

---

## VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E TEORES DE MACRONUTRIENTES NAS FOLHAS DE DUAS VARIEDADES DE CAFÉ ARÁBICA

Samuel de Assis Silva<sup>1</sup>, Julião Soares de Souza Lima<sup>2</sup>, Mauri Martins Teixeira<sup>3</sup>

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de duas variedades de café arábica baseado no estado nutricional das plantas, considerando a variabilidade espacial existente nas áreas em estudo. O experimento foi desenvolvido no leste de Minas Gerais, em duas áreas cultivadas com as variedades catucaí e catuai. Determinou-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S nas folhas e a produtividade obtida pelas duas variedades, sendo os dados analisados por meio da geoestatística. Os nutrientes contidos nas folhas e as produtividades obtidas com as duas variedades apresentaram dependência espacial. Evidenciou-se desequilíbrio nutricional em ambas as variedades, sendo que os menores valores de produtividade foram encontradas na variedade, o que pode estar associado principalmente, ao baixo teor de Mg no tecido vegetal.

**Palavras-chave:** geoestatística, estado nutricional, catucaí, catuai.

### ABSTRACT

#### SPATIAL VARIABILITY OF THE MACRONUTRIENTS LEAF AND OF THE PRODUCTIVITY OF THE CULTIVATE OF ARABIC COFFEE

The objective of the work was to evaluate the productivity of two varieties of arabic coffee based on the nutritional status of plants considering the spatial variability exists in the areas under study. The experiment was developed in the east of Minas Gerais in two areas cultivated with the variety catucaí and catuai. It was determined the levels of N, P, K, Ca, Mg, S and productivity for the two varieties, and the data analyzed by geostatistics. The leaf and nutrients, productivity showed spatial dependence in two varieties. There was nutritional imbalance in both varieties, and the lowest values of productivity were found in the variety, mainly due to the low concentration of Mg in leaf.

**Keywords:** geostatistic, nutritional status, catucaí, catuai.

---

**Recebido para publicação em 29/09/2008. Aprovado em 08/07/2009**

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Bolsista CNPq - Brasil, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, CEP 36570-000. Email: samuel-assis@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Associado, Depto. de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, CEP 29500-000. Email: limajss@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, CEP 36570-000. Email: mauri@ufv.br

## INTRODUÇÃO

As lavouras cafeeiras do Brasil são formadas, em sua maioria, por cultivares da espécie *Coffea arabica* L., responsáveis por um produto de boa qualidade e de maior aceitação pelo mercado consumidor (NOGUEIRA et al., 2005), sendo que o Estado de Minas Gerais responde por mais de 50% da produção de café no Brasil (CONAB, 2008).

Apesar da expressividade da cultura do café na economia do Brasil, pouca importância tem sido dada ao estado nutricional do cafeeiro, considerando a análise química das folhas, prática essencial para recomendações de adubações mais equilibradas e economicamente mais ajustadas (BATAGLIA et al., 2004). Esta prática, mesmo considerada importante, não tem sido realizada em diversas localidades de cultivo do cafeeiro.

Por meio da análise química dos tecidos vegetais é possível distinguir sintomas de deficiência nutricional e possibilitar sua correção, de forma a reduzir o seu impacto sobre a produtividade das culturas, por meio da aplicação foliar de fertilizantes que contenham os elementos minerais necessários ao reestabelecimento do equilíbrio das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos elementos envolvidos na nutrição vegetal pode possibilitar a otimização das aplicações de fertilizantes, melhorando, dessa maneira, o controle do sistema de produção das culturas, reduzindo os custos gerados pela alta aplicação de insumos e a degradação ambiental provocada pelo excesso destes nutrientes (ROCHA & LAMPARELLI, 1998).

A aplicação de corretivos e fertilizantes em taxas variadas está intimamente relacionada aos conceitos da agricultura de precisão, que preconiza o tratamento localizado baseado nas diferenças existentes nas lavouras. Para se chegar a uma recomendação de aplicação em taxa variada de algum insumo, há todo um processo de investigação e diagnóstico (MOLIN & MENEGATTI, 2005).

