

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS DE SOLOS NA REGIÃO DO PLANALTO MÉDIO, RS: I. ANÁLISE DA VARIÂNCIA POR AMOSTRAGEM ANINHADA⁽¹⁾

M.v.d. BERG⁽²⁾ & E. KLAMT⁽³⁾

RESUMO

A variabilidade espacial das características cor do solo, conteúdo de argila, pH e resistência à penetração foi avaliada em sete glebas com solos fortemente intemperizados e intensamente cultivados, na região do Planalto Médio (RS), por meio da análise da variância pelo método de amostragem aninhada, com o objetivo de determinar sua homogeneidade e estimar o intervalo indicado para efetuar amostragens sistemáticas de solos. Perfis representativos foram caracterizados e classificados nessas glebas. O trabalho de campo foi realizado em agosto-novembro de 1989. Latossolos vermelho-escuro e amarelo distróficos e álicos ocorrem nas glebas estudadas. As características analisadas, exceto o valor da cor e o pH na camada de 60-80 cm, apresentaram grande variabilidade. A contribuição à variância total aumentou relativamente pouco nos intervalos de amostragem de 50 a 600 m. De 600 m à distância entre glebas (> 3000 m), ocorreu grande incremento na variância, indicando que intervalos de amostragem de 600 m ou maiores são suficientes para o estudo de características relacionadas à gênese do solo. Variâncias em características químicas e físicas, relacionadas ao manejo do solo, persistirão dentro de delineamentos produzidos nesse intervalo de amostragem. Os mesmos esquemas com intervalos de amostragem de 50 m não poderão resolver tais variâncias.

Termos de indexação: variabilidade das características, dependência espacial, solos fortemente intemperizados, classificação de solos.

SUMMARY: *SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHARACTERISTICS IN THE PLANALTO MÉDIO REGION, STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL: I. NESTED ANALYSIS OF VARIANCE*

The spatial variability of the soil characteristics colour, clay content, pH and penetrometer resistance was evaluated in seven areas on which strongly weathered and intensively cropped soils occur, in the Planalto Médio region, State of Rio Grande do Sul, Brazil. Nested analysis of variance was performed with the objective of assessing their homogeneity and optimal soil

⁽¹⁾ Parte da tese de doutorado do primeiro autor, a ser apresentada na Utrecht University, Holanda. Trabalho apresentado no XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, em julho de 1995, Viçosa, MG. Recebido para publicação em fevereiro de 1996 e aprovado em março de 1977.

⁽²⁾ Professor Assistente I, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique.

⁽³⁾ Professor Visitante da UFSM e aposentado do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). Pesquisador IB/CNPq.

sampling density. Representative soil profiles were characterized and classified in these areas. Field work was performed from August to November, 1989. Kandiodox, Hapludox and Kandiodult occur in the studied areas. All characteristics evaluated, except soil colour value and soil pH, at 60-80 cm depth, presented high variability. The contribution to the total variance increased slowly from 50 m to 600 m sampling interval. The increase in variance was very large from 600 m to the distance between the areas (> 3,000 m), indicating that sampling intervals of 600 m or more are sufficient to study characteristics related to soil genesis. Variance in chemical and physical properties related to soil management will be present within the areas under investigation by adopting such sampling intervals. Even sampling schemes with intervals of 50 m would not be able to solve such variances.

Index terms: variability of soil characteristics, spatial dependence, strongly weathered soils, soil classification.

INTRODUÇÃO

A variabilidade espacial das características dos solos pode ocorrer em diferentes níveis. Elas podem estar relacionadas a diversos fatores: variação do material de origem, clima, relevo, organismos e tempo, ou seja, aos processos genéticos de formação do solo (Jenny, 1941) e/ou ao efeito de técnicas de manejo dos solos decorrentes do seu uso agrícola (McGraw, 1994). Segundo Meentemeyer & Box (1987), quanto mais generalizada a escala de interesses, variáveis em menor número e mais significantes e/ou dominantes são responsáveis pelas características dos solos. Num modelo simplificado, com base em experiência de campo, considera-se que, para solos fortemente intemperizados, bem drenados do Rio Grande do Sul, sob uso agrícola intensivo, a variabilidade espacial do solo a distâncias pequenas (< 100 m) esteja relacionada, principalmente, à desuniformidade do seu manejo. A distâncias médias (100 a 1.000 m), o relevo pode ser um condicionador importante; e a distâncias grandes (> 1.000 m), o material de origem ganha relevância, seguido pelo clima, em escala continental (Folkoff et al., 1981).

