

## VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS RELACIONADO À ACIDEZ DO SOLO EM UMA LAVOURA DE CAFÉ CONILON

**Eduardo Oliveira de Jesus Santos<sup>1,2</sup>, Lucas Rodrigues Nicole<sup>1,2</sup>, Antônio Pereira Drumond Neto<sup>1,3</sup>, Ivoney Gontijo<sup>1,n</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Centro Universitário Norte do Espírito Santo/ Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus – ES, <sup>2</sup> Aluno bolsista PIBIC; <sup>3</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical; <sup>n</sup> Orientador; e-mail: eduardoliveira@hotmail.com; lukssnicoli@hotmail.com; agrodumond@gmail.com, ivoneygontijo@ceunes.ufes.br.

**Resumo-** O objetivo desse experimento foi descrever a variabilidade espacial dos atributos relacionado à acidez do solo (pH em água, acidez potencial, alumínio e matéria orgânica) em uma lavoura de café conilon (*coffea canephora*), localizada no norte do Espírito Santo. O experimento foi conduzido em uma lavoura de café conilon, plantada no espaçamento 1,8 x 1,0 m (5.555 plantas ha<sup>-1</sup>). As análises de solo foram realizadas no Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água no Centro Universitário do Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo. O projeto foi instalado em uma malha retangular de 20 x 60m (1.200m<sup>2</sup>). Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0,0 – 0,2 m, com 60 pontos, distanciados em 5m entre si. Todos os atributos estudados apresentaram estrutura de dependência espacial, com alcances variando entre 8,0m (Al) e 31,0m (H+Al).

**Palavras-chave:** distribuição espacial; *coffea canephora*; geoestatística

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias.

### Introdução

Os solos capixabas são considerados ácidos, e aliados aos baixos valores de Ca trocável reforçam a importância de se realizar o manejo da calagem nas áreas de cultivo. Levantamento do índice de fertilidade no estado do Espírito Santo mostrou que aproximadamente 89% dos solos foram classificados como média a alta acidez potencial (PIRES et al., 2003).

Considerada uma das principais cultura cultivado no estado do Espírito Santo, a produção de café conilon beneficiado produzido em solos capixabas se destaca no cenário nacional com cerca de 62,25%, distribuídos em uma área em produção de cerca de 460.193 hectares (CONAB, 2011).

Levando em consideração o manejo de fertilizantes da cultura do café conilon no Estado do Espírito Santo, torna-se necessário o conhecimento da distribuição espacial dos atributos químicos do solo, visando à obtenção de um manejo da adubação mais eficiente da lavoura cafeeira.

O presente trabalho teve por objetivo descrever a variabilidade espacial dos atributos relacionados a acidez do solo (pH, H+Al, Al e M.O.) de uma lavoura de café conilon (*Coffea canephora*) na cidade de São Mateus (ES).

### Metodologia

O experimento foi conduzido em uma lavoura de café conilon (*Coffea canephora*), plantada no espaçamento 1,8 x 1,0 m (5.555 plantas ha<sup>-1</sup>), localizado no norte do estado do Espírito Santo, no município de São Mateus.

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 retangular de 20 x 60 m (1.200 m<sup>2</sup>) com 60 pontos com 5 m distanciados entre si (Figura 1). Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0,0-0,2 m, para análise química do alumínio, matéria orgânica, acidez potencial e pH (acidez ativa) de acordo com Embrapa (1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise exploratória dos dados por meio da Estatística Descritiva, observados 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.

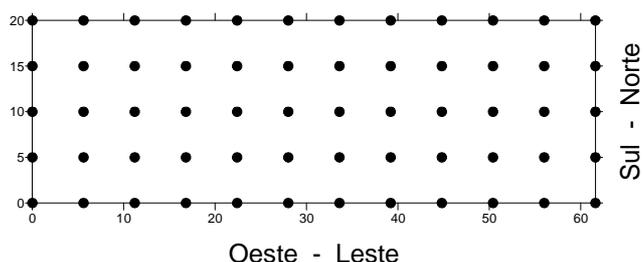


Figura 1 - Área estudada com os respectivos locais de amostragem.

