



VARIABILIDADE ESPACIAL DE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO PARA FINS DE ADUBAÇÃO E CALAGEM LOCALIZADA EM ÁREA COM CULTIVO DE GRÃOS

Célia Regina Grego¹, Sidney Rosa Vieira², Pedro Jorge Bottene Schineider³

PALAVRAS-CHAVE: FERTILIDADE DO SOLO; SEMIVARIOGRAMA; DEPENDÊNCIA ESPACIAL

Resumo

A adequada identificação da variabilidade espacial das propriedades químicas do solo permite o manejo localizado com economia de insumos e aumento da capacidade produtiva. O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial de propriedades químicas do solo Latossolo Vermelho Escuro distrófico, no município de São José do Rio Claro, Mato Grosso, para fins de aplicação localizada de insumos em culturas de grãos. Uma amostragem de 240 pontos georreferenciados dispostos em grade regular, distanciados de 220 m na direção x e 109 m na direção y, foi realizada para análise química e granulométrica do solo de 0-0,2m de profundidade. Os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva e geoestatística. Houve dependência espacial das propriedades químicas e granulométricas do solo com grandes variações dos macronutrientes, pH e saturação por bases ao longo da área amostrada. A espacialização por krigagem mostrou diferentes características químicas e granulométricas do solo ao longo da área, onde a soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases se apresentaram maiores numa pequena porção da direção norte da área. A parte central e ao sul da área amostrada apresentou baixos teores de nutrientes do solo e, portanto, é a área que necessita de melhor correção da acidez e aumento da saturação por bases.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHEMICAL PROPERTIES FOR ZONES MANAGEMENT IN GRAINS CULTIVATION AREA

KEYWORDS: SOIL FERTILITY, SEMIVARIOGRAM, SPATIAL DEPENDENCE

¹ Pesquisadora Doutora Embrapa Monitoramento por Satélite, crgrego@cnpm.embrapa.br;

² Pesquisador Doutor Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, IAC, sidney@iac.sp.gov.br

³ São José do Rio Claro, MT. E-mail: schineider@brturbo.com.br

The appropriate identification of the spatial variability of soil chemical properties makes possible the specific zones management with reduction of resources used for cultivation and increasing of productive capacity. The aim of this work was analyze the spatial variability of Latossolo Vermelho Escuro distrófico chemical properties in the municipality of São José do Rio Claro, Mato Grosso state, aiming at the localized application of resources used for cultivation of grains. The sampling was a set of 240 geo-referenced points placed in a 220 x 109 meter regular grid. Chemical and granulometric analyses of the soil were carried out soil layer of 0-0.2 meter. The data set was subject to descriptive statistics e geostatistics analysis. Chemical and granulometric properties of the soil were found to be spatially dependent all over the sampling area, specially in the case of pH and base saturation analysis. The spacialization using kriging has shown different chemical and granulometric soil properties all over the area. The base sum, cation exchange capacity and base saturation were larger in a small area towards north. The central portion and part of the south revealed low level of soil macronutrients, therefore these two areas need better correction of the acidity and the increase of base saturation.

INTRODUÇÃO

O sucesso da agricultura de precisão depende principalmente da adequada identificação da variabilidade espacial das propriedades químicas do solo, permitindo o manejo localizado com economia de insumos e aumento da capacidade produtiva. Diante dos conhecimentos estatísticos e recursos computacionais disponíveis na atualidade, o rigor e a precisão científica exigem que se conheça profundamente o meio em estudo.

A grande maioria dos ensaios de manejo e fertilidade do solo utiliza o método de delineamentos experimentais, segundo o qual observações devem ser independentes umas das outras e as parcelas experimentais, uniformes quanto aos parâmetros estudados. Em face do conhecimento ainda incipiente sobre tal assunto, no início do século, a aceitação dessas hipóteses foi grande, sem a necessária verificação. Diante dos conhecimentos estatísticos e recursos computacionais disponíveis na atualidade, o rigor e a precisão científica exigem que se conheça profundamente o meio em estudo. A hipótese de independência entre as amostras só pode ser verificada na prática, se a amostragem contiver informações geográficas para possibilitar a análise geoestatística que apresenta ferramentas úteis na análise de variabilidade espacial de dados para os quais não existe independência entre amostras (Vieira et al., 1997; Vieira, 2000).

