem. Foram obtidos dados espectrais em três níveis de coleta: laboratório, campo e satélite. Para os dois primeiros níveis, os dados foram coletados no intervalo espectral de 400 a 1100nm, com um espectrorradiômetro e com um radiômetro portátil, respectivamente. Para o último, foi utilizado o Analisador de Imagens Multiespectrais Image-100, com dados de fitas (CCT) dos sensores MSS e TM/LANDSAT. Evidenciaram-se altamente significativas as correlações entre os parâmetros físicos e químicos estudados e os comportamentos espectrais dos quatro solos. Alguns solos apresentam amplas possibilidades de serem discriminados espectralmente dos outros estudados na região geográfica em que o material de origem é mais argiloso, havendo outro tipo de discriminabilidade onde as rochas originam coberturas pedológicas mais arenosas. Isto faz ressaltar a importância da textura e do material de origem como parâmetros influenciadores do comportamento espectral dos solos. Além disso, houve claras indicações de se poder inferir sobre propriedades relacionadas com óxidos de ferro, em função de intensa absorção que ocorre principalmente na região do infravermelho próximo, para solos originados de rochas básicas.

ABSTRACT

This paper has the objective of verifying the correlation between spectral behavior of three Oxisols and one Ultisol from São Paulo State (Brazil) with their following characteristics: iron oxides and organic matter contents, particle size, colour, surface conditions, cation exchange capacity and parent material. It was collected spectral data in three levels: laboratory, field and satellite. For the first two levels, data were collected between 400 and 1100nm with a spectroradiometer and a hand held radiometer, respectively. For the satellite level (MSS and TM-LANDSAT) it was used the Multispectral Imagery Analyser - Image 100 with data from compatible computer tapes (CCTs). The physical and chemical parameters were highly correlated with the spectral behavior of the four soil types. In one of the two study areas, where the parent material is argillic (clay) it was observed a type of spectral discrimination between the soils; and where the parent material originate sandy pedological substrate it was observed another type of discrimination between studied soils. These results show the importance of parent material and soil texture as influencing parameters of the soil spectral behavior. Also, clear indications of the inference potential from soil properties related with iron oxides due strong absorption occurred mainly at near infrared for the soils originated from eruptive basic rocks.

1. INTRODUÇÃO

Países em desenvolvimento, como o Brasil, já estão entrando na etapa tecnológica de construção e colocação em órbita de satélites de sensoriamento remoto de seus recursos naturais.

Dentre outros aspectos, para a seleção de bandas de sensores, ressalta a necessidade de conhecimento do comportamento espectral dos solos tropicais acentuadamente intemperizados, uma vez que a grande maioria dos estudos espectrais de solos foram realizados em regiões temperadas norte-americanas e europeias.

Considerando-se o sensoriamento remoto agrícola e a interpretação de imagens multiespectrais, sabe-se amplamente que há forte influência dos solos nas respostas espectrais das culturas, durante largo intervalo do seu ciclo, influência esta que é função de vários fatores: a própria cultura, espaçamento, estágio vegetativo, práticas de manejo, sistemas de plantio, relevo e o próprio tipo de solo.

As novas imagens obtidas por sensores como o TM/LANDSAT e o HRV/SPOT, com posições e número de bandas, intervalos espectrais e resolução radiométrica diferentes das imagens MSS até recentemente muito utilizadas, exigem melhores e maiores conhecimentos do comportamento espectral dos solos e das culturas do que o que se dispõe atualmente.

Dentro deste amplo contexto, o presente estudo teve como objetivo fornecer subsídios ao entendimento do comportamento espectral de quatro relevantes tipos de solos brasileiros, quando se utilizam três níveis de coleta de dados espectrais: laboratório, campo e satélite (sensores MSS e TM/LANDSAT). Dos quatro tipos de solos, três são *Oxisols* (Latosolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos) e um é *Ultisol* (Podzólico Vermelho-Amarelo, pela Classificação Brasileira).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DE SOLOS SUPERFICIAIS

Tem sido relatado que um razoável número de parâmetros, individual e/ou conjuntamente, contribuem para as características espectrais dos solos, tanto na porção visível como no infravermelho do espectro eletromagnético.

A cena agrícola é, temporalmente, bastante dinâmica quanto às suas coberturas superficiais de terreno e os solos, quando expostos, podem ser encontrados nas mais diversas condições durante o ano, em função das culturas que suportam e das práticas de manejo que lhe são aplicadas. Evidentemente, as condições superficiais do solo influenciam de modo significativo as respostas tanto nas espectrometrias de campo como em estudos baseados em imagens multiespectrais (Stoner e Horvath, 1978).

