

## DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS NUTRIENTES EM UM LATOSSOLO CULTIVADO COM PIMENTA-DO-REINO

Eduardo Oliveira de Jesus Santos<sup>1</sup>; Ivoney Gontijo<sup>2</sup>; Lucas Rodrigues Nicole<sup>1</sup>

1 Graduando em Agronomia do Centro Universitário do Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES/UFES). Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP: 29.932-540, São Mateus - ES, Brasil. Email: eduardoliviera@hotmail.com

2 Professor, Doutor, CEUNES/UFES. Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP: 29.932-540, São Mateus - ES, Brasil

Data de recebimento: 07/10/2011 - Data de aprovação: 14/11/2011

### RESUMO

Os solos do Estado do Espírito Santo normalmente apresentam baixa fertilidade natural o que, frequentemente, limita a produção das lavouras devido às deficiências de alguns elementos no solo. O presente trabalho teve por objetivo descrever a variabilidade espacial dos nutrientes do solo (Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn, Zn) e matéria orgânica de uma lavoura de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) na região norte do Espírito Santo. O experimento foi conduzido em uma lavoura de pimenta-do-reino, plantada no espaçamento 3,0 x 1,8 m (1.850 plantas ha<sup>-1</sup>). As análises de solo foram realizadas no Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo. Foi instalada uma malha quadrangular de 50 x 120 m com 69 pontos com distância mínima de 5 m. Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm. Os atributos químicos analisados apresentaram estrutura de dependência espacial forte e moderada. A distribuição espacial dos atributos químicos do solo possibilita a recomendação de doses de fertilizantes com taxas diferenciadas, proporcionando uma redução do custo de produção e a obtenção de um equilíbrio na disponibilidade de nutrientes às plantas e um conseqüente aumento na produtividade da lavoura.

**PALAVRAS-CHAVE:** geoestatística, atributos químicos, *Piper nigrum* L.

### SPATIAL DISTRIBUTION OF NUTRIENTS IN BLACK PEPPER PLANTATION CULTIVATED IN AN OXISOL

#### ABSTRACT

The black pepper is mainly cultivated in soils that present typically a low natural fertility. The soil spatial variability in a black pepper plantation is still poorly known. The purpose of this study was to investigate the spatial behavior of Ca, Mg, K, Fe, Cu, Mn, Zn and Organic Matter, in a black pepper plantation, cultivated in an Oxisol. The study was carried out on a farm, in São Mateus, state of Espírito Santo, Brazil. The black pepper plantation was regularly spaced at 3,0 X 1,8 m spacing in a mesh of 50 x 120 m (total area 6.000 m<sup>2</sup>), 69 sampling points were used. Soil sample at a depth of 0.0-0.2 m were collected in each point, in order to evaluate the soil chemical attributes. The soil properties studied presented a moderate and strong spatial

dependence structure allowing their mapping by geostatistics techniques. The spatial distribution of soil chemical properties allows the fertilizer's recommendation with different rates, providing a lower cost of production and a better balance in nutrient availability to black pepper and a consequent increase in crop yields.

**KEYWORDS:** geostatistics, soil chemical properties, *Piper nigrum* L.

## INTRODUÇÃO

Os solos do Estado do Espírito Santo normalmente apresentam baixa fertilidade natural o que, frequentemente, limita a produção das lavouras devido às deficiências de alguns elementos no solo, porém apresentam alto potencial de produção, sendo necessário a utilização de práticas adequadas de correção e convivência com suas limitações (PREZOTTI et al., 2007). Estudo realizado por PIRES et al. (2003), indica que cerca de 89% dos solos capixabas são classificados como de média a alta acidez potencial. Desse modo, deve-se realizar o manejo da fertilidade do solo para viabilização econômica do cultivo da pimenta-do-reino. Contudo, pouca informação é disponível sobre a variabilidade espacial dos nutrientes em solos cultivados com pimenta-do-reino.

