

ESTIMATIVA DE CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS DE ITAPOÃ-RS  
ATRAVÉS DO SEU COMPORTAMENTO ESPECTRAL EM IMAGENS  
DIGITAIS LANDSAT-TM.

[1] (2) (3)  
O.G. Wöhl Coelho & E. Klamt & V. Haertel

RESUMO

Características de solos de Itapoã-RS, como os teores de areia e argila, conteúdo de carbono orgânico, capacidade de troca de cátions(CTC) e a drenagem, foram estimadas através do comportamento espectral em imagens digitais Landsat-tm. Foram testadas tanto a avaliação pontual destas características como a avaliação genérica das mesmas, esta última executada a partir dos valores médios da reflectância em regiões espectralmente homogêneas da imagem digital.

Os resultados obtidos indicaram a região do infravermelho médio como a mais eficiente na avaliação das características dos solos. As análises de regressão estatística mostraram que as relações, entre reflectância e as características dos solos, seguem predominantemente modelos não lineares de correlação do tipo quadrático ou exponencial, excetuando-se a drenagem dos solos a qual apresentou relação linear com a reflectância espectral.

A avaliação de características dos solos em regiões espectralmente homogêneas mostrou elevados valores para o coeficiente de correlação, enquanto a estimativa pontual mostrou comportamento inverso. Estes resultados indicam a possibilidade de executar estimativas das características de unidades de mapeamento de solos a partir de sua reflectância espectral em imagens digitais Landsat-tm.

---

(1) Professor do Departamento de Geologia da Unisinos-Universidade do Vale do Rio dos Sinos- São Leopoldo-RS.

(2) Professor titular do Departamento de Solos da UFRGS e Pesquisador 1-B do CNPq.

(3) Professor Adjunto IV da UFRGS e Diretor do CEPSRM-RS.

**SUMMARY: ESTIMATIVE OF ITAPOÃ-RS SOILS CHARACTERISTICS  
FROM THEIR SPECTRAL BEHAVIOR IN DIGITAL LANDSAT-TM IMAGES.**

The Itapoã-RS soils spectral study was developed to estimate their characteristics as the contents of sand and clay, organic carbon, cations exchange capacity(CEC) and its drainage classes. Punctual estimations and characteristics estimated from the medium reflectance values in the spectrally homogeneous regions of the digital images, were tested.

The results obtained indicated the medium infrared region as the most efficient for the estimation of soils characteristics from the reflectance values in landsat-TM digital images. The statistical regression analysis showed that the relations between reflectance and soil characteristics followed mostly quadratic or exponential correlation models, excepting the soils drainage classes, which presented linear relations with the spectral reflectance.

The estimation of soil characteristics from the reflectance of spectrally homogeneous regions showed high correlation indexes, while the estimative from punctual from punctual data showed low correlation indexes. These results indicate the possibility to estimate soils characteristics from the spectral reflectance a homogeneous regions (mapping units), obtained from orbital digital images.

## **INTRODUÇÃO**

As características dos solos mostram relação com a sua reflectância espectral na região do infravermelho médio. Até o momento vários autores buscaram definir e quantificar as correlações existentes entre as características de textura e umidade dos solos, bem como o seu conteúdo de matéria orgânica, com a reflectância dos mesmos.

AL-ABBAS, SWAIN E BAUMGARDNER (1972) detectaram a existência de correlação [regressão múltipla] entre a reflectância dos solos nas regiões visível, infravermelho próximo e médio do espectro eletromagnético, com

os teores de argila e matéria orgânica dos mesmos. Os valores estimados para o coeficiente de correlação situaram-se na faixa de 0,504 a 0,554 para estas características. Utilizando as equações de correlação os autores geraram computacionalmente mapas temáticos com cinco classes de teores de argila da área de estudo, os quais apresentaram uma razoável aproximação com o mapa de solos desta região.

SWAIN E DAVIS (1978) indicam que a textura dos solos tem relação direta com a umidade dos mesmos, uma vez que solos finos tem normalmente teores de umidades mais elevados que os solos arenosos. A maior absorção da radiação incidente propiciada pelo maior teor de umidade dos solos finos, segundo estes autores, é responsável por um forte decréscimo da reflectância dos mesmos. Este fato foi confirmado por BOWERS and HANKS [1965] , em experimento realizado em solos franco-siltosos, onde para uma variação da umidade do solo na faixa de 0,8% até 20,2% verificou-se um correspondente decréscimo da reflectância de 60% para 30%.