Contudo, Stoner e Baumgardner (1980) afirmam que as dificuldades em caracterizar satisfatoriamente a rugosidade superficial de solos sob vários tratamentos de cultivos tornam esta questão uma das menos compreendidas da reflectância de solos superficiais.

Quanto à influência da umidade na reflectância dos solos, é comum a observação de que os solos mais úmidos refletem menos que os secos.

Este fato é bem ilustrado na Figura 1, onde pode-se verificar que o aumento da umidade provoca diminuição na reflectância do solo, porém, a forma geral das curvas espectrais não é afetada pelas variações de umidade.

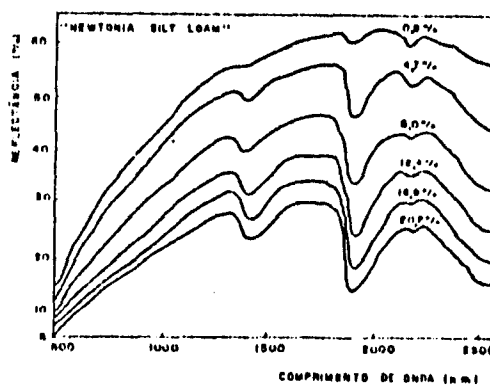


Fig. 1 - Porcentagem de reflectância X radiação incidente em vários conteúdos de umidade; os conteúdos de umidade estão indicados diretamente acima de cada curva.

FONTE: Bowers and Hanks (1965), p. 132.

A tendência das curvas de reflectância é afetada pela presença de fortes bandas de absorção de água nos comprimentos de onda de $1,45\mu\text{m}$ e de $1,95\mu\text{m}$, sendo que a última foi indicada como a melhor banda para se relacionar medidas de reflectância com teores de umidade do solo (Bowers e Hanks, 1965).

A banda de absorção em $2,2\mu\text{m}$ não foi considerada por Bowers e Hanks (1965), porém o foi posteriormente por Hunt e Salisbury (1970), os quais identificaram-na como um modo vibracional do íon hidroxila.

No que se refere ao parâmetro matéria orgânica, o teor e a composição dos constituintes orgânicos são conhecidos como grandes influenciadores da reflectância dos solos.

Tem sido regra geral a observação de que, à medida que o teor de matéria orgânica aumenta, a reflectância do solo diminui, ao longo do intervalo entre $0,4$ a $2,5\mu\text{m}$ (Hoffer e Johannsen, 1969).

Baumgardner et alii (1970) concluíram que a matéria orgânica desempenha papel fundamental ao imprimir propriedades espectrais aos solos quando o teor de matéria orgânica excede a 2%. Quando a matéria orgânica está abaixo de 2%, ela torna-se menos efetiva no mascaramento dos efeitos de outros constituintes do solo.

Além desses parâmetros, a textura do solo também tem sido relatada como grande influenciadora de sua reflectância.

Neste sentido, Stoner e Baumgardner (1980) observaram que, diminuindo-se o tamanho das partículas, entre solos de textura arenosa, ocorria um aumento de reflectância, enquanto que o inverso era verdadeiro para solos de texturas média a fina. Há uma correlação negativa no intervalo de 2,08 a 2,32 μm do IV médio, onde a reflectância diminui quanto mais finas são as texturas. Neste caso, as diferenças de reflectância não poderiam ser explicadas em termos de partículas individuais preenchendo vazios, mas mais propriamente esta correlação pode ser devida a um aumento nos teores de umidade e de matéria orgânica associado com teores mais elevados de argila, levando a menores reflectâncias.

Outro parâmetro de extrema importância na reflectância dos solos é o teor de óxidos de ferro.

O tipo e a quantidade relativa de óxidos de ferro são fatores que influenciam as cores de solos vermelhos e amarelos ricos em argilas sesquioxídicas (Bigham et alii, 1978). Os solos predominantemente amarelos, ricos em goetita, absorvem mais fosfato por unidade de peso do que os solos similares ricos em hematita. Desta forma, as reflectâncias espectrais de solo poderiam ser significativos critérios tanto para separações taxonômicas como de manejo, em solos altamente intemperizados.