Desse modo, o conhecimento da disponibilidade dos nutrientes na lavoura, ou seja, a sua distribuição espacial ao longo da área de cultivo torna-se fundamental para o monitoramento desses atributos químicos no solo, evitando assim problemas de deficiência ou mesmo toxidez às lavouras de pimenta-do-reino. Conhecido o semivariograma e havendo dependência espacial entre as amostras, podem-se interpolar valores em quaisquer posições no campo de estudo, sem tendência e variância mínima.

Segundo MACHADO et al.(2007), grandes áreas na agricultura brasileira são consideradas homogêneas. As quais são utilizadas doses iguais de fertilizantes, desconsiderando a variabilidade espacial, propiciando a inviabilidade econômica e maior impacto ambiental. A variabilidade espacial pode ser determinada pelo uso da Geoestatística, que leva em consideração a localização exata de cada ponto amostral, uma das ferramentas principais dessa técnica é o mapeamento dos atributos do solo.

O presente trabalho teve por objetivo descrever a variabilidade espacial dos nutrientes do solo (Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn, Zn) e matéria orgânica de uma lavoura de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) na região norte do Espírito Santo.

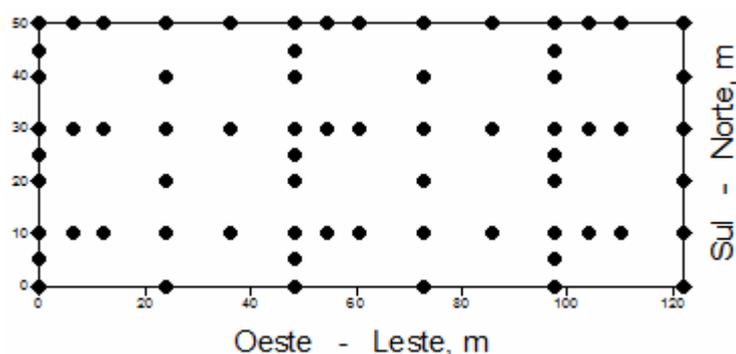
## METODOLOGIA

Conduziu-se o experimento em uma lavoura de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) da variedade Bragantina, plantada no espaçamento 3,0 x 1,8 m (1.850 plantas ha<sup>-1</sup>) em regime de irrigação por aspersão, localizado no norte do estado do Espírito Santo, no município de São Mateus. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (EMBRAPA, 2006) e de textura argilo-arenosa, com teores de argila, silte e areia, de 344, 113 e 543 g kg<sup>-1</sup> respectivamente.

As análises de solo foram realizadas no Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água (LAGRO) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Foi instalada uma malha quadrangular de 50 x 120 m (6.000 m<sup>2</sup>) com 69 pontos com distância mínima de 5 m (Figura 1). Para georreferenciamento da área, foi utilizado um par de receptores GPS TechGeo<sup>®</sup>, modelo GTR G2 geodésico, os dados após serem processados pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE, apresentaram precisão de 10 mm + 1 ppm. Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, para análise química do solo dos nutrientes: Cálcio, Magnésio, Potássio, Ferro, Cobre, Manganês, Zinco e Matéria Orgânica de acordo com EMBRAPA (1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise exploratória dos dados por meio da estatística descritiva, observadas as seguintes medidas: média aritmética, mediana, variância amostral, desvio padrão, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo, amplitude e coeficiente de assimetria e de curtose e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk.



**FIGURA 1** – Esquema de amostragem realizada na área experimental.

Os dados foram submetidos à análise geoestatística, com o objetivo de se definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo envolvidos nesse estudo, obtendo-se assim os semivariogramas e posteriormente mapeamento de cada atributo químico estudado através da krigagem. A análise da dependência espacial foi feita pela Geoestatística, com auxílio do programa computacional GS<sup>+</sup><sup>®</sup> Versão 7 (ROBERTSON, 1998), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada em VIEIRA et al. (1983), de acordo com a equação 1:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2}{2n(h)} \quad (1)$$

em que:  $n(h)$  número de pares amostrais  $[z(x_i); z(x_i + h)]$  separados pelo vetor  $h$ , sendo  $z(x_i)$  e  $z(x_i + h)$ , valores numéricos observados do atributo analisado, para dois pontos  $x_i$  e  $x_i + h$  separados pelo vetor  $h$ .