Queiroz et al. (2004) afirmam que a agricultura de precisão pode trazer inúmeros benefícios a cultura do cafeeiro, pois, trata-se de uma cultura de elevada receita por área, sendo seu preço baseado na qualidade do produto dos grãos. O emprego das técnicas de agricultura de precisão pode auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos com melhor qualidade e, até mesmo, no entendimento dos fatores inerentes à mesma, elevando a produtividade e a lucratividade dos produtores.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de duas

variedades de café arábica, com base no estado nutricional das plantas, considerando a variabilidade espacial existente nas áreas em estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no leste de Minas Gerais, no município de Reduto, em duas áreas de uma mesma enconsta cultivadas com *Coffea arabica* L., localizada a 20° 45' 45,4" de latitude S e 41° 32' 9,75" de longitude W. A área situada na porção inferior da enconsta é cultivada com a variedade catucaí e a situada na porção superior com a variedade catuaí, sendo ambas no espaçamento de 2,0 x 0,6 m e com cinco anos de cultivo.

O solo das duas áreas foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo húmico com horizonte A bastante espesso e rico em matéria orgânica, conforme classificação apresentada pela EMBRAPA (2006).

Construiu-se uma malha regular, totalizando 100 pontos amostrais georreferenciados com auxílio de uma estação total, sendo 50 em cada área. Cada ponto amostral foi composto de três plantas.

As avaliações foram realizadas no ano agrícola 2007/2008, sendo que as folhas de cada ponto amostral foram coletadas no início de dezembro de 2007, no intuito de avaliar o seu estado nutricional, sendo colhido amostras de folhas nos quatro pontos cardeais de cada planta, nas três plantas de cafeeiro, em cada ponto, coletando folhas do terceiro e quarto par do ramo produtivo para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, segundo metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997).

A produção foi avaliada em julho de 2008. Para isto, fez-se a determinação da massa do café cereja colhido das três plantas, sendo uma amostra de 1,0 kg de café cereja retirada e colocada em estufa a 70° C até atingir ±12% de teor de água. Com os grãos já secos, efetuou-se o beneficiamento e o cálculo de rendimento, convertendo os valores em produção de grãos de café beneficiado por hectare, de acordo com Tomaz et al. (2005).

Os valores encontrados para os macronutrientes foliares e para a produtividade das duas variedades foram analisados pela estatística descritiva e exploratória. Para a verificação de candidatos a valores discrepantes "outliers", foram analisados os quartis superiores e inferiores e a normalidade dos dados testada pelo teste Shapiro-Wilks, a 5% de probabilidade, utilizando o software Statistica 6.0. Realizou-se, também, uma análise de correlação, de forma a verificar a relação entre

os nutrientes foliares e a produtividade nas duas variedades.

Em seguida, os dados foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência e, neste caso, quantificar o grau de dependência espacial, a partir do ajuste de funções teóricas aos modelos de variogramas experimentais, com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca, conforme equação 1:

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

em que,

N(h) = é o número de pares experimentais de observações Z(xi), Z(xi+h), separados por um vetor h.

No ajuste dos modelos teóricos aos variogramas experimentais, determinou-se os coeficientes efeito pepita (C<sub>0</sub>), patamar (C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>), variância estrutural (C<sub>1</sub>) e alcance (A<sub>0</sub>) pelo software GS+. Na escolha dos modelos, utilizou-se o critério dos mínimos quadrados, optando-se na seleção dos modelos com maior valor de R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação), menor SQR (soma de quadrado dos resíduos) e maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada (GUIMARÃES, 2000).

Para análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizado a relação C<sub>1</sub>/(C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>) e os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera a dependência espacial fraca (IDE < 25%); moderada (25% ≤ IDE < 75%) e forte (IDE ≥ 75%).