Stoner et alii (1980) afirmam que bandas de absorção devidas ao ferro férrico podem ser encontradas em certas curvas de reflectância de solos nos comprimentos de onda 0,7 e 0,9 μm . Bandas largas, nestes

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - AS ÁREAS DE ESTUDO

Para a realização deste trabalho, foram utilizados os solos de duas áreas de estudo localizadas no Estado de São Paulo, Brasil.

A primeira área localiza-se no município de Leme (SP), estando compreendida entre as latitudes de $22^{\circ}04'$ a $22^{\circ}17'$ Sul e as longitudes de $47^{\circ}10'$ a $47^{\circ}28'$ Oeste, com uma superfície aproximada de 75.000 ha (Figura 2). Sua geologia é composta de formações sedimentares e de rochas intrusivas básicas.

Nesta área encontram-se os três *Oxisols* e, também, o *Ultisol*, objetos do presente estudo.

A segunda área de estudo localiza-se na região que compreende parte dos municípios de Barretos, Guaíra, Terra Roxa e Colômbia, no Estado de São Paulo, aproximadamente entre as latitudes de $20^{\circ}00'$ a $21^{\circ}30'$ Sul e as longitudes de $48^{\circ}00'$ a $49^{\circ}00'$ Oeste (Figura 2).

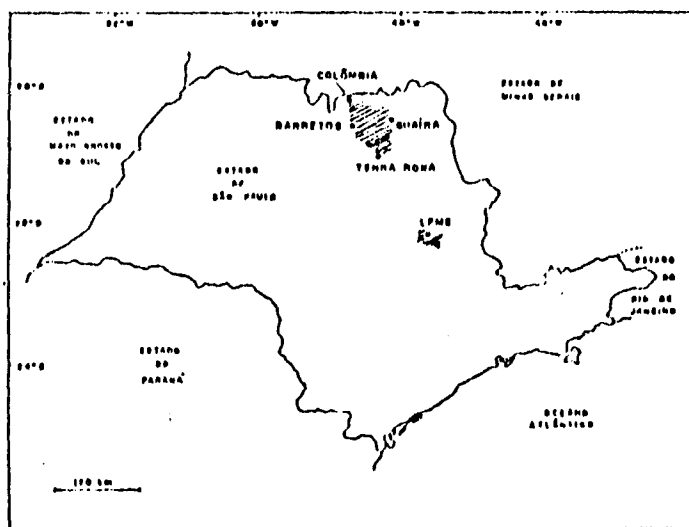


Fig. 2 - Localização das áreas de estudo de Leme e de Barretos, no Estado de São Paulo, Brasil.

Nesta área encontram-se somente os três tipos de solos classificados como *Oxisols*, mencionados anteriormente.

3.2 - OS SOLOS

Os solos das áreas de Leme (SP) e de Barretos (SP), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos estão enquadrados nos seguintes grandes grupos: Latossolo Roxo (*Oxisol*), Latossolo Vermelho Escuro (*Oxisol*), Latossolo Vermelho-Amarelo (*Oxisol*) e Podzólico Vermelho-Amarelo (*Ultisol*), cujas descrições vêm a seguir, de acordo com a Comissão de Solos (1960) e com Oliveira et alii (1982).

(a) LATOSSOLO ROXO (LR)

Estes solos são originários de materiais provenientes do intemperismo de rochas básicas, basalto e diabásio, apresentando, em decorrência disso, elevados teores de hematita e cores mais vermelhas do que 3,5YR. É a categoria pedológica de maior ocorrência superficial na região da área de Barretos (SP).

Normalmente a sua espessura atinge vários metros, sendo muito profundos; apresentam textura muito argilosa a argilosa no horizonte B, com baixos teores de areia grossa; situam-se em relevo suave ondulado.

Estes solos, devido ao fato de serem originários de rochas eruptivas básicas, apresentam elevados teores de ferro total (>18%) e altos valores de somas de bases, portanto, com elevado potencial nutricional

(b) LATOSSOLO VERMELHO ESCURO (LE)

São solos minerais profundos, com horizonte B latossólico, sendo bastante permeáveis e bem acentuadamente drenados.

Na região de Leme (SP), a textura é argilosa, com altas percentagens de sesquióxidos de ferro e alumínio, sendo provenientes do intemperismo e retrabalhamento de sedimentos finos: argilitos das formações Irati e Corumbataí, com variada contribuição de rochas básicas, encontrando-se, por isso, solos com variados teores de ferro total.

