

## PLANEJAMENTO AMOSTRAL DE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM UM LATOSSOLO CULTIVADO COM PIMENTA-DO-REINO, ASSOCIANDO O USO DA GEOESTATÍSTICA E ESTATÍSTICA CLÁSSICA

**Mariclei Maurílio Simões Marsetti<sup>1,2</sup>, Lucas Rodrigues Nicoli<sup>1,2</sup>, Eduardo Oliveira de Jesus Santos<sup>1,2</sup>, Geferson Júnior Palaoro<sup>1</sup>, Ivoney Gontijo<sup>1n</sup>**

<sup>1</sup>Universidade 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, <sup>2</sup> Aluno bolsista PIBIC; <sup>n</sup> Orientador; e-mail: maricleimarsetti@hotmail.com; lukssnicoli@hotmail.com; eduardoliveira@hotmail.com; palaorojp@hotmail.com; ivoneygontijo@ceunes.ufes.br

**Resumo-** O presente trabalho teve por objetivo propor uma metodologia de amostragem de solo que melhor se ajuste às condições do sistema de manejo e determinar a configuração e o número adequado de amostras para a determinação de atributos químicos em uma lavoura de pimenta-do-reino, utilizando métodos da Estatística Clássica e da Geoestatística. O experimento foi conduzido em uma lavoura de pimenta-do-reino, plantada no espaçamento 3,0 x 2,0 m (1.667 plantas ha<sup>-1</sup>), sob Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, localizada no município de São Mateus (ES). O projeto foi instalado em uma malha quadrangular de 100 x 120 m (12.000 m<sup>2</sup>) com 126 pontos. Foram analisados os seguintes atributos químicos: pH em água, Ca, Al e H+Al. Todos os atributos avaliados apresentaram distribuição simétrica, com exceção do Al. O maior coeficiente de variação foi verificado para Al (70,49%), enquanto que o pH em água registrou o menor valor, 11,92%. Todas as propriedades avaliadas apresentaram dependência espacial, com alcance variando de 15 m (H+Al) a 69 m (Ca). Para futuras amostragens em condições semelhantes, sugere-se utilizar malha quadrada suficiente para cobrir toda a área de interesse, com intervalo de amostragem igual ao alcance de dependência espacial de cada elemento avaliado.

**Palavras-chave:** geoestatística, pimenta-do-reino, fertilidade do solo

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

### Introdução

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) é uma das mais importantes especiarias consumidas no mundo e possuem alto valor comercial na forma de pimenta preta, pimenta branca e pimenta verde em conservas (VELOSO et al., 1998). Atualmente, o Estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor de pimenta-do-reino no Brasil, responsável por 18% da produção nacional em uma área superior a 2.300 hectares. A intensificação da atividade agrícola, aliada ao uso e ao manejo inadequado do solo, tem provocado modificações negativas nos atributos químicos do solo (FIDALSKI et al., 2007), aumentando a degradação do solo e reduzindo a produtividade das culturas. Torna-se então necessário um planejamento de amostragem eficiente e representativo para os atributos químicos do solo em que leve em consideração sua estrutura de dependência espacial. O conhecimento da dependência espacial das propriedades do solo é importante para nortear o processo de amostragem, promovendo redução nos custos de amostragem. Normalmente, pontos de amostragem localizados a pequenas distâncias são mais semelhantes entre si que pontos mais

distantes (McBRATNEY & WEBSTER, 1983). Informações a respeito da continuidade da distribuição espacial entre as amostras, representada pelo alcance, permitem a construção de conjuntos de dados independentes, possibilitando o uso da Estatística Clássica sem restrições. O presente trabalho teve por objetivo propor uma metodologia de amostragem de solo que melhor se ajuste às condições do sistema de manejo e determinar a configuração e o número adequado de amostras para a determinação de atributos químicos em uma lavoura de pimenta-do-reino, utilizando métodos da Estatística Clássica e da Geoestatística.