Os dados foram interpolados por meio da técnica da krigagem, a qual utiliza os parâmetros do semivariograma. Os modelos de semivariograma considerados foram o esférico e exponencial. Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada e menor SQR (soma de quadrados do resíduo). Para elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis foi utilizado o programa computacional GS<sup>+</sup><sup>®</sup> Versão 7 (ROBERTSON, 1998). Foi

calculada a razão de dependência espacial (GD), que é a proporção em percentagem do efeito pepita (Co) em relação ao patamar (Co+C), dada pela eq. 2:

$$GD = \frac{Co}{Co + C} 100 \quad (2)$$

De acordo com CAMBARDELLA et al. (1994), apresenta a seguinte proporção: (a) dependência forte < 25%; (b) dependência moderada de 25% a 75% e (c) dependência fraca > 75%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise descritiva dos dados (Tabela 1), observa-se que os valores das média e mediana das variáveis Ca, Mg, Cu e a matéria orgânica estão próximos, indicando que os dados possuem distribuição simétrica, o que pode ser confirmado pelos valores do coeficiente de assimetria próximos de zero e pela significância do teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade. MARQUES JUNIOR et al. (2008), trabalhando com a cultura da cana de açúcar obteve resultado semelhante para a matéria orgânica. A normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, entretanto é conveniente apenas que a distribuição dos dados não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, as quais são baseadas nos valores médios (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989).

Os valores médios dos nutrientes estudados (Tabela 1) foram classificados de acordo com PREZOTTI et al. (2007), em teores baixo para Cu (< 0,8 mg dm<sup>-3</sup>); médio para Ca (1,5 – 4,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg (0,5 – 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mn (5,0 - 12 mg dm<sup>-3</sup>), Zn (1,0 – 2,2 mg dm<sup>-3</sup>) e MO (1,5 – 3,0 dag dm<sup>-3</sup>); e elevado para o Fe (> 45 mg dm<sup>-3</sup>) e K (> 150 mg dm<sup>-3</sup>).

De acordo com o critério de classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por WARRICK & NIELSEN (1980), com exceção da variável Cu que apresentou CV alto (> 62%), os demais atributos apresentaram CV médio (12 < CV < 62%). Resultados semelhantes foram encontrados por GUEDES et al. (2008) para as variáveis Fe e Mn, por SILVA et al. (2010) e MACHADO et al. (2007) para os demais atributos químicos.

**TABELA 1** – Estatística descritiva dos dados de cálcio, magnésio, matéria orgânica, potássio, ferro, cobre, manganês e zinco a partir de 69 amostras

Estatística Descritiva	Ca	Mg	MO	K	Fe	Cu	Mn	Zn
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	dag dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				
Média	2,58	0,77	2,1	170	80,4	0,32	10,9	1,28
Mediana	2,45	0,76	2,0	161	76,4	0,30	10,1	1,16
VA	1,09	0,05	0,39	2200	959,8	0,042	33,7	0,48
DP	1,04	0,21	0,6	47	31,0	0,204	5,8	0,69
CV	40,3	27,3	29,4	28,6	38,5	63,75	53,3	53,9
Máximo	5,25	1,25	3,4	380	177,0	0,80	29,2	3,73
Mínimo	0,37	0,36	0,5	83	27,3	0,0	1,2	0,17
Amplitude	4,88	0,89	2,9	297	149,7	0,80	28,0	3,56
Assimetria	0,48	0,28	0,01	1,31	1,03	0,23	0,87	1,26
Curtose	0,40	-0,7	-0,37	4,37	1,52	-0,7	0,52	2,15
p-valor	0,05*	0,24*	0,51*	0,0002	0,001	0,08*	0,005	0,0005

VA – Variância amostral; DP – Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação; MO – Matéria orgânica; \* - Distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade.