Na região de Barretos (SP), são solos mais arenosos, tendo como material de origem o arenito Bauru sem cimento calcário. Como os materiais originários são pobres, a Soma de Bases é, normalmente, baixa, apresentando também baixa Capacidade de Troca de Cátions devido à sua mineralogia caulinítica e oxidica.

A cor destes solos pode ser muito idêntica à dos Latossolos Roxos, dificultando bastante a identificação visual no campo, já que ambos podem ocorrer em condições fisiográficas semelhantes.

Em geral, situam-se em relevo suave ondulado, com declives bastante longos.

(c) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LV)

São solos profundos, de textura leve, com baixos teores de óxidos de ferro, fração argila com dominância de caulinita, baixa saturação de bases, ácidos e de baixa fertilidade, sendo formados a partir de arenito.

Apresentam topografia suavemente ondulada com pendentes de centenas de metros, ou completamente plana e, mais raramente, ondulada.

Os materiais de origem são descritos pela Comissão de Solos (1960) como sendo sedimentos arenosos não consolidados, para a área de Leme (SP); para a área de Barretos (SP), os solos LV são descritos como provenientes do arenito Bauru sem cimento calcário.

(d) PODZÓLICO VERMELHO AMARELO (PV)

Estes solos apresentam horizonte B textural (Bt), saturação de bases baixas no horizonte Bt, estrutura em blocos e cerosidade forte e abundante no Bt, presença de horizonte A₂.

O material originário é constituído por sedimentos argilosos, folhelhos e argilitos. O relevo é, geralmente, o ondulado.

3.3 - METODOLOGIA

Na área de estudo de Leme (SP), os dados espectrais foram obtidos em três níveis de coleta distintos, quais sejam, a espectrometria de laboratório, a espectrometria de campo e a extração de níveis de cinza de fitas compatíveis com computador (CCT) do subsistema MSS/LANDSAT, referentes à órbita/ponto 178/27, passagem de 10 de agosto de 1978.

Para a área de Barretos (SP), obtiveram-se apenas os dados espectrais de fitas CCT, as quais continham níveis de cinza coletadas pelo subsistema Thematic Mapper do LANDSAT-5, nas bandas TM-3, TM-4, TM-5 e TM-7, referentes à órbita 221 ponto 74 da passagem de 04 de agosto de 1986.

Na etapa da extração de níveis de cinza das CCTs, tanto do MSS como do TM, foi utilizado o sistema computacional de análise automática de imagens digitais denominado Image-100, da General Electric, cujas informações mais detalhadas podem ser encontradas em INPE (1985).

Para o caso dos dados TM, inicialmente foram realizados processamentos de correção atmosférica, a fim de se poder trabalhar com níveis de cinza proporcionais aos valores de reflectância dos alvos. Como valores de correção foram utilizados os níveis de cinza correspondentes a corpos d'água profundos, conforme descrito em Schowengerdt (1983).

Após essa correção para efeitos atmosféricos, extraíram-se os níveis de cinza de áreas interpretadas visualmente como sendo de solos expostos, de acordo com o mapa pedológico da Comissão de Solos(1960).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - SOLOS DE LEME (SP)

Inicialmente , são apresentadas, nas Figuras 3, 4 e 5, as curvas espectrais obtidas nos níveis de laboratório, de campo e de satêlite, respectivamente. Estes dados são referentes aos solos da região de Leme (SP).

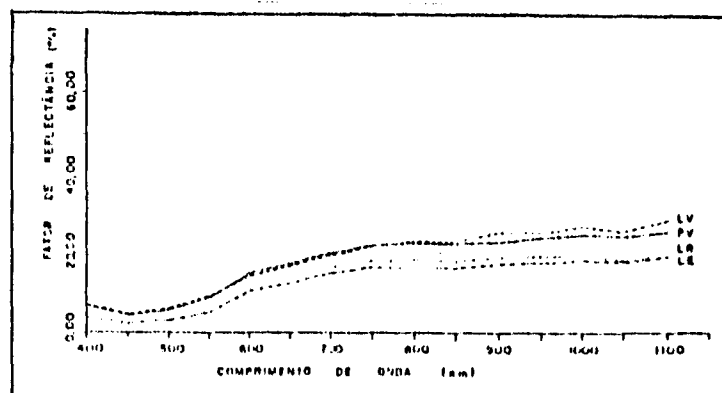


Fig. 3 - Curvas espectrais médias para os solos LE, LR, LV e PV, obtidas em condições de laboratório, na área de Leme (SP).