A análise da variabilidade espacial das características dos solos é importante para o estabelecimento da legenda de mapas pedológicos; para determinar a variância das unidades de mapeamento em mapas já existentes e para indicar a utilidade de mapas de solos como base para avaliação da aptidão de uso das terras (Beckett, 1971, Beckett & Webster, 1971, Burrough, 1986). Além disso, o conhecimento da variabilidade espacial é importante para estimar a densidade de amostragem ideal em levantamentos de solos.

Estudos de Beckett (1971) e Beckett & Webster (1971) revelaram que as legendas de mapas de solos freqüentemente sugerem que as informações neles contidas são mais úteis e confiáveis que na realidade o são. Isso pode indicar que os pedólogos confiam demasiadamente na sua habilidade de separar unidades de terras homogêneas. Análises da variância dentro e entre unidades de mapeamento podem fornecer informações quanto à homogeneidade das mesmas e do potencial dos mapas de solos servirem

de base para procedimentos de avaliação da aptidão de uso das terras.

Conforme revisão de literatura efetuada por Webster (1985), diversos métodos têm sido desenvolvidos para avaliar a variabilidade espacial de características de solos. Entre os mais importantes, esse autor cita a análise da variância pela amostragem aninhada, que descreve a distribuição da variância ao longo de escalas espaciais crescentes; e semivariância, que pode ser determinada para amostras georeferenciadas em transectos ou grades mais ou menos regulares.

Os estudos da variabilidade das características dos solos para determinação da densidade mais eficiente e econômica de amostragem são bastante trabalhosos e têm um custo elevado, em comparação com o custo total dos levantamentos de solos. Para amenizar esse problema, Burrough (1991) propôs a determinação de variáveis de obtenção difícil e onerosa, numa densidade pequena e, numa densidade maior, a determinação de variáveis facilmente determináveis e correlacionadas com as demais. Um procedimento alternativo baseia-se na hipótese de que existe uma analogia de variâncias espaciais entre regiões diferentes, porém com solos similares, como é o caso dos solos muito intemperizados no Brasil. Uma vez quantificadas as estruturas espaciais para algumas áreas representativas de tais solos, poder-se-iam aplicar os resultados em levantamentos em áreas novas. Visando testar essa hipótese, foi feito o presente estudo no Planalto Médio (RS) com os seguintes objetivos: (1) determinar a homogeneidade de glebas de intenso uso e manejo de solos para conhecer a extensão em que podem ser usadas como base em planejamentos de uso da terra e de manejo de solos; (2) estimar a densidade de amostragem mais indicada para a realização de levantamentos de solos nesta região; e (3) iniciar uma base de dados para comparar a variabilidade espacial de solos similares em regiões diferentes do País.

Para alcançar os objetivos propostos, adotou-se o método da análise da variância por amostragem aninhada. Para avaliar os mapas de solos existentes e facilitar a comparação com estudos posteriores, foram feitas a descrição, a amostragem, a caracterização e a classificação dos solos das glebas estudadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Na região do Planalto Médio (RS), selecionou-se uma área de estudo situada a 28°15'S e 25°30'W de Greenwich, a uma altitude de 680 m (Figura 1). O clima é subtropical úmido (Cfa), com temperatura e precipitação média anual de, respectivamente, 17,4°C e 1.763 mm. Os principais solos mapeados na região (IBGE/EMBRAPA, 1986) são latossolo Bruno/roxo álico, latossolo vermelho-escuro húmico e terra bruna/roxa estruturada álica, desenvolvidos da alteração do basalto da formação Serra Geral, com adição de sedimentos arenosos da formação Botucatu e/ou Tupanciretã, encontrados em superfícies de relevo ondulado. Esses solos são utilizados, predominantemente, para cultivo da soja na primavera/verão e, alternadamente, com trigo ou pastagem e pousio no outono/inverno.