A análise geoestatística, efetuada por meio dos semivariogramas, mostrou que todas as variáveis em estudo, os nutrientes do solo apresentaram dependência espacial (Tabela 2 e Figura 2). Os modelos que ajustaram aos semivariogramas das variáveis ferro e zinco foi o exponencial, e para as demais variáveis ajustou-se o esférico. Resultados semelhantes foram encontrados por CHAVES & FARIAS (2009) para as variáveis Cu e Mn, por ZANÃO JÚNIOR et al.(2007) para o Fe e por OLIVEIRA et al. (2009) para o Ca, Mg e MO.

**TABELA 2** – Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para cálcio, magnésio, matéria orgânica, potássio, ferro, cobre, manganês e zinco em uma lavoura de pimenta do reino

Parâmetro	Ca	Mg	MO	K	Fe	Cu	Mn	Zn
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		dag dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>		
Modelo	Exp.	Esf.	Esf.	Esf.	Exp.	Esf.	Esf.	Exp.
Co	0,65	0,02	0,11	1,0	1,0	0,01	18,3	0,013
Co+C	1,35	0,05	0,36	2352	755,8	0,0524	39,6	0,453
RD	48,2	40,0	30,6	0,1	0,1	19,1	46,3	2,9
SQR	0,02	1,7 10 <sup>-5</sup>	2,6 10 <sup>-4</sup>	16055	3396	2,6 10 <sup>-5</sup>	102	1,5 10 <sup>-5</sup>
Rcv	0,65	0,88	0,99	0,22	0,63	0,97	0,84	0,69
R <sup>2</sup>	0,84	0,97	0,99	0,98	0,89	0,96	0,78	0,99
A (m)	63,8	32,7	52,8	13,5	60,4	45,2	88,4	54,9

