



## Variabilidade espacial de potássio e fósforo em solo cultivado com macadâmia no norte do Espírito Santo<sup>(1)</sup>.

**Jaqueline Orlandi Paris<sup>(2)</sup>; Arthur Barros Ziviani<sup>(2)</sup>; Andressa Coelho de Oliveira<sup>(2)</sup>; Wallas Oliveira Lima<sup>(2)</sup>; Eduardo Oliveira de Jesus Santos<sup>(3)</sup>; Ivoney Gontijo<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho financiado pelo Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo.

<sup>(2)</sup> Estudante de graduação da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES; jack\_orlandi@hotmail.com; arthurbarrosziviani@hotmail.com; andressa.coelho8@hotmail.com; wallasdeoliveiralima@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Estudante de mestrado da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES; eduardoliviera@hotmail.com; <sup>(4)</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES; ivoney.gontijo@ufes.br

**RESUMO:** A macadâmia é uma fonte de renda para produtores rurais da região norte do Espírito Santo, porém pouco se sabe sobre a variabilidade espacial de seus nutrientes. Objetivou-se no presente trabalho descrever a variabilidade espacial dos nutrientes potássio (K) e fósforo (P), em uma lavoura de macadâmia, no município de São Mateus, Espírito Santo. O experimento foi instalado uma malha quadrangular de 100 x 100 m com 100 pontos e com distância mínima de 5 m, onde foram coletadas 4 subamostras de solo na profundidade 0-20 cm para composição de 1 amostra composta, utilizada para análise química determinando-se os teores dos nutrientes K e P. Os dados foram submetidos à análise geoestatística, com finalidade de definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo, obtendo-se, assim, os semivariogramas dos atributos químicos e, posteriormente, os mapas isolinhas. Observou-se estrutura de dependência espacial moderada e forte para P e K, respectivamente. O modelo de semivariograma que melhor se ajustou foi o esférico, permitindo que o alcance representasse a continuidade espacial. O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo mostrou-se como ferramenta relevante na compreensão do comportamento dos nutrientes no solo podendo ser fundamental no auxílio à tomada de decisão que vise à maior produtividade da lavoura.

**Termos de indexação:** *Macadamia integrifolia*, geoestatística, atributos químicos.

### INTRODUÇÃO

O constante aumento na produção da noz de macadâmia tornou o Brasil o sexto maior produtor mundial da noz, sendo quase que exclusivamente para exportação e com alto valor agregado internamente (Pimentel, 2007). Apesar de pouco difundido, em 2012, com cerca de 6.000 ha de área plantada, o Brasil produziu 3.200 toneladas de noz macadâmia em casca anualmente, ocupando a 6ª posição em exportação mundial (Schneider et al., 2012).

Os solos do Estado do Espírito Santo são, em geral, de baixa fertilidade, podendo acarretar na limitação de produção das lavouras devido às deficiências dos nutrientes necessários (Prezotti et al., 2007). No Havaí, onde o cultivo de macadâmia desenvolve-se em grande escala, os problemas enfrentados pelos agricultores, com relação a fertilidade do solo são constantes (Marrocos et al., 2003).

Aliado a este fato surge a moderna Agricultura de Precisão, fazendo uso do gerenciamento do processo de produção em função da variabilidade (Carvalho et al., 2002).

A fertilidade do solo é um fator decisivo para o rendimento satisfatório das culturas agrícolas e a sua distribuição espacial, horizontal e vertical, pode alterar significativamente a produtividade média em uma área cultivada (Lima et al., 2013). Estudos referentes à dosagem de fertilizantes nas diversas culturas são comuns, porém são escassos os trabalhos que consideram a variabilidade espacial dos atributos do solo. Assim, torna-se necessário um planejamento de amostragem eficiente e representativo para os atributos químicos do solo em que se leve em consideração sua estrutura de dependência espacial.

Objetivou-se no presente trabalho descrever a variabilidade espacial dos macronutrientes P e K, em uma lavoura cultivada com macadâmia, no município de São Mateus – ES.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um Latossolo Amarelo distrocoeso, cultivado com macadâmia (*Macadamia integrifolia*) localizada no município de São Mateus - ES de acordo com a **figura 1**.

Foi instalada uma malha quadrangular de 100 x 100 m (10.000 m<sup>2</sup>) com 100 pontos distanciados de 5 x 5 m. Para georreferenciamento da área foi utilizado um par de receptores Spectra Precision®, modelo PROMARK 220 geodésico. As coordenadas obtidas foram corrigidas e os dados processados pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE, apresentaram precisão de 10 mm + 1 ppm. Em cada ponto amostral foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa da



macadâmia, compondo uma amostra, na profundidade 0-20 cm para análise química do solo, realizada no Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água (LAGRO), do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, campus da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES-UFES). As análises químicas consistiram de Cálcio e Magnésio de acordo com Embrapa (1997).