Com base no mapa de solos (IBGE/EMBRAPA, 1986)⁽⁴⁾, sete glebas de, aproximadamente, 60 ha cada uma foram selecionadas, sendo as glebas de 1 a 6 (Figura 1) localizadas em propriedades que adotam técnicas avançadas de manejo e que representam os mais importantes tipos de solos da região e, a sétima, nos campos experimentais do Centro Nacional de Pesquisa do Trigo/EMBRAPA. Quatro intervalos de amostragem foram adotados. As diferentes glebas, afastadas de 3 a 30 km, formam o nível mais elevado. Dentro de cada gleba, selecionaram-se, ao acaso, dois pontos com distância mínima de 600 m. De cada um desses pontos, selecionaram-se dois outros pontos de amostragem, com distância de 200 m e, destes, dois outros, distanciados de 50 m, cujas direções foram sorteadas e os pontos locados com bússola. Dessa forma, um total de 56 (7 x 2 x 2 x 2) pontos foram amostrados. Este esquema foi delineado no mapa das glebas, antes da ida ao campo, conforme figura 2.

Coletaram-se amostras de solos nas profundidades de 0-20 e de 60-80 cm. Cor do solo (matiz, valor e croma) e resistência à penetração foram determinadas em campo com uso da Escala Munsell e penetrógrafo respectivamente. O teor de argila ao tato (textura) foi estimado nas amostras dispostas ao acaso após completada a amostragem e o pH em H₂O, em laboratório usando procedimentos descritos por Camargo et al. (1986), sem que as amostras fossem totalmente secas, moídas e peneiradas antes da análise.

Devido a condições desfavoráveis de tempo, a resistência à penetração foi determinada apenas nas glebas 1 a 5 (Figura 1) e com adição de um intervalo de amostragem na distância de 1,5 m. Cada determinação no intervalo de 1,5 m consistiu na média de três observações nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm efetuadas num raio de 20 cm.

Os matizes da cor determinados foram transformados em valores numéricos utilizando método descrito por Lepsch et al. (1978), ou seja: 7,5R = 10, 10R = 20, 2,5YR = 30, 5YR = 40, etc.

A análise da variância foi feita em suporte informático, conforme Keulen & Wolf (1986).

⁽⁴⁾ Complementado com informações de técnicos que conhecem a região.

