

## MAPEAMENTO DA PRODUTIVIDADE EM CAFEIROS PROVINDOS DE DIFERENTES CARGAS

**Valdinei dos S. Oliveira<sup>1</sup>; Hélio G. Rocha<sup>2</sup>; Marcio M. Quida<sup>3</sup>**

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento da produtividade em cafeeiros para identificar a variabilidade espacial da produtividade. Avaliou-se três cafeeiros, provenientes de diferentes cargas. A produtividade do cafeeiro foi obtida através de colheita manual. Foram realizadas análises geoestatísticas. Notou-se dependência espacial entre as áreas, diferença observada através do semivariograma e pelo mapa de krigagem.

### INTRODUÇÃO

Segundo BRASIL (2013, p.5), “A produção de café arábica estimada em 36.666,7 mil sacas, corresponde a 77,12% do volume de café produzido no país, e tem como maior produtor o estado de Minas Gerais, com 25,87 milhões de sacas”, demonstrando a grande importância econômica do cultivo. FERRAZ et al., (2012) relatam que o café é umas das culturas de maior importância para a economia do Brasil e que nesse âmbito, é de suma importância conhecer profundamente todas as etapas de manejo que estão relacionadas à cultura desde o plantio à colheita dos frutos.

A agricultura de precisão propõe maximizar a produção, racionalizando o uso de insumos, com redução dos custos e do impacto ambiental, gerenciando a propriedade rural levando-se em conta a variabilidade espacial e temporal da cultura e seus fatores (MOLIN; RABELLO, 2011).

A utilização das técnicas de Agricultura de precisão, na produção cafeeira, pode ser definida como cafeeicultura de precisão e a geoestatística consiste em uma

---

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: [valdinei.nr@gmail.com](mailto:valdinei.nr@gmail.com);

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: [helio.rocha@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:helio.rocha@muz.ifsuldeminas.edu.br)

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: [marcio.maltarolli@muz.edu.br](mailto:marcio.maltarolli@muz.edu.br). Orientador.

ferramenta importante para realização da análise espacial dos dados relacionados à mesma (FERRAZ et al., 2012).

A grande importância que a cafeicultura exerce para região, somada a relevância que a agricultura de precisão presta como ferramenta de gerenciamento, nos aponta para a necessidade de estudos voltados a melhoria e ao desenvolvimento de técnicas mais eficiente para a cafeicultura de precisão. Fundamentado nessa necessidade de estudos, o objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento da produtividade em cafeeiros para identificar a variabilidade espacial da produtividade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade cafeeira no município de Nova Resende, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 21°11'02,83" de latitude Sul, 46°21'42,84" de longitude Oeste e 1001,57 metros de altitude. Foram utilizadas três áreas de *Coffea arabica* para avaliação, sendo a primeira um cafeeiro de 2 anos após plantio [em primeira carga de produção (A1)], com área de 6366 m<sup>2</sup> e duas com cafeeiro de 5 anos após plantio, sendo um deles com área de 5624 m<sup>2</sup> [provindo de produtividade acima da média para região “~30sc.ha<sup>-1</sup>” (A2)] e outro com área de 4394 m<sup>2</sup> [provindo de produtividade abaixo da média para região “~10 sc.ha<sup>-1</sup>” (A3)].

Para a coleta dos dados de produtividade demarcou-se uma malha irregular, num total de 75 pontos amostrais (FERRAZ et al., 2012), divididos igualmente nas três áreas (25 pontos em cada uma), georreferenciados com aparelho GPS de navegação GARMIN® 60CSx. Para identificar os pontos foram colocadas estacas de madeira no local e para referenciar as plantas foram colocadas fitas de transito no terço médio de cada planta, sendo cada ponto amostral composto por seis plantas, três de cada lado da rua.

A produtividade do cafeeiro (L planta<sup>-1</sup>) foi obtida por meio de colheita manual sobre panos e o volume colhido de cada planta, após a abanação, foi medido em recipientes graduados em litros. Após essa medição, foi retirada a média de produtividade dessas 6 plantas, resultando no valor de produtividade para o ponto amostral. Também foram coletados dados referentes a altura e ao diâmetro das plantas.

Depois da coleta dos dados, foram realizadas análises exploratórias e geoestatísticas, através do software estatístico R Development Core Team, por meio de biblioteca geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2001), cuja licença é gratuita.

Nas análises exploratórias dos dados, foram calculados dados da média, mediana, quartil superior e inferior, coeficiente de variação (C.V.), teste de Shapiro Wilk. Com base nos quartis superior e inferior calcularam-se os limites superior e inferior para os valores de produtividade para a determinação de limites discrepantes (TUKEY, 1977 apud MENEGATTI; MOLIN, 2003).