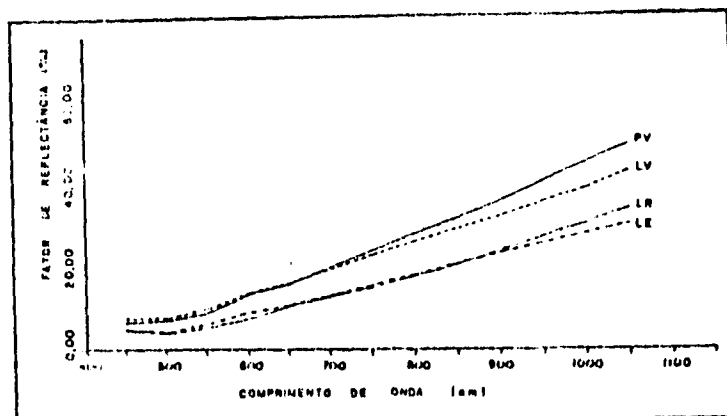


Fig. 4 - Curvas espectrais médias para os solos LE, LR, LV e PV, obtidas em condições de campo, na área de Leme (SP).

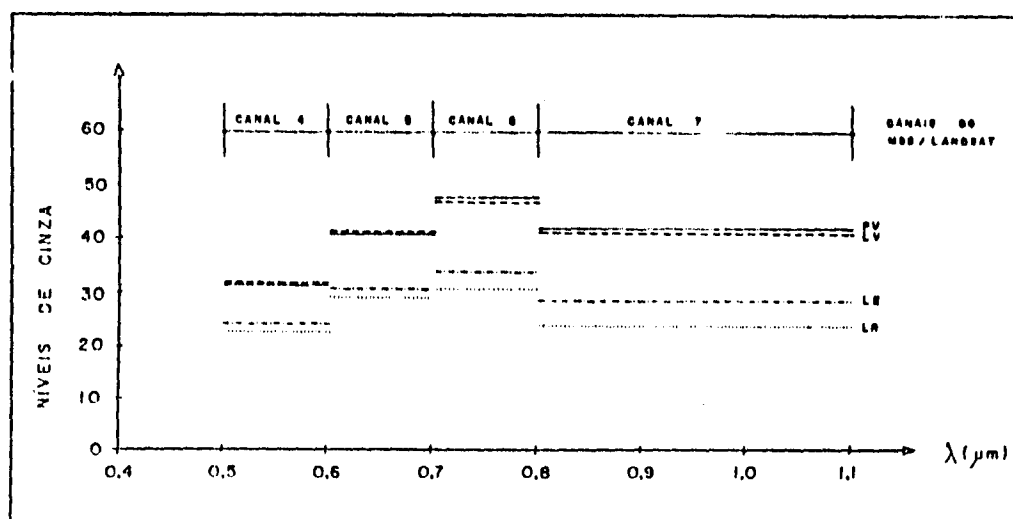


Fig. 5 - Valores digitais médios de 63 amostras de níveis de cinza do MSS/LANDSAT, dos quatro solos, na área de Leme (SP).

Pelo exame das curvas apresentadas nas Figuras 3, 4 e 5, verifica-se claramente uma ampla correspondência relativa de comportamentos espectrais dos quatro solos estudados para os níveis de laboratório, de campo e de satélite.

Tendo-se realizado uma correlação linear simples para as curvas de laboratório e de campo, considerando-se os intervalos espectrais correspondentes às bandas MSS/LANDSAT, obtiveram-se os coeficientes de correlação mostrados na Tabela 1.

TABELA 1

VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES ENTRE AS CURVAS ESPECTRAIS DE LABORATÓRIO (LCH) E AS DE CAMPO (CCH), CONFORME AS QUATRO BANDAS MSS/LANDSAT

CANAIS SIMULADOS	COEF. DE CORRELAÇÃO (r)
LCH 4 x CCH 4	0,9036**
LCH 5 x CCH 5	0,8747**
LCH 6 x CCH 6	0,8813**
LCH 7 x CCH 7	0,6876**

** Significativo ao nível de 1%.

Estas correlações são, portanto, altamente significativas em todas as porções das curvas, indicando amplas possibilidades de repetitividade das medições espectrais de laboratório e de campo.

Este fato pode ser considerado bastante importante no caso de se vir a efetivamente utilizar as técnicas espectrorradiométricas para a caracterização mais precisa e quantitativa das propriedades espectrais

dos solos, como é proposto por Costa (1979), uma vez que estas medidas poderiam ser realizadas tanto numa quanto noutra condição.