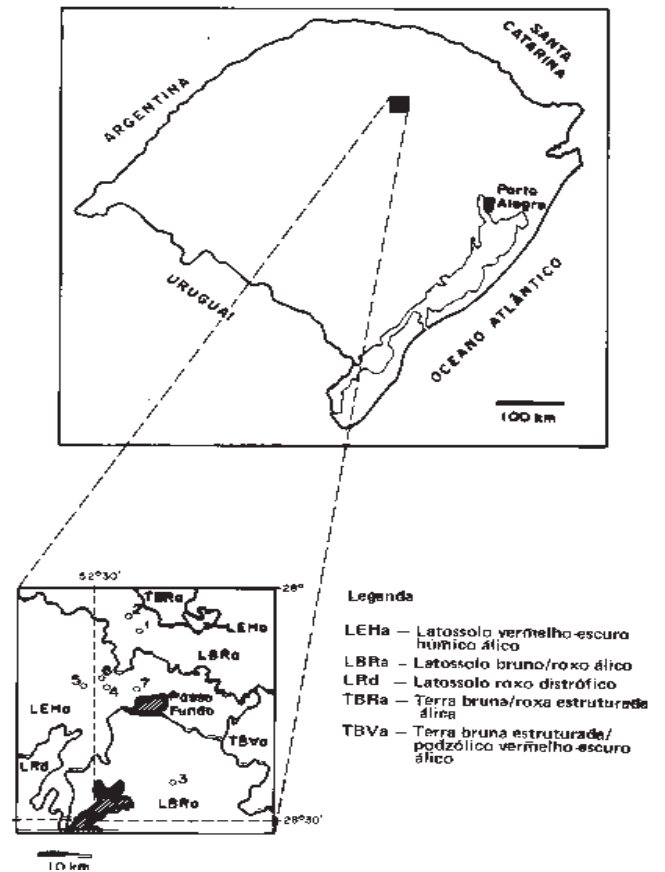


Figura 1. Localização da área de estudo no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, e das glebas amostradas e sua distribuição de solos (Brasil/IBGE-EMBRAPA, 1986).

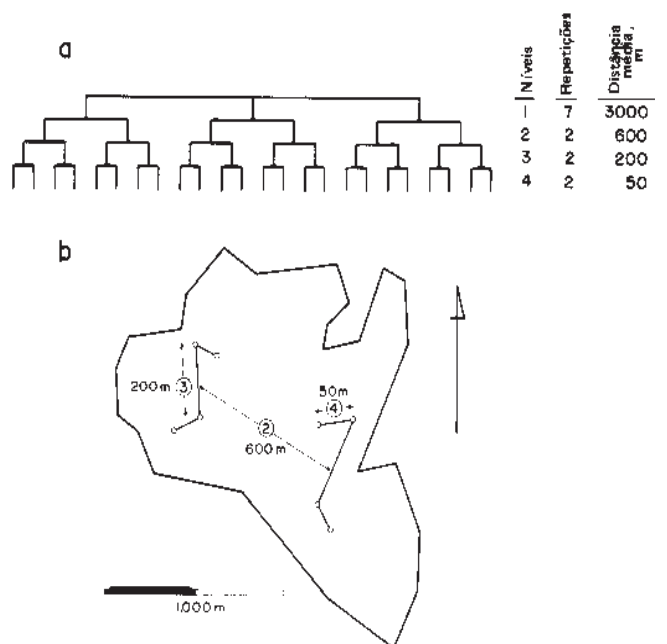


Figura 2. Ilustração do esquema de amostragem adotada: a) hierarquia de amostragem, b) distribuição espacial dos pontos de amostragem na gleba 2.

Abriram-se trincheiras em cada uma das sete glebas e descreveram-se os perfis de solos segundo o método de Lemos & Santos (1984). Nas amostras coletadas nos horizontes pedogenéticos, determinaram-se a distribuição granulométrica, pH em água e em KCl, carbono orgânico, bases trocáveis, acidez extraível, alumínio trocável e Fe_2O_3 total, segundo métodos descritos por Camargo et al. (1986). Soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) foram calculadas, sendo os solos classificados segundo o sistema de classificação em uso nos levantamentos de solos do Brasil (Camargo et al., 1987; Oliveira et al., 1992) e Soil Survey Staff (1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características e classificação dos solos

A cor dos solos estudados é bruno-amarelado-escuro, no matiz 5YR, nos horizontes superficiais, passando a vermelho-escuro, no matiz 2,5YR, nos subsuperficiais. A diferenciação vertical com respeito à cor é acentuada pelo aumento do croma de 3 para 6, nesses horizontes. O superficial apresenta coloração escura, mas não satisfaz aos requisitos para horizonte A proeminente, porque o croma se iguala ou excede 4 dentro dos 25 cm superficiais do solo.

Os perfis das glebas 4, 5, 6 e 7 apresentam horizonte B com características que indicam iluviação de argila, como cerosidade fraca e pouca, e gradiente textural que satisfaz aos requisitos para horizonte Argillic ou Kandic (Soil Survey Staff, 1990), mas não de horizonte B textural, do sistema de classificação de solos usado em levantamentos pedológicos do Brasil (Camargo et al., 1987).