Nas análises geoestatísticas realizou-se um teste de aleatorização por meio da construção de envelopes simulados para verificar a hipótese nula de aleatoriedade espacial (ALVES, 2008). Foram confeccionados e realizado a analisada a dependência espacial, através da construção de semivariograma (JOURNEL e HUIJBREGTS, 1978 apud FERRAZ, 2012), que foi estimado pela seguinte equação:

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

Onde  $N(h)$  é o número de pares experimentais de observação,  $Z(x_1)$  e  $Z(x_1 + h)$ , separados por uma distância  $h$ . O semivariograma é representado pelo gráfico  $\hat{\gamma}(h)$  versus  $h$ . Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de  $\hat{\gamma}(h)$ , são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma denominado de efeito pepita,  $C_0$ ; patamar,  $C_0 + C_1$ ; e  $a$  é o alcance (VIEIRA, 2000).

Para evitar a ocorrência de tendência no modelo, devido ao fato da altura e os diâmetros das plantas serem fatores determinantes para a capacidade produtiva do cafeeiro, foi realizada análise de covariância para a altura, o diâmetro e a correlação diâmetro/altura. Os modelos teóricos testados foram: método da máxima verossimilhança, método dos quadrados mínimos ordinal, método dos quadrados mínimos ponderados e o modelo gaussiano. A avaliação do desempenho de cada modelo se deu através dos seguintes critérios: avaliou-se o erro médio reduzido (ER), o desvio padrão do erro reduzido ( $S_{er}$ ), correlação ( $r$ ) e coeficiente de determinação da regressão ( $R^2$ ), calculados através da validação cruzada.

O modelo de interpolação de dados utilizado para confecção dos mapas foi a krigagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos através das análises exploratórias, expostas na Tabela 1, revelam existência de variabilidade, porém, como no trabalho de Ferraz, *et al.* (2012), não são suficientes para mostrar onde ocorre essa variabilidade. Não foi observada a presença de pontos discrepantes (*outliers*) através do critério dos limites inferior e superior da distribuição.

Tabela 1. Análise exploratória dos dados para a média da variável ( $L \text{ planta}^{-1}$ ).

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	C.V. (%)	Shapiro Wilk
$L \text{ planta}^{-1}$	2,20	18,72	9,42	8,45	48,21	P<0,0005*

\*distribuição não normal pelo teste Shapiro Wilk a 5%.

Os dados produziram o semivariograma sem patamar (figura 1A), indicando tendência, que após modificado tendo como a covariância da relação diâmetro/altura (figura 1B) foi ajustado o Modelo Gaussiano ao semivariograma empírico (figura 1C).

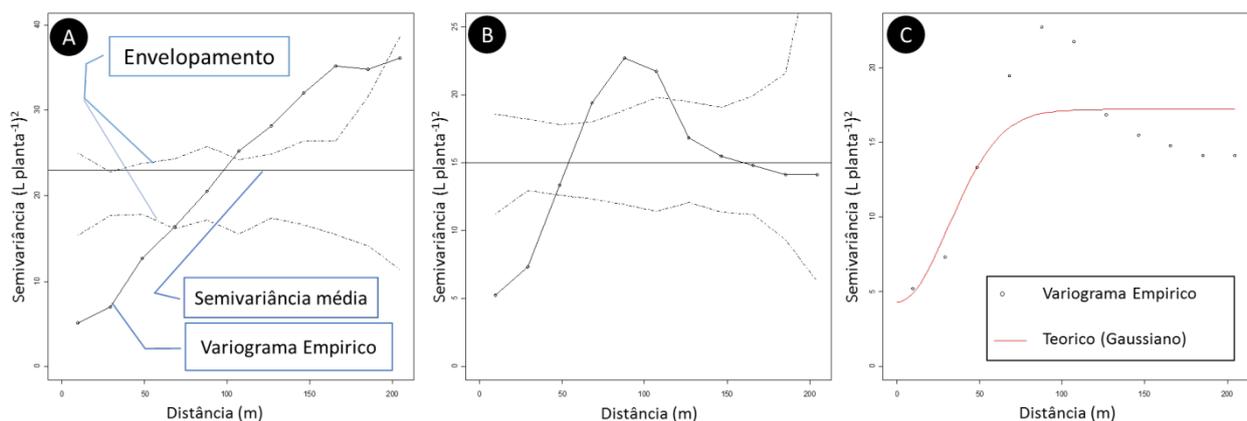


Figura 1. Semivariograma da produtividade (A), Semivariograma da produtividade modificado pela covariância da relação diâmetro/altura (B), Modelo teórico (Gaussiano) ajustado ao semivariograma empírico (C).

Verificou-se a existência de dependência espacial com alcance de 44,28 metros, pois essa reta cruzará o patamar à distância  $a' = 2/3 a$ . Assim o alcance,  $a$ , foi  $a = 3a'/2$  (VIEIRA, 2000). Efeito pepita de 4,3 ( $L \text{ planta}^{-1}$ )<sup>2</sup> e patamar de 12,89 ( $L \text{ planta}^{-1}$ )<sup>2</sup>. As figuras 1A e 1B sugerem que o campo amostrado tenha sido insuficiente, apesar de que o mapa produzido pela Krigagem (figura 2) ter sido bastante coerente com a situação observada na lavoura.