### Metodologia

O experimento foi conduzido em uma lavoura 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<sup>-1</sup>), sob Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, localizada no município de São Mateus (ES). As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Solos e Análise Foliar do Centro Universitário Norte do Espírito Santo de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES/UFES). O projeto foi

instalado em uma malha quadrangular de 100 x 120 m (12.000 m<sup>2</sup>) com 126 pontos, pré estabelecidos, com suas respectivas coordenadas afim de melhor representar a área, em cada ponto amostral foram amostradas três sub-amostras, com auxílio de uma sonda, com intuito de aumentar a precisão, e a partir das sub-amostras foi composta uma amostra de solo para análise química em cada ponto amostral. Os atributos químicos analisados foram: pH em água, Cálcio (Ca), Alumínio (Al) e Acidez Potencial (H+Al) de acordo com EMBRAPA (1997). Os dados foram analisados através de uma análise exploratória por meio da Estatística Descritiva, obtendo-se as seguintes medidas: média aritmética, mediana, variância amostral, desvio-padrão, coeficiente de variação, amplitude e coeficiente de assimetria e de curtose. A definição do número de pontos amostrais (*n*) que representa os atributos do solo foi realizada com base na equação 1 (CLINE, 1944):

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

em que,

*t<sub>α</sub>*: valor da tabela de distribuição de Student para o nível de probabilidade *α*/2 (bilateral);

CV: coeficiente de variação (%);

*er*: erro relativo admitido em torno da média (%).

A análise de distribuição de frequência dos dados foi realizada para verificar sua normalidade, utilizando o teste de Shapiro-Wilk a 5 %. A análise da dependência espacial foi realizada utilizando o software GS+ (ROBERTSON, 1998), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais. As amostras separadas por distâncias menores que o alcance são espacialmente correlacionadas, ao passo que as separadas por distâncias maiores não o são. Foi calculado o grau de dependência espacial (GD) conforme equação 2 (CAMBARDELLA et al., 1994):

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

em que,

Co: efeito pepita;

C: patamar.

Semivariogramas que apresentam grau de dependência (GD) espacial menor ou igual a 25% têm forte dependência espacial. A dependência é

moderada quando esta relação variar de 25 a 75% e fraca quando esse valor for superior a 75%, de acordo com classificação proposta com Cambardella et al. (1994). Para determinação da existência ou não de dependência espacial, utilizou-se o exame de semivariogramas. No caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, foi utilizado a técnica de validação conhecida como *Jack-knifing*.

## Resultados

Os resultados referentes à análise descritiva para os atributos pH, Ca e H+Al, apresentados na tabela 1, indicam ajuste à distribuição normal. Os valores da média e mediana, para todas as variáveis, à exceção do Al, estão próximos, mostrando haver distribuições simétricas, o que pode ser confirmado pelos valores de assimetria próximos de zero. A análise exploratória dos dados por meio da Estatística Descritiva mostra que a variabilidade do solo medida pelo coeficiente de variação foi 70,49%, 39,99%, 32,57% e 11,92% para Al, Ca, H+Al e pH em água respectivamente (Tabela 1). Mais importante que a normalidade dos dados é ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, em que a média e a variabilidade dos dados sejam constantes na área de estudo, o que foi observado, ou seja, ocorre a estacionaridade necessária ao uso da geoestatística. A normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística; é conveniente apenas que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as análises (Webster, 1985).

Tabela 1- Medidas descritivas dos atributos químicos do solo em uma lavoura de pimenta-do-reino

	pH	Ca cmolc dm <sup>-3</sup>	Al cmolc dm <sup>-3</sup>	H+Al cmolc dm <sup>-3</sup>
Média <sup>1</sup>	5,01	2,62	0,18	3,72
CV (%)	11,92	39,99	70,49	32,57
Ampl.	2,87	6,78	0,90	5,61
Ass.	-0,18	0,80	2,12	0,11
Curt.	-0,17	2,25	6,99	-0,68

<sup>1</sup> média de 126 repetições; CV – coeficiente de variação; Ampl. – amplitude; Ass. – assimetria; Curt. - curtose

O semivariograma (Figura 1) deve ser conhecido para permitir a definição de uma ótima intensidade de amostragem (McBRATNEY & WEBSTER, 1983). Se o semivariograma não é conhecido, recomenda-se uma amostragem sistemática em malha regular, com igual intervalo entre as amostras de determinado pelo número de observações que o interessado tenha condições de realizar.