Além disso, conforme comentam Stoner et alii (1979), a habilidade de estender espectros de solos medidos em laboratório para as condições de campo tem importantes implicações no emprego das técnicas de sensoriamento remoto para os levantamentos de solos, em estudos de degradação dos solos e em inventários agrícolas. Ao se levar amostras de solos para dentro de um ambiente controlado de laboratório, é possível estudar as propriedades espectrais de um grande número de solos, provenientes de diversas regiões climáticas e geográficas, sem ser necessário transportar um espectrorradiômetro para locais esparsos de campo.

A constatação de que os dados MSS/LANDSAT (Figura 5) refletem as mesmas tendências dos dados de laboratório e de campo (Figuras 3 e 4, respectivamente) também é auspiciosa permitindo afirmar que, para o intervalo de 0,4 a 1,1 μ m, os três citados níveis de coleta de dados espectrais ratificam-se mutuamente. Em consequência, pode-se utilizar um ou outro nível de coleta de dados, conforme metodologias adequadas e de acordo com as possibilidades, para cada caso específico, dado que cada um dos níveis de coleta pode auxiliar na compreensão dos outros dois, para solos.

Basicamente, os quatro solos, pelos seus tipos de curvas espectrais (Figuras 3, 4 e 5), podem ser estratificados em dois grupos: de um lado os solos LR/LE e do outro os solos LV/PV, para as condições da área de Leme (SP). Ambos os solos de cada um destes grupos apresentam comportamentos espectrais praticamente iguais entre si, porém, entre grupos há diferenças.

O grupo LV/PV apresenta intensidades maiores de reflectâncias que as do grupo LR/LE, em todo o intervalo de espectro utilizado (0,4 a 1,1 μ m). Pelo que é reportado na bibliografia, pode-se associar tais tendências dos quatro solos, para os três níveis de coleta de dados espectrais utilizados, aos seus parâmetros físicos e químicos, in trinsecos de cada tipo de solo.

Assim, por exemplo, pode-se afirmar que os solos LV/PV apresentam maiores valores de reflectância por serem mais arenosos, mais secos e possuírem, por definição, menores teores de matéria orgânica e de óxidos de ferro, bem como menores conteúdos de bases devido à sua menor capacidade de troca catiônica e à sua mineralogia caulinítica. Em bora estas constatações tenham sido feitas para os solos tropicais utilizados, elas confirmam o que foi encontrado por Bowers e Hanks (1965), Hoffer e Johannsen (1969) e Stoner e Baumgardner (1980) para solos de climas temperados.

4.2 - SOLOS DE BARRETOS (SP)

A Figura 6 mostra o comportamento espectral médio das amostras referentes aos três *Oxisols* da área de Barretos (SP), nas bandas TM-3, TM-4, TM-5 e TM-7.

Pode-se, inicialmente, verificar que os LE e LV apresentam médias de níveis de cinza muito próximas, sendo que o LE apresenta maiores valores de desvio padrão.

No caso do Latossolo Roxo (LR), as médias de níveis de cinza foram inferiores às dos outros dois solos nas quatro bandas TM analisadas e os valores de desvio padrão foram pequenos, indicando uma boa homogeneidade das características físicas e químicas deste solo, uma vez que estas são as principais responsáveis pelo comportamento espectral dos solos (Montgomery, 1974; Stoner e Baumgardner, 1980).

