

RELAÇÃO LINEAR E ESPACIAL ENTRE A PRODUTIVIDADE DE CAFÉ CONILON E O NÚMERO DE HASTES POR PLANTA

Julião Soares de Souza Lima¹, Rone Batista de Oliveira², Luiz Carlos Prezotti³, Paulo Cezar Marques⁴, Alessandra Fagioli da Silva⁵ Samuel de Assis Silva⁶

¹Eng^o Agrícola, Prof. Associado I, CCA/UFES, Depto. Eng. Rural, Alegre-ES, limajss@yahoo.com.br

²Eng^o Agrônomo, Doutorando, FCA-UNESP, Depto Eng. Rural, Botucatu, SP, rbatista@fca.unesp.br

³Eng^o Agrônomo, D.Sc., Pesquisador, Incaper, Solos e Nutrição de Plantas, Venda Nova do Imigrante, ES

⁴Eng^o Florestal, M.Sc., Pesquisador, Incaper, Solos e Nutrição de Plantas, Alegre, ES

⁵Eng^a Agrônoma, Mestranda, FCA-UNESP, Botucatu, SP, alefagioli@yahoo.com.br

⁶Eng^o Agrônomo, Doutorando, UFV, Depto Eng. Agrícola, Viçosa-MG, samuel-assis@hotmail.com

RESUMO: A poda é uma prática fundamental no manejo do cafeeiro conilon. Este trabalho teve por objetivo estudar a relação simples e espacial entre a produtividade do cafeeiro conilon e o número de hastes por planta, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento. Para tal, foi construído um *grid* irregular de 10.000 m² em uma lavoura. Os dados foram analisados pela estatística descritiva e geoestatística e por meio de análise de correlação entre mapas da produtividade e o número de hastes por planta. Pelos resultados concluiu-se que existe forte correlação linear e espacial entre a produtividade e o número de hastes por planta na área e que a análise geoestatística possibilita uma nova abordagem para definição da intensidade de amostragem na avaliação da produtividade e qualidade da poda do cafeeiro conilon.

Palavras-chave: geoestatística, geoprocessamento, correlação espacial.

LINEAR AND SPATIAL RELATIONSHIP BETWEEN COFFEE CONILON AND NUMBER OF STALKS PER PLANT

ABSTRACT: The pruning is a basic practice in the management of coffee conilon. This work aimed to study the simple and spatial relationship between the field of the coffee conilon and the number of stalks for plant, with the aid of geoprocessing techniques. This has built an irregular grid of 10.000 m² in a field. Data were analyzed by descriptive statistics and geostatistics, and through analysis of maps of the correlation between productivity and number of stems per plant. The results it was concluded that there is significant spatial and linear correlation between productivity and number of stalks for plant in the area and that the geostatistics analysis provides a new approach for defining the intensity of sampling in evaluation the productivity and quality of coffee pruning conilon.

Key words: geostatistics, geoprocessing, spatial correlation.

INTRODUÇÃO

A aplicação de conceitos de geoestatística e técnicas de agricultura de precisão na cultura do cafeeiro conilon ainda não é uma realidade na agricultura capixaba, uma vez que existem poucas pesquisas desenvolvidas.

A poda é uma prática fundamental no manejo do cafeeiro conilon, que em geral é realizada de forma uniforme na área, desconsiderando a variabilidade natural existente nas plantas e no solo. Segundo Corá & Marques (1998), entender e modelar a variabilidade espacial da produtividade das culturas, dos atributos do solo e de qualquer outro parâmetro que possa ser correlacionado com a produtividade é uma das etapas mais importantes para se estabelecer um processo de gerenciamento localizado de insumos. Em princípio, pode ser relativamente simples enumerar fatores do ambiente que influem no crescimento de uma cultura. Entretanto, pode ser difícil entender e avaliar a somatória de interações desses fatores e os seus efeitos sobre a produtividade.