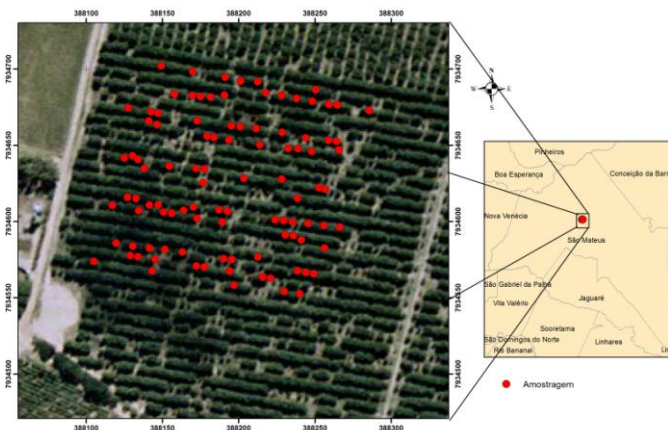


Figura 1 – Croqui da área experimental.

Os dados foram submetidos à análise geoestatística, com o objetivo de definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo envolvidos nesse estudo, obtendo-se os semivariogramas correspondentes. A análise da dependência espacial foi realizada com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7® (Gamma Design Software, 2004), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada em Vieira et al. (1983):

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

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

O índice de dependência espacial (IDE), que é a proporção em porcentagem do componente estrutural (C) em relação ao patamar (Co+ C), foi calculado usando a equação 2, de acordo com Zimback (2001), que apresenta as seguintes proporções: (a) dependência fraca < 25%; (b) dependência moderada de 25 a 75%; (c) dependência forte > 75%.

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

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se estrutura de dependência espacial para os nutrientes K e P em estudo, expressa por meio dos ajustes aos modelos de semivariogramas (Tabela 1 e Figura 2). Segundo Zimback (2001), os nutrientes em estudo apresentaram dependência espacial diferentes, sendo forte para o K (IDE > 75%) e moderado para o P (25% > IDE > 75%), corroborando com Santos et al. (2012). Quanto maior a razão do componente estrutural em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pelos atributos químicos, desse modo proporcionando melhor estimativa pela técnica da krigagem para locais não amostrados (Lima et al., 2010).

Tabela 1 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para cálcio e magnésio em uma área cultivada com macadâmia, São Mateus – ES.

Parâmetros <sup>1</sup>	K	P
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	
Modelo	Esf.	Esf.
IDE (%)	79,3	53,3
R <sup>2</sup> (%)	97,1	99,4
CRCV (%)	101,4	53,1
A (m)	118,4	30,0

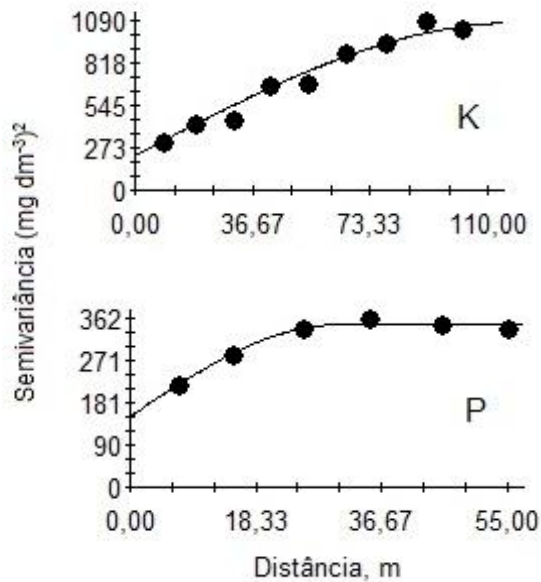
<sup>1</sup> IDE – índice de dependência espacial; R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação; CRCV – coeficiente de validação cruzada; Esf. – modelo esférico.

O modelo que melhor se ajustou aos semivariogramas foi o esférico (Figura 2), corroborando com diversos trabalhos anteriores e atuais, que mostram que este modelo adapta-se melhor ao semivariograma dos atributos químicos do solo, quando estudadas espacialmente (Silva et al., 2007; Santos et al., 2012).

Verificou-se que os valores de R<sup>2</sup> dos nutrientes foram maiores que 0,971, ou seja, mais de 97,1% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. O Coeficiente de Validação Cruzada (CRCV) de 101,4% para o K indica maior confiabilidade em relação aos 53,1% do P, podendo, este último, induzir ao maior erro.

