

SEÇÃO 7

ENGENHARIA AGRÍCOLA

LINHA DO SOLO APLICADA AO ESTUDO DE VÁRZEA POR MEIO DE DADOS ORBITAIS E LABORATORIAIS

Marcelo Luiz Chicati¹, Marcos Rafael Nanni² e Everson César³

¹Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Agrícola, Campus do Arenito. Rodovia PR 482, Km 45, CEP: 87820-000, Cidade Gaúcha, PR. E-mail: mlchiati@hotmail.com

²Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Agronomia, Avenida Colombo, 5790, Jardim Universitário, CEP: 87020-900, Maringá, PR. E-mail: mrnanni@uem.br

³ Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil, Avenida Colombo, 5790, Jardim Universitário, CEP: 87020-900, Maringá, PR. E-mail: eversoncezar@yahoo.com.br

RESUMO: A aplicação do sensoriamento remoto orbital para avaliação de características dos solos comumente utiliza-se de processamentos digitais variados, tal como a relação entre bandas espectrais conhecida como “linha do solo”. O objetivo desse trabalho foi avaliar a utilização da linha do solo para determinação de porções com solo exposto em área de várzeas, por meio de imagens orbitais e, assim, inferir sobre as condições dos solos. Foi realizada a comparação dos dados orbitais com os de laboratório para certificação do objeto de estudo, no caso o solo. As amostras de solo foram coletadas em trincheiras abertas em área de várzeas no noroeste do estado do Paraná e submetidas a análises físicas, químicas e espectrais para fins de classificação. Nestes mesmos pontos amostrais foram estimados os valores de reflectância por meio de imagens orbitais Landsat-5 TM. As análises de laboratório revelaram a presença de 10 classes de solo, sendo que estas apresentaram comportamento regular dentro da linha proposta como ideal para determinação do solo. Os dados orbitais, entretanto, apresentaram comportamento irregular demonstrando comprometimento, principalmente, pela ação de umidade e vegetação. Assim, a aplicação da linha do solo, com dados orbitais, para inferências de solos de várzea não foi eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, Imagens orbitais, Pedologia.

SOIL LINE APPLIED TO THE STUDY OF FLOODPLAINS BY MEANS OF ORBITAL AND LABORATORY DATA

ABSTRACT: The application of remote sensing satellite images, for soil evaluation, generally requires digital processing, such as the relationship between bands called "soil line" for compensation arising from changes on time and space in different environments. Thus, the objective of this study was to evaluate the soil line for determination of exposed soil in the wetland area, through satellite images, and thus infer soil conditions. It was also performed to compare the orbital data and laboratory soil data, the object. Samples for soil assessment were collected in the lowland area on northwestern state of Parana, and analyzed physically, chemically and spectrally for classification purposes. In these same sample locations were estimated using reflectance values of satellite images Landsat-5 TM. Laboratory analysis revealed the presence of 10 soil classes, and these were regular behavior along the lines proposed as ideal for soil determination. The orbital data, however, showed erratic behavior demonstrating commitment primarily by the action of moisture and vegetation. Thus, the implementing the soil line, with orbital data, to infer about paddy soils was not effective.

KEY WORDS: Remote sensing, Orbital images, Pedology.

INTRODUÇÃO

As variações espaciais e temporais das condições dos solos ou da vegetação são quase que imprevisíveis. Com perspectivas ao estudo dessas variações, correções dos dados de sensoriamento remoto são, portanto, necessárias para sua correta avaliação (Nanni e Demattê, 2006a). Para tanto, utilizam-se, em sensoriamento remoto, técnicas de processamento digital de imagens com o objetivo de melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano, além de fornecer outros subsídios para a sua interpretação, gerando até mesmo produtos que possam ser submetidos posteriormente a outros processamentos (Inpe, 2009).

Entre essas técnicas podem-se salientar as operações entre bandas de sensores espectrais, como a divisão ou razão entre as mesmas, numa operação não linear que é utilizada para realçar as diferenças espectrais de um par de bandas, caracterizando determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns alvos (Nanni e Demattê, 2006b; Jiang et al., 2008). Para aumentar o contraste entre solo e vegetação, pode-se utilizar a razão entre bandas referentes ao vermelho (630-690 nm) e infravermelho próximo (760-900 nm), constituindo, assim, os chamados índices de vegetação (IV). Geralmente, estes índices referem-se a uma combinação da reflectância de bandas e podem fornecer medidas efetivas da biomassa fotossinteticamente ativa (Jiang et al., 2006; Genú e Demattê, 2010).