BECK et alli [1976] indicam a faixa de 1,50 m até 1,73 m (tm-5) como a região ideal para estimar, através da reflectância, o teor de umidade dos solos entre os níveis de tensões de uma a três atmosferas.

BAUMGARDNER et alli [1985] identificaram a região espectral compreendida entre 1,50 m a 1,73 m (infravermelho médio) como a faixa ideal para a estimativa e mapeamento do teor de argila do horizonte superficial dos solos, a partir de sua reflectância.

BAUMGARDNER et alli(1970), BAUMGARDNER et alli(1985) e SWAIN E DAVIS(1978) são unânimes em afirmar que o incremento do teor de matéria orgânica provoca um decréscimo acentuado da reflectância dos solos, em uma ampla faixa de comprimentos de onda. Os primeiros autores indicam que a matéria orgânica tem efeito dominante sobre a resposta espectral dos solos, mascarando o efeito dos demais constituintes sempre que os teores orgânicos ultrapassam valores da ordem de 2,0%. Uma equação de regressão é estabelecida pelos últimos autores, considerando o seu teor de matéria orgânica e a reflectância na faixa de comprimentos de onda de 0,62-0,66 m, a qual é apresentada na figura número um.

Quanto a região espectral ideal para a realização de estimativas dos teores de carbono orgânico do horizonte superficial dos solos, existe alguma divergência entre os autores: MATHEWS et alii(1973) indicam a faixa espectral 0,50-1,20 m, enquanto BECK et alii(1976) sugerem a faixa 0,90-1,22 m e finalmente STONER(1979) cita a faixa 0,52-1,75 m. Deve-se observar que as faixas espectrais citadas por estes autores estão situadas na região do infravermelho próximo e médio.

MONTGOMERY and BAUMGARDNER (1974) citam que características secundárias dos solos podem apresentar correlação mais elevada com a reflectância espectral do que características primárias destes mesmos solos. Entre estas está a capacidade de troca de cátions(CTC).

STONER (1979) obteve valores superiores para a estimativa da correlação entre a CTC e a reflectância dos solos, do que entre esta última e os teores de matéria orgânica e argila coloidal dos mesmos. A explicação deste fenômeno pode residir no fato que a CTC é função do conteúdo de matéria orgânica e argila dos solos, inclusive dos tipos e proporções dos argilominerais neles presentes, sendo que ambas as características atuam simultaneamente no sentido de reduzir a reflectância dos solos.

A utilização de imagens de satélite para estimar características dos solos e efetuar levantamentos de solos assistidos por computador, encontra-se ainda em caráter incipiente no Brasil, devido principalmente a inexistência de desenvolvimento metodológico específico para este fim. O presente trabalho tem por objetivo avaliar as potencialidades da aplicação desta tecnologia, bem como identificar procedimentos que permitam a sua utilização no levantamento e estudo de solos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo situa-se na região de Itapoã-RS, no município de Viamão-RS, cuja localização no estado do Rio Grande do Sul é apresentada na figura número um. Os limites geográficos da área de pesquisa são 30 10' a 30 20' de latitude sul e 50 49'a 51 05'a oeste de Greenwich.

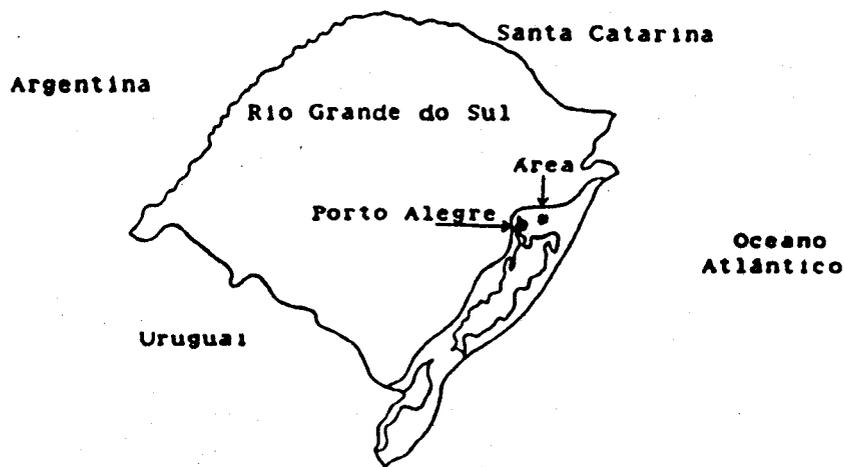


FIGURA 1: Localização da área de estudo.