Os solos das glebas 1, 2, 3 e 7 mostram textura muito argilosa, com teor de argila superior a 480 g kg^{-1} no horizonte superficial, enquanto os das glebas 4, 5 e 6, textura argilosa, com teor de argila no horizonte superficial variando de 280 a 330 g kg^{-1} (Quadro 1). Essa é a principal diferença entre os solos estudados e, em função disso, a capacidade de troca de cátions é superior no horizonte superficial dos mais argilosos. O teor de Fe_2O_3 total também é superior nos solos muito argilosos, razão por que estes foram classificados como Latossolo vermelho-escuro, ou seja, com mais de 90 g kg^{-1} de Fe_2O_3 , enquanto os argilosos foram classificados como vermelho-amarelos por seus teores de Fe_2O_3 total inferiores aos exigidos pelos Latossolos vermelho-escuros, apesar das cores, bruno-avermelhado-escuros (4YR 3/4) a vermelho-escuros (3YR 3/6) nos seus horizontes diagnósticos subsuperficiais. Os Latossolos vermelho-escuros enquadraram-se nos grandes grupos Kandiudox e Hapludox do Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1990), e os Latossolos vermelho-amarelos, no grande grupo Kandiudult.

Quadro 1. Características e classificação dos perfis de solos descritos nas sete glebas estudadas

Horizonte	Profundidade cm	C g kg ⁻¹	pH	Cátions trocáveis				H	S	T	V	m	Areia	Argila total g kg ⁻¹	Argila dispersa em água	Fe ₂ O ₃
				H ₂ O	Ca	Mg	K									
GLEBA 1 - Latossolo vermelho-escuro distrófico muito argiloso - Kandiudox																
Ap	0-10/16*	20	5,4	44	22	4,7	2	53	71	126	56	3	50	640	300	nd**
Bws ₁	91-200	5	5,3	8	7	0,6	12	24	16	52	31	43	20	720	0	173
GLEBA 2 - Latossolo vermelho-escuro distrófico muito argiloso - Kandiudox																
Ap	0-13/17	22	5,4	53	29	3,8	1	40	86	127	68	1	60	570	310	nd
Bws ₁	62-120	7	5,4	7	16	0,7	13	23	24	60	40	35	40	760	0	170
GLEBA 3 - Latossolo vermelho-escuro álico muito argiloso - Hapludox																
Ap	0-14/18	18	6,3	70	29	5,3	0	19	105	124	85	0	40	690	420	nd
Bws ₂	68-109	6	4,9	7	4	0,6	15	25	12	52	23	56	10	800	0	163
GLEBA 4 - Latossolo vermelho-amarelo álico argiloso - Kandiudult																
Ap	0-13/18	14	5,0	35	17	3,7	4	26	56	86	65	7	450	280	200	nd
Bws ₁	80-150	6	5,1	8	3	0,6	32	23	12	67	18	73	100	390	270	45
GLEBA 5 - Latossolo vermelho-amarelo álico argiloso - Kandiudult																
Ap	0-13/17	16	5,4	46	22	1,8	1	25	70	96	73	1	190	330	220	nd
Bws ₂	65-122	5	5,2	14	8	0,6	26	19	23	68	34	53	120	560	350	65
GLEBA 6 - Latossolo vermelho-amarelo álico argiloso - Kandiudult																
Ap	0-10/12	14	5,0	21	8	3,0	15	38	32	85	38	32	140	290	220	nd
Bws ₁	78-140	5	5,1	14	6	0,8	31	22	21	74	28	60	90	570	120	65
GLEBA 7 - Latossolo vermelho-amarelo álico muito argiloso - Kandiudox																
Ap	0-10/15	14	5,6	44	20	3,1	2	31	67	100	67	3	90	480	310	nd
Bws ₂	63/150	5	4,1	9	4	0,6	24	20	14	58	24	64	50	700	0	95

* A amostragem aninhada para análise da variância precedeu a descrição dos perfis de solos, razão da discrepância nas profundidades dos horizontes superficiais dentre os dois procedimentos. ** nd = não determinado.

O alumínio trocável e a saturação por alumínio, em todos os perfis, aumentam em profundidade, ao passo que o teor de bases trocáveis diminui, tornando os solos álicos, com exceção dos encontrados nas glebas 1 e 2, que são distróficos. As variações em alumínio trocável, no teor dos cátions trocáveis e do pH nos horizontes superficiais devem, em parte, ser função da aplicação desigual de corretivos e fertilizantes nas glebas.