A intensificação das técnicas de geoestatística na ciência do solo deveu-se ao fato de que, na sua utilização, assume-se que os pontos amostrados apresentem

correlações espaciais. Esta pressuposição não é assumida na estatística clássica, a qual assume que os pontos de observação são independentes, o que, na maioria dos casos, não acontece nos estudos envolvendo as ciências da terra. Assim, segundo COUTO & KLAMT (1999), em estudos de solos é comum presumir que determinadas propriedades possam ser representadas pela média e variância, a partir de um número suficientemente grande de amostras. Esta pressuposição, conforme TRANGMAR et al. (1985), baseia-se na hipótese de que a variabilidade de determinada área associada à sua média é aleatória e não apresenta dependência espacial entre amostras dentro de uma mesma mancha de solo, considerada homogênea.

Nos últimos anos, muitos têm sido os trabalhos utilizando as ferramentas de estatística espacial ou geoestatística nos estudos ambientais, na Ciência do Solo, com diversas aplicações, como para agricultura de precisão, identificando manchas com diferenças de produção para aplicação localizada de insumos. CARVALHO et al. (2002) observaram com a geoestatística que a variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distrófico estava relacionada com a topografia do terreno e com o método de preparo do solo com arado ou grade.

O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial de propriedades químicas do solo Latossolo Vermelho Escuro distrófico, no município de São José do Rio Claro, Mato Grosso, para fins de aplicação localizada de insumos em culturas de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de amostragem está localizada na Fazenda Dois Córregos no município de São José do Rio Claro, Mato Grosso, num solo Latossolo Vermelho Escuro distrófico.

Uma amostragem de 240 pontos georreferenciados dispostos em grade regular, distanciados de 220 m na direção x e 109 m na direção y, foi realizada como mostra a figura 1.

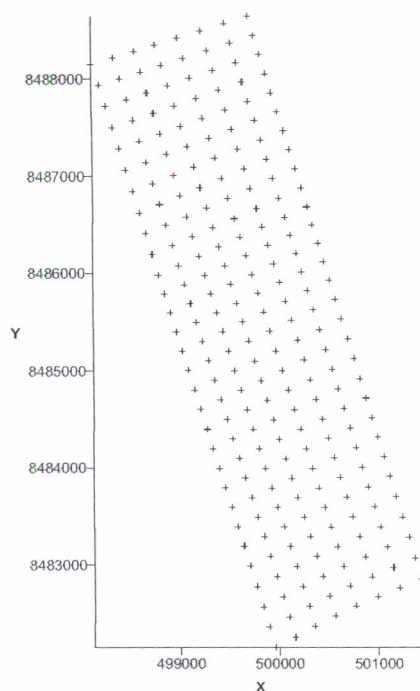


Figura 1 Gride regular de amostragem.

Foram coletadas amostras de solo para análise química e de textura do solo de 0-0,2m de profundidade. Foram determinados os macronutrientes, matéria orgânica, pH, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V %), segundo RAIJ et al. (2001). Também foram executadas as análises de textura para determinação de areia, silte e argila de acordo com CAMARGO et al., 1986.

Os dados foram submetidos primeiramente à análise de estatística descritiva para verificar a existência de valores discrepantes e a normalidade dos dados.

Para análise de variabilidade espacial dos atributos estudados foram submetidos à análise geoestatística, segundo ISAAKS & SRIVASTAVA (1989), VIEIRA (2000) e VIEIRA et al. (2002). Para tanto, foi necessário conhecer as coordenadas geográficas dos locais onde as medições foram tomadas. A análise geoestatística foi realizada mediante o uso de técnicas de construção e ajuste de semivariogramas e interpolação por krigagem. Esta permitiu identificar o padrão espacial de distribuição dos dados conforme procedimentos e técnicas descritas por VIEIRA (2000). O semivariograma experimental permite avaliar a estrutura do padrão espacial de distribuição dos dados e em caso positivo, indicará o modelo de distribuição dos mesmos (distribuição linear, esférica, exponencial, gaussiana etc.). O semivariograma, segundo VIEIRA (2000) e VIEIRA et al. (2002) estima parâmetros

importantes (efeito pepita, alcance da dependência espacial e patamar) para o interpolador, que por sua vez estimam valores para locais onde estes não são determinados. Valores foram espacializados pela krigagem, onde cada estimativa representa a média ponderada dos valores observados na sua vizinhança e construídos mapas de isolinhas das propriedades químicas e de textura do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as médias dos valores obtidos na análise química (Tabela 1), e a classificação de RAIJ et al. (1997), para culturas anuais, pode-se considerar que a área amostrada da Fazenda Dois Córregos apresenta baixa fertilidade do solo, pois apresenta na média, teores considerados baixos para os macronutrientes e saturação por bases além de apresentar média de pH indicando alta acidez, indicando necessidade de correção de adubação e calagem para o cultivo de grãos. Quanto à textura do solo, o solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico apresenta alto teor de argila.

