

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA CLOROFILA EM CULTURA DE CAFÉ

Renato A. A. RUAS¹ E-mail: ruas@vicosa.ufv.br, Andréia B. de BRITO¹, Elder S. A. CERQUEIRA¹, Daniel M. de QUEIROZ¹ e Francisco de A. C. PINTO¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Resumo:

A utilização de medidores portáteis de clorofila pode ser uma importante ferramenta para o diagnóstico do teor de nitrogênio nas plantas de café. Desta forma, este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade espacial da clorofila na cultura do café sob pivô-central, por meio da construção de mapas usando geoestatística. O estudo foi realizado em lavoura de *Coffea arabica* L. cv. Catuaí irrigada com sistema pivô-central. O espaçamento da cultura é de 0,65 m entre plantas e de 2,50 m entre linhas. Foram amostradas plantas com intervalos de aproximadamente 2,50 m, utilizando-se os 3º e 4º pares de folhas a partir do ápice de ramos produtivos, na altura mediana da planta. A quantificação da clorofila foi feita por meio do medidor Minolta SPAD-502. Cada planta amostrada foi georreferenciada e criou-se mapas por meio da análise de geoestatística. Os resultados obtidos mostraram que a distribuição de clorofila na lavoura é aleatória, que a distância necessária para coleta de amostras visando a variabilidade é de 6,00 metros; e, que não houve bom ajuste entre valores observados e estimados quando se realizou a interpolação por krigagem.

Palavras-Chave: Agricultura de precisão, medidor de clorofila, geoestatística.

ANALYSIS OF THE SPATIAL VARIABILITY OF THE CHLOROPHYLL IN A COFFEE PLANTATION

Abstract:

The use of portable meters of chlorophyll can be an important tool for estimating the coffee leaves nitrogen. Thus, the objective of this work was to analyze the spatial variability of the chlorophyll in a coffee plantation under pivot-central irrigation system, through the construction of maps using geostatistical analysis. The coffee variety in the area was *Coffea Arabica* L. cv. Catuaí irrigated. The spacing of the culture was of 0.65 m among plants and of 2.50 m among rows. The chlorophyll was measured with intervals of approximately 2.50 m, being used the 3rd and 4th leaves starting from the apex of productive branches, in the medium height of the plant. The quantification of the chlorophyll was made through the meter Minolta SPAD-502. Each plant of sample was georeferenced for producing maps by using geostatistical analysis. It could be concluded that the chlorophyll distribution was random, the necessary distance for collecting of samples to study the variability was of 6.00 meters; and there was not good adjustment among observed values and interpolated values when using geostatistical analysis.

Key words: Precision Agriculture, Chlorophyll Meter, Geostatistics.

Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de café com 28 milhões e 820 mil sacas colhidas na safra 2003/2004 e segundo a previsão da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a safra 2004/2005 deve chegar a 40 milhões de sacas (CONAB, 2004).

Apesar de o Brasil ocupar a posição de maior produtor e exportador mundial de café, MATELLO (2004) considera que a cafeicultura brasileira apresenta além de mão-de-obra cara, clima muito seco e um solo pobre. Isso provoca um desequilíbrio nutricional e o conseqüente aumento de pragas e doenças do cafeeiro. Todos esses fatores exigem um grande investimento por parte do produtor, o que acaba tornando onerosa a atividade. Dessa forma, o processo de globalização e a concorrência internacional fazem com que o Brasil adote novas tecnologias para diferenciar o seu produto e otimizar os recursos de produção (SILVEIRA et al., 2003).

O uso de fertilizantes nitrogenados é um recurso eficaz para aumentar a produtividade, sendo muito importante, o seu diagnóstico. Esse diagnóstico visa identificar carências e, ou, excessos antes que estes possam se manifestar, permitindo assim, corrigi-los antes que representem risco para a produtividade das culturas (MARTINEZ et al., 2003).

A utilização de medidores portáteis de clorofila permite realizar leituras imediatas da clorofila na folha correlacionando-a com o teor de nitrogênio presente na planta, possibilitando assim, a criação de mapas que mostrem variabilidade espacial e/ou temporal da clorofila na área (ARGENTA et al., 2001). A quantidade de luz vermelha absorvida indica a quantidade de clorofila existente na folha (ZOTARELLI et al., 2002). Isso se torna uma informação muito importante para a Agricultura de Precisão uma vez que ela realiza o manejo localizado da cultura, estudando cada porção da área de modo isolado (QUEIROZ et al., 2000).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade espacial da clorofila em cultura do café sob pivô-central, por meio da construção de mapas, usando a geoestatística.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em lavoura de *Coffea arabica* L. cv. Catuaí de 2,10 ha, localizada na Fazenda Jatobá, no município de Paula Cândido-MG.