**Quadro 1.** Estatística descritiva e distribuição de frequência dos macronutrientes foliares e da produtividade das duas variedades de café arábica.

Atributos	Estatística								
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV%	s	C <sub>s</sub>	C <sub>k</sub>	w
N <sup>1</sup>	3,14	3,13	2,40	3,76	9,27	0,29	-0,42	0,38	ns
N <sup>2</sup>	3,23	3,24	2,57	3,94	10,43	0,34	0,10	-0,28	ns
P <sup>1</sup>	0,12	0,12	0,08	0,17	17,73	0,02	0,60	0,34	ns
P <sup>2</sup>	0,14	0,15	0,08	0,23	23,59	0,03	0,17	-0,17	ns
K <sup>1</sup>	1,48	1,50	1,10	1,95	13,63	0,20	0,39	-0,30	ns
K <sup>2</sup>	1,22	1,20	0,85	1,65	14,14	0,17	0,34	0,13	ns
Ca <sup>1</sup>	1,03	1,02	0,58	1,51	25,04	0,26	0,22	-0,04	ns
Ca <sup>2</sup>	1,04	1,02	0,69	1,46	17,00	0,18	0,50	-0,22	ns
Mg <sup>1</sup>	0,15	0,17	0,06	0,22	26,16	0,04	-0,02	-0,75	*
Mg <sup>2</sup>	0,24	0,22	0,17	0,33	22,10	0,05	0,09	-1,14	*
S <sup>1</sup>	0,08	0,08	0,05	0,11	18,76	0,02	0,34	-0,58	*
S <sup>2</sup>	0,08	0,08	0,05	0,11	14,97	0,01	0,27	0,01	ns
PROD <sup>1</sup>	5,39 b	5,13	1,83	8,66	30,24	1,63	0,28	-0,45	ns
PROD <sup>2</sup>	6,59 a	6,95	2,06	10,6	29,89	1,97	-0,25	0,01	ns

<sup>1</sup> Catuaí; <sup>2</sup> Catuaí; N, P, K, Ca, Mg e S em dag kg<sup>-1</sup>; PROD em Mg ha<sup>-1</sup>; CV% - coeficiente de variação; s – desvio padrão; C<sub>s</sub> – coeficiente de simetria; C<sub>k</sub> – coeficiente de curtose; \* distribuição não normal pelo teste Shapiro Wilk's, a 5% de probabilidade; ns – distribuição normal pelo teste Shapiro Wilk's, a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste t de Student, em nível de 5% de probabilidade.

Comprovada a dependência espacial, estimou-se, em locais não amostrados, valores de teor de macronutrientes e de produtividade pelas duas variedades de café cultivadas, tendo sido confeccionados mapas de distribuição espacial, utilizando-se a krigagem ordinária. Nesse interpolador geoestatístico utiliza-se um estimador linear não-viciado com mínima variância e leva em consideração a estrutura de variabilidade espacial encontrada para o atributo.

As análises geoestatísticas, bem como as interpolações, foram realizadas no software GS+ for Windows, versão 7.0 e os mapas confeccionados utilizando-se o software Surfer, versão 8.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise exploratória, foi possível identificar a presença de valores discrepantes “outliers” no conjunto de dados de teor de nutrientes nas folhas das plantas de café, bem como sua influência sobre as medidas de posição e dispersão, levando-se, assim, à retirada dos mesmos após a reavaliação dos valores nos respectivos pontos amostrais.

Os resultados obtidos pela análise estatística descritiva encontram-se apresentados no Quadro 1. Observa-se que, para todos os atributos avaliados, os valores das medidas de tendência central (média e mediana) ficaram bem próximos, indicando distribuição simétrica, o que foi confirmado pelos valores de assimetria próximos de zero.