Os solos das glebas 1, 2 e 3, em vista dos teores de Fe_2O_3 e da cor do horizonte diagnóstico subsuperficial, não se enquadram na classe de Latossolo Bruno/Roxo, como aparece no mapa de solos da figura 1 (IBGE/EMBRAPA, 1986); e os das glebas 4, 5 e 6 não apresentam teores de Fe_2O_3 para serem classificados como Latossolo vermelho-escuro nem teor de carbono orgânico para se encaixarem no caráter húmico. O solo da gleba 7, apesar de ajustar-se na classe de Latossolo vermelho-escuro, também não revela teor de carbono orgânico para satisfazer ao caráter húmico.

A caracterização e a classificação de perfis de solo representativos nas glebas estudadas mostram que o levantamento de solos efetuado na escala de 1:1.000.000 (IBGE/EMBRAPA, 1986) não permitiu discriminar devidamente as classes de solos nelas ocorrentes, ou que os perfis caracterizados nesse levantamento não são representativos para as unidades de mapeamento delineadas no mapa de solos, corroborando os estudos de Beckett (1971) e Beckett & Webster (1971).

Estatística da amostragem aninhada

As médias, desvios-padrão e valores extremos das características de solos avaliadas encontram-se no quadro 2.

Os variogramas, em que o nível de amostragem é representado na abscissa e a contribuição acumulada de cada nível de amostragem à variância total, na

ordenada, são mostrados na figura 3. Sua forma é similar, visto que a contribuição à variância total cresce, gradualmente, do intervalo de 50 m ao de 600 m. De 600 m para os intervalos entre glebas, o crescimento da variância é acentuado, mostrando certa homogeneidade nas características estudadas dentro das glebas.

A principal diferença entre o comportamento espacial dos atributos do solo é a variância relativa no nível de amostragem mais baixo, que é chamada variância pepita. Essa variância é menor para argila, croma da cor, resistência à penetração e pH a 60-80 cm; e maior para pH a 0-20 cm, matiz e valor da cor em ambas as profundidades. A homogeneidade do teor de argila, principalmente nos horizontes superficiais dentro das glebas, e a grande variabilidade entre glebas devem estar relacionadas com diferentes contribuições da formação Tupanciretã ou Botucatu, na gênese dos solos.

O efeito pepita do matiz e croma pode estar relacionado à imprecisão inerente a sua determinação, enquanto o valor da cor apresentou baixa amplitude de variação. O efeito pepita referente ao pH, ao menos em parte, deve estar relacionado à variação desse atributo a curtas distâncias, uma vez que esta foi maior a 0-20 do que a 60-80 cm, tanto entre parcelas como no intervalo de 50 m. Esse comportamento deve ter sido introduzido por diferenças na aplicação de calcário entre glebas e na distribuição desuniforme nas glebas. McGraw (1994), estudando a variabilidade dos teores de nutrientes em análises de solo, verificou que a variação é muito superior à expectativa que teve antes de efetuar o estudo e que esta pode causar significativo decréscimo nos rendimentos de culturas em áreas com baixos conteúdos de nutrientes.

Os variogramas para resistência à penetração também mostram que essa característica é homogênea nas glebas, com grande variabilidade entre glebas,

Quadro 2. Médias, desvio-padrão e valores extremos dos atributos dos solos estudados