A idade aproximada da lavoura era de dois anos. O sistema de irrigação utilizado na lavoura foi o sistema de pivô-central, e o solo da área foi caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo. O espaçamento da cultura foi de 0,65 m entre plantas e de 2,50 m entre linhas.

Foi amostrado plantas com intervalos de aproximadamente 2,50 m, utilizando-se os 3º e 4º pares de folhas, a partir do ápice de ramos produtivos, na altura mediana da planta. Em cada planta foram realizadas quatro leituras, considerando-se a média aritmética das quatro leituras. A quantificação da clorofila foi feita por meio do medidor Minolta SPAD-502. A posição de cada planta foi devidamente georeferenciada usando um GPS modelo Pathfinder® Pro XRS™ (Trimble Navigation Limited), cuja precisão era de 50 cm \pm 1 ppm. Rastreou-se a fase da onda portadora do sinal GPS e fez-se correção diferencial pós-processada a partir da base GPS da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) do IBGE localizada no Centro de Vivência no Campus da Universidade Federal de Viçosa. Os dados foram exportados para o programa GS+ (Gamma Design Software) versão 3.1a onde foi realizada a análise geoestatística.

Inicialmente procedeu-se uma análise estatística descritiva dos dados obtidos experimentalmente, na qual foram realizadas análises de medida de posição, de dispersão e análise da forma da distribuição. A escolha do melhor modelo de semivariograma foi feita com base em dois fatores: a) na análise de validação cruzada em que valores estimados de clorofila foram comparados com valores determinados experimentalmente; b) no modelo que possuísse o menor efeito pepita. Foi calculada a relação entre o efeito pepita e o patamar ($Co / (Co+C)^{-1}$). Quanto menor o valor dessa relação, menor era dependência espacial dos dados coletados. A interpolação dos dados amostrados foi realizada pelo método de krigagem por pontos. Geraram-se mapas de isolinhas, onde se procurou observar visualmente a possível existência de tendências na variabilidade espacial da concentração de clorofila na lavoura de café.

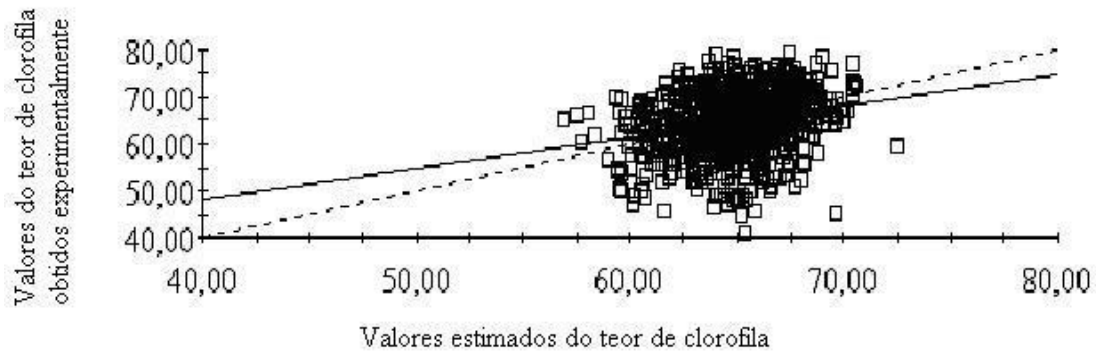
Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise estatística descritiva. O valor médio de clorofila determinado pelo SPAD foi de 64,87, com um mínimo de 41,10 e um máximo de 80,07. Esses valores indicam baixa variabilidade dos pontos amostrados, indicando também que não existem valores discrepantes, pontos atípicos, que poderiam ser atribuídos a erros de determinação, digitação ou de amostragem. Foi observado, também que a amplitude dos quartis inferior e superior é de 8,10, com mediana igual a 65,40. A dispersão em torno da média foi de 6,31, apresentando, portanto, um coeficiente de variação de 9,73%. As medidas da forma da distribuição dos valores amostrados mostram uma tendência à distribuição normal. Isso pode ser observado por meio dos baixos valores de coeficientes de assimetria e de curtose juntamente com seus respectivos erros padrão, ou seja $-0,50$ (0,08) e $0,26$ (0,16), respectivamente.