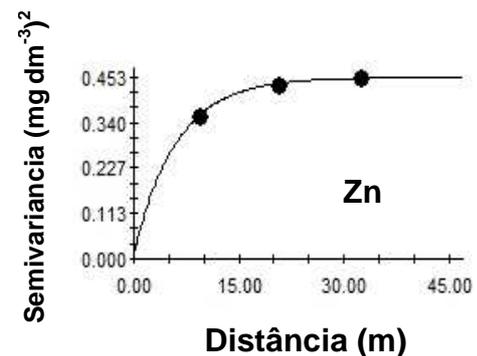
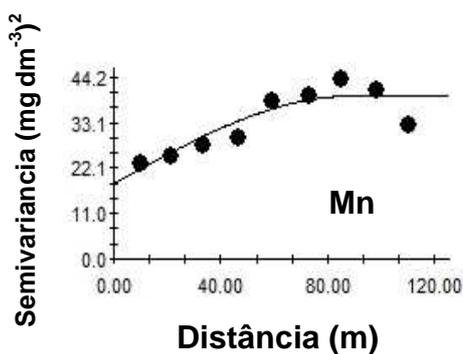
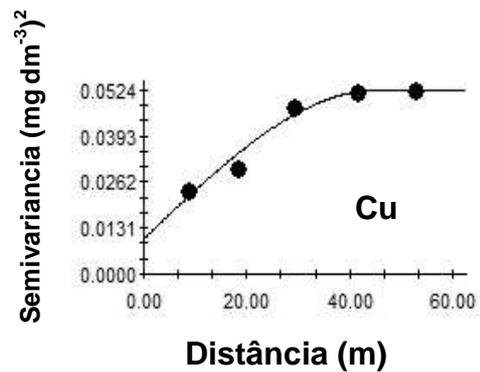
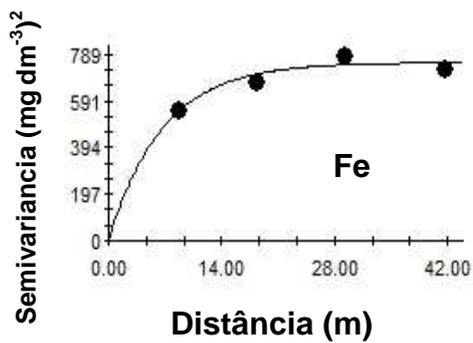
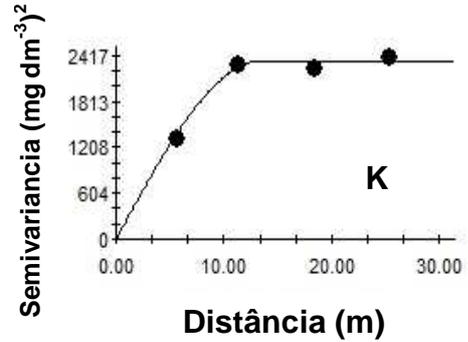
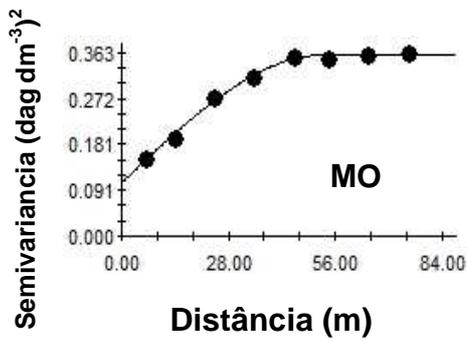
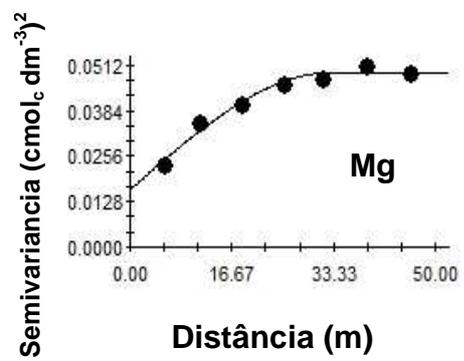
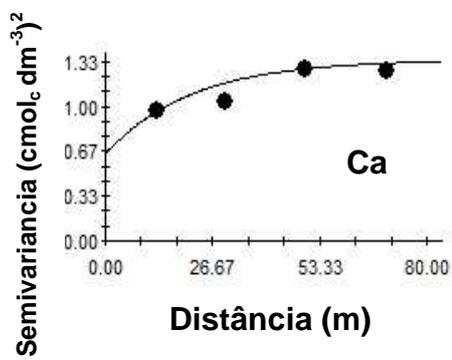
Co= Efeito pepita; Co+C = Patamar; RD= Razão de dependência espacial; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinação; rcv= Coeficiente de validação cruzada; A = Alcance; SQR= Soma de quadrado de resíduo; Esf.= Esférico; Exp.= Exponencial; MO= Matéria orgânica.

De acordo com a classificação proposta por CAMBARDELLA et al.(1994), (Tabela 2 e Figura 2) observa-se que as variáveis K, Fe, Cu e Zn apresentaram dependência espacial forte, já os atributos Ca, Mg, Mn e MO que apresentaram dependência espacial moderada. Corroborando os resultados encontrados por MARQUES JÚNIOR et al.(2008) para a variável MO, por SOUZA et al.(2007) para Ca e Mg, e por SILVA et al. (2008) para Mg e K.