Os nutrientes Mg e S na área sob cultivo de catucaí e Mg na área sob cultivo de catuaí apresentaram distribuição platicúrtica, afastando-se da distribuição normal, conforme teste de normalidade de Shapiro-Wilk's, a 5% de probabilidade. Os demais nutrientes, bem como a produtividade nas duas áreas, apresentaram distribuição normal. Segundo Cressie (1991), a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, sendo conveniente apenas que, no gráfico de distribuição normal, o atributo não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as análises. Mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, em que a média e a variabilidade dos dados sejam constantes na área em estudo, ou seja, ocorre a estacionaridade necessária ao uso da geoestatística (ISAACS & SRIVASTAVA, 1989).

Pelos valores médios de teor de nutrientes nas folhas, o estado nutricional das plantas podem ser classificados, segundo Ribeiro et al. (1999), em alto para os níveis de N para a variedade catuaí, baixo para os níveis de K da variedade catucaí e baixo os níveis de Mg e S para as duas variedades. Os níveis de P e Ca estão adequados para as duas variedades, bem como o nível de N para a variedade catucaí.

Comparando as produtividades, o maior valor foi para a variedade catuaí, com média de 6,59 Mg ha<sup>-1</sup>, contra

os 5,39 Mg ha<sup>-1</sup> da variedade catucaí. Apesar da menor produtividade da variedade catucaí, quando comparada à variedade catuaí, o seu valor médio é superior à média nacional, onde a produtividade média dessa variedade está em torno de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> (MATIELLO et al., 2006).

Os valores médios de produtividade de ambas as variedades foram superiores aos encontrados por muitos autores que trabalharam com café em diversas situações. Silva et al. (2008), por exemplo, avaliando a produtividade da variedade catuaí em função de níveis de irrigação encontraram produtividade máxima média de 4,6 Mg ha<sup>-1</sup>.

Os teores de nutrientes nas folhas, bem como as produtividades obtidas pelas duas variedades apresentaram dependência espacial (Quadro 2), indicando que a distribuição nas áreas não é aleatória, mas sofre variação em função da distância entre as amostras. Como os variogramas apresentaram patamares bem definidos, assumiu-se, nesse caso, estacionaridade intrínseca, uma vez que, não se verificou tendência de variação para os nutrientes e as produtividades com as direções. Sanchez et al. (2005), estudando a variabilidade espacial de atributos químicos e a produção de grãos de café em diferentes superfícies geomórficas, observaram dependência espacial para todos os atributos químicos estudados e para a produtividade.

**Quadro 2.** Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados médios para teor de nutrientes foliares e para a produtividade das duas variedades de café arábica

Atributo	Modelos e Parâmetros						
	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	C	A <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	IDE
N <sup>1</sup>	Esférico	0,461	0,911	0,449	73	78	49,4
N <sup>2</sup>	Esférico	0,313	0,940	0,627	19	67	66,7
P <sup>1</sup>	Esférico	0,326	0,814	0,488	25	51	60,0
P <sup>2</sup>	Esférico	0,009	0,482	0,473	14	84	98,1
K <sup>1</sup>	Exponencial	0,149	0,783	0,633	10	79	80,9
K <sup>2</sup>	Esférico	0,194	1,164	0,970	13	59	83,3
Ca <sup>1</sup>	Esférico	0,015	1,167	1,152	29	87	98,7
Ca <sup>2</sup>	Esférico	0,225	1,252	1,027	69	73	82,1
Mg <sup>1</sup>	Esférico	0,513	1,025	0,513	25	68	50,0
Mg <sup>2</sup>	Exponencial	0,276	0,793	0,517	6	58	65,2
S <sup>1</sup>	Esférico	0,125	0,708	0,583	14	75	82,4
S <sup>2</sup>	Esférico	0,063	0,563	0,500	14	73	88,9
PROD <sup>1</sup>	Esférico	0,33	0,96	0,630	18	63	64,0
PROD <sup>2</sup>	Esférico	0,40	1,14	0,740	36	90	65,0

<sup>1</sup> Catucaí; <sup>2</sup> Catuaí; N, P, K, Ca, Mg e S em dag kg<sup>-1</sup>; PROD em Mg ha<sup>-1</sup>; A<sub>0</sub> – alcance; IDE – índice de dependência espacial.

