

# Caracterização de alguns atributos do solo e sua correlação com a paisagem em uma porção do noroeste do Estado do Paraná

Marcelo Luiz Chicati<sup>1\*</sup>, Marcos Rafael Nanni<sup>1</sup>, Everson César<sup>1</sup>, José Alexandre Melo Demattê<sup>2</sup> e Roney Berti de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil.

\*Autor para correspondência. E-mail: mlchicati@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi integrar, em uma base de dados geoespacial, informações a respeito da distribuição dos solos na paisagem, bem como de seus atributos dentro de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), situada no município de Lobato, Estado do Paraná. Todas as características de aspecto físico e morfológico obtidas foram incorporadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Diante dos dados das análises e do estudo de sua distribuição espacial, as unidades fisiográficas passaram a constituir unidades resultando na produção de mapas.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, espacialização, paisagem.

**ABSTRACT. Characterization of some soil attributes and their correlation with the landscape in a section of northwestern Paraná State.** The objective of this study was to integrate, into a geospatial database, information regarding the distribution of soils in the landscape, as well as their attributes inside a Natural Heritage Private Reserve (RPNP) located in the city of Lobato. All physical and morphologic characteristics were incorporated into a Geographical Information System (GIS). Based on the analyzed data and the study of their spatial distribution, these physiographic units were eventually mapped.

**Key words:** remote sensing, spatialization, landscape.

## Introdução

Frente às perspectivas do terceiro milênio de melhor preservação e desenvolvimento do meio ambiente, a gestão territorial é um dos grandes desafios de diferentes segmentos da sociedade, principalmente, em relação à qualidade ambiental, fator inerente à preservação da biodiversidade e da qualidade de vida do planeta.

O município de Lobato, Estado do Paraná, constitui-se em um território de intensas atividades agropastoris. Como no restante do Noroeste do Estado, as atividades agrícolas iniciaram-se com a colonização, nos anos 30, ocupando a região geográfica do Estado do Paraná denominada Norte Novo. O processo de colonização, realizado pela Companhia Melhoramentos do Norte do Paraná, que sucedera a então Paraná Plantations (Companhia Inglesa de Terras), fundada em Londrina, em 1927, foi significativamente rápido, com implantação, pelos colonizadores, de culturas, como algodão, café, feijão, arroz e pastagens (Oliveira, 1988).

A falta de planejamento na ocupação do território reduziu drasticamente a cobertura florestal de 87%

para menos de 10%.

Em busca de lucros imediatos, devido à grande frustração cafeeira decorrida da geadas de 1975, agricultores passaram para o binômio soja-trigo, sem a devida preocupação de conservação e manutenção da qualidade dos recursos naturais (solos, matas, rios etc.).

Aliada a este fato, a falta de assessoria técnica adequada resultou na erosão de amplas áreas cultivadas, principalmente, sobre os solos originados da formação do Arenito Caiuá.

Convém salientar que o processo erosivo é o maior problema, atualmente, na agricultura mundial. Sua atuação silenciosa e, na maioria do tempo, imperceptível, tem causado o empobrecimento e a perda de cerca de um terço da terra arável do mundo e uma taxa de perda de cerca de 10 milhões de ha ano<sup>-1</sup> (Nanni e Rocha, 1997).

Com isso, a implantação de pastagens apresentou incrementos de áreas significativos. Atualmente, a cana-de-açúcar tem-se expandido, ocupando áreas anteriormente tomadas por pastagens. Dentre os remanescentes da vegetação nativa contidos no Noroeste do Estado, o município de Lobato destaca-se por apresentar, em seus domínios, uma área contínua de, aproximadamente, 820 ha,

configurando-se em uma importante área para estudos de diferentes disciplinas, tanto que a mesma, para propósitos de preservação, foi transformada, no ano de 1997, em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

O conhecimento da variação e do padrão da distribuição de certos atributos dos solos torna-se importante para muitos trabalhos técnico-científicos a serem realizados com detalhes, tanto dentro da própria área de trabalho como daquelas vizinhas, com padrões fisiográficos semelhantes (Nanni, 1995). Os diversos atributos químicos do solo se comportam de forma bastante diferenciada, ao longo das diversas formas de relevo, pelas alterações provocadas pelo manejo agrícola, e ainda pelos processos erosivos (Souza *et al.*, 2008).