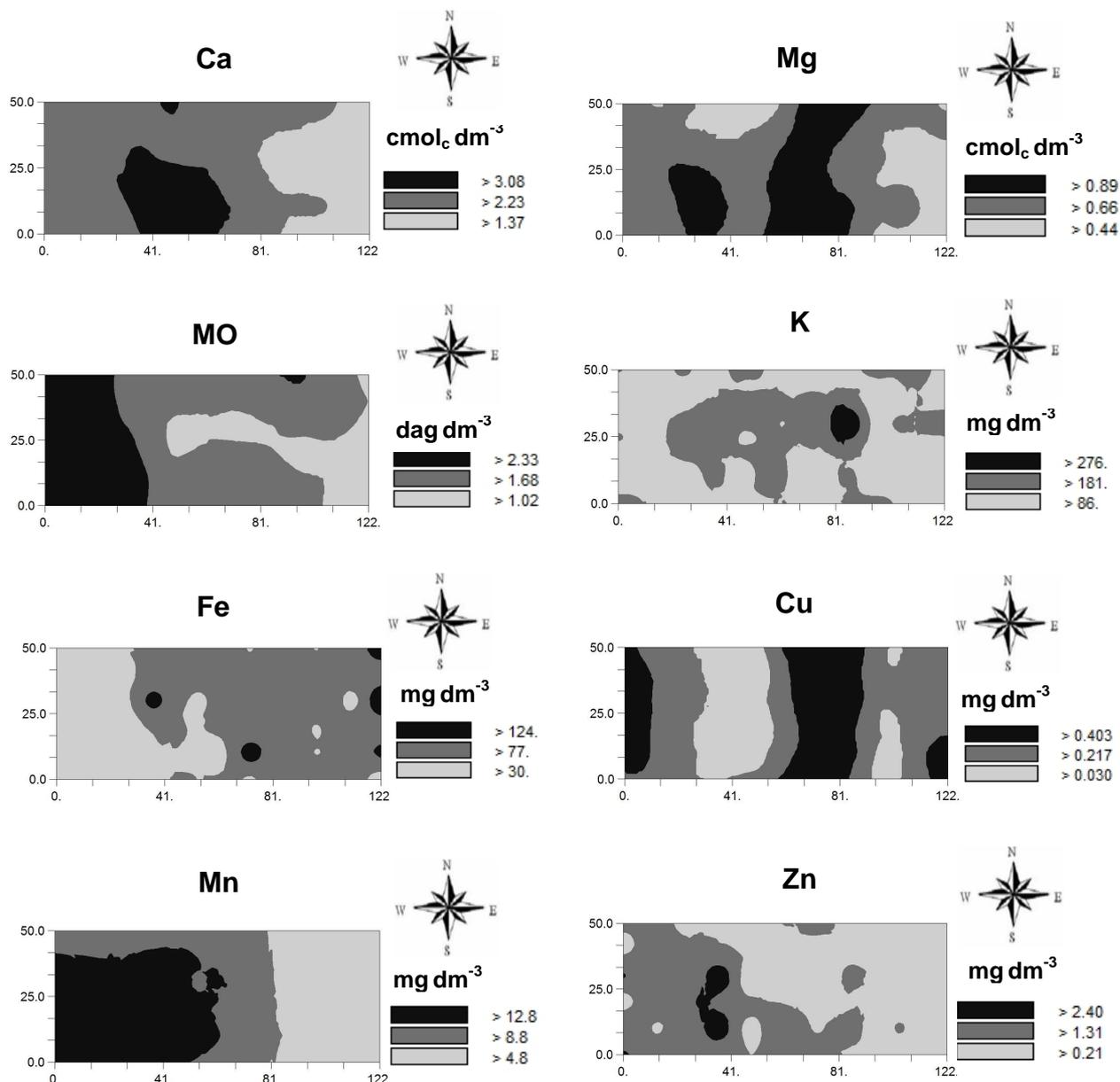
Segundo VIEIRA (2000) o efeito pepita revela a descontinuidade do semivariograma em distâncias menores que as amostradas, ou seja, trata-se da variabilidade não explicada pelo modelo, devido a erros de medida e/ou microvariações não detectadas. A proporção de variação desse valor para o patamar do modelo é um indicativo da variação ao acaso de um ponto para outro, sendo esse critério utilizado para avaliar o grau de dependência espacial da variável (CAMBARDELLA et al.,1994).

