



## Planejamento amostral de propriedades químicas do solo em uma lavoura de macadâmia <sup>(1)</sup>

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

<sup>(1)</sup> Trabalho financiado pelo Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo. <sup>(2)</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES, ivoney.gontijo@ufes.br; <sup>(3)</sup> Estudante de graduação da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES; <sup>(4)</sup> Estudante de mestrado da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES.

**RESUMO:** Objetivou-se, no presente trabalho estudar a variabilidade espacial de Na, pH, Mg e MO em uma área cultivada com macadâmia, e determinar o número adequado de amostras para cada atributo, utilizando métodos da estatística clássica e da geoestatística. Conduziu-se o experimento em uma área cultivada com macadâmia (*Macadamia integrifolia*) com 10 anos, localizada no município de São Mateus – ES. O experimento foi instalado em uma lavoura de macadâmia, em que foram selecionadas 100 plantas representativas à área, com distância mínima de 5 m entre plantas. Em cada ponto amostral foram coletadas 4 sub-amostras de solo, na profundidade de 0-0,20 m, compondo uma amostra. Utilizando parâmetros estatísticos, estabeleceu-se o número adequado de amostras para análise dos atributos estudados que variaram de 1 a 22 pontos. A maior variação foi observada para Na (CV 56,7%) e o menor para pH (CV 4,9%). Todos os atributos em estudo apresentaram simetria pela proximidade dos valores de média e mediana, comprovada pelos valores de assimetria próximos de zero. Os atributos avaliados foram descritos pelo modelo esférico de semi-variograma. Para futuras amostragens em condições semelhantes ao presente estudo, sugere-se coletar 22 subamostras para otimizar o custo e não comprometendo a qualidade das amostras.

**Termos de indexação:** nutrientes; fertilidade do solo, *Macadamia integrifolia*

cultura da macadâmia, pois é fator primordial para a caracterização da fertilidade do solo e determinante para a produtividade, sendo obtidas as informações pelo processo de amostragem do solo. Neste processo, entende-se que a amostra mais adequada é aquela que melhor representa a área a ser avaliada, com um mínimo de pontos amostrais para atender a este objetivo. A análise estatística auxilia na indicação deste número mínimo de pontos suficientes para reduzir a variação dos resultados a um nível aceitável (Rozane et al., 2011.).

A estimativa do número adequado de amostras dos diversos atributos do solo vem sendo abordada em estudos visando minimizar os custos envolvidos e otimizar o processo de amostragem. Normalmente, pontos de amostragem localizados a pequenas distâncias são mais semelhantes entre si que pontos mais distantes (McBratney & Webster, 1983). Na amostragem ao acaso e sem conhecimento do grau de correlação dos atributos, são comumente coletadas amostras em excesso, e alguns pontos de amostragem podem ser tomados muito próximos uns dos outros, duplicando a informação e onerando o processo. Assim, o conhecimento da dependência espacial das propriedades do solo é importante para nortear o processo de amostragem, e reduzir custos.

Objetivou-se, no presente trabalho estudar a variabilidade espacial de Na, pH, Mg e MO em uma área cultivada com macadâmia, e determinar o número adequado de amostras para cada atributo, utilizando métodos da estatística clássica e da geoestatística.

### MATERIAL E MÉTODOS

### INTRODUÇÃO

A noqueira-macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) é uma planta arbórea de clima subtropical, de origem australiana (Perdoná et al., 2012).

No Brasil, essa cultura ainda é pouco conhecida, provavelmente pelo alto valor do produto e/ou pelo fato de este ser destinado quase que exclusivamente para exportação.

Informações a respeito dos teores dos nutrientes no solo são de fundamental importância para a

O experimento foi conduzido em uma lavoura de macadâmia (*Macadamia integrifolia*) localizada no município de São Mateus-ES. Foram selecionadas 100 plantas representativas a área, que foram os pontos amostrais. Em cada ponto amostral, foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa da planta, a 1m do tronco, utilizando um amostrador de solo tipo “sonda”, compondo uma amostra na profundidade de 0-20 cm, para obtenção de dados apresentados no presente trabalho (Mg,



Na, MO e pH). As análises de solo foram realizadas no Laboratório Agronômico de Análise de Solo, Folha e Água (LAGRO) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

### Planejamento amostral

A definição do número de subamostras ( $n$ ) para obter valores médios representativos das propriedades químicas em estudo, para um nível de confiança desejado, pode ser calculado pela **equação 1** (CLINE, 1944), em que a quantidade de pontos amostrais necessários é diretamente proporcional ao seu CV. que permite comparar os valores previstos com os amostrados. O valor da amostra, em certa localização, é temporariamente descartado do conjunto de dados e, então, é realizada uma previsão por krigagem no local, usando-se as amostras restantes.

$$n = \left( \frac{t_{\alpha/2} \cdot CV}{er} \right)^2 \quad 1$$

em que:  $t_{\alpha/2}$  = valor da tabela de distribuição de Student para o nível de probabilidade  $\alpha/2$  (bilateral);  $CV$  = coeficiente de variação (%);  $e$ ,  $er$  = erro relativo admitido em torno da média (%).

