

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS MACRONUTRIENTES Ca, K, P E DA PRODUTIVIDADE DE UMA LAVOURA DE PIMENTA DO REINO (*Piper nigrum* L.) CULTIVADA EM UM LATOSSOLO

**Eduardo Oliveira de Jesus Santos^{1,2}, Lucas Rodrigues Nicole^{1,2}, Joel Cardoso Filho¹,
Ivoney Gontijo¹ⁿ**

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP.: 29.932-540, São Mateus - ES, ² Aluno bolsista PIBIC; ⁿ Orientador; e-mail: eduardoliveira@hotmail.com; lukssnicoli@hotmail.com; cf_joe@hotmail.com, ivoneygontijo@ceunes.ufes.br

Resumo.-Este experimento teve como objetivo descrever a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo (Ca, K e P) e a produtividade de uma lavoura de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), cultivada em um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico. O experimento foi conduzido em uma lavoura de pimenta-do-reino, plantada no espaçamento 3,0 x 2,0 m (1.667 plantas ha⁻¹). As análises de solo foram realizadas no laboratório de análise de solo, folha e água da Universidade Federal do Espírito Santo. O projeto foi instalado em uma malha retangular de 50 x 122 m (6.100 m²). Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 20 cm, com 63 pontos, distanciados em 10 x 10 m, preestabelecidos em croqui e com suas respectivas coordenadas. Os atributos químicos estudados apresentaram estrutura de dependência espacial, forte e moderada. A variabilidade espacial dos atributos químicos do solo possibilita a recomendação de doses de fertilizantes com taxas diferenciadas, proporcionando uma redução do custo de produção e um conseqüente aumento na produtividade.

Palavras-chave: *Piper nigrum* L., macronutrientes, Geoestatística.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

A pimenta-do-reino é uma especiaria largamente utilizada na culinária mundial. Segundo a FAO (2007), em 2005, o Brasil produziu aproximadamente 65 mil toneladas de pimenta-do-reino, sendo que cerca de 18% da produção nacional provém do estado do Espírito Santo (explorando uma área de 2.300 hectares).

Segundo Oliveira et al. (2007), esta cultura exige solos com boas características físicas. O Estado do Espírito Santo possui uma predominância de Latossolos, os quais são aptos para a prática da pipericultura, pois apresentam atributos físicos adequados, mas com baixa fertilidade natural (MILANEZ et al., 1987). O estudo dos atributos químicos do solo sempre foi importante instrumento no processo de análise de produtividade e da tomadas de decisões sobre técnicas de manejo a serem adotadas em uma determinada área (PIERCE & NOWAK, 1999).

Assim, ultimamente tem surgido novas técnicas de amostragem que levam em consideração a localização exata de cada ponto amostral, uma das ferramentas principais dessa técnica é o mapeamento dos atributos do solo, buscando a otimização dos sistemas de produção agrícola. Essa técnica é denominada Geoestatística, que em determinadas situações pode ser utilizada em substituição à estatística não espacial.

O presente trabalho teve por objetivo descrever a variabilidade espacial dos macronutrientes (Ca, P e K) do solo em uma lavoura de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) na cidade de São Mateus (ES).

Metodologia

Área em estudo localiza-se no Norte do Estado do Espírito Santo, no município de São Mateus-ES. As coordenadas geográficas são 18°42' de latitude Sul e 39° 51' de longitude oeste, com uma altitude de 30 m. A área é composta por uma lavoura comercial de pimenta-do-reino da variedade Bragantina com quatro anos de idade, plantada no espaçamento 3,0 x 2,0 m (1.667 plantas ha⁻¹) em regime de irrigação por aspersão. Sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico e de textura argilo-arenosa. As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Água do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES/UFES). Foi instalada uma malha retangular de 50 x 122 m (6.100 m²) com 69 pontos, distanciados de 10 x 10 m, em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, para análise química do solo e da produtividade da lavoura, a análise

química consistiu de valores de cálcio, fósforo e potássio de acordo com Embrapa (1997).

Submeteram-se os resultados obtidos à análise Geoestatística, com o objetivo de se definir o modelo de variabilidade espacial dos macronutrientes do solo envolvidos nesse estudo, obtendo-se assim os semivariogramas e posteriormente mapeamento de cada atributo químico estudado. Os mapas foram confeccionados com base nos valores estimados por krigagem, realizada com o programa GS+ (ROBERTSON, 1998).