Dentre as formas de conhecimento, estudo e compartimentalização do espaço geográfico, destacam-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), cuja principal finalidade é a integração de dados geográficos devidamente registrados em um banco, no qual possam ser recuperados e manejados pelo operador (Nanni e Demattê, 2001).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi o de integrar, em uma base de dados geoespacial, informações a respeito da distribuição dos solos na paisagem, bem como de seus atributos.

## Material e métodos

O município de Lobato localiza-se no Noroeste do Estado do Paraná, estando delimitado pelas coordenadas UTM, com base no meridiano 51° W.G. 384 – 410 km e 7.445 – 7.472 km do Equador e coordenadas geográficas 23°5'47.28'' - 22°51'3.37'' latitude Sul e 52°8'14'' - 51°52'20'' longitude Oeste, com superfície de 234.118 km<sup>2</sup>, perfazendo 234.118 ha. Apresenta altitude média de 400 m, em região de entroncamento entre os rios Pirapó e Bandeirantes do Norte.

Os trabalhos foram iniciados pela revisão bibliográfica referente ao material cartográfico existente na área de estudo. Para a execução dos trabalhos cartográficos utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas SPRING (INPE, 1999). Segundo Câmara *et al.* (1996), o SPRING é um sistema de geoprocessamento orientada-a-objeto, com múltiplas funções e algoritmos para processamento de bancos de dados georreferenciados.

Demarcada a área de trabalho por meio das cartas planialtimétricas, foi estabelecido um roteiro para produção da base cartográfica, no qual foram agregadas as informações oriundas dos trabalhos de campo para a composição dos mapas de distribuição

dos atributos dos solos. Uma vez configurado o banco de dados, estabeleceu-se a base cartográfica em escala 1:50.000, mediante a digitalização das cartas planialtimétricas existentes e a atualização cadastral realizada no campo com o sistema GPS. Os principais temas das cartas, como rede de drenagem, estradas, rodovias e principais carreadores, foram digitalizados para que pudessem compor a base, juntamente com os dados obtidos no campo.

As imagens orbitais foram incorporadas ao sistema por meio de processos de registro (INPE, 1999). A caracterização da paisagem se fez necessária para situar a ocorrência das diferentes formas de relevo e disposição das pendentes, possibilitando, como processo auxiliar, delimitar as unidades de paisagem (Nanni e Rocha, 1997).

Uma vez definida a base cartográfica no SPRING e inseridas as imagens orbitais, realizou-se a análise fisiográfica, segundo os critérios estabelecidos e preconizados por Buring (1960), e posteriormente desenvolvidos por Butler, Goosen e Vink (Goosen, 1968), quanto aqueles adaptados por Donzeli *et al.* (1983), para imagens MSS/RBV - Landsat e mosaicos de radar, em que se relacionaram os processos dinâmicos da paisagem com os solos ali existentes, como bem caracterizado por Nanni (1995).

Paralelamente, realizou-se a análise fisiográfica de fotografias aéreas, cujos limites das unidades de paisagem foram decalcados e transpostos para um mapa base, impresso em escala média igual à das fotografias, sendo posteriormente anexado ao banco de dados, como descrito por Nanni e Rocha (1997).

Por meio do sistema SPRING, foram listados os pontos escolhidos para tradagem com suas respectivas coordenadas geográficas. Estes pontos foram, então, localizados em campo, por meio do sistema de navegação contido no receptor GPS. Em cada ponto, foram realizadas duas tradagens (superfície e subsuperfície) para coleta de amostras de solo.

Todos os métodos de preparo, tratamento e análise das amostras enviadas a laboratório foram realizados conforme metodologia usual preconizada pela Embrapa (1997), para levantamentos de solos.