Os materiais utilizados foram o mapa de solos da área de Itapoã-RS em escala 1:40.000, as análises físicas e químicas dos perfis modais das unidades de mapeamento de solos, uma imagem digital LANDSAT TM (bandas 1,2,3,4,5,7), cartas do serviço geográfico do exército em escala 1:50.000 e sistemas de software para processamento de imagens digitais e informações geográficas (SITIM 150 e SGI 2.0).

O mapa de solos da área de Itapoã-RS, elaborado por alunos e professores do curso de pós-graduação em solos da UFRGS, utilizou o sistema brasileiro de classificação de solos proposto por CAMARGO, KLAMT e

KAUFFMAN(1987). Os resultados das análises físicas e químicas dos perfis modais, resultantes deste trabalho de levantamento de solos, estão apresentados na tabela número um.

TABELA 1 Características físico-químicas das unidades de mapeamento

Classe de Solo	TEXTURA			ANÁLISES QUÍMICAS									Classe de Drenagem*	Cor úmida
	AREIA	SILTE	ARGILA TOTAL	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CTC	Carb. org	Fe Total		
	%			mg/100g										
PV1	76	18	7	0,14	0,09	0,08	0,05	0,58	1,24	2,18	0,14	-	5	7,5 YR 4/4
HGH1	28	43	29	1,51	0,56	0,29	0,38	3,63	22,98	29,35	3,93	-	2	5 YR N 2/1
PV2 (SD)	73	20	8	0,24	0,12	0,03	0,13	0,69	2,42	3,63	0,18	0,71	4	7,5 YR 5/4
PV2 (O/FD)	67	22	11	0,18	0,15	0,04	0,11	0,52	2,64	3,64	0,21	1,18	5	7,5 YR 4/P
HA0	62	29	10	0,21	0,14	0,07	0,15	0,01	2,13	3,50	0,64	-	3	5 YR 3/1
PV3	50	27	23	1,40	0,86	0,40	0,39	0,63	3,90	7,59	0,67	1,64	4	5 YR 3/3
C	59	27	14	1,02	0,50	0,40	0,16	0,81	2,43	5,32	0,95	-	4	7,5 YR 3/2
HGH2	30	50	21	1,27	0,60	0,34	0,50	1,79	23,10	27,60	4,73	-	2	N 2/0
R	48	28	24	0,37	0,37	0,42	0,16	0,17	7,82	9,30	0,75	-	4	5 YR 3/P
HO	-	-	-	12,90	8,80	43,00	4,30	45,20	50,71	119,70	50,71	-	1	-

OBS As classes de drenagem correspondem a escala seguinte 1) Muito mal drenados, 2) Mal drenados, 3) Imperfeitamente drenados, 4) Bem drenados, 5) Muito bem drenados, 6) Excessivamente drenados

Os solos ocorrentes na região são as areias quartzosas distróficas(AQ), gley húmico(HGH1 e HGH2), solos orgânicos(HO), podzólicos com transição gradual ou abrupta entre os horizontes a e b(PV1 e PV2), sendo esta última unidade dividida em fases de relevo suave-ondulado, ondulado e forte-ondulado, podzólicos com horizonte b cascalhento(PV3). Ocorrem ainda cambissolos(C), solos litólicos(R) e afloramentos de rocha(AR) nas regiões de substrato granito-migmatítico..

A imagem digital utilizada refere-se a cena tomada em 08 de Julho de 1988 pelo satélite LANDSAT TM, órbita 221 - ponto 81 - quadrante "b", a qual foi adquirida do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

As cartas do serviço geográfico do exército utilizadas, cujas escalas são de 1:50.000, foram : MI-2987/4 Itapoã, MI-2988/1 Passo do Vigário,MI-2988/3 Desertas

A configuração de hardware utilizada, cedida pelo CEPSRM-RS, constou de computadores PC-286, com sistema operacional MS-DOS, complementados por unidades de visualização de imagens com resolução de 512x470 pontos (Datanav), unidade leitora de fita magnética (Engespaço), placas de memória auxiliar (4 Mb) para armazenamento da imagem digital e outros periféricos como mesa digitalizadora A-0 (Digigraf), traçador gráfico TD-21 (Digicom) e impressora matricial.