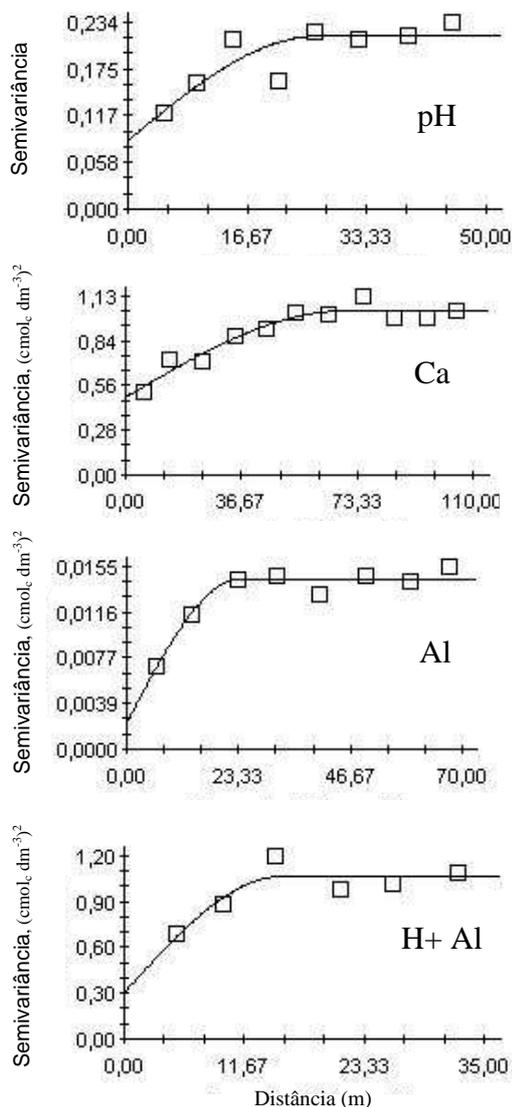


Figura 1- Semivariogramas de pH, Ca, Al e H+Al em uma lavoura de pimenta-do-reino.

Todos os atributos do solo analisados mostraram dependência espacial, sendo o modelo esférico ajustado para todos os atributos químicos do solo estudados (Figura 1, Tabela 2), com alcances de 15, 23, 26 e 69 metros para H+Al, Al, pH e Ca respectivamente. O alcance da dependência espacial representa a distância em que os pontos amostrais estão correlacionados entre si (JOURNAL & 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. O efeito pepita (Co) é um parâmetro do semivariograma que indica variabilidade não explicada, que pode ser devido a erros de medição ou variação não detectada pela escala de

amostragem (CAMBARDELLA et al., 1994), além de ser influenciado pelas características extrínsecas do solo ocasionadas pela ação antrópica.

Tabela 2- Parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados

	pH	Ca cmolc dm <sup>-3</sup>	Al cmolc dm <sup>-3</sup>	H+Al cmolc dm <sup>-3</sup>
Modelo	esf.	esf.	esf.	esf.
A (m)	26	69	23	15
Co	0,086	0,490	0,002	0,304
Co+C	0,216	1,034	0,014	1,070
GD(%)	39,8	47,4	14,3	28,4
R <sup>2</sup>	0,70	0,93	0,94	0,80

esf – modelo esférico; A – alcance; Co – efeito pepita; Co+C – patamar; GD – grau de dependência espacial (Co/Co+C) 100; R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação.