Índices de vegetação têm sido extensamente utilizados como sensíveis indicadores da presença e condição de vegetação (Bezerra et al., 2007). Assim, reduzem-se todos os dados espectrais a um único valor, realçando a contribuição espectral da vegetação verde e minimizando as contribuições do solo, ângulo solar, vegetação senescente e atmosfera (Huete et al., 2002). Alguns dos índices de vegetação baseiam-se no fato de que solos expostos num gráfico bidimensional, formado por uma banda do espectro eletromagnético na faixa visível versus uma banda na faixa do infravermelho próximo, ocorrem aproximadamente numa linha denominada “linha do solo”. A quantidade de vegetação na cena estudada será, então, proporcional à distância ortogonal euclidiana, no supra referido gráfico bidimensional, entre os pontos de vegetação e a “linha do solo” (Huete et al., 2002). A linha do solo resulta do conjunto de variações existentes entre a topografia, umidade e distribuição de partículas para determinada classe de solo em determinado comprimento de onda (Baret et al., 1993).

A aplicação da “linha do solo” como técnica de processamento digital de informações tem sido bastante difundida na atualidade. Porém, ainda existe ambientes onde tal procedimento deve ser avaliado, como é o caso dos ambientes hidromórficos das várzeas.

Nesse ambiente, é comum a ocorrência de solos constantemente modificados química e fisicamente, principalmente, o que contribui consequentemente para alterações espectrais (Chicati et al., 2010). Assim, uma avaliação da eficácia do monitoramento espectral orbital torna-se muito importante para validação da sua aplicabilidade nas condições referidas. Segundo Demattê et al. (2004), uma das dificuldades no estudo de solo em nível orbital é identificar locais cujo valor espectral represente principalmente solos. Dessa forma, procedimentos de análise comparativa entre dados de laboratório e dados orbitais devem ser realizados para avaliação do método.

Com vistas a essa problemática, o objetivo deste trabalho foi determinar a possibilidade de identificação de áreas com solo exposto em uma região caracteristicamente hidromórfica de várzeas, permitindo assim a inferência das propriedades espectrais de solos a partir de imagens orbitais, neste caso, do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na região noroeste do estado do Paraná, em uma porção distribuída entre os municípios de Querência do Norte e Santa Cruz do Monte Castelo, delimitada pelas coordenadas UTM, no meridiano 51° W.G., 238.000 – 252.000 E e 7.428.000 – 7.438.000 N, com dimensão total de 7014 ha. O clima local caracteriza-se como Cfa (Köppen) com verões quentes, de médias de temperaturas acima de 22° e concentração de chuvas. O relevo da área de estudo é plano, preenchido com solos formados principalmente por depósitos sedimentares (Chicati et al., 2010) e vegetação composta por formações de mata pluvial subtropical, pastagens e cultura de arroz.

Escolhida a região de estudos, foi selecionada a seguinte imagem orbital do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat-5, com resolução espacial de 30 metros para realização dos trabalhos:

- Landsat 5/TM – órbita/ponto 223/076 obtida em 22/10/1998.

Essa imagem foi utilizada por apresentar as melhores condições de visibilidade de solo exposto, alvo principal da metodologia da linha do solo. Nesta, foi localizada, com apoio visual de cartas planialtimétricas e fotografias aéreas, a área de estudo que, em seguida, foi delimitada e “recortada” da imagem orbital original com o auxílio do software Impima (Inpe, 2009).

As imagens orbitais compostas por uma disposição bidimensional de células, também chamadas de pixels, têm, a cada pixel, associado um valor de reflectância observada na superfície terrestre (Crósta, 1992). Demattê et al. (2004) descrevem que a análise quantitativa

de imagens digitais sobre o comportamento espectral de alvos deve ser feita com dados de reflectância, por ser uma grandeza física intrínseca dos alvos, ao passo que os números digitais são valores transformados para a obtenção das imagens orbitais. Na transformação de tais números em valores de reflectância, torna-se necessária a eliminação do efeito da atmosfera.