Tabela 1 - Resultados da análise estatística descritiva realizada para as leituras de SPAD

Medidas de localização						
Média	Mediana	Moda	Valor mínimo	Valor máximo	Quartis inferior	Quartil superior
64,87	65,40	59,00	41,10	80,07	61,15	69,25
Medidas de dispersão						
Desvio padrão		Variância		Coeficiente de variação (%)		
6,31		39,81		9,73		
Medidas da forma da distribuição						
Coeficiente assimetria				Coeficiente de curtose		
$-0,50$ (0,08)				$0,26$ (0,16)		

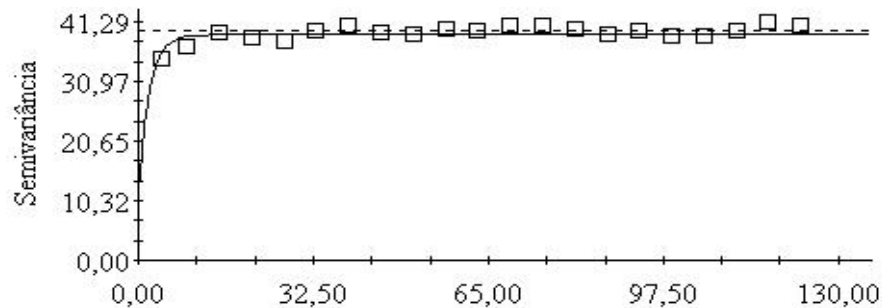
O modelo teórico do semivariograma escolhido foi o modelo exponencial. Quando se realizou a validação cruzada para todos os modelos, foi possível verificar que o maior coeficiente de correlação entre os valores estimados pelo modelo e os obtidos experimentalmente foi obtido quando se utilizou o modelo linear. No entanto, para esse modelo, o valor do efeito pepita foi elevado, indicando que uma elevada quantidade da variabilidade espacial não seria explicada pelo modelo linear. Além disso, observou-se que todos os modelos apresentaram coeficientes de ajuste (r^2) muito baixos, demonstrando pouco ajuste do modelo teórico do semivariograma. Desta forma, optou-se pelo modelo exponencial, uma vez que, apresentava coeficiente de determinação imediatamente abaixo do modelo linear e apresentava menor efeito pepita. Na Figura 1 é apresentado o resultado da análise de validação cruzada para esse modelo. Verifica-se que a nuvem de pontos apresentou-se visivelmente dispersa, indicando descontinuidade da clorofila na área. Isso pode ser comprovado pelo pequeno ajuste (r^2) observado entre as retas que foi de apenas 6,00%.



Coefficiente de Regressão = 0,669 (SE = 0,090, $r^2 = 0,060$); intercepto em y = 21,445

Figura 1 – Valores atuais e estimados obtidos após cálculo da validação cruzada.

Observa-se na Figura 2 as semivariâncias calculadas a partir do modelo exponencial. Para a verificação do alcance nesse modelo, multiplicou-se por três o valor de A_0 fornecido pelo programa. Nesse caso, é possível verificar que o alcance obtido foi de 6,00 metros, ou seja, somente amostras coletadas a distâncias inferiores a 6,00 metros apresentam dependência espacial. A relação observada entre o efeito pepita e o patamar ($C_0 (C_0 + C)^{-1}$) foi de 69% o que demonstra dependência espacial moderada entre os dados amostrados.



Modelo Exponencial ($C_0 = 12,00$; $(C_0 + C) = 39,00$; $A_0 = 2,00$; $R^2 = 0,61$; $RSS = 15,99$)

Figura 2 – Semivariograma obtido de acordo com modelo exponencial.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os mapas de símbolos da distribuição do SPAD para os pontos estudados e o mapa gerado pelo programa GS+. Observa-se que a distribuição da clorofila na área é bastante aleatória. Uma das possíveis explicações para esse fato é que o local onde foram coletados os dados apresentava plantas em diferentes estágios de desenvolvimento. Com isso, é possível que esteja havendo sombreamento das plantas de menores alturas, o que pode estar causando clorose. Além disso, existem diferentes biótipos de café nessa lavoura, o que resulta em diferentes tipos de plantas, algumas originando frutos de coloração amarela e outras, frutos de coloração vermelha.