O modelo de variograma teórico que mais se ajustou aos dados nutricionais foi o esférico e, também, para a produtividade das duas variedades. De forma geral, a variedade catucaí apresenta maior continuidade espacial avaliada pelos alcances dos variogramas. Sendo que, o maior alcance foi observado para o teor de N (73 m), na variedade catucaí, enquanto que o menor foi para o teor de Mg (6 m), na variedade catucaí. A produtividade do catucaí apresentou o dobro do alcance do catucaí, com maior continuidade espacial na área.

Na análise do grau de dependência espacial dos atributos em estudo, de acordo com os intervalos propostos por Zimback (2001), os teores dos nutrientes N, P e Mg da variedade catucaí e do N e Mg da variedade catucaí apresentaram moderada dependência, enquanto que os demais nutrientes apresentaram forte dependência espacial. Os dados de produtividade para ambas as variedades apresentaram moderada dependência espacial. Silva et al. (2008), em trabalho de avaliação de cultivo de café, encontraram forte dependência espacial para a produtividade em duas safras agrícolas.

Com exceção aos valores obtidos de teor de N, P, Mg

e a produtividade na área de catucaí e de teor de N e de produtividade na área de catucaí, os valores do efeito pepita ( $C_0$ ) estiveram bem próximos de zero. Uma vez que o  $C_0$  é o valor da semivariância para a distância zero (VIEIRA, 2000) e representa o componente da variabilidade espacial que não pode ser relacionado com uma causa específica (variabilidade ao acaso), quanto menor seu valor, ou seja, quanto menor a variação ao acaso mais precisa é a estimativa, por meio de krigagem, de valores em locais não medidos.

Os mapas temáticos dos nutrientes foliares interpolados por krigagem ordinária, considerando a variabilidade espacial, estão apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3, com a mesma escala para o mesmo nutriente.

Os maiores valores de N para a variedade catucaí foram encontrados nas plantas situadas na porção superior da área, sendo que a maior parte desta área possui plantas com teores de de N no tecido foliar superiores a  $3,15 \text{ dag kg}^{-1}$ . Para a variedade catucaí, a distribuição do teor de N nas folhas segue a elevação do terreno, sendo que as plantas cujo teor foliar de N é maior situam-se na porção superior da área com acréscimo gradual destes níveis de acordo com a elevação das cotas.