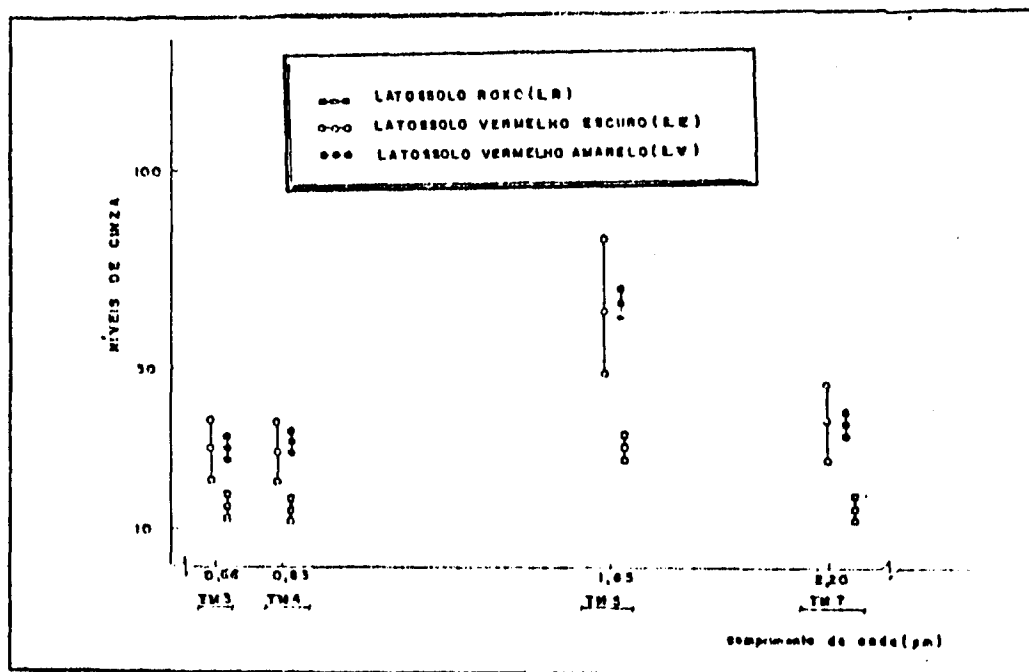


Fig. 6 - Valores médios de níveis de cinza e desvios-padrão para os três solos, nas bandas TM-3, TM-4, TM-5 e TM-7, na área de Barretos (SP).

Este comportamento diferenciado entre os solos LR e LE/LV devem ser explicados pelos parâmetros teor de $\bar{o}$ xido de ferro e teor de argila, diferentes para ambos os casos.

Na região de Barretos (SP), os LR, sendo provenientes de rochas eruptivas básicas, apresentam elevados teores de argila e de $\bar{o}$ xi dos de ferro (cerca de 60% e 25%, respectivamente). Ao passo que os solos LV e LE, que têm o arenito Bauru sem cimento calcário como material de origem, caracterizam-se por baixos teores de argila e de $\bar{o}$ xidos de ferro (por volta de 20% e 9%, respectivamente), sendo bastante arenosos.

Estas características diferenciais podem ser observadas através dos perfis 36 e 45 do relatório do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (Comissão de Solos, 1960).

Há que se salientar o contraste havido entre o caso de agrupamento espectral LE/LV (em Barretos-SP), quando na região de Leme (SP) o agrupamento foi inverso, ou seja, LR/LE bem separados de LV, como já fora reportado anteriormente neste trabalho.

A mais provável explicação para tal discrepância pode ser atribuída ao fato de que, na região de Leme (SP), os LE são argilosos (folhelhos e argilitos como material de origem) aproximando-se mais das características texturais dos LR, ao contrário dos LE de Barretos (SP), que são oriundos de arenito, sendo mais arenosos e aproximando-se mais dos solos LV.

Este fato chama a atenção para não se generalizar que em todos os casos os solos LR e LE teriam comportamentos espectrais indistintos, como poder-se-ia concluir a partir dos dados da região de Leme (SP) tomados e analisados separadamente.

Da mesma maneira, analisando-se apenas os dados da região de Barretos (SP), poder-se-ia erradamente supor que os solos LV e LE sempre teriam comportamentos espectrais idênticos.

Assim, verifica-se também que o material de origem exerce influência marcante na textura dos solos, bem como nos outros parâmetros físico-químicos e, conseqüentemente, em suas propriedades espectrais. Em cada região este fato deve ser considerado adequadamente, a fim de que não se cometam erros de generalização.

Quando se analisa visualmente as cores dos solos LR e LE na região de Barretos (SP), elas são praticamente iguais. No entanto, quando são verificadas as curvas espectrais de ambos, pode-se perfeitamente distingui-los, dado que eles apresentam parâmetros físicos diferentes que determinam comportamentos espectrais distintos.

Deste modo, pode-se afirmar que a espectrorradiometria, seja a de campo ou a de laboratório, poderia ser de grande utilidade aos pedólogos, como mais uma excelente ferramenta no seu trabalho de mapear tipos diferentes de solos.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função dos materiais e métodos empregados, dos dados obtidos, analisados e discutidos, foi possível chegar às conclusões e considerações transcritas a seguir.

Os três níveis de coleta de dados espectrais de solos utilizados (laboratório, campo e satélite) ratificaram-se mutuamente, para o intervalo de 0,4 a 1,1 μm , guardando as curvas dos quatro solos um comportamento relativo que praticamente repetiu-se para os três casos.