Atributos Estudados	Profundidade cm	Média	Desvio-Padrão	Valores	
				Mínimos	Máximos
pH	0-20	5,77	0,50	4,8	7,0
	60-80	5,00	0,22	4,5	5,7
Argila (g kg ⁻¹)	0-20	432	117	290	620
	60-80	535	69	400	630
Matiz Valor	0-20	38,7	2,6	32	44
		3,07	0,18	3,0	3,5
Croma Matiz Valor	60-80	3,41	0,52	2,5	5,0
		34,4	3,2	30	40
Croma Resistência à penetração (kg cm ⁻²)	0-15	3,06	0,21	3,0	4,0
		4,64	1,17	3,0	6,0
	15-30	7,9	5,9	0	27
	30-45	15,2	4,2	6	31
		15,2	3,2	9	26

principalmente nos horizontes superficiais (Figura 3f), indicando que ela deve estar relacionada a práticas de manejo e a características do solo, principalmente sua textura. No momento da amostragem, algumas glebas estavam com cultura de trigo, outras com aveia ou pastagem e outras tinham sido, recentemente, aradas. O baixo valor da variância entre glebas a 45 cm sugere que as práticas de manejo não afetaram o solo nessa profundidade. Para todas as profundidades, a maior parte da variância dentro de glebas ocorreu nos intervalos menores de 1,5 e de 50 m (níveis 5 e 4), o que parece indicar efeito de compactação por tráfego de máquinas.

Os resultados obtidos indicam que amostragens numa grade regular com distâncias entre pontos vizinhos maiores que 600 m e inferiores a 3.000 m são indicadas para estudar a distribuição espacial das características dos solos avaliadas. Os levantamentos de solos não sistemáticos, com delineamentos parcialmente baseados em interpretações de fotografias aéreas, apresentam resolução satisfatória, visto que as glebas constituem diferentes unidades de mapeamento. A classificação dos solos encontrados nas glebas, no entanto, não confere com as classes estabelecidas no levantamento não sistemático efetuado na área pelo projeto RADAM BRASIL (IBGE/ EMBRAPA, 1986). Nota-se, também, que, em ambas as aproximações, persiste uma variância

relativamente grande dentro dos delineamentos. Os resultados do presente estudo indicam que a maior parte dessa variância não pode ser analisada nem com amostragens até o intervalo de 50 m entre pontos vizinhos, sendo, portanto, inviável em levantamentos sistemáticos de solos.

CONCLUSÕES

1. As glebas estudadas apresentaram grande homogeneidade de textura, mas grande variabilidade entre glebas, indicando influência do material de origem na formação dos solos;
2. A maior variância para pH a curtas distâncias (50 m) mostrou-se relacionada à distribuição não homogênea de calcário e à grande variância entre glebas na quantidade de corretivo utilizada pelos produtores.
3. A variância para resistência à penetração nos horizontes superficiais entre as glebas deve estar relacionada à compactação originada pelo manejo.
4. A classificação taxonômica dos solos nas glebas estudadas não conferiu com as classes estabelecidas no levantamento de solo não sistemático efetuado na área em estudo.