De posse dos dados das análises e do estudo de sua distribuição espacial, as unidades fisiográficas passaram a constituir unidades de mapeamento (Embrapa, 1996). Em cada unidade, foi estabelecida a classe de solo, conforme critérios de classificação estabelecidos pela Embrapa (2006). O procedimento metodológico completo é apresentado na Figura 1.

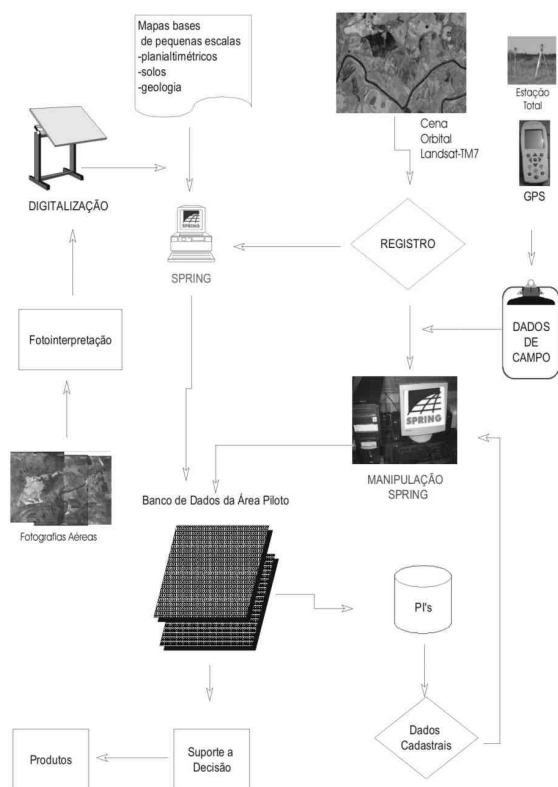


Figura 1. Sequência metodológica de trabalho.

Utilizou-se o teste de Tukey para as médias de atributos de cada solo, por área seleccionada, nos níveis de 1 e 5%. Para isso, foi utilizado o procedimento GLM do programa SAS. Nesse método, em cada área, a seguinte hipótese é testada:  $H_0$ : solo1=solo2=solo3=solo4=solo5; a rejeição da

hipótese de nulidade enunciada acima implica a aceitação da hipótese alternativa, em que:  $H_1$ : pelo menos 2 solos diferem estatisticamente.

**Resultados e discussão**

Como relatado por Demattê e Nanni (2003), os pontos de onde se extraíram as amostras no campo foram importados no sistema SPRING e a cada um foi atribuído um valor z constituído pelo valor de algum dos atributos determinado para cada classe de solo.

Com as coordenadas X,Y dos pontos, foi possível, por meio do SPRING, gerar um modelo numérico de terreno para cada atributo de interesse. Este modelo pôde ser fatiado em até cinco classes (INPE, 1999), atribuindo-se, para cada intervalo, um valor correspondente à quinta parte da diferença entre o maior e o menor valor encontrado para cada atributo (Nanni e Demattê, 2001). Dessa forma, cada atributo do solo foi representado cartograficamente por valores numéricos em intervalos menores que aqueles estabelecidos pela Embrapa (1997), como é o caso do atributo areia, representado na Figura 2.

A manipulação das curvas de nível das cartas planialtimétricas, digitalizadas no sistema SPRING, possibilitou a construção do modelo numérico de terreno que, sobreposto a um plano de textura representado por uma imagem sintética obtida pela conjunção das bandas 5(R), 4(G) e 7(B) do TM-Landsat, permitiu a visualização do terreno onde se encontra a área em perspectiva (Figura 3).