A análise de estatística descritiva (Tabela 1) permitiu verificar a normalidade de distribuição de frequência das variáveis químicas e granulométricas do solo, pois a maioria apresentou simetria e curtose próximos de zero, exceto para o fósforo e magnésio, indicando característica de distribuição lognormal para estas exceções, pois são atributos do solo geralmente muito alterados pelo manejo. Especialmente para o fósforo, segundo MACHADO et al. (2007), isto pode ser atribuído ao modo de aplicação contínua desse nutriente que é feita mecanicamente e na linha de plantio e também devido à sua baixa mobilidade no solo.

Os coeficientes de variação apresentaram-se de médios a baixos, com exceção do coeficiente de variação para o Alumínio que se apresentou muito alto, de 99%, decorrente da não ocorrência deste elemento em vários pontos (mínimo zero) e a ocorrência em alguns. CARVALHO et al. (2003) chegaram a registrar valores nulos para o resultado da estatística descritiva deste elemento.

Tabela 1 Estatística descritiva para as variáveis resultantes da análise química e de textura do solo.

Nome	Unidade	Nº	Média	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	Mínimo	Maximo	Simetria	Curtose
Análise química do solo										
pH										
CaCl ₂	-	240	4,76	0,03	0,16	3,45	4,40	5,30	0,76	0,36
P	Mg.dm ⁻¹	240	5,87	3,87	1,97	33,51	2,90	16,20	1,89	5,62
K	cmol _c .dm ⁻³	240	0,07	0,00	0,02	21,27	0,04	0,12	0,65	0,61
Ca	cmol _c .dm ⁻³	240	1,81	0,23	0,48	26,48	0,90	3,40	0,99	0,64
Mg	cmol _c .dm ⁻³	240	0,98	0,07	0,27	27,44	0,50	2,50	1,49	6,38
Al	cmol _c .dm ⁻³	240	0,09	0,01	0,09	99,62	0,00	0,30	0,91	0,33
H	cmol _c .dm ⁻³	240	4,98	0,60	0,77	15,54	2,40	6,70	-0,18	-0,09
H+Al	cmol _c .dm ⁻³	240	5,07	0,65	0,81	15,96	2,40	6,90	-0,19	-0,13
MO	g.dm ⁻³	240	29,18	13,27	3,64	12,48	19,00	38,00	-0,19	-0,12
SB	cmol _c .dm ⁻³	240	2,89	0,4053	0,64	22,08	1,4	5,7	0,91	1,31
CTC	cmol _c .dm ⁻³	240	7,948	0,86	0,93	11,67	4,8	9,8	-0,58	0,34
V	%	240	36,29	44,94	6,70	18,47	20	59,4	0,75	0,33
Análise de textura do solo										
Areia	g.kg ⁻¹	240	406,20	3860,00	62,13	15,29	290,00	630,00	1,30	2,38
Silte	g.kg ⁻¹	240	106,50	247,90	15,75	14,79	50,00	160,00	-0,09	1,69
Argila	g.kg ⁻¹	240	487,30	3595,00	59,96	12,30	270,00	630,00	-1,04	1,83

Nas figuras 2 e 3 estão os ajustes dos semivariogramas para as variáveis que apresentaram dependência espacial. Houve dependência espacial de forte a moderada para a maioria das variáveis, com exceção do hidrogênio e hidrogênio mais alumínio, que apresentaram semivariograma com tendência linear, mesmo após tentativas de retirada de tendência. Também não foi possível o ajuste para o fósforo, assim, pode se dizer que para o hidrogênio, hidrogênio mais alumínio e para o fósforo, na distância amostrada, a distribuição espacial é ao acaso e os métodos de estatística clássica podem ser aplicados. No entanto, isto não significa necessariamente, que não exista estrutura de variância. Provavelmente, nesses casos, segundo VIEIRA (2000), a dependência espacial ocorre em uma distância menor do que à distância entre os pontos de amostragem utilizada.