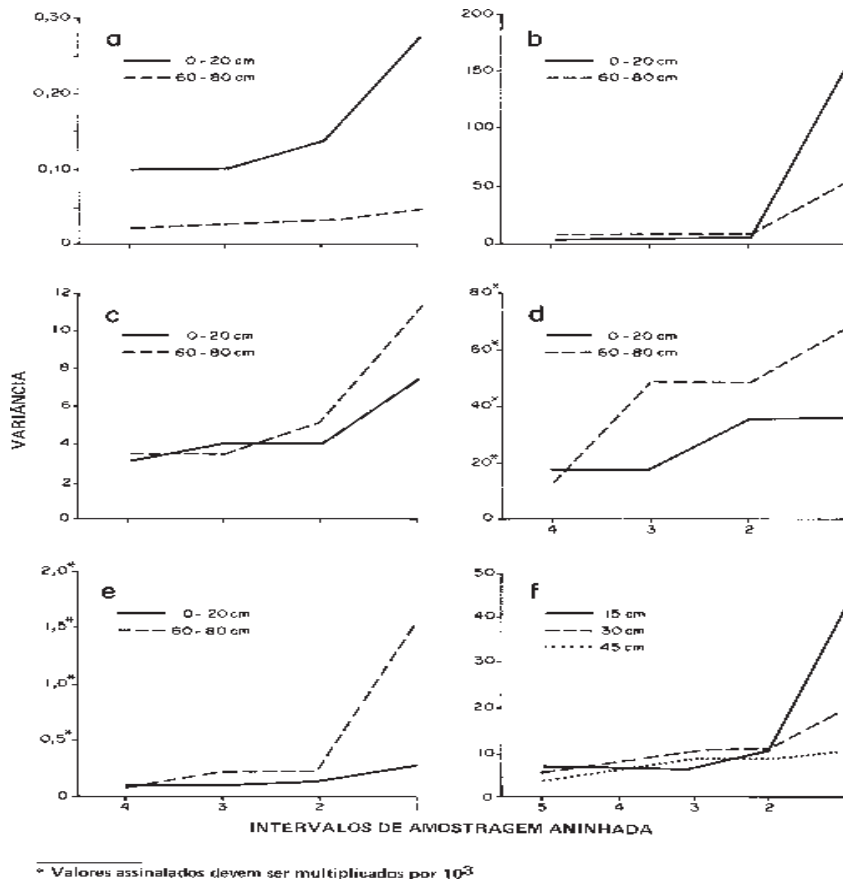


Figura 3. Variogramas com os valores da variância das características dos solos estudados: (a) pH, (b) argila, (c) matiz da cor, (d) valor da cor, (e) croma da cor e (f) resistência à penetração.

5. Uma amostragem sistemática em grade com pontos distanciados de 600 m foi suficiente para estudar as características mais estáveis dos solos. No entanto, deve ser entendido que grande variância de propriedades químicas e físicas relacionadas ao manejo pode estar presente a distâncias menores que 50 m. Para a maioria dos propósitos, amostragens tão intensivas não são econômica e praticamente viáveis.

LITERATURA CITADA

- BECKETT, P.H.T. The cost-effectiveness of soil survey. *Outlook Agric.* Birmingham, England, 6:191-198, 1971.
- BECKETT, P.H.T. & R. WEBSTER. Soil variability: a review: Soils and Fertilizer, Harpenden, England, 34:1-15, 1971.
- BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford, Clarendon Press, 1986. 193p.
- BURROUGH, P.A. Sampling designs for quantifying map unit composition. In: Spatial variabilities of soils and landforms. (ed.). Madison, Soil Science Society of America, 1991. p.89-125. (Special Publication, 28)
- CAMARGO, A.O.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, IAC, 1986. 94p. (Boletim técnico, 106)
- CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos do Brasil. B. Inf. da SBCS, Campinas, 12:11-33, 1987.
- FOLKOFF, M.E.; MEENTENMEYER, V. & BOX, E.O. Climatic control of soil acidity. *Phys. Geogr.*, New York, 2:116-124, 1981.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA. Mapa exploratório de solos. Escala 1:1000.000. Levantamento de recursos naturais. Folhas SH/SI.22/21, Porto Alegre/Uruguaiana/Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, 1986. 796p. v.33.
- JENNY, H. Factors of soil formation. New York, McGraw-Hill, 1941. 281p.
- KEULEN, H. van & WOLF, J. Modelling of agricultural production: weather, soils and crops. Simulation Monographs. PUDOC, Wageningen, 1986. 464p.
- LEMONS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 45p.
- LEPSCH, I.F.; MENK, J.R.J.; OLIVEIRA, J.B.; SILVA, O.A.L.; MASSON, W. & BORDONI, O. Apoio computacional em levantamento de solos. Campinas, Instituto Agrônomo, 1978. 44p. (Boletim, 210)
- MEENTENMEYER, V. & BOX, E.O. Scale effects in land-scape studies. In: TURNER, M.G., ed. Landscape heterogeneity and disturbance. Springer Verlag, New York, 1987. p.15-34.
- McGRAW, T. Soil test level variability in Souther Minnesota. *Better Crops, Potash & Phosphate Institute, Norcross*, 78(4):24-25, 1994.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil. Jaboticabal, UNESP/FUNEP, 1992. 201p.
- SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. 4.ed. Soil Management Support Service, Blacksburg, Virginia, 1990. 422p. (Technical monograph, 6)
- WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. *Adv. Soil Sci.*, New York, Springer Verlag, 1985. 3:1-70.