Observou-se que o K apresentou o maior alcance (118,4 m) entre ambos os nutrientes. De acordo com Silva et al. (2007), os valores do alcance relativos aos semivariogramas têm uma importância considerável na determinação do limite da dependência espacial, já que é indicativo do intervalo entre unidades de mapeamento de solos. Chaves & Farias (2009) afirmam que o alcance é um fator importante no estudo de semivariogramas, pois representa a distância máxima em que os pontos amostrais se correlacionam espacialmente entre si, ou seja, os pontos localizados numa área

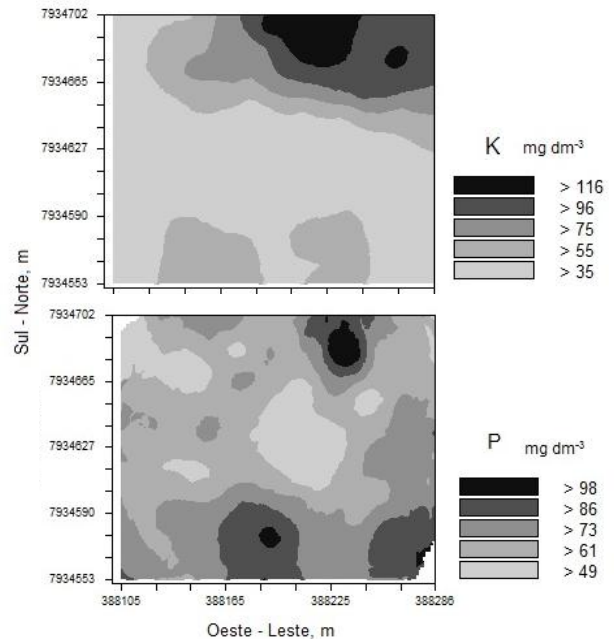
de distâncias iguais são mais homogêneos entre si do que com aqueles localizados fora desta área.



**Figura 2** - Semivariograma de potássio (K) e fósforo (P).

Os modelos ajustados aos semivariogramas, utilizando o processo de krigagem, foram estimados para os valores de potássio (K) e fósforo (P). A partir dos valores estimados construíram-se os mapas de isolinhas apresentado na **figura 3**.

Verifica-se uma pequena mancha no solo à nordeste do mapa referente aos maiores teores de K e P (**Figura 3**) e outras manchas à sul e sudeste da área para P. Segundo Prezotti et al. (2007), os teores de K na área encontram-se nas classes baixo (< 60 mg dm<sup>-3</sup>), médio (60 e 150 mg dm<sup>-3</sup>) e alto (> 150 mg dm<sup>-3</sup>). Enquanto os teores de P encontram-se na área em teores classificados como alto (> 30 mg dm<sup>-3</sup>). Ambos demonstram que a tendência geral de condições mais propícias ao desenvolvimento das plantas se encontra à nordeste da área em estudo. A maior parte da área possui teores alto segundo a classificação de Prezotti et al. (2007). Portanto, observa-se que a adubação e o preparo do solo influenciam na variabilidade espacial dos nutrientes químicos do solo.



**Figura 3** - Mapas isolinhas dos atributos químicos do solo em estudo: potássio (K) e fósforo (P).

## CONCLUSÕES

Os atributos químicos avaliados, K e P, apresentaram estrutura de dependência espacial.

O modelo que mais se ajustou para os nutrientes avaliados foi o esférico, observado pelos altos valores de R<sup>2</sup>.

A continuidade espacial foi representada pelos alcances obtidos.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, ao orientador pela oportunidade e colaboração, e a UFES pela concessão da bolsa.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37:1151-1159, 2002.

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, 40:211-218, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. Geostatistics for the environmental sciences. Version 7.0. Michigan, 2004. 1CD-ROM.



LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, 44:16-23, 2013.

MARROCOS, P. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; VENEGAS, V. H. A.; BRUCKNER, C. H.; CANTARUTTI, R. B. Interação P x Fe em mudas de macadâmia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25:323-325, 2003.

PIMENTEL, L. D. A cultura da macadâmia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29:414-716, 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: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

SANTOS, E. O. J.; GONTIJO, I.; NICOLE, L. R. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo, potássio no solo e produtividade da pimenta-do-reino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16:1062-1068, 2012.

SCHNEIDER, L. M.; ROLIM, G. S.; SOBIERAJSKI, G. R.; PRELA-PANTANO5, A.; PERDONÁ, M. J. Zoneamento agroclimático de noqueira-macadâmia para o Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34:515-524, 2012.

ZIMBACK, C. R. L. Análise especial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo. 2001, 114 f. Tese de livre docência - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, Botucatu.