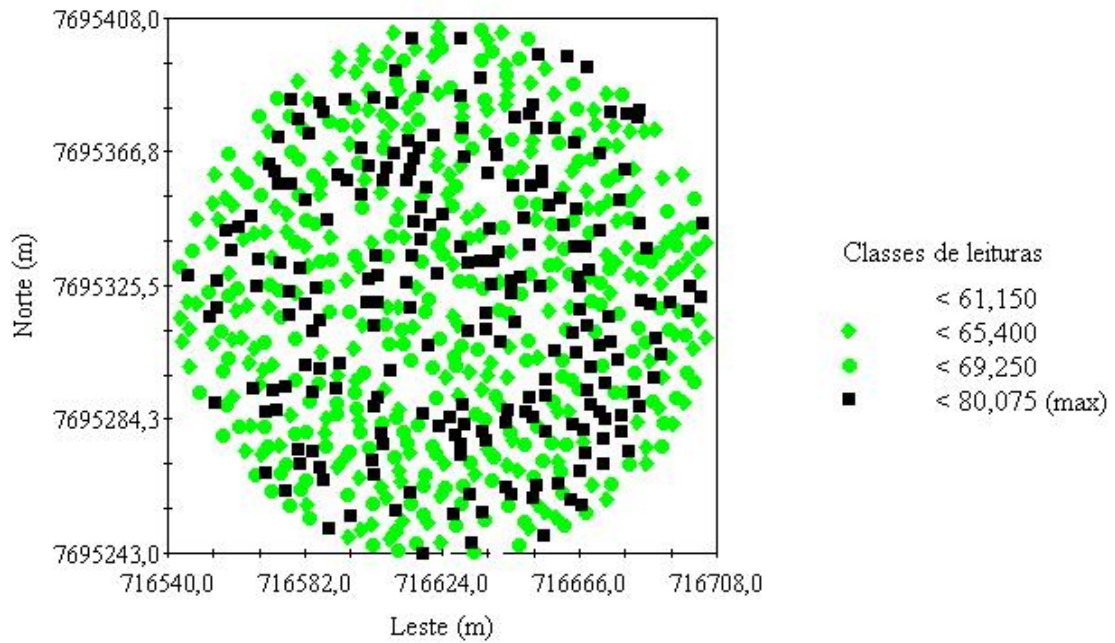


Figura 3 – Mapa mostrando a distribuição real dos pontos.

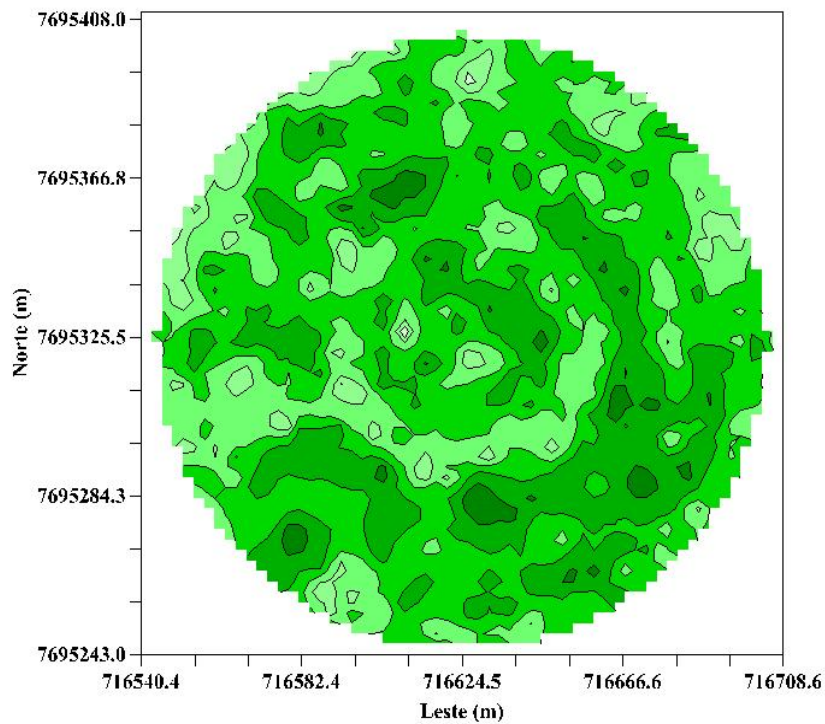


Figura 4 – Mapa gerado pelo programa GS+ mostrando a distribuição espacial da clorofila.

Conclusões

De acordo com os dados observados pôde-se concluir que a distribuição de clorofila na lavoura é aleatória; que a distância mínima necessária para coleta de amostras visando estudos de variabilidade espacial foi de 6,00 metros; que não houve bom ajuste entre valores observados e estimados na validação cruzada; e, que a desuniformidade de altura das plantas pode estar afetando a distribuição de clorofila.

Referência Bibliográfica

ARGENTA, G.; DA SILVA, P.R.F., BARTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STREIDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras - MG, v. 13, n. 2, p. 158- 167, 2001.

MARTINEZ, H. E. P.; NEVES, Y. P.; ZAMBINI, A. V.; Diagnóstico do Estado Nutricional do Cafeeiro. **Produção Integrada de Café**. Ed ZAMBOLIM, L. Viçosa – MG: UFV; DFP, 2003. P 397-442.

QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P.; MANTOVANI, E.C. **Agricultura de precisão na produção de grãos**. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. (ed.). Agricultura de Precisão. Viçosa: UFV, 2000. P. 1-41.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D.; Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v 38, n 9, p 1083 – 1087, set 2003.

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R.; Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na Cultura do Milho. **Comunicado Técnico 55**. EMBRAPA, Seropédica – RJ, 2002.