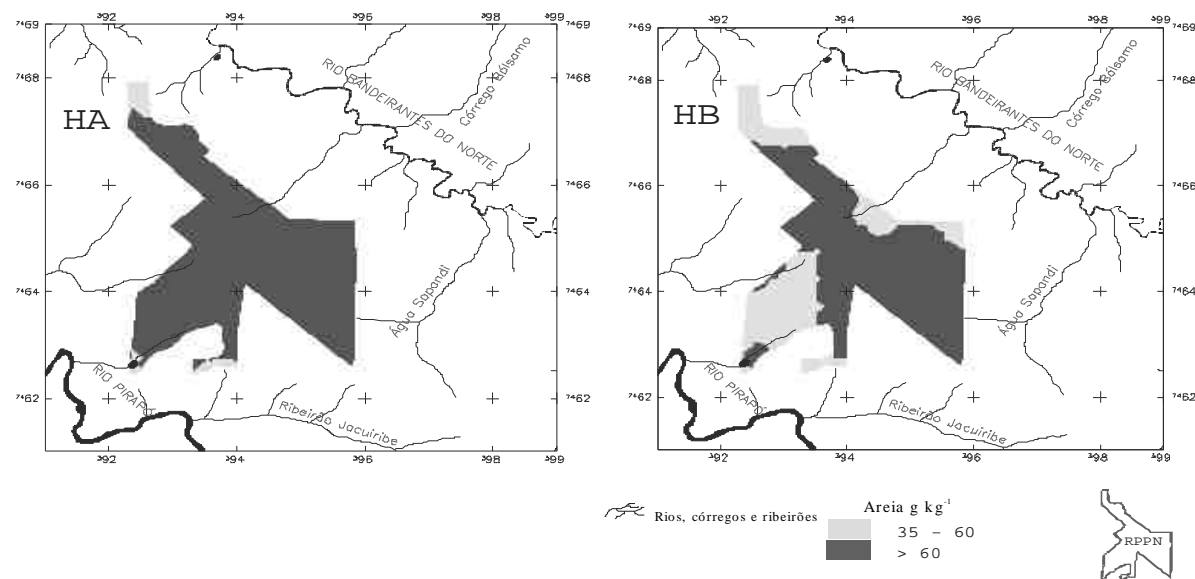
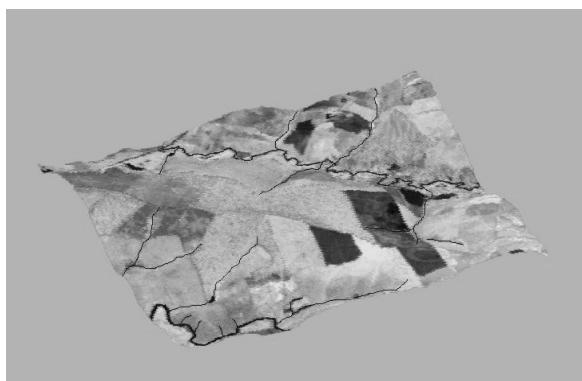


Figura 2. Atributo areia representado nos horizontes A e B, de acordo com a classificação gerada pela análise do modelo numérico do terreno.



**Figura 3.** Visualização da área de estudo, em perspectiva, pela sobreposição de uma imagem sintética RGB e o modelo numérico de terreno.

Por meio da confecção da carta clinográfica (Figura 4) produzida com intervalos de declividades preconizados pela Embrapa (1979), demonstrou-se que grande parte da área está compreendida nas classes de relevo plano e suave ondulado, com área de 354,11 ha, para a primeira classe, e 410,06 ha, para a segunda, perfazendo 43,11 e 49,92%, respectivamente (Tabela 1). Esta também pôde ser relacionada às classes de solo presentes no local, principalmente, quanto à distribuição textural, muito diversificada. O padrão de distribuição da argila, no perfil dos solos, demonstrou ser outro