Observou-se que os alcances variaram entre 32,7 e 88,4 metros, para as variáveis magnésio e manganês, respectivamente. O alcance da dependência espacial representa a distância em que os pontos amostrais estão correlacionados entre si (JOURNEL & HUIJBREGTS, 1991), ou seja, os pontos localizados numa área de raio igual ao alcance são mais homogêneos entre si do que com aqueles localizados fora dessa área. Os valores de alcance podem influenciar a qualidade das estimativas, uma vez que eles determinam o número de valores usados na interpolação; assim, estimativas feitas com interpolação por krigagem ordinária utilizando valores de alcances maiores tendem a ser mais confiáveis, apresentando mapas que representam melhor a realidade (CORÁ et al., 2004).

Verificam-se na lavoura de pimenta-do-reino altos teores de MO e Mn situado na região centro-oeste da área em estudo (Figura 4). Observa-se nessa região, predomínio de índices intermediários para os nutrientes Ca, Mg e Zn e baixos índices para Fe e K.



**FIGURA 2** – Modelos de semivariogramas ajustados para cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO), potássio (K), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn).



**FIGURA 3** – Mapas de distribuição espacial das variáveis cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO), potássio (K), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Nota-se que a região sul da área estudada apresenta frequentemente valores baixos de nutrientes e teor de matéria orgânica, com exceção do elemento Fe e Cu. Esse fato demonstra que uma heterogeneidade na área, o que pode comprometer o correto desenvolvimento da lavoura. Desse modo, torna-se necessário implantar um manejo eficiente da fertilidade do solo, fazendo o uso de aplicação de insumos com taxas diferenciadas, de acordo com a real necessidade da lavoura, proporcionando a cultura uma nutrição equilibrada, visando à redução do custo de produção e consequentemente o aumento em produtividade.

## CONCLUSOES

Todos os atributos em estudo apresentaram estrutura de dependência espacial, com grau de dependência forte e moderado.

A distribuição espacial dos atributos químicos do solo possibilita a recomendação de doses de fertilizantes com taxas diferenciadas, proporcionando uma redução do custo de produção e a obtenção de um equilíbrio na disponibilidade de nutrientes às plantas.

## AGRADECIMENTOS

Aos laboratoristas do Laboratório de Agrônomo de Análise de Solo e Folha (LAGRO) do CEUNES/UFES: Joel Cardoso Filho, Geferson Júnior Palaoro e Alex Campanharo, pelo auxílio nas análises. Os autores agradecem à FAPES pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMBARDELLA, C. A. et al. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994.

CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 211-218, 2009.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.1013-1021, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

GUEDES, L. P. C.; OPAZO, M. A. U.; JOHANN, J. A.; SOUZA, E. G. ANISOTROPIA NO ESTUDO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ALGUMAS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2217-2226, 2008.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **Na introduction to applied geostatistic**. New York: Oxford University Press, 1989, 561p.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1991. 600 p.

MACHADO, L. O.; LANA, Â. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, p.591-599, 2007.

MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial de matéria orgânica, P, K e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar por longo período. **Revista de biologia e ciências da terra**, v.8, n.1, p. 143-152, 2008.

OLIVEIRA, P. C. G.; FARIAS, P. R. S.; LIMA, H. V.; FERNANDES, A. R.; OLIVEIRA, F. A.; PITA, J. D. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e da produtividade de citros na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.708-715, 2009.

PIRES, F. R.; CATEN, A.; MARTINS, A. G.; ESPOSTI, M. D. D. Levantamento da fertilidade nas principais unidades de mapeamento do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 34, n.2, p.115-123, 2003.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

ROBERTSON, G. P. GS+. Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade. VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO CAFÉ EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, 2008.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO HÚMICO CULTIVADO COM CAFÉ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.15-22, 2010.

SOUZA, Z. M.; BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; CAMPOS, M. C. C. Influência da variabilidade espacial de atributos químicos. INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO NA APLICAÇÃO DE INSUMOS PARA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 371-377, 2007.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, California, v.51, p.1-15, 1983.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudo de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.,V.H.; SCHAEFER, C.E.GR., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-55, 2000.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. Cap.2, p.319-344.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p. 1000-1007, 2007.