A integração e análise de todos os fatores do meio para estimar a produtividade de uma determinada cultura podem ser realizadas por meio da aplicação de diversos métodos e técnicas, geralmente estatística clássica, geoestatística e geoprocessamento, como ferramentas e enfoques diferentes (ORTIZ, 2003).

Os procedimentos iniciais de análises de dados nas ciências agrárias baseiam-se na utilização de parâmetros como média, variância e desvio-padrão para representar um fenômeno e na hipótese principal de que as variações de um local para outro são aleatórias (CAMARGO, 1997), no entanto, segundo Vieira (2000), a informação dada somente pela variância seria insuficiente para explicar um determinado fenômeno. Para qual, seria necessário levar em consideração a distância entre as observações no campo. A partir daí surge o conceito da geoestatística que leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial, permitindo uma visão espacial útil para tomada de decisões no processo de produção agrícola. A comparação entre mapas tem sido a preocupação de diversos especialistas, em várias áreas, auxiliando na interpretação mais criteriosa de bancos de dados temáticos.

O objetivo deste trabalho foi estudar a relação linear e espacial entre a produtividade do café conilon e o número de hastes por planta, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra de 2004/05 na Fazenda Experimental Bananal do Norte, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, sul do Estado do Espírito Santo. A área experimental está compreendida nas coordenadas geográficas: 20° 45' 17,31" de Latitude Sul e 41° 17' 8,86" de Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 113 metros.

A espécie de café utilizada foi a *Coffea canephora* Pierre, var. Robusta Tropical – 'Emcaper 8151', sendo a primeira variedade melhorada de café conilon de propagação por sementes para o Estado do Espírito Santo.

Para esse estudo foi construído e georreferenciado um *grid* irregular com 109 pontos de amostragens em uma área 10.000 m², com a cultura cultivada no espaçamento 2,9x1,0 m. Os pontos amostrais foram espaçados em 10 m na linha da cultura. As variáveis analisadas foram o número de hastes verticais por planta e a produtividade (kg ha⁻¹). Para a avaliação, cada ponto foi composto por cinco plantas, totalizando 545 plantas, com a contagem feita uma semana antes da colheita em deriça manual em peneiras em cada ponto. Posteriormente, o café foi seco em terreiro suspenso. Utilizando a metodologia adotada por Campos (2005) determinou-se a produtividade do café em coco (seco) em kg ha⁻¹.

Os resultados foram analisados pela estatística descritiva e exploratória para verificar a distribuição de frequência, a variância, a normalidade, os pontos discrepantes (*outliers*) ou a necessidade da transformação dos dados. Em seguida realizou-se a análise de regressão linear entre a produtividade e o número de hastes. Na seqüência fez-se a análise geoestatística para quantificar o grau de dependência espacial, utilizando-se do variograma clássico de Matheron pelo software GS⁺ (ROBERTSON, 1998), conforme a seguinte expressão:

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

em que γ é a variância experimental, obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$; h é a distância entre pontos amostrais e $N(h)$ é o número total de pares de pontos possíveis dentro da área de amostragem (VIEIRA, 1997).

A interpolação de valores para locais não medidos foi realizada por krigagem ordinária, segundo Tabios & Salas (1985) e de posse desses resultados foram confeccionados os mapas de isolinhas. Posteriormente, estes mapas foram exportados para o Idrisi 32, tornando possível a realização da correlação espacial (pixel-a-pixel), sendo que os resultados foram analisados pelo mesmo critério empregado por Ortiz (2003), ou seja, verificando o p -valor, coeficiente de correlação (r) e coeficiente de determinação (r^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela estatística descritiva (Tabela 1) demonstram que para as variáveis estudadas os valores das medidas de tendência central (média e mediana) foram bem próximos, indicando distribuições simétricas, resultado confirmado pelo teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (KS) a 5% de probabilidade.