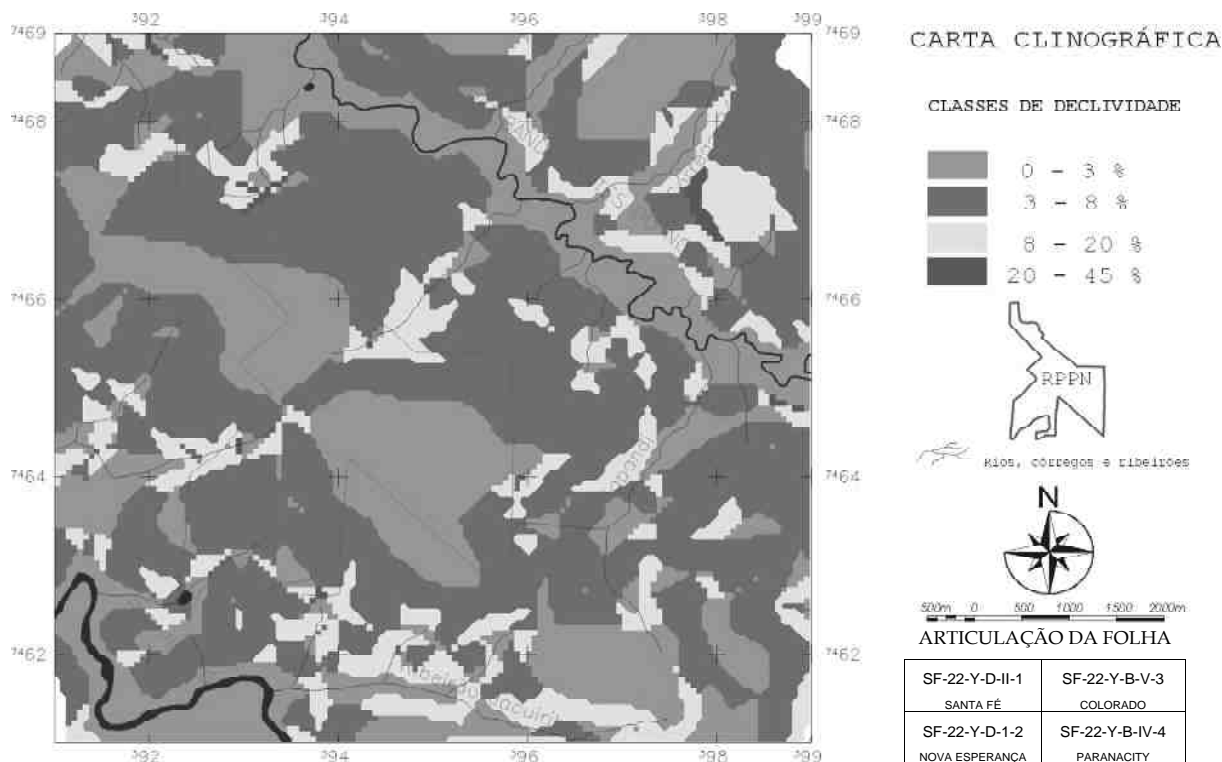
fator bastante influenciado por esta variação fisiográfica, observada na carta.

**Tabela 1.** Área ocupada por cada classe de declividade encontrada na área de estudo.

Classe de declividade %	Área ocupada	
	ha	%
Plano (0 – 3)	354,11	43,11
Suave ondulado (3 – 8)	410,06	49,92
Ondulado (8 – 20)	54,41	6,62
Forte ondulado (20 – 45)	2,92	0,35

A variabilidade do material de origem presente na área promoveu variação dos atributos, como também observado por Oliveira (1988) e Menk e Camargo (1996). As porções mais argilosas estendem-se pelas regiões cujo substrato é composto por basalto. Neste, os valores são mais elevados, podendo chegar a 756 g kg<sup>-1</sup> de argila no horizonte B, reforçando os dados encontrados por Menk e Camargo (1996).

Na maior parte da área, encontram-se solos com textura argilosa em subsuperfície, quando utilizado o agrupamento textural para levantamento de solos preconizado pela Embrapa (2006), com 65,5% da área; os solos de textura média ocupam, na mesma classificação, 25,5% da área, ficando, o restante, ocupado pelas classes muito argilosa (7,6%) e arenosa (1,4%).



**Figura 4.** Representação da carta clinográfica das RPPN's de Lobato.

A área apresenta, portanto, miscelânea de materiais parentais, compostos tanto por material retrabalhado de arenito, arenito-basalto ou, mesmo, uma combinação dos dois.