Os sistemas de software para processamento geográfico e processamento de imagens foram adquiridos do INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em São José dos Campos-São Paulo.

Os métodos utilizados buscaram avaliar a possibilidade de estimar as características dos solos a partir de sua reflectância espectral em imagens digitais.

Para este fim foram coletados dois conjuntos de amostras, uma amostra denominada genérica, a qual foi coletada em áreas espectralmente homogêneas da imagem digital e apresentando íntima relação com as unidades de mapeamento de solos delineadas no campo, enquanto uma outra amostra denominada pontual foi coletada em pontos localizados simultaneamente no terreno e na imagem. Ambas as amostras foram compostas por valores de reflectância associados às características dos solos, tais como os teores de areia, argila, carbono orgânico, CTC e classes de drenagem.

A amostra genérica foi composta por 93 pontos de amostragem de reflectância, tomados sobre a imagem digital, dentro das unidades de mapeamento delineadas pelo levantamento de solos a campo. Em cada ponto foram determinados 25 valores de reflectância, através da utilização do cursor de 5x5 pixel, atribuindo-se a cada ponto uma reflectância correspondente a média destes vinte e cinco valores. A partir dos 93 valores médios da reflectância em cada ponto de amostragem, observando-se os pontos compreendidos em cada unidade de mapeamento, procedeu-se o cálculo do valor médio de reflectância de cada unidade de mapeamento de solos. Ao valor médio de reflectância de cada unidade foram associadas às características do horizonte superficial dos

solos determinadas através dos perfis modais das unidades de mapeamento de solos

A amostra pontual constou de 52 pontos escolhidos alternativamente, ora a partir da imagem digital em pontos de pouca ou nenhuma cobertura vegetal, ora pelas características próprias do terreno observadas nos locais de coleta no campo, de forma a abranger toda a área de estudo. Em cada ponto foi também executada a leitura do valor médio da reflectância [cursor 5x5], o qual foi associado às características do horizonte superficial do solo determinadas em amostras coletadas nestes mesmos pontos localizados rigorosamente a campo.

Para a amostra genérica foram executadas análises de regressão linear simples, regressão múltipla e regressão simples não linear, enquanto para a amostra pontual executou-se apenas regressão linear simples, deixando-se de executar outras regressões devido as baixas correlações verificadas na primeira análise.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estimativa pontual das características dos solos através da reflectância espectral não foram promissores, corroborando os resultados de AL-ABBAS et alii (1972), onde mesmo em condições excepcionais de inexistência de cobertura vegetal, devido ao preparo do solo por aração e gradagem para o plantio do milho, obteve-se coeficientes de correlação entre os teores de argila e matéria orgânica e a reflectância, estimados tanto para equações de regressão de primeiro como de segundo grau, valores não superiores a  $R^2 = 0,569$ .

No presente estudo os valores resultantes para a estimativa dos coeficientes de correlação pontual entre a reflectância e as características dos solos, como os teores de argila e areia, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions(CTC) e a classe de drenagem dos mesmos, foram invariavelmente muito baixos, situando-se entre  $R^2 = 0,200-0,500$ . Estes resultados são inferiores aos

obtidos por AL-ABBAS et alii (1972), o que deve-se provavelmente a influência da cobertura vegetal existente na região de Itapoã-RS. Devido aos baixos valores obtidos não foi dado prosseguimento aos estudos de regressão com a amostra pontual.

Por sua vez, os estudos de correlação executados com a amostra genérica apresentaram melhores resultados [tab. 2]. A análise inicial de correlação entre as características genéricas das unidades de mapeamento de solos, representadas pelo horizonte superficial do seu perfil modal, e a reflectância em todas as bandas espectrais, identificou claramente a região do infra-vermelho médio [tm-5] como a faixa espectral ideal para estimativa das características dos solos. Plotando-se, em gráfico monologarítmico (Fig. 2), os valores dos teores de areia dos perfis modais e a reflectância média [tm-5] de suas respectivas unidades de mapeamento, observa-se que estas variáveis adaptam-se melhor a modelos não lineares de correlação, motivo pelo qual tentou-se a análise de regressão através de equações quadráticas e exponenciais.

Para todas as características dos solos pesquisadas, utilizando-se como variável preditora a reflectância na banda TM-5, obteve-se valores para estimativa do coeficiente de correlação variando entre 0,819 e 0,922. Estes resultados, bem como as equações de regressão são apresentados na tabela número 3.