Para a realização do procedimento de correção atmosférica foi utilizado o modelo 6S (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum) desenvolvido para a simulação do sinal de sensores remotos entre 0,25 μm a 4,00 μm (Vermote et al., 1995). O modelo 6S permitiu a escolha da configuração geométrica de satélites específicos, como o Landsat 5. As condições de iluminação foram obtidas a partir da data, hora e das coordenadas de coleta da imagem (22/10/1998, 13:07:36, S23.12, W52.65). Após o processamento para conversão e correção, o nível de cinza 0 presente na imagem passou a corresponder à reflectância 0% e o nível de cinza 255 à reflectância 100%.

Após a correção atmosférica e incorporação da imagem ao banco de dados do Spring (Inpe, 2009), esta foi devidamente registrada e apresentada em tela por meio de tratamentos de contraste nas composições RGB das bandas 1/2/3 e 7/4/5, respectivamente. Cada valor extraído da imagem foi localizado na mesma de acordo com as coordenadas pré-estabelecidas para os 72 pontos de coleta de solo em campo. Por meio da “leitura de pixel” do Spring foram coletados os valores centrais de cada matriz gerada e, após convertidos para reflectância, estes valores foram dispostos em uma planilha juntamente com os valores médios do fator de reflectância obtidos pelo sensor FieldSpec.

Para realização de leituras espectrais de solo em laboratório foram coletadas 72 amostras em campo, tanto para superfície como subsuperfície, distribuídas em malha regular espaçada em 500 metros (Santos et al., 2005). As amostras foram encaminhadas para laboratório onde foram determinados os atributos químicos (teores de matéria orgânica (M.O.), acidez ativa e de reserva, pH, capacidade de troca catiônica (CTC), bases trocáveis (cálcio e magnésio e potássio) (S), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%)) e físicos (granulometria) de rotina, segundo Embrapa (1997). Os grupamentos texturais dos solos foram definidos conforme Kiehl (1979). Estes dados foram utilizados na classificação dos solos segundo Embrapa (2006).

Para as análises espectrais foram separadas sub-amostras de todos os pontos coletados em campo, tanto para camadas superficiais (0-0,2 m) como para as subsuperficiais (profundidades variadas, dependendo da classe de solo), totalizando 144 amostras. Estas amostras de solo foram acondicionadas em placas de Petri, com 9 centímetros de diâmetro e

encaminhadas para determinação do espectro radiométrico. O procedimento de coleta de dados radiométricos foi realizado em ambiente devidamente preparado para leituras espectrais. As amostras foram submetidas à avaliação em espectrorradiômetro FieldSpec Pro com resolução espectral de 1 nm entre 350 e 1.100 nm e 2 nm entre 1.100 e 2.500 nm. A geometria de aquisição dos dados utilizou-se de: placa branca padrão com reflectância calibrada em 100%; campo de visada de 25°, com 7 cm de altura em relação à amostra na vertical; fonte de iluminação com inclinação de 62° em relação ao solo e 72 cm de distância entre a fonte e o alvo; lâmpada alógena de 600 W com refletor parabólico e feixe não colimado ligada em fonte estabilizadora de alta precisão com entrada de 220 V e saída regulada em $110 \pm 0,5$ V de tensão nominal e 5,2 amperes. O procedimento de determinação da geometria de coleta de dados seguiu Demattê et al. (2004), utilizando-se de placa Spectralon branca como referencial.

A partir do momento que se obteve os valores das leituras espectrais das amostras de solo, foram então selecionadas, para cada amostra, as faixas espectrais correspondentes às bandas 3 e 4 do sensor TM-Landsat para que as mesmas fossem dispostas graficamente pela metodologia da linha do solo e pudessem, então, ser comparadas com aquelas provenientes das imagens orbitais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da classificação convencional dos solos, segundo Embrapa (2006) chegou-se à presença das seguintes classes na área de estudos: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico gleico (PVAe); Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico gleico (PVAd); Neossolo Quartzarênico hidromórfico (RQg); Neossolo Flúvico Ta eutrófico (RYve); Neossolo Flúvico Tb distrófico (RYbd); Plintossolo Pétrico litoplântico (FFlf); Plintossolo Pétrico concrecionário eutrófico (FFce); Organossolo Háptico fíbrico (OXfi); Cambissolo Háptico alumínico (CXa) e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd). As principais características físicas e químicas dessas classes são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos físicos e químicos médios para as classes de solo da área de estudos