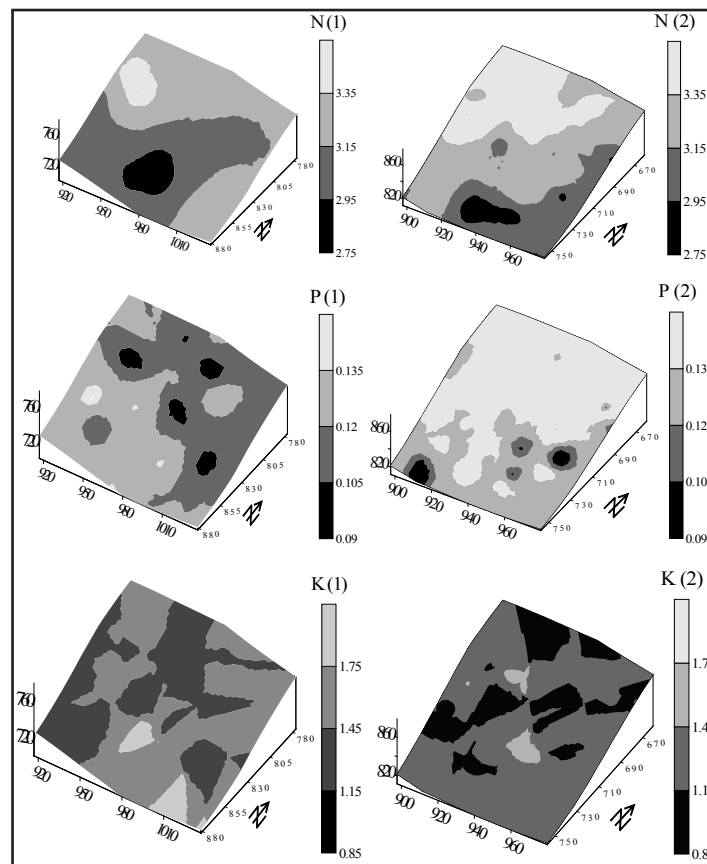


Figura 1. Mapas de isolinhas dos nutrientes foliares N, P e K ( $\text{dag kg}^{-1}$ ) na área sob cultivo do café catucaí (1) e catucaí (2).

Analisado pelos teores de K, a variedade catuaí, de forma geral, apresenta maior equilíbrio nutricional que a variedade catucaí, com maior proporção de plantas com teores superiores à  $0,135 \text{ dag kg}^{-1}$ . Os teores de K estão semelhantes para as duas variedades, com valores um pouco mais elevados na variedade catucaí.

Os teores de Ca (Figura 2) nas folhas das plantas de catuaí foram superiores a  $0,9 \text{ dag kg}^{-1}$ , enquanto que os teores do mesmo nutriente nas folhas das plantas de catucaí, devido ao menor alcance, apresentam maior amplitude, tendo sido obtidos valores inferiores a  $0,76$  e superiores a  $1,32 \text{ dag kg}^{-1}$ .

As plantas de catucaí apresentam desequilíbrio, em termos nutricionais, para o Mg, tendo sido obtido, na sua totalidade, teores inferiores a  $0,22 \text{ dag kg}^{-1}$ . Baixas concentrações de Mg nos tecidos vegetais pode conduzir a processo de cloroses intervenais, necrose foliar, encurtamento de entrenós, zonas mais velhas das plantas, culminando em redução do crescimento vegetal, inibição da floração, morte prematura das folhas, degeneração dos frutos e, conseqüentemente, redução na produtividade da cultura (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Quanto aos teores de enxofre, estes ficaram semelhantes nas duas variedades, apesar da presença de microregião na área sob catucaí, onde há concentração de plantas, nas quais os teores encontrados no tecido são inferiores a  $0,067 \text{ dag kg}^{-1}$ . Na área sob catuaí, as plantas, com exceção das situadas nas porções mais baixas da área, onde os teores ficaram entre  $0,082$  e  $0,097 \text{ dag kg}^{-1}$ , apresentam valores entre  $0,067$  e  $0,082 \text{ dag kg}^{-1}$ .

Conforme discutido anteriormente, a produtividade (Figura 3) foi superior na variedade catuaí, com a maior proporção da área com valores superiores a  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ , enquanto que na variedade catucaí, a maior proporção da área apresenta produtividade entre  $4$  e  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Molin et al. (2002) encontrou grande variação na produtividade de cafeeiros arábica, com valores mínimos de  $1,32 \text{ Mg ha}^{-1}$  e máximos de  $5 \text{ Mg ha}^{-1}$ , o que justifica essa grande variação entre as duas variedades, uma vez que, ambas possuem grande potencial produtivo. Balastreire et al. (2001) realizaram mapeamento da produtividade da cultura do cafeeiro, no município de Pinhal-SP, e verificaram variabilidade da produtividade de grãos de café, a partir do mínimo de  $1,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  e máximo de  $18,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