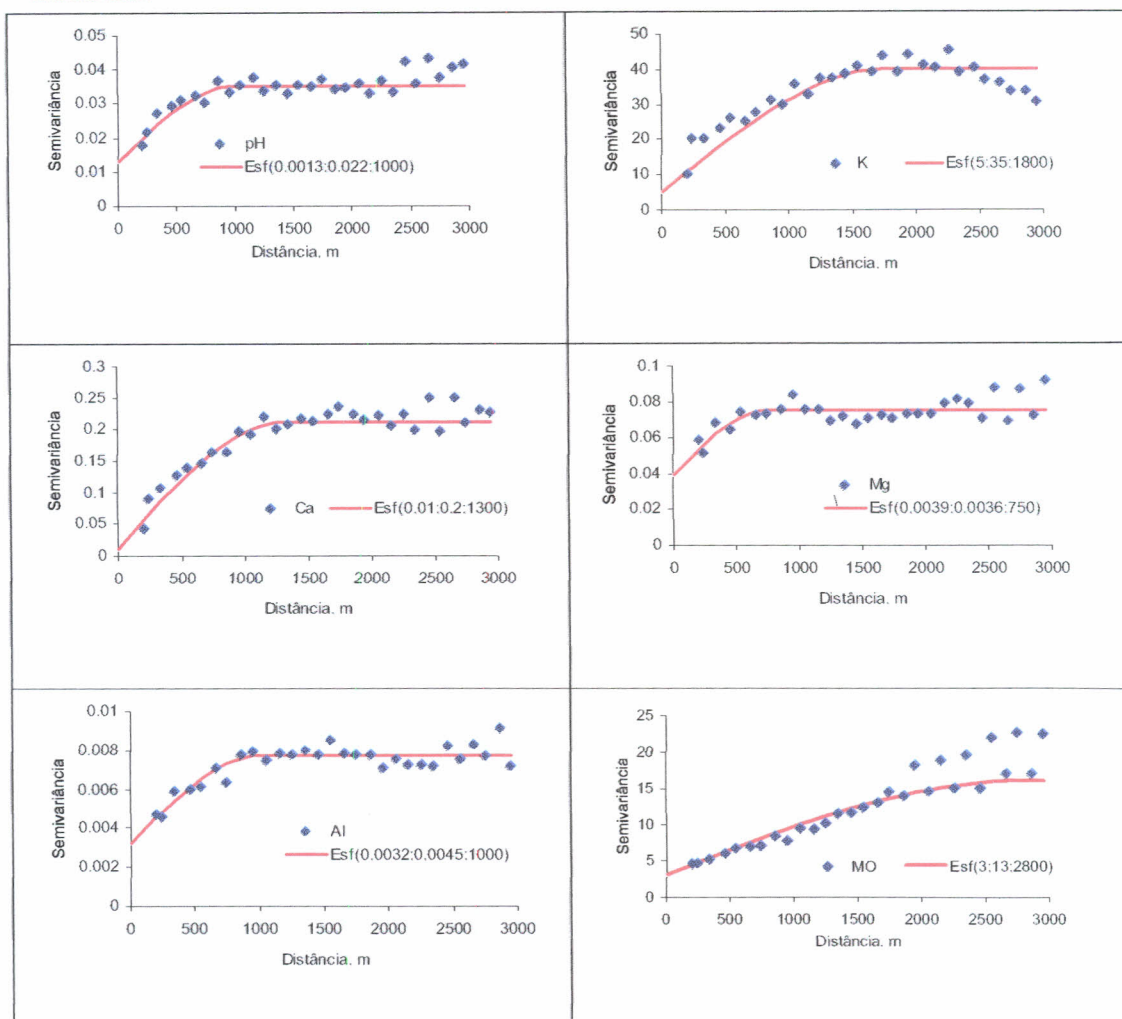


Figura 2 Semivariogramas ajustados para as variáveis químicas pH, K, Ca, Mg, Al e Matéria orgânica (MO) que apresentaram dependência espacial.

Para as variáveis que apresentaram dependência espacial, os alcances variaram de 750 a 2800m. O alcance dos atributos garante que todos os vizinhos dentro de um círculo com raio variando de 750 a 2800m são similares e podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles. Todos os ajustes foram esféricos, estando de acordo com a maioria dos estudos sobre variabilidade espacial de características químicas do solo, onde é comum o ajuste dos modelos esférico e exponencial (Carvalho et al., 2002; Silva et al., 2003).