### Discussão

O coeficiente de variação (CV) é uma medida estatística importante, pois quantifica a variabilidade existente entre os dados. Segundo os valores propostos por Warrick e Nielsen (1980), os coeficientes de variação foram classificados como alto para o Al, médios para Ca e H+Al e baixo para pH. Assim, os atributos avaliados apresentam um comportamento diferenciado em relação à sua variabilidade. Embora o emprego do CV permita comparar a variabilidade entre amostras, com unidades diferentes, o seu emprego não deve ser generalizado (SOUZA, 2004), segundo Wollenhaupt et al. (1997), os valores de CV não são necessariamente bons indicadores da variabilidade espacial dos atributos do solo, haja vista a ocorrência de locais no campo com valores altos ou baixo, podendo comprometer a amostragem. Assim, a dependência espacial dos atributos pode ser melhor avaliada com técnicas geoestatísticas.

Pela tabela 2 observa-se que o grau de dependência espacial, representada pela GD foi considerada forte para Al e moderada para os demais atributos do solo, de acordo com a classificação proposta por Cambardella et al. (1994).

O número de pontos amostrais necessários para estimar o valor de uma propriedade do solo é diretamente proporcional ao seu coeficiente de variação de acordo com a equação 1, a utilização desse parâmetro somente é segura, se a distribuição de probabilidade que os dados se ajustam for normal. Vários erros de interpretação podem ser cometidos ao considerar como normal uma distribuição não normal (WARRICK E NIELSEN, 1980), assim optou-se por não realizar tal análise para o Al, já que o mesmo não apresentou distribuição normal (Tabela 1) além de

sua distribuição ter sido completamente anômala, pois a maioria dos seus valores foram  $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e varia até  $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , mostrando que qualquer variação acima de zero faz com que aumente consideravelmente o coeficiente de variação, concordando com os dados obtidos por Souza et al. (1997). O número de pontos amostrais calculados para estimar os atributos H+Al (41 pontos amostrais) e cálcio (62 pontos amostrais) foi considerado alto, admitindo uma variação aceitável de 10% em torno da média, e, portanto, superior a recomendação de 20 pontos amostrais (Prezotti et al. 2007). O número de 20 pontos amostrais é satisfatório e poderia ser até reduzido para a o atributo pH em água (6 pontos amostrais). É importante lembrar que nunca se faz uma amostragem em separado para cada uma dessas variáveis, o que significa dizer que a precisão final da estimativa feita após amostragem única depende da variável considerada.

### Conclusão

- Todos os atributos avaliados apresentaram distribuição simétrica, com exceção do Al.
- O maior coeficiente de variação foi verificado para Al (70,49%), enquanto que o pH em água registrou o menor valor, 11,92%.
- Todas as propriedades avaliadas apresentaram dependência espacial, com alcance variando de 15 metros (H+Al) a 69 metros (Ca).
- Para futuras amostragens em condições semelhantes, sugere-se utilizar malha quadrada suficiente para cobrir toda a área de interesse, com intervalo de amostragem igual ao alcance de dependência espacial de cada elemento avaliado.

### 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.
- CLINE, M. G. Principles of soil sampling. *Soil Sci.*, Baltimore, 58:275-288, 1944.
- 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.
- 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.
- FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SCAPIM, C. A. Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:9-19, 2007.
- JOURNAL, A. G. & HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1991. 600 p.
- McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Crossing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, 37:83-177, 1983.
- ROBERTSON, G. P. GS<sup>+</sup>. **Geostatistics for the environmental sciences** - GS<sup>+</sup> User's Guide. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.
- SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ**. Seropédica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. 54 p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUSA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:367-372, 1997.
- SOUSA, Z. M. **Variabilidade espacial e atributos de um Latossolo sob diferentes formas de relevo**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2004. 141 p. (Tese de Doutorado).
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:395-401, 2001.
- VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. Deficiências de micronutriente em pimenteira-do-reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 33:1883-1888, 1998.

- WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. **Advances in Soil Science**, New York, 3:1-70, 1985.

- WOLLENHAUPT, N. C.; MULLA, D. J.; CRAWFORD, C. A. G. Soil sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. In: PIERCE, J. P. & SADLER, E. J., eds. **The site-specific management for agricultural systems**. Madison, ASA-CSSA-SSSA, 1997. p.19-53.