Tabela 1 - Estatística descritiva e distribuição de frequência da produtividade do cafeeiro conilon (PROD) e do número de hastes por planta (NHP)

Variáveis	Média	Md	S	Valores		Coeficientes		Teste	
				Mínimo	Máximo	CV	Cs		Ck
PROD ^{1/}	6636,0	6765,0	2189,0	2701,0	14421,0	33,0	-0,6	0,7	p>0,20ns
NHP ^{2/}	3,6	3,8	0,7	2,0	5,0	19,3	-0,9	-0,3	p>0,20ns

^{1/} Produtividade de café seco em coco (PROD) em kg ha⁻¹; ^{2/} Número de hastes por plantas (NHP); Md - mediana; s - desvio-padrão; CV - coeficiente de variação; Cs - Coeficiente de simetria; Ck - coeficiente de curtose; ns - não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov (KS) a 5% de probabilidade (Distribuição normal).

Na área experimental verificou-se, em média, 3,6 hastes verticais produtivas, o que equivale a 12414 hastes/ha, com o valor mínimo de 2 e o maior de 5 por planta de café. A produtividade apresentou uma variabilidade representativa entre os pontos amostrais, como indica o valor mínimo e o máximo, com uma relação de aproximadamente 5,4:1 para um coeficiente de variação de 33,0%.

Os dados da análise geoestatística estão na Tabela 2, com o índice de dependência espacial (IDE) moderado para as duas variáveis (25% < IDE >75%), conforme os intervalos proposto por Zimback (2001), indicando que os variogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais.

Tabela 2 - Parâmetros dos variogramas para a produtividade (PROD) e do número de hastes por planta (NHP)

Atributos	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C ₁	IDE (%)	R ² (%)	R ² - VC (%)	Signif.
PROD ^{1/}	Esférico	47,40	0,36	1,12	67,60	89,50	35,70	0,00
NHP ²	Esférico	48,40	0,45	1,13	60,20	90,90	38,90	0,00

^{1/} Produtividade de café seco em coco (PROD) em kg ha⁻¹; ^{2/} Número de hastes por planta (NHP); C₀ - efeito pepita; C₀+C₁ - patamar; IDE - índice de dependência espacial (C₁/C₀ + C₁); a - alcance; R² - coeficiente de determinação do modelo do variograma; e R² - VC - coeficiente de determinação da validação cruzada.

Na Figura 1, observa-se que o modelo esférico foi o que melhor ajustou para as variáveis. Segundo Trangmar et al., (1987) várias pesquisas indicam o modelo esférico como o mais adaptado para descrever o comportamento de variogramas de atributos de solo e de plantas. Sanchez et al. (2005), também ajustaram o modelo esférico para a produção de café em diferentes superfícies geomórficas.

Conforme resultados encontrados, a produtividade de café e o número de hastes verticais apresentam o mesmo padrão espacial em função do mesmo modelo de ajuste (esférico) e dos alcances de dependência espacial bem próximos, 47,4 e 48,4 m, respectivamente, como se observa nos variogramas escalonados pela variância dos dados para cada uma das variáveis. Esses valores informam que as amostras coletadas são independentes umas das outras a distância maior que os alcances encontrados, podendo a partir dessas distâncias, assim, utilizar as amostras na estatística clássica.

A distribuição espacial das variáveis estão na Figura 2, com os mapas de isolinhas, mostrando que a produtividade de café segue o mesmo padrão de variabilidade do número de hastes verticais, ou seja, indicando correlação espacial positiva na área. Ainda observa-se que as regiões de maiores produtividades de café ocorreram na parte inferior da área de estudo.