Classe	Horizonte	Argila	Silte	Areia	M.O. ¹	Fe ₂ O ₃ ²	S ³	CTC ⁴	T ⁵	V ⁶	m ⁷
		g.kg ⁻¹						cmol.c.dm ⁻³		%	
FFce	A	300,91	186,36	512,73	27,79	30,40	5,32	13,06	59,17	38,53	26,50
	F	493,64	82,73	425,45	6,98	84,70	6,27	19,34	37,43	34,77	48,31
FFlf	A	238,57	254,29	507,14	18,71	37,54	2,60	8,99	38,15	28,84	30,73
	F	421,43	142,86	435,71	7,66	86,69	4,04	14,69	33,98	24,48	60,66
LVAd	A	202,50	85,00	712,50	19,69	36,36	2,31	8,33	80,30	27,76	37,64
	Bw	327,50	75,00	597,50	7,02	99,71	1,60	9,81	31,63	18,19	67,05
OXfi	O	381,67	188,33	430,00	67,80	32,31	6,73	30,91	140,92	21,97	32,85
	C	465,00	126,67	408,33	27,69	51,46	12,35	32,48	77,39	34,74	41,03
PVAd	A	211,67	160,42	627,92	23,94	31,58	3,24	10,49	55,03	31,77	23,69
	Bt	423,33	91,67	485,00	7,34	60,00	5,26	15,68	34,58	33,27	50,10
PVAe	A	105,71	61,43	832,86	12,69	11,57	1,81	5,59	64,20	31,97	23,71
	Bt	241,43	92,86	665,71	5,53	24,59	3,07	7,71	31,01	47,93	29,79
RQg	A	281,67	95,00	656,67	17,38	30,72	1,91	7,22	64,61	24,18	40,99
	C	96,67	111,67	758,33	3,72	17,43	2,89	9,33	33,41	26,58	46,44
RYvd	A	226,67	160,00	613,33	18,07	43,17	2,58	9,78	46,77	26,56	36,91
	C	310,00	131,67	558,33	5,33	64,04	2,17	13,07	52,15	22,01	62,93
RYve	A	270,00	295,00	435,00	25,29	19,40	4,00	9,53	34,33	39,18	13,24
	C	425,00	275,00	300,00	11,62	89,60	8,28	12,41	30,38	64,78	3,10
CXa	A	377,50	270,00	352,50	29,51	60,57	5,09	13,42	36,10	37,05	32,17
	C	442,50	260,00	297,50	12,18	61,28	4,69	14,34	31,94	30,24	49,82

¹ Matéria Orgânica; ² Óxido de ferro; ³ Soma de bases; ⁴ Capacidade de troca catiônica; ⁵ Atividade de argila; ⁶ Saturação por bases; ⁷ Saturação por alumínio.

Os dados espectrais de laboratório foram utilizados para obtenção da linha do solo apenas nas faixas espectrais correspondentes às bandas 3 e 4 do sensor TM-Landsat. Os gráficos demonstrando a correlação destas bandas são apresentados para a camada superficial e subsuperficial na Figura 1.

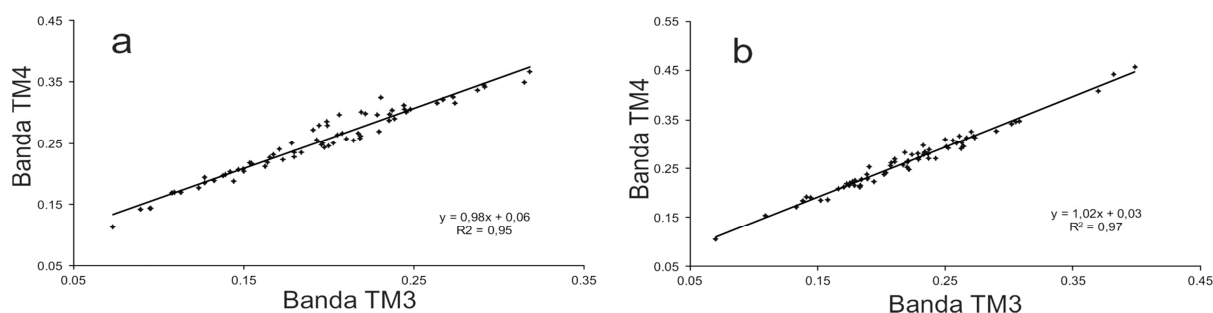


Figura 1 – Linha do solo obtida para os dados de laboratório simulando as bandas TM3 e TM4 nas camadas superficial (a) e subsuperficial (b) do solo.