As análises de regressão múltipla (tabela 4), ou seja utilizando-se mais de uma banda espectral, apresentam correlações inferiores àquelas obtidas apenas com a banda TM-5, o que confirma a observação feita inicialmente a respeito da alta correlação espectral existente entre a reflectância na banda tm-5 e as características do horizonte superficial dos solos.

Os resultados até aqui obtidos sugerem que a amostragem genérica da reflectância na banda tm-5, quando executada em regiões espectralmente homogêneas da imagem digital, pode ser uma técnica adequada para a realização de estimativas das características do horizonte superficial dos solos compreendidos dentro de cada região homogênea de amostragem da imagem. No presente caso, as regiões espectralmente homogêneas da imagem mostraram uma boa correspondência em relação às unidades de mapeamento de solos delineadas a campo.

TABELA 2 Matriz de Correlação entre os valores médios de reflectância e as características do horizonte superficial dos perfis modais.

BANDA TM CARAT.	BANDA ITH-1	BANDA ITH-2	BANDA ITH-3	BANDA ITH-4	BANDA ITH-5	BANDA ITH-7
AREIA (X)	0,677	0,788	0,817	0,815	0,906	0,864
ARGILA (X)	-0,661	-0,763	-0,796	-0,759	-0,869	-0,835
CARBONO (X)	-0,309	-0,375	-0,416	-0,328	-0,507	-0,446
CTC (Meq /100g)	-0,373	-0,451	-0,479	-0,439	-0,600	-0,522
CLASSE DC DRENAGEM	0,656	0,775	0,804	0,847	0,970	0,863

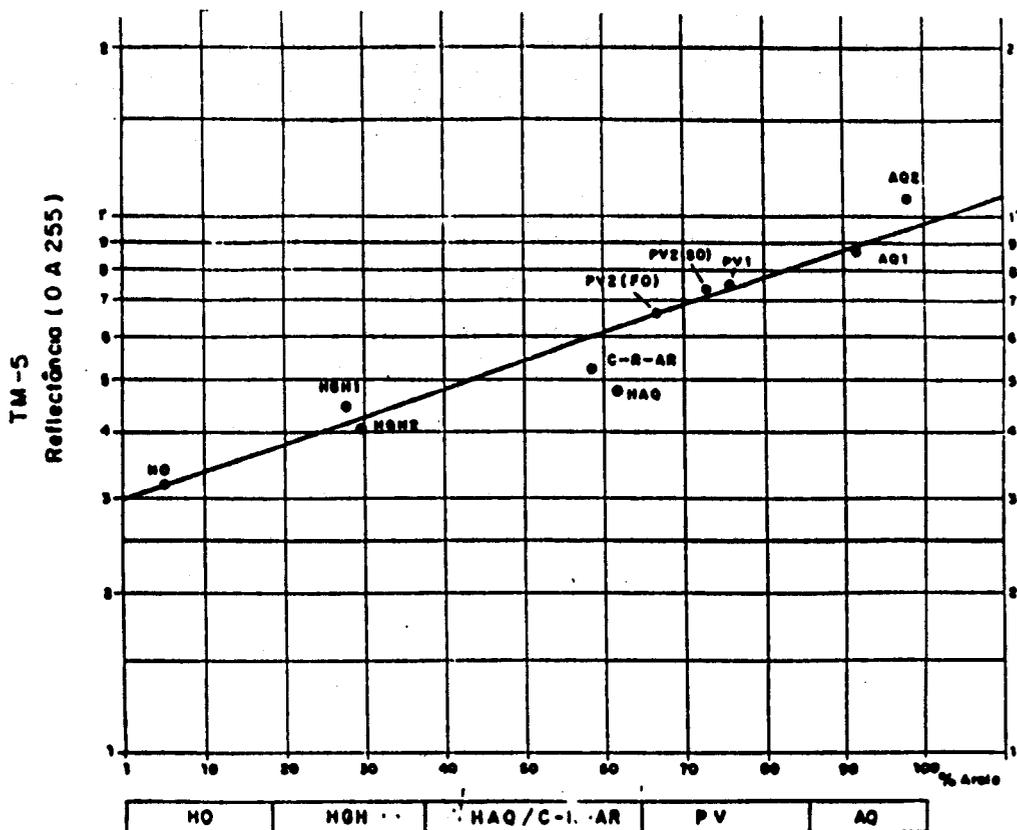


FIGURA 2 Gráfico monologarítmico entre a reflectância média na banda TM-5 e os valores médios dos teores de areia do horizonte superficial dos perfis modais.