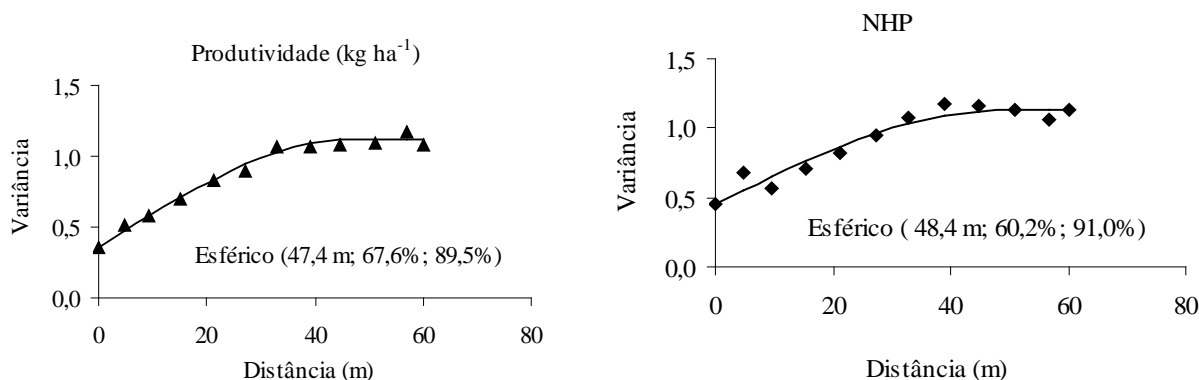


Figura 1 - Modelos e parâmetros (a, IDE e R²) estimados dos variogramas escalonados pela variância para a produtividade do cafeeiro conilon e do número de hastes verticais por planta (NHP).

Na Figura 3, verifica-se correlação positiva simples ($r = 0,60$) e espacial ($r = 0,84$) entre a produtividade e o número de hastes, com significância a 5% de probabilidade, mostrando ser dependente do padrão de poda adotado na área de estudo, ou seja, além da variação natural das plantas, existem fontes adicionais devido ao manejo exercido pelo homem. O coeficiente de correlação foi maior quando se trabalhou com os dados interpolados em pixel de 2,9x1 m, conseqüentemente, maior número de dados na área foram utilizados na análise de correlação.

CONCLUSÕES

- A produtividade do café conilon e o número de hastes verticais por planta apresentam dependência espacial e, portanto, deve-se levar em consideração a distância entre as amostras, quando se deseja analisar detalhadamente o comportamento dessas variáveis na área;
- Existe correlação linear e espacial significativa entre a produtividade e o número de hastes verticais na área de estudo; e
- A análise geostatística apresenta como uma nova abordagem para definição de uma ótima intensidade de amostragem para avaliação da produtividade e qualidade da poda do cafeeiro;