Para as duas camadas de solo (horizontes subsuperficiais variados, de acordo com a classe de solo) foram observados valores bastante próximos à linha de referência, considerada como a correlação perfeita (Huete et al., 2002). Isso pode ser explicado pelo fato de os dados utilizados para simulação das bandas terem sido coletados apenas de amostras de solo, sem nenhuma influência de interferências externas como, por exemplo, a vegetação, assim como também observado por Nanni et al. (2004) e Bezerra et al. (2007). Nas duas camadas estudadas, os dados apresentaram coeficientes de determinação próximos a um, reafirmando tal condição de mínima distorção por fatores externos.

Como a linha do solo apresentada em ambas as camadas reuniu todas as classes encontradas no campo, era esperada a presença de diferenciação no comportamento das propriedades óticas individuais de cada uma dessas classes, como apontado por Baret et al. (1993). Dessa forma, com o objetivo de visualizar o comportamento da linha do solo, para cada classe independentemente, como já realizado por Baret et al. (1993) e Nanni et al. (2004), essas foram separadas graficamente e representadas na Figura 2, para superfície e subsuperfície respectivamente.

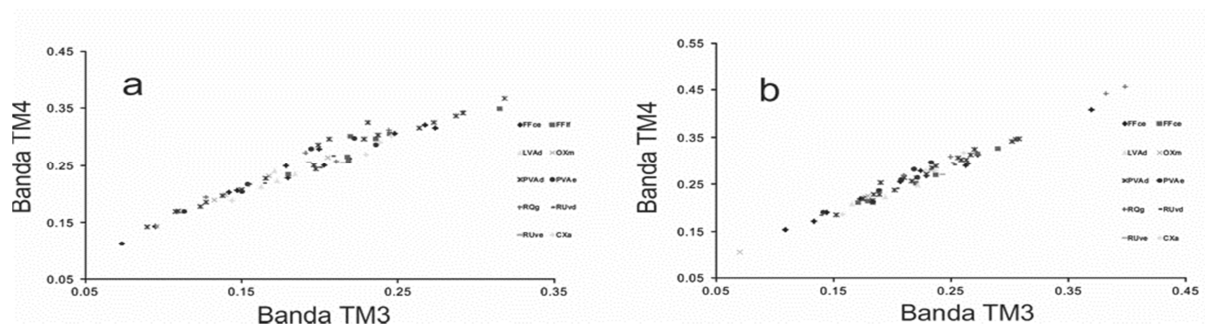


Figura 2 – Linha do solo obtida para os dados de laboratório simulando as bandas TM3 e TM4 nas camadas superficial (a) e subsuperficial (b) do solo, com separação das classes.

A análise destas linhas do solo demonstrou que o comportamento das classes independentes condiz com o comportamento geral das amostras, isto é, classes de solo com caráter mais reflexivo posicionam-se mais distantes da origem dos eixos, tal como observado também por Nanni e Demattê (2006a), ao contrário daquelas com características de maior absorção (OXfi), embora a maioria tenha apresentado correlação satisfatória com a linha do solo principal (Tabela 2).

Tabela 2 – Equações lineares e coeficientes de determinação calculados para a relação de bandas 3 e 4 do sensor TM, com dados de laboratório para as diferentes classes de solo