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 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> Versão 7 (ROBERTSON, 1998), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais (equação 1), cuja expressão pode ser encontrada em Vieira et al. (1983):

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

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). Foi calculada a razão de dependência espacial (GD), que é a proporção em percentagem do efeito pepita ( $C_0$ ) em relação ao patamar ( $C_0 + C$ ), dada pela equação 2:

$$GD = \frac{C_0}{C_0 + C} 100 \quad (2)$$

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

Os resultados referentes à análise descritiva são apresentados na Tabela 1. Observa-se que os valores da média e mediana estão próximos para as variáveis pH em água, acidez potencial e matéria orgânica, indicando distribuições simétricas dos dados. Já o alumínio apresentou distanciamento entre média e mediana, o que pode ser um indicativo de distribuição de dados assimétricos, em que as medidas de tendência central são dominadas por valores atípicos.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados de pH em água, acidez potencial, alumínio e matéria orgânica obtidos a partir de 60 amostras

	pH	H+Al	Al	MO
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		dag dm <sup>-3</sup>
Média	5,22	2,74	0,88	1,79
Mediana	5,2	2,9	0,3	1,9
V.A.	0,10	0,33	1,83	0,43
D.P.	0,32	0,57	1,35	0,65
C.V.	6,1	20,8	153,4	36,3
Máximo	5,9	4,0	4,9	3,8
Mínimo	4,7	1,7	0,1	0,4
Amp.	1,2	2,3	4,8	3,4
Ass.	0,0	0,03	1,77	0,44
Curt.	-1,05	-0,36	1,56	1,23

V.A. – variância amostral; D.P. – desvio padrão; C.V. – coeficiente de variação; Amp. – Amplitude; Ass. – coeficiente de assimetria; Curt. – coeficiente de curtose.

A análise exploratória dos dados por meio da Estatística Descritiva mostra que a variabilidade do solo medida pelo coeficiente de variação foi 153,4%, 36,3%, 20,8% e 6,1% para Al, MO, H+Al e pH em água respectivamente.

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 2 e Figura 2) mostraram que todos os atributos estudados apresentaram dependência espacial. O modelo que melhor se ajustou aos semivariogramas de todas as variáveis foi o esférico. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al (2009) para pH em água e MO, e por Lima et al (2010) para o pH em água, H+Al e Al.

Tabela 2 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para pH em água, acidez potencial, alumínio e matéria orgânica da lavoura de café conilon.

	pH	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al	MO dag dm <sup>-3</sup>
Modelo	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.
E.P.	0,045	0,19	0,015	0,01
Patamar	0,109	0,39	1,664	0,439
R.D.	41,28	48,72	0,90	2,28
SQR	1,09 10 <sup>-4</sup>	8,2 10 <sup>-4</sup>	0,017	4,54 10 <sup>-4</sup>
R <sup>2</sup>	0,862	0,947	0,806	0,984
rcv	0,263	0,589	0,729	0,695
A (m)	8,4	31,0	8,0	12,9

E.P.= Efeito Pepita; RD= razão de dependência espacial; SQR= soma de quadrado de resíduo; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinação; rcv= coeficiente de validação cruzada; A= alcance; Esf.= esférico

De acordo com a classificação de Cambardella et al (1994), observam-se que as variáveis pH em água e a acidez potencial apresentaram grau de dependência moderada (25% a 75%), concordando com Souza et al (2007). Já o alumínio e matéria orgânica apresentaram um forte grau de dependência (<25%), concordando com Machado et al (2007). Verifica-se que os valores do coeficiente de validação cruzada variaram entre 0,263 a 0,729.

**Discussão**

Os valores médios dos atributos estudados (Tabela 1 e 3) foram classificados de acordo com Prezotti et al.(2007), em valores médio para pH em água (5,0 – 5,9), acidez potencial (2,5 – 5,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), alumínio (0,3 -1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e matéria orgânica (1,5 – 3,0 dag dm<sup>-3</sup>).