TABELA 3 Equações não lineares de correlação para estimativa das características dos solos a partir do valor médio de reflectância na banda TM-5.

CARACTER ESTIMADAS DOS SOLOS	EQUAÇÕES DE REGRESSÃO	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R <sup>2</sup> )
AREIA	$AREIA(X) = -74,53 + (3,18 \cdot R5) - (0,02 \cdot R5^2)$	0,912
ARGILA	$ARGILA(X) = 119,46 \cdot e^{-0,041 \cdot R5}$ OU $\ln(ARGILA X) = 4,70 - 0,041 \cdot R5$	0,819
CARBONO ORGÂNICO	$CARBONO(X) = e^{25,541 - 6,438 \cdot R5}$ OU $\ln(CARBONO X) = 25,541 - 6,438 \cdot \ln(R5)$	0,922
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)	$CTC (Meq/100g) = e^{18,74 - 4,108 \cdot R5}$ OU $\ln(CTC) = 18,74 - 4,108 \cdot \ln(R5)$	0,834
CLASSE DE DRENAGEM	$(DRENAGEM) = -0,28 + 0,065 \cdot R5$	0,914

TABELA 4 Equações de regressão múltipla para estimativa de características dos solos a partir de diferentes bandas espectrais.

VARIÁVEIS PREDITORAS							EQUAÇÕES DE REGRESSÃO MÚLTIPLA	R <sup>2</sup>
1TM-1	1TM-2	1TM-3	1TM-4	1TM-5	1TM-7			
X	X	X	X	X	X	$ARGILA(X) = 43,6 + 1,04 \cdot R1 - 0,84 \cdot R2 - 0,40 \cdot R3 + 0,539 \cdot R4 - 1,62 \cdot R5 + 1,40 \cdot R7$	0,600	
X	X	X	X	X	X	$CARBONO(X) = -39,0 + 0,79 \cdot R1 - 14,6 \cdot R2 + 7,89 \cdot R3 + 3,75 \cdot R4 - 4,51 \cdot R5 + 2,44 \cdot R7$	0,709	
X	X	X	X	X	X	$AREIA(X) = 29,0 - 7,41 \cdot R1 + 11,1 \cdot R2 - 4,37 \cdot R3 - 2,06 \cdot R4 + 4,26 \cdot R5 - 2,41 \cdot R7$	0,843	
X	X	X	X	X	X	$DRENAGEM = 7,05 - 0,577 \cdot R1 + 0,978 \cdot R2 - 0,608 \cdot R3 - 0,117 \cdot R4 + 0,136 \cdot R5 + 0,11 \cdot R7$	0,873	
	X	X	X	X	X	$DRENAGEM = -1,44 - 0,108 \cdot R2 + 0,075 \cdot R3 - 0,0045 \cdot R4 + 0,027 \cdot R5 - 0,067 \cdot R7$	0,815	
		X	X	X	X	$DRENAGEM = 0,46 - 0,152 \cdot R3 - 0,0379 \cdot R4 + 0,132 \cdot R5 - 0,053 \cdot R7$	0,811	
			X	X	X	$DRENAGEM = -2,64 - 0,0388 \cdot R4 + 0,206 \cdot R5 - 0,131 \cdot R7$	0,819	
				X	X	$DRENAGEM = -2,97 + 0,166 \cdot R5 - 0,109 \cdot R7$	0,832	
			X	X		$DRENAGEM = -0,24 - 0,0019 \cdot R4 + 0,0654 \cdot R5$	0,772	

Por outro lado, a amostragem localizada pontualmente no campo e na imagem digital, conforme já verificado por AL-ABBAS et alii [1972], caracterizou-se novamente como uma técnica imprópria para estimativa de características dos solos. Esta técnica apresenta baixos coeficientes de correlação entre a reflectância e as características do horizonte superficial dos solos mesmo em condições excepcionais de solo completamente descoberto, devendo provavelmente sofrer ainda forte influência da cobertura vegetal existente em épocas não coincidentes com o preparo do solo para o plantio. Com isto, configura-se que o valor da reflectância em imagens digitais, quando tomado em uma área reduzida da imagem [5x5pixel], não permite a realização de estimativas das características do horizonte superficial do solo existente na mesma área correspondente na paisagem.