Após a obtenção dos limites, seguiu-se o exame das análises laboratoriais das áreas delimitadas e, por meio dos critérios de classificação dos solos adotados pela Embrapa (2006), pôde-se estabelecer a presença de nove unidades ou classes de solos, divididas em quatro grandes grupos. Apresenta-se, a seguir (Tabela 2), a descrição das unidades de solos que foram identificadas, na área de estudos, pela utilização de análise booleana no sistema SPRING. As classes foram estabelecidas ao plano de grande grupo categórico no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

**Tabela 2.** Área de cada unidade de solo presente na área de estudo.

Unidade de Mapeamento	Área (ha)
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVd)	288,11
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe)	1.927,55
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico argissólico	407,04
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico aluminífero	48,36
NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico	292,56
ARGISSOLO VERMELHO Distrófico	123,41
ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico	1.566,80
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	98,69
GLEISSOLOS	308,72

Por meio da tabulação cruzada entre os planos de informação que continham os solos obtidos pelos dois métodos, obteve-se a Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores de área em ha para o cruzamento de cada classe de solo utilizando-se o método convencional (linha) e por meio do sistema Spring (coluna).

Classe de Solo	LVd	AVd	NQo	NVe	Go
LVe	129.15	1.579.14	24.57	71.10	133.38
LVd	261.27	10.53	0.00	17.10	0.00
AVd	36.72	83.70	0.00	0.00	2.88
AVe	313.65	1.097.73	36.09	4.50	121.14
NQo	0.00	21.24	55.08	0.00	22.68
LVdal	48.06	0.00	0.00	0.00	0.00
NVe	0.00	247.68	0.00	0.00	44.28
LVea	105.57	284.49	17.01	0.00	0.00
Go	0.00	92.25	0.00	3.33	197.10

Observa-se, pela Tabela 3, que houve conflito entre os limites dos solos obtidos pelos dois métodos. Algumas classes apresentaram pequenas porções de outras, devido, principalmente, ao traçado apresentado na fotointerpretação comparado com aquele advindo do sistema SPRING. Como exemplo, podem-se destacar as classes próximas aos limites dos solos desenvolvidos em presença da rede de drenagem, como o NQo e o Go, ou, mesmo, o NVe e o Go.

Foram comparados vários atributos estabelecidos em duas condições de uso (mata nativa e culturas). A Tabela 4 apresenta a análise estatística e os valores médios para diferentes atributos avaliados presentes na camada superficial.

**Tabela 4.** Comparação entre os atributos dos solos nos usos mata nativa e culturas da área de estudo.

Uso	SB <sup>1</sup>	CTC <sup>2</sup>	T <sup>3</sup>	V <sup>4</sup>	m <sup>5</sup>	Areia	Silte	Argila	M.O. <sup>6</sup>
		mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%				g kg <sup>-1</sup>	
Mata	5,80a <sup>7</sup>	7,93a	11,76a	70,12a	2,62a	761,1a	42,0a	196,9b	21,58
Culturas	4,74b	8,75a	15,12a	55,36b	3,18a	612,7b	51,7a	335,6a	15,90

<sup>1</sup>Soma de Bases; <sup>2</sup>Capacidade de Troca Catiônica; <sup>3</sup>Atividade de Argila; <sup>4</sup>Saturação por Bases; <sup>5</sup>Saturação por alumínio; <sup>6</sup>Matéria orgânica; <sup>7</sup>letras semelhantes na mesma coluna indicam não haver diferença significativa pelo teste t (p < 0,05).

Observa-se que a maioria dos atributos avaliados apresentou diferença significativa (p < 0,05) entre os usos mata nativa e culturas. Este é um indicador de que práticas de adubação não estão efetivamente sendo aplicadas, uma vez que os valores na cultura estão aquém dos valores encontrados em mata nativa. Outro atributo que confirma as melhores condições químicas na mata refere-se aos teores de matéria orgânica, superiores nestas condições.