De acordo com a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), o pH apresentou C.V. baixo (12%). Já as variáveis H+Al e MO apresentaram C.V. médio (12 – 62%). Enquanto o alumínio observou-se valores considerados altos C.V.(> 62%). A variação do Al, descrita pelo alto CV foi devido à ausência de Al trocável em vários pontos amostrais.

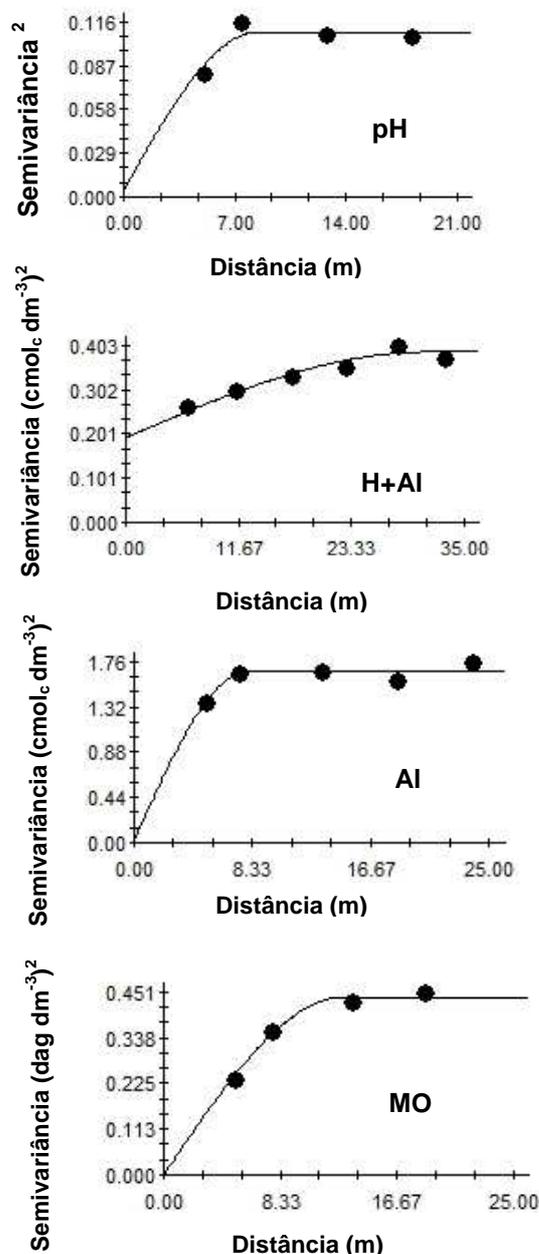


Figura 2 – Modelos de semivariogramas ajustados para pH em água, acidez potencial (H+Al), alumínio (Al) e matéria orgânica (MO).

Tabela 3 - Níveis para interpretação de resultados analíticos segundo a classificação de Prezotti et al. (2007).

Variável	Nível Baixo	Nível Médio	Nível Alto
pH	< 5,0	5,0 – 5,9	6,0 – 6,9
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	< 0,3	0,3 – 1,0	> 1,0
M.O.(dag dm <sup>-3</sup> )	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0