Houve significativa correlação entre os dados espectrais adquiridos em condições de campo e aqueles obtidos em condições de laboratório, encerrando possibilidades de utilização de espectrorradiometria em trabalhos pedológicos e de sensoriamento remoto.

Em função do material de origem e de outros parâmetros dele decorrentes (como a textura, a cor e a CTC, entre outros), os solos LE ora comportam-se idênticamente aos solos LR (provenientes de eruptivas básicas), ora idênticamente aos solos LV (provenientes de arenitos).

Ficou claramente evidenciada a influência causada pelos parâmetros físico-químicos do solo, como a textura, os teores de matéria orgânica, de umidade e de óxidos de ferro, entre outros, no comportamento espectral dos quatro tipos de solo estudados.

A utilização das técnicas espectrorradiométricas para auxiliar nos trabalhos de levantamentos de solos com dados quantitativos, mais precisos e menos subjetivos, em relação aos atuais métodos de obtenção das cores de solos, mostra-se promissora.

Diante de tudo o que foi discutido, sugere-se realizar medições de espectro contínuo com a finalidade de detectar e estudar importantes bandas de absorção; realizar estudos quanto à repetitividade de obtenção das assinaturas espectrais de solos em condições de laboratório; realizar medições espectrorradiométricas até comprimentos de onda na faixa do infravermelho próximo e médio, onde parece haver maiores informações de interesse sobre solos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMGARDNER, M.F.; KRISTOF, S.J.; JOHANNSEN, C.J.; ZACHARY, A.L.
Effects of organic matter on the multispectral properties of soils.
Proceedings of Indiana Academy of Science, 79:413-422, 1970.
- BIGHAM, J.M.; GOLDEN, D.C.; BUOL, S.W.; WEED, S.B.; BOWEN, C.H. Iron
oxide mineralogy of well-drained Ultisols and Oxisols: II.
Influence on color, surface area, and phosphate retention. *Soil
Sci. Soc. Am. J.* 42:825-830; 1978.
- BOWERS, S.A.; HANKS, R.J. Reflectance of radiant energy from soils.
Soil Science, 100(2):130-138, 1965.
- COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. *Levantamento de reconhecimento dos solos
do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e
Pesquisas Agronômicas, 1960, 634p.
- COSTA, L.M. *Surface soil color and reflectance as related to
physicochemical and mineralogical soil properties*. Ph.D. Thesis.
University of Missouri, Columbia, Sept. 1979. 154p.
- HOFFER, R.M.; JOHANNSEN, C.J. Ecological potentials in spectral
signature analysis. In: PURDUE UNIVERSITY, LARS. *Remote sensing
technology and applications*. Lafayette, IN, 1972. p.1-26 (LARS
Print 011069-R).

- HUNT, G.R.; SALISBURY, J.M. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: I. Silicate minerals. *Modern Geology*, 1:283-390, 1970.
- MONTGOMERY, O.L. *The effects of the physical and chemical properties of soil on the spectral reflectance of soils*. M.S. Thesis. West Lafayette, IN, Purdue University, LARS, 1974.
- OBUKHOV, A.E.; ORLOV, O.S. Spectral reflectivity of the Major Soil Groups and possibility of using diffuse reflections in soil investigation. *Soviet Soil Science*, 1:174-184, 1964.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L.; TREMOCOLDI, W. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo. Quad rícula de Araras. *Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campi* nas, nº 71, 1982, 180p.
- SCHOWENGERDT, R.A. Techniques for image processing and classification in remote sensing. London, Academic, 1983, 249p.
- STONER, E.R.; BAUMGARDNER, M.F. *Physicochemical, site, and bidirectional reflectance factor characteristics of uniformly moist soils*. West Lafayette, IN, Purdue University, LARS (Technical Report 111679), 94p., 1980.
- STONER, E.R.; BAUMGARDNER, M.F.; BIEHL, L.L.; ROBINSON, B.F. *Atlas of soil reflectance properties*. West Lafayette, IN: Purdue University, May, 1980.
- STONER, E.R.; BAUMGARDNER, M.F.; WEISMILLER, R A.; BIEHL, L.L.; ROBINSON, B.F. Extension of laboratory-measured soil spectra to field conditions. In: MACHINE PROCESSING OF REMOTELY SENSED DATA, West Lafayette, IN, 1969. *Proceedings*. p.253-262.
- STONER, E.R.; HORVATH, E.H. *The effect of cultural practices on multispectral response from surface soil*. West Lafayette, IN, Purdue University, LARS, 1978. (LARS Technical Report 022278).