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos semivariogramas foi utilizado o método de validação "Jack-knifing", no qual serão analisados os valores de média e variância dos erros reduzidos, os quais foram considerados os modelos: esférico, exponencial, linear e gaussiano. Foi calculada a razão de dependência espacial (RD), que é a proporção em porcentagem do efeito pepita (Co) em relação ao patamar (Co+C), dada pela equação $RD = (Co/Co+C)100$ que, 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

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 1) mostraram que todos os atributos químicos analisados apresentaram dependência espacial. Os modelos que melhor se ajustaram aos semivariogramas das variáveis fósforo, potássio e a produtividade foi o esférico, concordando com Silva et al.(2007). O cálcio ajustou-se no modelo exponencial semelhante aos utilizados por Roque et al (2005)

TABELA 1. Estimativa dos parâmetros do modelo teórico ajustado para os atributos químicos estudados.

	Ca cmol _c dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Prod. kg ha ⁻¹
Modelo	exp	esf	esf	esf
Co	0,688	27	1,000	1,0 10 ⁵
Co+C	1,377	736,9	2307,0	3,2 10 ⁷
A (m)	89,40	14,44	14,60	118,20
R²	0,873	0,898	0,867	0,832
RD (%)	49,96	3,66	0,04	0,31
Média	2,58	40,07	170	10869

exp – modelo exponencial; esf – modelo esférico A – alcance; Co – efeito pepita; Co+C – patamar; RD – razão de dependência espacial (Co/Co+C) 100; R² – coeficiente de determinação.

De acordo com a classificação de CAMBARDELLA et al. (1994), pela tabela 1 observa-se que o potássio, o fósforo e a

produtividade apresentaram um forte grau de dependência (<25%) concordando com Silva et al (2007), Silva et al (2008) e Leão et al (2007). Já o cálcio apresentou grau dependência moderado (25% a 75%), resultado semelhante ao de Souza et al (2004).

Discussão

De acordo com a classificação proposta no Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (Prezotti et al., 2007), observaram-se nas Figuras 1, 2 e 3, que na direção do centro ao sentido oeste índices intermediários de cálcio e altos teores de fósforo e potássio bem distribuídos, com alguns pontos de menores índices na lavoura situado principalmente ao leste, este fato implica em uma necessidade de aplicação a taxa diferenciada para suprir a necessidade da lavoura de pimenta-do-reino.

Pelos mapas das figuras 1, 2 e 3 é possível observar que há uma tendência geral de condições mais propícias ao desenvolvimento da lavoura à oeste da área. Apesar de o teor de Ca no solo ser considerado médio em grande parte da área (Figura 1), os menores valores estão concentrados a leste da área, região esta que apresenta menores produtividades (Figura 4), deixando claro que há uma correlação entre teor de cálcio no solo e produção. O teor de P é considerado alto (Prezotti et al., 2007) na maior parte da área estudada, com valores acima de 35 mg dm⁻³ (Figura 2).

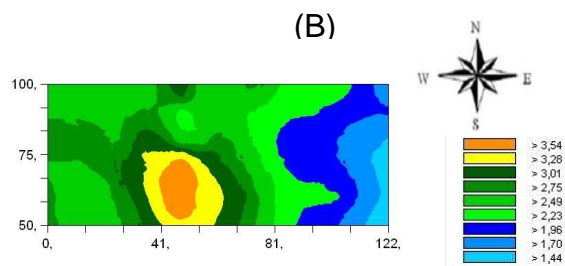
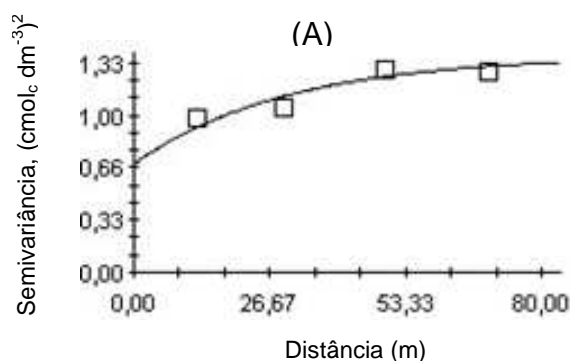


Figura 1 – Semivariograma (A) e mapa (B) do teor de cálcio no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Para Molin (2002), a definição de unidades de manejo do solo que consigam representar regiões homogêneas quanto a atributos que influenciam o desenvolvimento das culturas é uma das etapas mais desafiadoras no contexto de Agricultura de Precisão.