Como a atividade agrícola no entorno é representada, basicamente, pelo plantio da cana-de-açúcar, tais condições eram esperadas, uma vez que a prática da queima da cultura, para posterior colheita, é comum. Logo, os teores de matéria orgânica tendem a diminuir em comparação com a mata nativa, mesmo em solos mais argilosos, como é o caso.

## Conclusão

A manipulação de atributos dos solos coletados em sistema de malha rígida e incorporados em um banco de dados geográficos, além das informações clinográficas, possibilitou a produção do mapa pedológico local com alta precisão.

O número de classes obtido pelo método não-convencional (sistema SPRING) foi maior que o obtido pelo método convencional, uma vez que se utilizou uma gama maior de informações detalhadas sobre a área e, também, pela utilização de diferentes cálculos delimitatórios dos dois métodos.

Existem diferenças significativas nos traçados dos limites entre as classes de solos obtidos pelos dois métodos, visto que se utilizaram fontes de diferentes escalas para a obtenção das mesmas.

A maioria dos atributos dos solos presentes em mata nativa difere daqueles obtidos em condições de cultura, devido às diferentes formas de manejo utilizadas nestas que influenciam a presença de matéria orgânica.

## Referências

- BURING, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: *Manual of photography interpretation*. Washington, D.C.: American Society of Photogrammetry, 1960. cap. 11, p. 633-636.
- CÂMARA, G. et al. *Anatomia de sistemas de informação geográfica*. Campinas: SBC/Escola de Computação, 1996.
- DEMATTÊ, J.A.M.; NANNI, M.R. Weathering sequence of soils developed from basalt as evaluated by laboratory (IRIS), airborne (AVIRIS) and orbital (TM) sensors. *Int. J. Remote Sens.*, Basingstoke, v. 24, n. 1, p. 25, 2003.
- DONZELI, P.L. et al. Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados a solos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 7, n. 1, p. 89-94, 1983.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa/SNLCS, 1979.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CNPS. *Normas e critérios para levantamentos pedológicos*. Rio de Janeiro: Embrapa/SNLCS, 1996.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CNPS. *Sistema brasileiro de classificação de solos: 4ª aproximação*. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CNPS. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa, 2006.
- GOOSEN, D. *Interpretacion de fotos aereas y su importancia en levantamiento de suelos*. Roma: Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentacion, 1968.
- INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Tutorial Spring: Spring básico*. São José dos Campos: Inpe, 1999.
- MENK, J.R.F.; CAMARGO, O.A. Variação espacial da granulometria dos solos ao longo da transeção sudeste no centro experimental de Campinas, SP, Brasil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. *Anais...* Piracicaba: SBCS-Esalq, 1996. 1. CD-ROM.
- NANNI, M.R. *Delimitação de unidades fisiográficas para estudo de solos utilizando análise multivariada e técnicas de sensoriamento remoto*. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.
- NANNI, M.R.; DEMATTÊ, J.A.M. Is it possible estimate physical-chemical soil attributes by using laboratory and orbital sensors (compact disc). In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE OF GEOSPATIAL INFORMATION IN AGRICULTURE AND FORESTRY, 3., 2001. Denver. *Anais...* Denver: 2001. v. 1.
- NANNI, M.R.; ROCHA, H.O. Integration of GIS technology, remote sensing and multivariate analysis in the delimitation of physiographic units for pedological mapping. *Boletim do Instituto de Geociências - Série Científica*, v. 1, n. 28, p. 129-143, 1997.
- OLIVEIRA, J.B. Evolução dos trabalhos de levantamento de solos e dos estudos de variabilidade espacial no Estado de São Paulo. *O Agrônomo*, Campinas, v. 40, n. 2, p. 138-148, 1988.
- SAS-Statistical Analysis System Institute. *SAS Software: user's guide, version 8.2*. Cary: SAS Institute, 1999.
- SOUZA, G.S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. *Acta Sci. Agron*, Maringá, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.

Received on June 13, 2007.

Accepted on February 14, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.