Tabela 2. Modelo e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para produtividade dos cafeeiros.

Modelo	Alcance	Pepita	Patamar	Ser	ER	r	R <sup>2</sup>
Gaussiano	44,28	4,3	12,89	1,0004	-0,00032	0,72	0,85

O mapa de isolinhas estimado por krigagem da variável produtividade é apresentado com os valores agrupados em quatro classes (figura 2) em ordem crescente, sendo a A1 menos produtiva e com pouca variação. A A2 com produtividade média e maior variação entre as áreas e A3 com produtividade alta e média variação espacial entre as áreas.

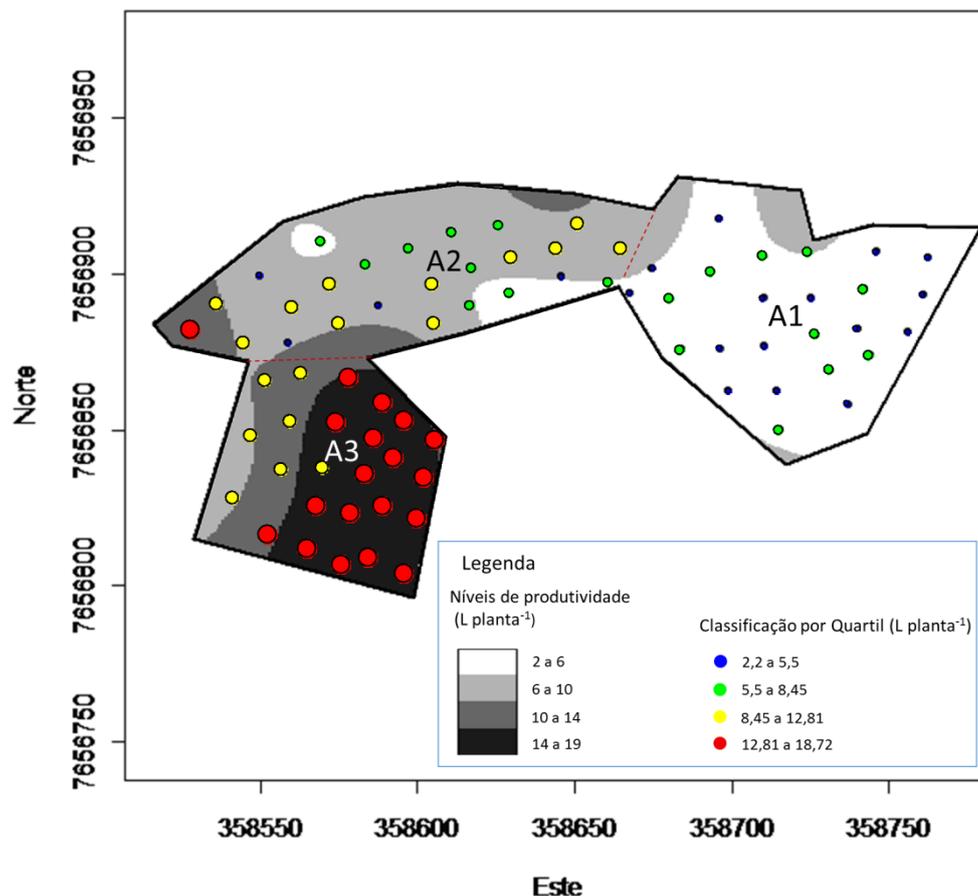


Figura 2. Distribuição da produtividade da lavoura cafeeira, (L Planta<sup>-1</sup>).

## CONCLUSÕES

Através da geoestatística foi possível verificar que existe variabilidade e estruturas de dependência espacial da produtividade nas áreas avaliadas, permitindo o mapeamento através da Krigagem.

O mapeamento nos permite visualizar a possibilidade do uso do mesmo na previsão de safras futuras, para um melhor planejamento das etapas pós colheita e

na determinação de zonas de manejo, para o desenvolvimento de uma agricultura mais racional, sustentável e precisa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, E. L. **Uso de índices fenológicos em modelos de previsão de produtividade do cafeeiro**. 2008. 104 f. Tese (Doutorado – Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008

ALVES, Gabriela de Freitas. **Estudo da variabilidade espacial da ocorrência do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucptera coffdeella* (Guérin-Mèneville & Porrottet, 1842) (Lepdoptera: Lyonetiidae)) em cultivo de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) orgânico em formação, usando geoestatística**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestre) - Ufla, Lavras, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café: Safra 2013. Terceira estimativa, Setembro/2013**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2013.

FERRAZ, G. A. e S. *et al.* Agricultura de Precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p.59-67, 2012. Disponível em: <<http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P. Metodologia para identificação e caracterização de erros em mapas de produtividade1. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.7, n.2, p.367-374, 2003

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudo sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n.1, p.90-101, 2011.

RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. **GeoR, a package for geostatistical analysis**. R-News, New York, v. 1, n. 2, p.15-18. ISSN1609-3631, 2001.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1- 54.