## CONCLUSÕES

Baixos valores para os coeficientes de correlação entre características dos solos de amostras pontuais, localizadas simultaneamente na imagem e no campo, tais como os teores de areia e argila, carbono orgânico, CTC e classes de drenagem, e a reflectância dos mesmos na banda TM-5, utilizando-se esta última como variável preditora, coincidem com a bibliografia pesquisada, na qual são também encontradas baixas correlações mesmo em condições excepcionais de inexistência de cobertura vegetal dos solos na época do plantio.

Estes resultados sugerem a inadequação da estimativa pontual de características dos solos a partir de sua reflectância espectral.

A estimativa de características dos solos a partir da reflectância na banda tm-5 como variável preditora, tomando-se para esta última várias leituras em regiões espectralmente homogêneas da imagem digital, as quais mostraram boa coincidência com as unidades de mapeamento de solos, apresentaram altos coeficientes de correlação. O melhor ajuste de equações de regressão neste procedimento foi obtido através de modelos exponenciais para a argila, carbono orgânico e CTC, enquanto o modelo quadrático mostrou-se mais adequado para

os teores de areia, sendo finalmente a regressão linear simples a que melhor se ajustou para a estimativa da classe de drenagem dos solos.

Estes resultados indicam que os valores de reflectância na banda TM-5, tomados em regiões espectralmente homogêneas da imagem digital, podem representar uma ferramenta de grande utilidade nos trabalhos de levantamento de solos a campo, como também utilizados como variável preditora das características do horizonte superficial das unidades de mapeamento.

#### LISTA DE TABELAS

TABELA-1 Características Físico-Químicas das Unidades de Mapeamento

TABELA-2 Matriz de correlação entre os valores médios de reflectância e as características do horizonte superficial dos perfis modais.

TABELA-3 Equações de correlação para estimativa das características dos solos a partir do valor médio da reflectância na banda tm-5.

TABELA-4 Equações de regressão múltipla para estimativa de características dos solos a partir de diferentes bandas espectrais.

#### LISTA DE FIGURAS

FIGURA-1 Mapa de localização da área de estudo.

FIGURA-2 Gráfico monologarítmico entre a reflectância média na banda TM-5 e os valores médios dos teores de areia no horizonte superficial dos perfis modais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-ABBAS, A. H.; SWAIN, P.H.; BAUMGARDNER, M.F. 1972. Relating organic matter and clay content to the multispectral radiance of soils. Soil Science, Baltimore, 28[2]:477-485.

BAUMGARDNER, M. F.; KRISTOF, S. J.; JOHANSEN, C. J. AND ZACHARY, A.L. 1970. Effects of organic matter on the multispectral properties of soils, Proc. Indiana Academy of Science, vol 79, pp.413-422.

BAUMGARDNER, M.F.; SILVA, L.F.; BIEHL, L.L.; STONER, E.R. 1985. Reflectance Properties of soils. Advances in Agronomy. New York. vol 38, p.1-44.

**BECK, R. H.; ROBINSON, B.F., McFEE, W.H.; PETERSON, J.B. 1976.** Info note 81.176. Lab. Applic. Remote Sensing. Purdue University. West Lafayette - Indiana.

**BOWERS, S.A.; HANKS, R.J. 1965** Reflection of radiant energy from soils. Soil Science número 100, p 130-138. Rutgers University - Baltimore.

**CAMARGO, M.N. ; KLAMT, E. ; KAUFFMAN, J.H. 1987.** Sistema brasileiro de classificação de solos. Boletim informativo da Soc. Bras. de ciência do Solo. Campinas, 12(1):11-13.

**MATHEWS, H. L. ; CUNNINGHAM, R.L.. PETERSEN, G.W. 1973.** Application of multispectral remote sensing to soil survey in southern Pennsylvania. Soil Science Soc. Am. Proc. Madison - West Lafayette- Indiana.

**MONTGOMERY, O.L.; BAUMGARDNER, M.F. 1974.** Tech. Rep. 112.674 - Lab Applic. Remote sensing , Purdue University - West Lafayette- Indiana.

**STONER, E.R.; 1979.** Physicochemical , site and bidirectional reflectance factor characteristics of uniformly moist soils. PhD Thesis. Purdue University- West Lafayette- Indiana.

**SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M.;1978.** Remote sensing: the quantitative approach. McGraw -hill, inc. p.241-251.