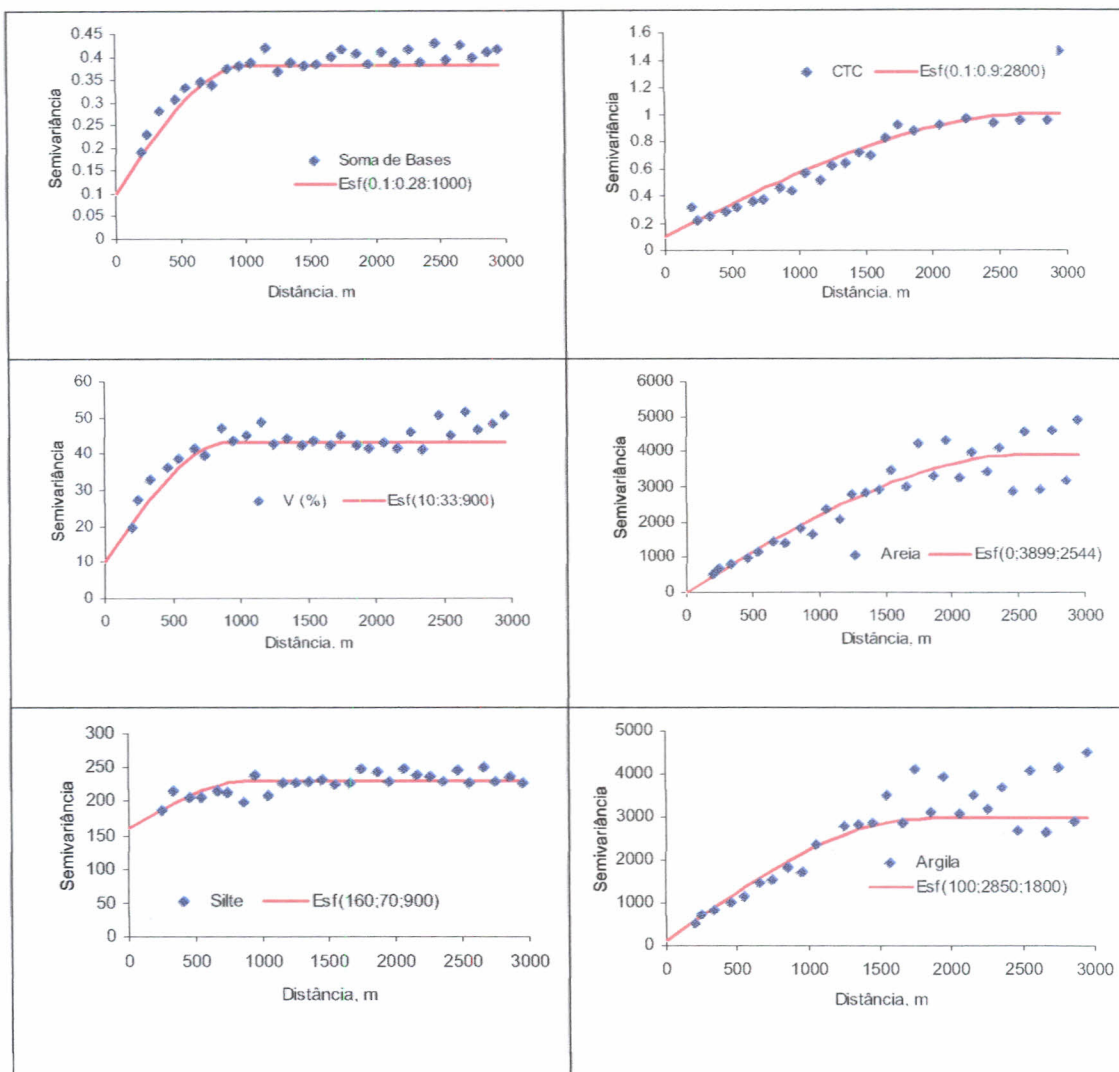