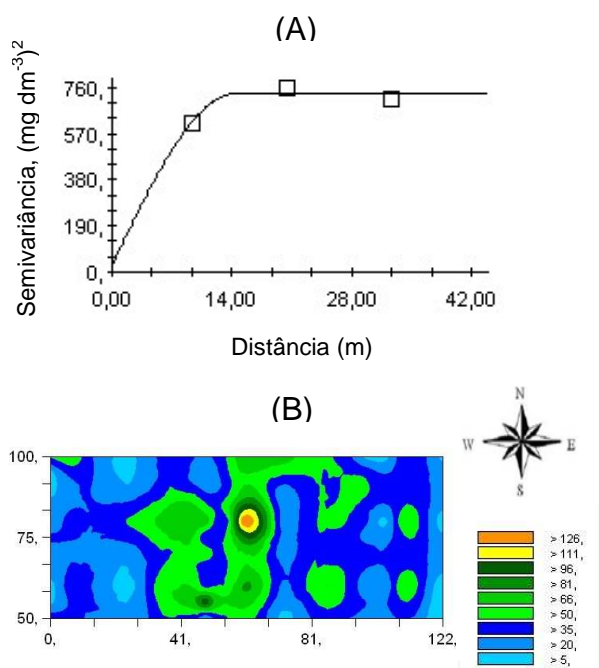


Figura 2 – Semivariograma (A) e mapa (B) do teor de fósforo no solo ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

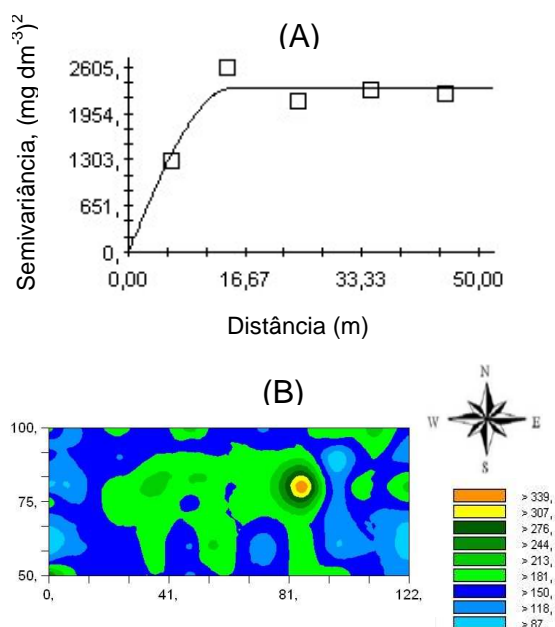


Figura 3 – Semivariograma (A) e mapa (B) do teor de potássio no solo ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Figura 4 – Semivariograma (A) e mapa (B) da produtividade da lavoura ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Observou-se que o maior alcance foi a produção (118,20 m) e entre os atributos químicos foi do cálcio (89,40 m) devido a aplicação de calcário, concordando com SOUZA et al (2004). 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.

Conclusão

Os atributos químicos estudados apresentaram estrutura de dependência espacial (forte e moderada),

A variabilidade espacial dos atributos químicos do solo possibilita a recomendação de doses de fertilizantes com taxas diferenciadas, proporcionando uma redução do custo de produção e um consequente aumento na produtividade.

Agradecimentos

Aos laboratoristas do Laboratório de Análise de Solo e Folha (LAGRO) do Centro Universitário

Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES/UFES): Joel Cardoso Filho, Geferson Júnior Palaoro e Alex Campanharo, pelo auxílio nas análises. Os autores agradecem também Eliseu Bonomo e Sávio Bonomo pela concessão da área de estudo.

Referências

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, 58:1501-1511, 1994.
- 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.
- FAO (Food and Agriculture Organization). **Major food and agricultural commodities and producers - Black pepper**. Disponível em: <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html;jsessionid=8EAC3FDB1E3199929C64136CA9CD2F7F?item=687&lang=en&year=2005>. Acesso em: 10 jan. 2007.
- JOURNAL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1991. 600 p.
- LEÃO, A. B.; ANDRADE, A. R. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; GUERRA, H. O. C. Variabilidade espacial de fósforo em solo do perímetro irrigado Engenheiro Arcoverde, PB. **Revista Ciência Agrônômica**, v.38, n.1, p.1-6, 2007
- MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, 22:83-92, 2002.
- OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; SILVA, J. A.; ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. N. P.; LEORNADO, F. A. P.; MOURA, M. F.; CRUZ, M. F. Produtividade da Pimenta-do-reino em função de doses de esterco bovino. **Horticultura Brasileira**, 25:408-410, 2007.
- 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.
- PIERCE, F.J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in Agronomy**, v.67, p.1-85, 1999.
- ROBERTSON, G. P. **GS⁺. Geostatistics for the environmental sciences - GS⁺ User's Guide**. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.
- ROQUE, C.G.; CENTURION, J. F.; PEREIRA, G. T.; BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. S.; ANDRIOLI, I. Variabilidade espacial de atributos químicos em argissolo vermelho-amarelo cultivado com seringueira. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.3, p.26-45, 2005.
- SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade dos atributos químicos e da produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, 32:231-241, 2008.
- SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; MARQUES, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e d produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, 37:401-407, 2007.
- SOUZA, Z. M.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. M. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, 34:1763-1771, 2004.