Os dados foram submetidos à análise geoestatística, visando definir o modelo de variabilidade espacial das variáveis envolvidas nesse estudo, obtendo-se assim, os semivariogramas e, posteriormente, o mapeamento de cada atributo químico estudado, através da krigagem. A análise da dependência espacial foi feita pela geoestatística, com auxílio do programa computacional GS+ ® Versão 7 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada pela **equação 2** (Vieira et al., 1983):

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

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

Os modelo de semivariograma considerado foi o esférico. Faraco et al. (2008), estudando diversos critérios para validação de atributos do solo, concluíram que a validação cruzada foi o método mais adequado para a escolha do melhor ajuste de semivariograma.

### Análise estatística

Para obtenção dos dados da estatística descritiva, utilizou-se o programa computacional GS+ ® Versão 7 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004). E a partir dos valores apresentados, o coeficiente de variação foi calculado manualmente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise estatística para as propriedades químicas em estudos estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que há uma tendência de distribuição simétrica para todos os atributos químicos em estudo, devido à proximidade dos seus valores de média e mediana, o que pode ser confirmado pelos valores de assimetria próximos de zero.

Observa-se pela análise exploratória dos dados que a variabilidade dos atributos avaliados, medida pelo coeficiente de variação (CV) foi 24,25%, 56,70%, 16,15% e 4,91%, para Mg, Na, MO e pH, respectivamente (**Tabela 1**). Classificaram-se os valores de CV como baixo para o pH em água e médio para as demais variáveis, segundo os critérios propostos por Warrick e Nielsen (1980).

**Tabela 1** – Estatística descritiva de pH, Mg ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), Na ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) e MO ( $\text{dag dm}^{-3}$ ).

	pH	Mg	Na	MO
Média	5,258	0,4	9,465	2,031
Mediana	5,3	0,4	8,0	2,0
CV	0,0491	0,2425	0,5670	0,1615
Curtose	-0,04	-0,44	0,92	-0,06
Assimet.	0,10	0,20	1,28	-0,12

A partir dos dados obtidos em análise laboratorial, verificou-se a variabilidade espacial expressa em gráficos na **figura 1**.

Observa-se que para o atributo magnésio (Mg), a variabilidade se estabiliza a partir da distância de 47 metros, ou seja, um ponto sofre interferência de pontos distantes até 47 metros, e também apresenta relação com pontos a até essa mesma distância.

Para Sódio (Na), a estabilidade é verificada a partir de 80 metros, como descrito acima um ponto apresenta interferência de pontos amostrais a até essa distância.

Com os dados de matéria orgânica (MO), os pontos apresentaram relação com outros distanciados a até 95 metros, a partir dessa distância, a variabilidade se estabiliza.

A variação espacial para o potencial de



hidrogênio (pH), se estabilizou a uma distancia de 45 metros.

A **figura 2** apresenta o número de pontos amostrais para estimativa da média de magnésio (Mg), sódio (Na), matéria orgânica (MO) e potencial de hidrogênio (pH). Conforme o erro relativo em torno da média, com 5% de significância.

Neste procedimento, determinamos o erro relativo em torno da média em 10% (este varia entre 5 e 30%). Os gráficos nos mostram que quanto menor o número de amostras, maior será o erro relativo em torno da média, isso é fato.

Partindo para os resultados propriamente ditos, e como dito anteriormente considerando erro relativo em torno da meia de 10%, o número mínimo de amostras (n) para potencial de hidrogênio (pH), foi de apenas 1 amostra, já para magnésio (Mg) foi de 4 amostras, para sódio (Na), há necessidade de pelo menos 22 amostras, e matéria orgânica (MO), um mínimo de 2 amostras.

## CONCLUSÕES

Todas as variáveis em estudo apresentam distribuição simétrica.

O menor coeficiente de variação é verificad para pH (4,9%), e o maior para Na (56,7%).

Recomenda-se, em condições similares à área estudada, coletar 22 subamostras de solo para formar uma amostra composta, associando-se menores custos de amostragem com uma maior representatividade.

## REFERÊNCIAS

CLINE, M. G. Principles of soil sampling. Soil Science, 58:275-288, 1944.

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A. A.; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:463-476, 2008.