Classes de Solo	Horizonte	n*	Equação	r ² **
FFce	A	11	$y = 0,9555x + 0,0646$	0,9530
	F	11	$y = 0,9587x + 0,0504$	0,9907
FFlf	A	7	$y = 0,8335x + 0,0937$	0,8538
	F	7	$y = 1,0349x + 0,0286$	0,9895
LVAd	A	4	$y = 0,9160x + 0,0698$	0,4102
	Bw	4	$y = 1,0209x + 0,0312$	0,9566
OXfi	H	6	$y = 1,1081x + 0,0414$	0,9930
	B	6	$y = 1,0716x + 0,0312$	0,9989
PVAd	A	24	$y = 0,9850x + 0,0642$	0,9593
	Bt	24	$y = 1,0138x + 0,0412$	0,9723
PVAe	A	7	$y = 1,1520x + 0,0367$	0,9662
	Bt	7	$y = 1,1664x + 0,0181$	0,9181
RQg	A	6	$y = 0,9755x + 0,0698$	0,9315
	C	6	$y = 1,0329x + 0,0435$	0,9808
RYvd	A	6	$y = 0,9594x + 0,0630$	0,9870
	C	6	$y = 0,9819x + 0,0459$	0,9950
RYve	A	1	$y = -0,0519x + 0,2663$	1,0000
	C	1	$y = -0,8852x + 0,4852$	1,0000
CXa	A	4	$y = 1,0711x + 0,0328$	0,9847
	C	4	$y = 1,2593x - 0,0125$	0,9942

* Número de amostras; ** Coeficiente de correlação.

A única exceção foi feita à classe LVAd que demonstrou r^2 de 0,41, devido ao baixo número de amostras com grande distanciamento no terreno, além da diferenciação textural observada entre os indivíduos pertencentes a esta classe, evidência observada nas curvas espectrais destes solos que levou à obtenção de indivíduos espectralmente diferenciados, como também observado por Nanni e Demattê (2006b) ou Genú e Demattê (2010). Outros fatores podem estar relacionados com essa diferenciação da classe, uma vez que, sabe-se também que o comportamento da linha do solo pode ser afetado por variações de umidade e teores de óxidos de ferro e matéria orgânica. A classe RYve, que apresenta $r^2=1$, pode ser considerada tecnicamente como exceção às outras pela presença de apenas 2 indivíduos.

Outra informação importante a ser observada na Tabela 2 é o comportamento dos solos orgânicos que, apesar de terem sua composição advinda na maior parte de depósitos de materiais vegetais, não apresentam o comportamento de vegetação esperado (Huete et al.,

2002) quando gerada a nova imagem pelo procedimento matemático de combinação de bandas utilizado (Gilabert et al., 2002).

A linha do solo obtida com os dados orbitais foi constituída dos valores de reflectância extraídos das imagens orbitais Landsat 5 TM nas faixas espectrais compreendidas pelas bandas 3 e 4. Os valores corresponderam ao pixel onde se posicionava cada um dos pontos de amostragem de solo em campo. A linha de solo obtida pela imagem orbital pode ser vista na Figura 3.

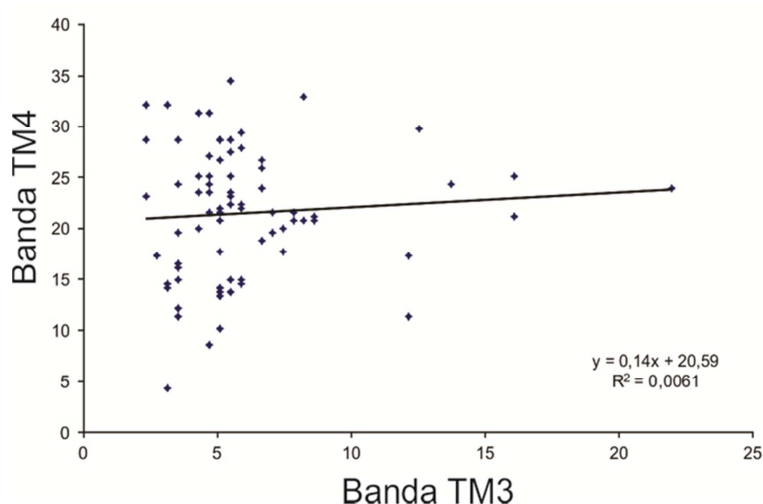


Figura 3 – Linha do solo obtida para os dados orbitais nas bandas 3 e 4 do sensor TM-Landsat.