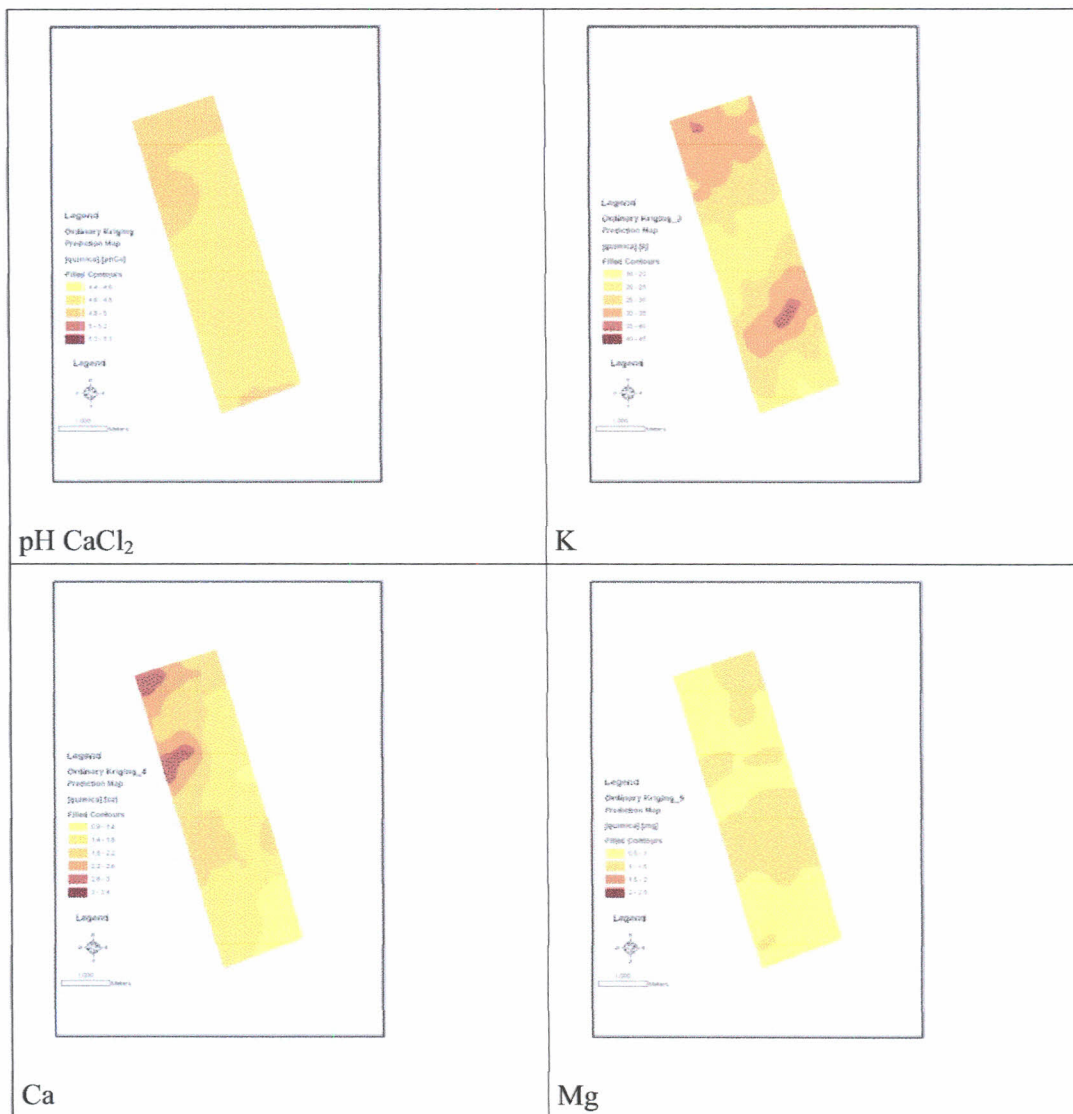