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

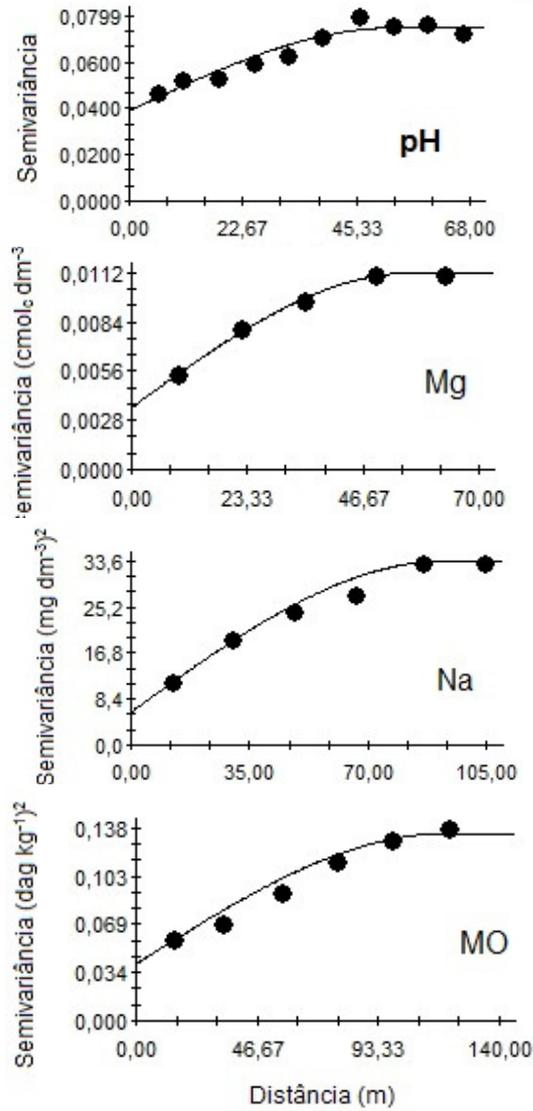
MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Chossing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. Journal of Soil Science, 37:83-177, 1983.

PERDONÁ M.J.; MARTINS A.N.; SUGUINO E.; SORATTO R.P.; Crescimento e produtividade de nogueira- macadâmia em consórcio com cafeeiro

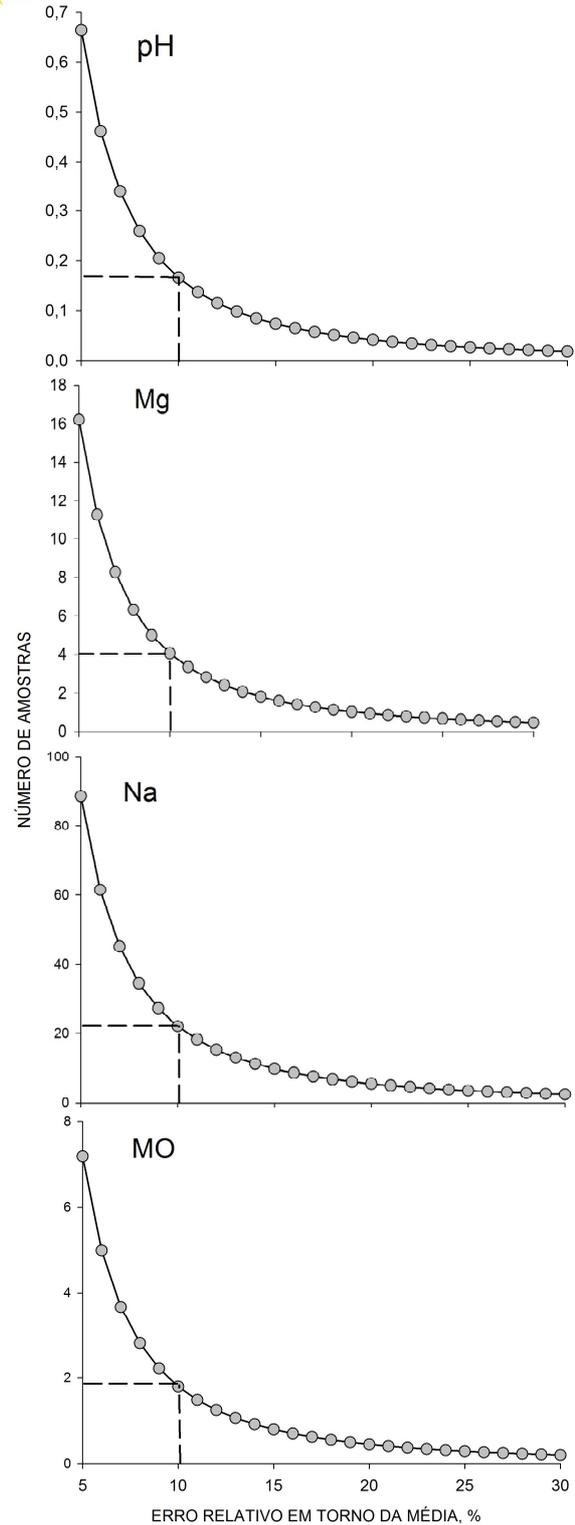
arábica irrigado. Revista de Pesquisa agropecuaria brasileira, 47:1613-1620, 2012.

PIMENTEL L.D.; A CULTURA DA MACADÂMIA. Revista Brasileira de Fruticultura. 29:414-716, 2007.

ROZANE, D.E.; ROMUALDO, L.M.; CENTURION, J.F. & BARBOSA, J.C. Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. Revista de ciência agronomica 32:111-118, 2011.



**Figura 1** - Modelos de semivariogramas ajustados para magnésio (Mg), sódio (Na), matéria orgânica (MO) e potencial de hidrogênio (pH).



**Figura 2** - Número de pontos amostrais para estimativa da média de magnésio (Mg), sódio (Na), matéria orgânica (MO) e potencial de hidrogênio (pH). Conforme o erro relativo em torno da média, com 5% de significância.