Diferentemente dos resultados obtidos com os dados de laboratório, foi encontrada grande dispersão dos pontos na linha do solo. Tal fato é um forte indicativo da ocorrência de interferência na leitura dos dados da imagem com relação à vegetação (Ferreira et al, 2003). Essa provável interferência fez com que as amostras se fixassem principalmente entre 4 e 8% de reflectância para a banda TM3. Esse fato, segundo Nanni e Demattê (2006a), deve-se à absorção de energia pelas plantas que é captada por essa banda e, portanto, diminuindo sensivelmente a sua reflectância. O valor de r^2 , inferior aos encontrados por Demattê et al. (2004), também demonstra que não é possível a caracterização de todas as classes em conjunto para estas condições ambientais. Dessa forma, realizou-se o mesmo procedimento aplicado aos dados de laboratório para a diferenciação dos pontos em suas respectivas classes de solo (Figura 4).

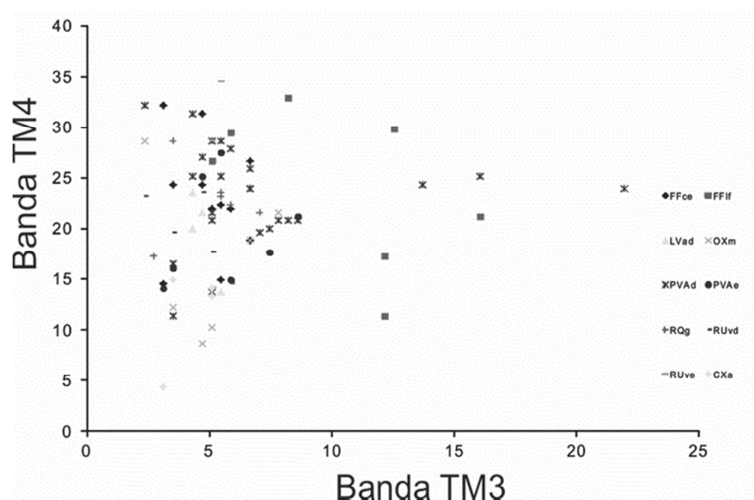


Figura 4 – Linha do solo obtida para os dados orbitais nas bandas 3 e 4 do sensor TM-Landsat, com separação das classes de solo.

O comportamento de grande dispersão dos pontos no gráfico não possibilitou confirmação dos dados obtidos em laboratório pelos pontos correspondentes na imagem orbital. Embora tenha se buscado informações com a melhor condição de amostragem, evitando o mascaramento pela vegetação, tal como Demattê et al. (2004) ou Fiorio et al. (2010), ainda assim, foi observada grande influência dessa em todos os pontos amostrais, condição que se estende por todo o ano na área de estudo, devido à constante umidade recorrente, observada por Chicati et al. (2010). As equações encontradas para cada classe de solo e seus respectivos coeficientes de correlação são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Equações lineares e coeficientes de correlação encontrados para a relação de bandas 3 e 4 do sensor TM, para dados orbitais nas diferentes classes de solo

Classes de Solo	Horizonte	Equação	r^2
FFce	A	$y = -0,7565x + 26,779$	0,0280
FFIf	A	$y = -0,9927x + 34,322$	0,2612
LVAd	A	$y = -6,8333x + 51,863$	0,7988
OXfi	H	$y = -0,2866x + 18,109$	0,0055
PVAd	A	$y = 0,021x + 23,134$	0,0003
PVAe	A	$y = 0,6218x + 16,047$	0,0566
RQg	A	$y = 0,1207x + 22,138$	0,0028
RYvd	A	$y = -2,2625x + 28,814$	0,5029
RYve	A	$y = 15x - 47,843$	1,0000
CXa	A	$y = -0,2866x + 18,109$	0,0055

Neste caso, ao contrário dos dados laboratoriais, a disposição de poucos pontos para estudo de algumas classes levou a índices de correlação elevados. Porém, conforme Nanni e Demattê (2006b), tal condição não indica boa correlação de dados, como no caso da classe RYve que apresenta apenas 2 indivíduos e com isso, r^2 igual a 1. Essa condição seria responsável por um comportamento perfeito de correlação dos dados, o que não é observado no campo.