Figura 3 Semivariogramas ajustados para as variáveis químicas Soma de Bases, Capacidade de troca de catiônica (CTC), Saturação por bases (V %) e, de textura do solo (areia, silte e argila), que apresentaram dependência espacial.

Os mapas de isolinhas construídos pelos dados espacializados por krigagem estão nas figuras 4 e 5 e mostraram diferentes características químicas e granulométricas do solo ao longo da área.

A soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases apresentaram maiores teores numa pequena porção da direção norte da área. A parte central e principalmente ao sul da área amostrada apresentou baixos teores de nutrientes do solo e também baixo teor de argila e maiores teores de areia. Portanto, é a área que

necessita de maior correção da fertilidade do solo, com maior dosagem de adubos e corretivos, corrigindo a acidez, e aumentando a saturação por bases. Estas informações são muito importantes para o planejamento do manejo da fertilidade do solo, tanto na agricultura convencional como na agricultura de precisão, e segundo MOLIN (2002), são fundamentais para definição de unidades de manejo localizado.



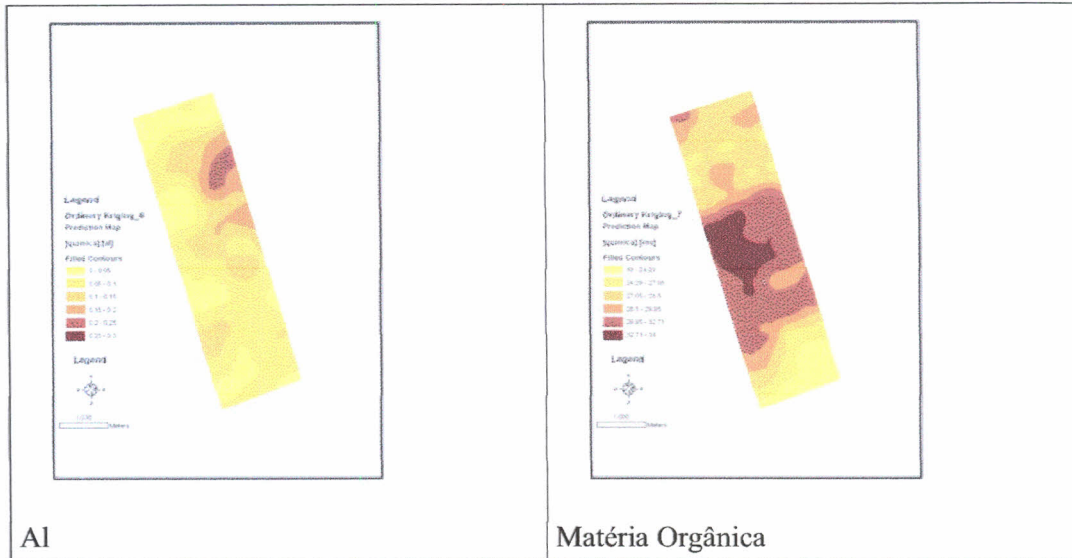
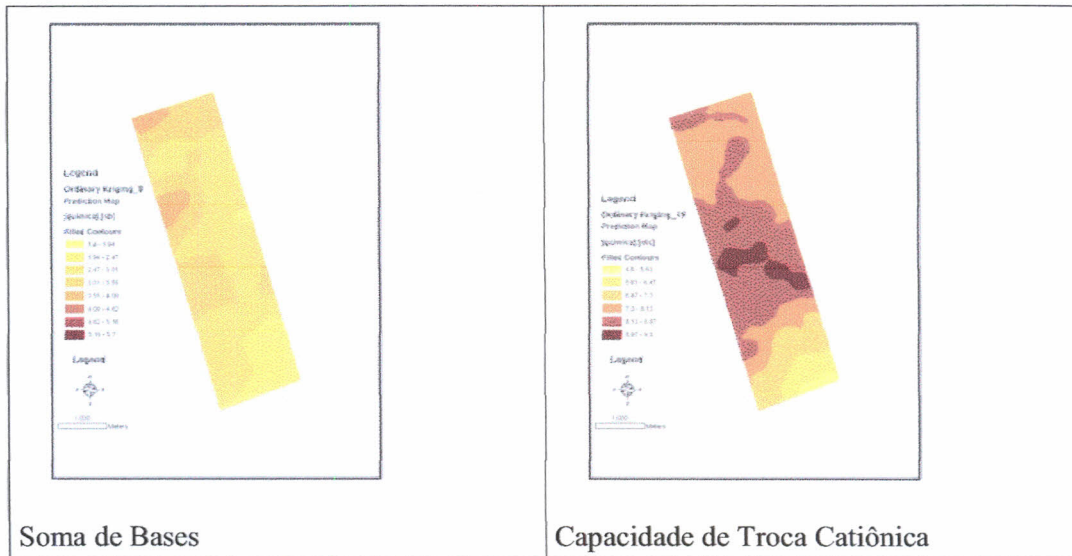


Figura 4 Mapas de isolinhas decorrentes da espacialização por krigagem para pH, K, Ca, Mg, Al e matéria orgânica.