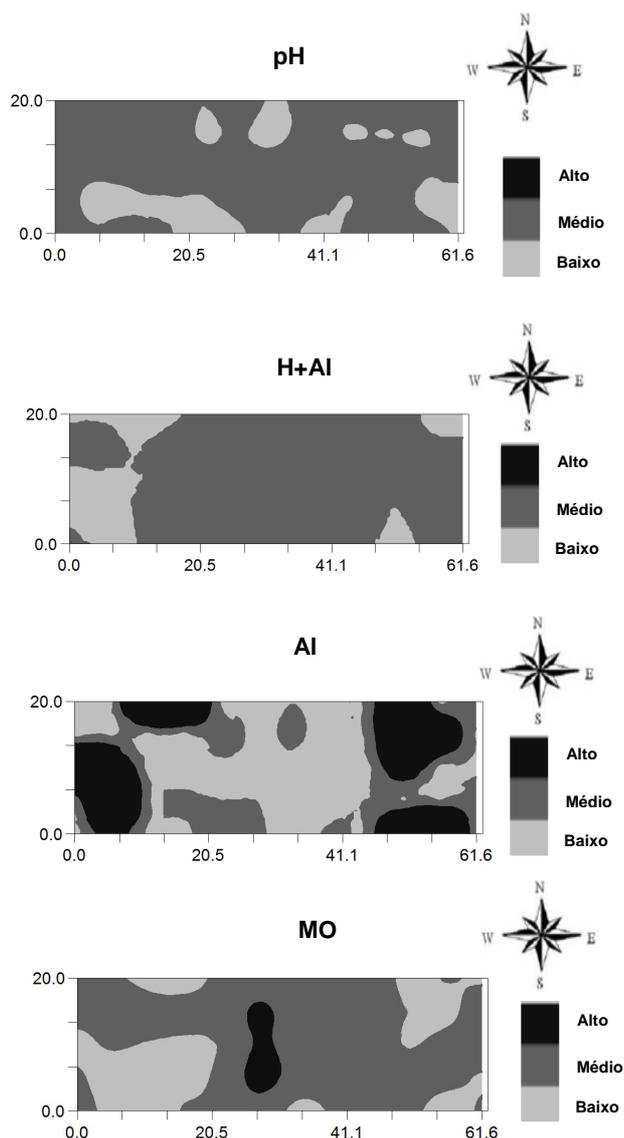


Figura 3 - Mapas de isolinhas das variáveis pH em água (pH), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al) e matéria orgânica (MO), de acordo com a classificação de Prezotti et al. (2007).

De acordo com a metodologia de interpretação da fertilidade do solo proposta por Prezotti et al.(2007), observa-se uma predominância de concentrações média para as variáveis pH em água, acidez potencial e matéria orgânica, que se

encontram bem distribuídas ao longo da lavoura de café conilon (Figura 3).

Observa-se na Figura 3 uma heterogeneidade na distribuição espacial dos teores de alumínio na área estudada, com grande parte da área com concentrações baixas e aglomerados com alta concentração desse elemento. Fatos este que foi também observado pela estatística clássica, através do CV alto. Para o manejo dessa lavoura, devem-se adotar taxas diferenciadas de aplicação de insumos.

Observaram-se baixos valores de alcance, variando entre 8,0 e 31,0 metros, para alumínio e acidez potencial 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. Segundo Silva et al.(2007), quanto menor alcance, mais rapidamente é obtida a independência entre as amostras.

## Conclusão

Os atributos relacionados à acidez do solo apresentaram estrutura de dependência espacial (moderado e forte).

Verificou-se maior alcance para a acidez potencial (31,0 m) e menor para o alumínio (8,0 m).

## Referências

- CAMBARDELLA, C. A. ET AL Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, V.58, p.1501-1511, 1994.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira, café safra 2011**, primeira estimativa. Brasília: MAPA/CONAB, janeiro, 2011.
- 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.
- JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. Mining geostatistics. London: Academic Press, 1991. 600 p.
- LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. AMOSTRAGEM E VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE VEGETAÇÃO NATURAL EM

REGENERAÇÃO. **R. Árvore**, V.34, n.1, p.127-136, 2010.

- MACHADO, L. O.; LANA, A. 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. **R. Bras. Ci. Solo**, V. 31, p.591-599, 2007.

- 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. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, 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 Agronômica**, 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<sup>+</sup>. Geostatistics for the environmental sciences - GS<sup>+</sup> User's Guide. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

- SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; MARQUES, J.; MACHADO, R. V. VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E DE PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO CAFÉ. **Ciencia Rural**, V.37, n.2, p.401-407, 2007.

- SOUZA, Z. M.; BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; CAMPOS, M. C. C. INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO NA APLICAÇÃO DE INSUMOS PARA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Ciênc. agrotec.**, V.31, n. 2, p. 371-377, 2007.

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

- 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. p.319-44.