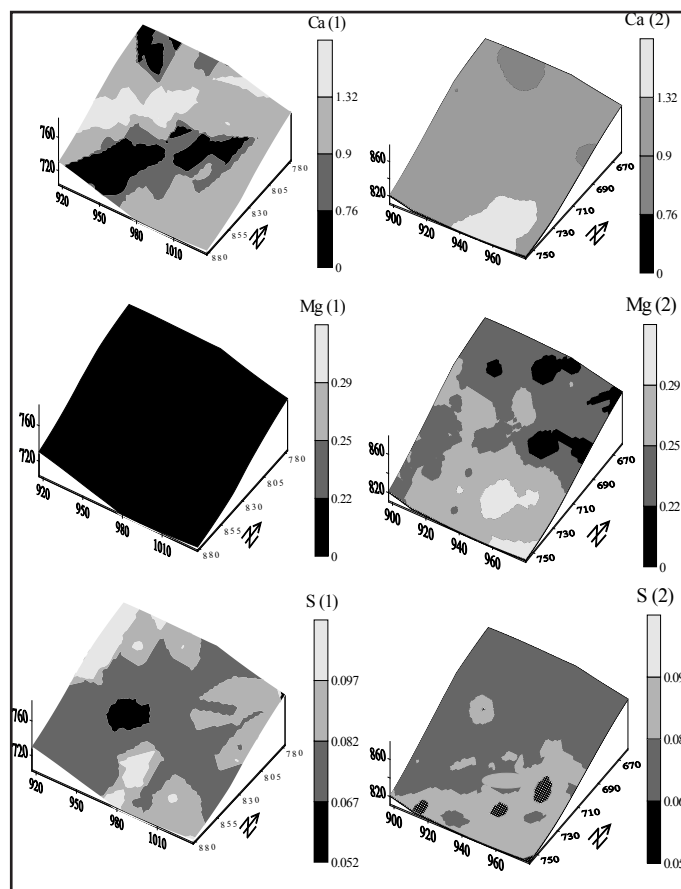


Figura 2. Mapas de isolinhas dos nutrientes foliares Ca, Mg e S ( $\text{dag kg}^{-1}$ ) na área sob cultivo de café catucaí (1) e catuaí (2).

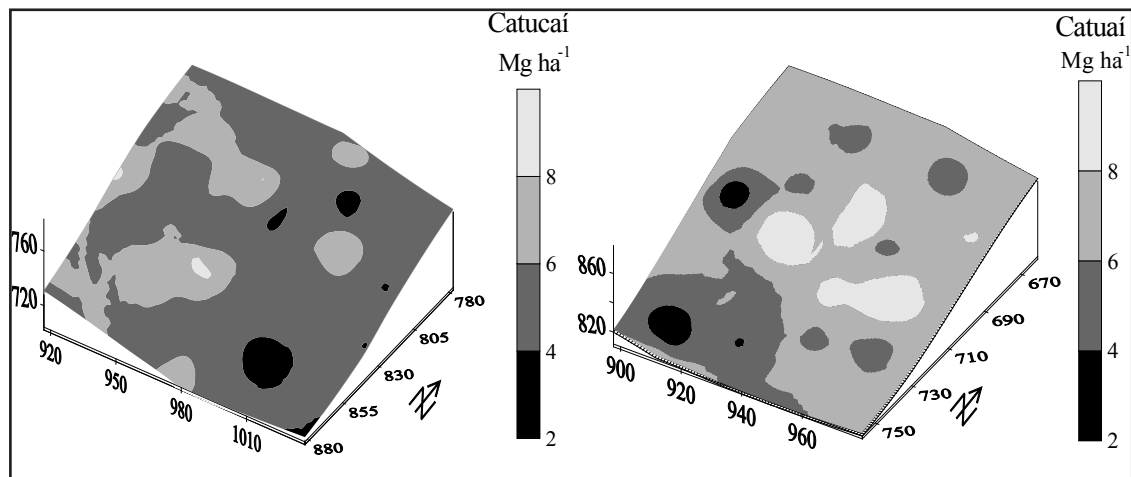


Figura 3. Mapas de isolinhas da produtividade das variedades catucaí (1) e catucaí (2).