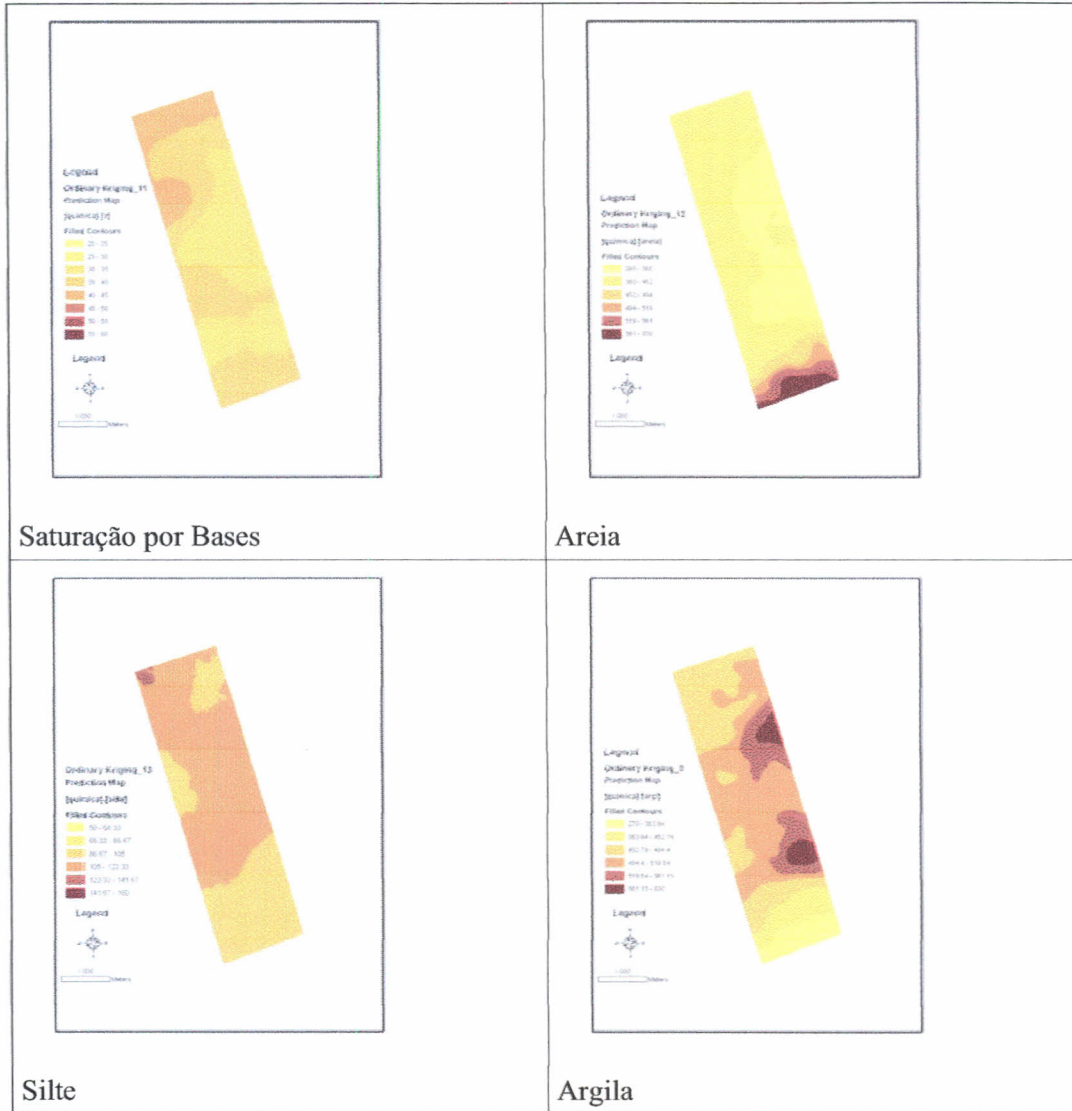


Figura 5 Mapas de isolinhas decorrentes da espacialização por krigagem para soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, areia, silte e argila.

CONCLUSÃO

Houve dependência espacial para a maioria das propriedades químicas e granulométricas do solo com grandes variações dos macronutrientes, pH e saturação por bases, teores de areia e argila ao longo da área amostrada.

A análise geostatística das variáveis químicas e granulométricas do solo permitiu identificar ao sul da área, o local onde o manejo do solo deve ser mais intenso

e diferenciado das demais direções, principalmente em termos de adubação e calagem do solo, devido aos menores teores de nutrientes e de argila encontrados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, O.A., MONIZ, A C., JORGE, L.A, VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 93p. (Boletim Técnico, 106)
- CARVALHO, J.R.P.C.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p. 1151-1159, 2002.
- CARVALHO M. P. TAKEDA E. Y. FREDDI O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.695-703, 2003.
- COUTO, E. G.; KLAMT, E. Variabilidade espacial de micronutrientes em solo sob pivô central no sul do Estado de Mato Grosso. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, p.2321-2329, 1999.
- MACHADO, L. O, LANA, A M. Q.; LANA, R. M. Q. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. . Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.31, p.591-599, 2007.
- MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. Engenharia Agrícola, v.22, p.83-92, 2002.
- RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1997. 285p. Boletim técnico 100.
- RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285p.
- SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. Revista Brasileira Ciência Solo, v.27, p.1013-1020, 2003.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy, v.38, p.45-94, 1985.

- VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas (SP). *Bragantia*, v.56, 181-190, 1997.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.
- VIEIRA, S.R., MILLETE, J., TOPP, G.C., REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V.V.H.,SCHAEFER, C.E.G.R., BARROS, N.F., MELLO, J.W.V., COSTA,L.M.(ed) Tópicos em Ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, v.2, p. 1-45, 2002.