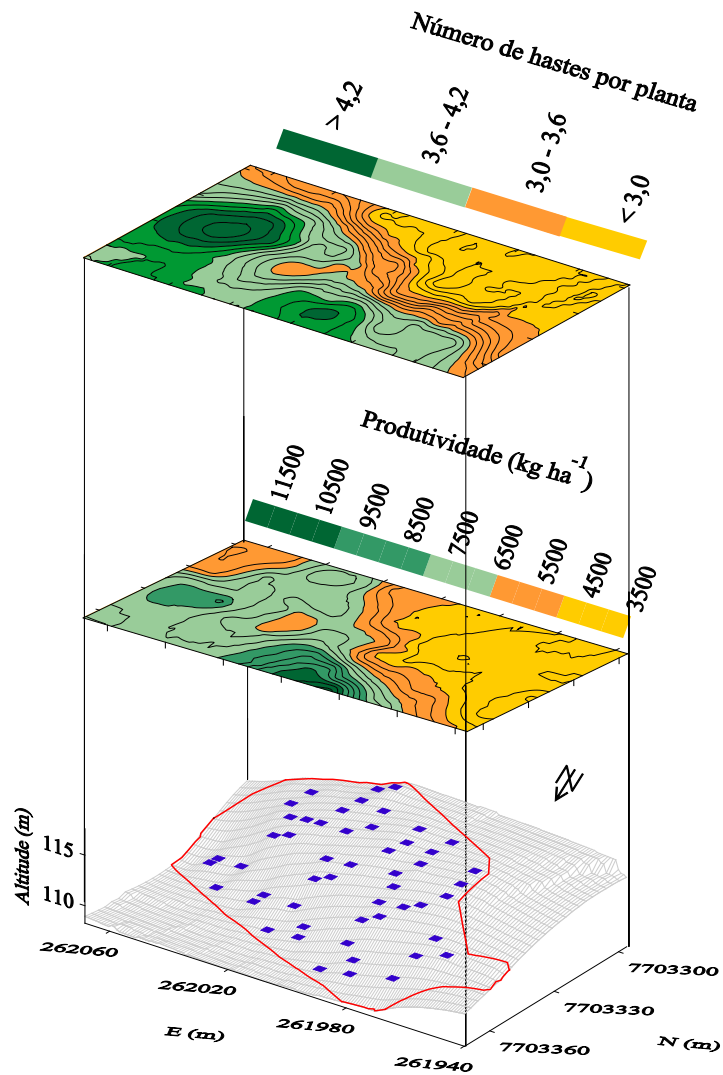


Figura 2 - Modelo digital de elevação e distribuição espacial da produtividade de café conilon seco em coco (*layer inferior*) e do número de hastes por planta, classificada por quartis (*layer superior*) para a safra de 2004/05.

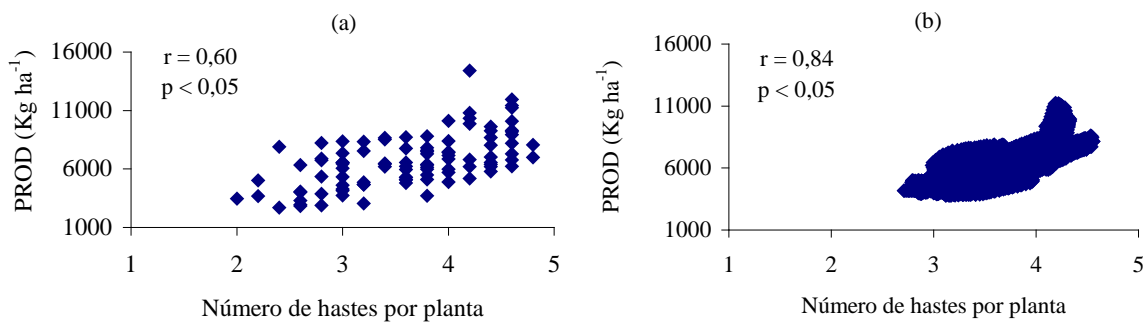


Figura 3 - Correlação linear simples (a) e espacial (b), pixel-a-pixel, entre a produtividade do cafeeiro conilon e o número de hastes por planta.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida ao segundo autor e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) pela disponibilidade da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, D. S. **Análise da variabilidade espacial da produtividade na cafeicultura de montanha com uso de técnicas de sensoriamento**. 2005. 50 f. Dissertação (Mestrado) - UFV. Viçosa, 2005.
- CAMARGO, E. C. G. **Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geostatísticos (krigeagem) no sistema de processamento de informações georreferenciadas (Spring)**. 1997. 123f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional Pesquisa Espaciais, São José dos Campos, 1997.
- CORÁ, J. E.; MARQUES JÚNIOR, J. Atributos do solo para agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. (Coord.) **Simpósio de mecanização e agricultura de precisão**, 26. CONBEA. Poços de Caldas. p. 31-70. 1998.
- ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e relevo**. 2003, 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - ESALQ, Piracicaba, 2003.
- ROBERTSON, G. P. GS⁺: *Geostatistics for the environmental sciences – GS⁺ User's Guide*. Plainwell, Gamma Desing Software, 1998. 152p.
- SANCHEZ, R. B.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de propriedades de latossolo e da produção de café em diferentes superfícies geomórficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 489-495, Campina Grande, 2005.
- TABIOS, G. Q.; SALAS, J. D. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. **Water Resour. Bull.**, v.21, p. 365-80, 1985.
- TRAGMAR, B. B.; YOST, R. S.; WADE, M. K.; UEHARA, G.; SUDJADI, M. Spatial variation of soil properties and rice yield on recently cleared land. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 51, n. 3, p. 668-674, 1987.
- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 56, n.1, p. 1-13, 1997.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVARE, V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.