Ao contrário disso, o que se observa pela análise em nível orbital é a dificuldade muito grande do sistema em discernir as diferenças entre os pixels da imagem, claramente afetados pela condição de umidade constante observada na área. A condição de mascaramento dos dados na imagem pode ser comprovada pela análise dos dados realizada com as informações espectrais de laboratório, assim como realizado também por Demattê et al. (2004) ou Nanni e Demattê (2006a). A dificuldade de trabalho com os dados orbitais foi comprovada quando esses foram comparados com os dados de laboratório, sendo os valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Equações lineares e coeficientes de determinação calculados para a relação de bandas 3 e 4 do sensor TM com as bandas simuladas em laboratório

Bandas	Horizonte	Equação	r^2
B1	A	$y = 15,141x + 1.0869$	0,0891
B2	A	$y = 19,511x + 2.5716$	0,1286
B3	A	$y = 19,528x + 2.4067$	0,1014
B4	A	$y = 30,552x + 13.471$	0,0728
B5	A	$y = 27,78x + 9.2809$	0,0685
B7	A	$y = 13,081x + 8.307$	0,0132

Observando-se a tabela 4 admite-se que os valores de r^2 não são adequados para subsidiar a utilização dos dados orbitais neste tipo de estudo e, especificamente para esta área, como já descrito anteriormente por Chicati et al. (2010). Essa ressalva é importante, haja vista que outros autores como Nanni e Demattê (2006a) tiveram sucesso na aplicação da mesma metodologia, porém, em áreas de estudo sujeitas às condições ambientais diferenciadas daquelas observadas neste trabalho.

CONCLUSÕES

A linha do solo obtida com os dados de laboratório demonstrou-se eficaz para determinação das áreas de várzea com ocorrência de solo exposto.

Os dados orbitais foram influenciados por fatores que impossibilitaram inferências sobre o solo.

Para solos de várzea, não houve correlação satisfatória entre as metodologias de análise orbital e laboratorial.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa ao primeiro autor (Proc. n. 143399/2009-8) e bolsa de Produtividade em Pesquisa (Proc. n.310948/2006-1) ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

- BARET, F.; JACQUEMOUD, S.; HANOCK, J.F. The soil line concept in remote sensing. **Remote Sensing Reviews**. v. 7, n. 01, p. 281-284, 1993.
- BEZERRA, H.S.; SANO, E.E.; FERREIRA, L.G. Desempenho do satélite sino-brasileiro de recursos terrestres CBERS-2 no mapeamento da cobertura da terra no distrito federal, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n 02, p.171-185, 2007.
- CHICATI, M.L. et al. Modelagem de um complexo de inundação por meio de sistema de informações geográficas. **Bragantia**, v. 69, n 02, p.485-491, 2010.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 1992. 173p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de Campinas, Campinas, 1992.
- DEMATTE, J.A.M.; TOLEDO, A.M.A.; SIMÕES, M.S. Metodologia para reconhecimento de três solos por sensores: laboratorial e orbital. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n 01, p. 877-889, 2004.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 2006. 306p.
- FERREIRA, L.G. et al. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: An analysis within the Large-Scale Biosphere–Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 01, p. 534–550, 2003.
- FIORIO, P.R. et al. Diferenciação espectral de solos utilizando dados obtidos em laboratório e por sensor orbital. **Bragantia**, v. 69, n. 02, p.453-466, 2010.
- GENÚ, A.M.; DEMATTE, J.A.M. Informações espectroeletrônicas e topográficas na determinação de teores de componentes do solo. **Bragantia**, v. 69, n. 01, p. 157-164, 2010.

GILABERT, M.A. et al. A generalized soil-adjusted vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, v. 82, n. 02, p. 303–310, 2002.

HUETE, A. et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 01, p. 195–213, 2002.

INPE. **Tutorial SPRING 5.1.3: SPRING básico**. São José dos Campos: INPE, 2009.

JIANG, Z. et al. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. **Remote Sensing of Environment**, v. 101, n. 01, p. 366–378, 2006.

JIANG, Z. et al. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 01, p. 3833–3845, 2008.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia – Relações solo-planta**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 266p.

NANNI, M.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; FIORIO, P.R. Análise discriminante dos solos por meio da resposta espectral no nível terrestre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 995-1006, 2004.

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**, v. 30, n. 06, p.1031-1038, 2006a.

NANNI, M.R.; DEMATTÊ, J.A.M. Spectral reflectance methodology in comparison to traditional soil analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 02, p. 393-407, 2006b.

SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5 ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92p.

VERMOTE, E. et al. **Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum (6S)**. France: LOA-USTL, 1995. 216 p.

Recebido para publicação em: 04/09/2013

Aceito para publicação em: 05/11/2013