Quadro 3. Correlação de Pearson entre os nutrientes foliares e a produtividade das duas variedades de café arábica.

Atributos	Produtividade	
	Catucaí	Catucaí
N	-0,04	-0,23
P	-0,15	-0,04
K	0,02	-0,18
Ca	-0,21	-0,21
Mg	-0,36*	-0,19
S	-0,11	-0,09

\* Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade.

Os teores de Mg foram decisivos para a redução na produtividade da variedade catucaí (Quadro 3). A correlação negativa e baixa entre esse nutriente e a produtividade indica que, em plantas com menores concentrações desse nutriente, a produtividade foi menor do que no restante da área, apesar de terem sido encontrados teores muito baixos desse nutriente nas plantas, como um todo. Isso se justifica, uma vez que o Mg, por ser um elemento fundamental na composição da clorofila, a qual participa no processo de síntese dos hidratos de carbono, determina o volume da produção final das culturas (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Tomaz et al. (2003) ressalta que as plantas de café mais eficientes no uso de Mg e que encontram disponibilidade desse nutriente são mais produtivas, sendo que o baixo teor do nutriente nos tecidos vegetais pode estar associado a uma deficiência nutricional mais séria, ou mesmo a problemas de translocação na planta.

## CONCLUSÕES

- O teor de nutrientes nas folhas bem como a produtividade das culturas apresentaram dependência espacial, o que permitiu evidenciar desequilíbrio nutricional nas plantas.
- As variedades apresentaram produtividade elevada, sendo maior na variedade catucaí quando comparada à variedade catucaí, pela menor concentração de Mg no tecido vegetal dessa última.
- A variedade catucaí apresentou alcance de dependência espacial duas vezes maior que a variedade catucaí.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro por meio de bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALASTREIRE, L.A. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade de uma cultura de café (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2001. CD-ROM.

BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; SANTOS, W. R.; ABREU, M. F. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e freqüência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.253-263, 2004.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - Café**. Brasília, 2008. 18p.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Planta Editora. 2 ed. 2006. 403p.

GUIMARÃES, E. C. **Variabilidade espacial de atributos de uma latossolo vermelho escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. 2000. 85 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **Applied geostatistics: introduction to applied geostatistics**. Oxford: University Press, 1989. 561p.

MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R.; FERREIRA, R.A.; CARVALHO, C.H.S. Produtividade de progênes avançadas provenientes de híbridos resistentes à ferrugem do cafeeiro no sul de Minas. In: 32º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, **Anais...** Poços de Caldas, MG. 2006. p.37.

MOLIN, J, P; MENEGATTI, L. Aplicação com taxa variável: tratamento localizado. **Cultivar Máquinas**, Pelotas. v. 3, n. 44, p.22-26, 2005.

MOLIN, J. P.; RIBEIRO FILHO, A. C.; TORRES, F. P.; SHIRAI, L. E.; SARTORI, S.; SARRIÉS, G. A. Mapeamento da produtividade de café e sua correlação com componentes de fertilidade do solo em duas áreas pilotos. In: BALASTREIRE, L. A. **Avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1999-2001**. Piracicaba: Potafos, 2002. p. 58-65.

QUEIROZ, D. M.; PINTO, F.A.C; ZANDONADI, R.S.; EMERICH, I.N.; SENA JUNIOR, D.G. **Uso de Técnicas de Agricultura de Precisão para a Cafeicultura de Montanha**. In: ZAMBOLIM.(Ed.) Efeitos da Irrigação sobre a Qualidade e Produtividade do Café. Viçosa, MG. p. 77-108, 2004.

ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Geoprocessamento. In: SILVA, F.M. **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFV, 1998. Cap.1, p.1-30.

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**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 489-495, 2005.

SILVA, A. C.; SILVA, A. M. da; COELHO, G.; REZENDE, F. C.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de



irrigação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.1, p.21-25, 2008.

SILVA, F. M. da; SOUZA, Z. M. de; FIGUEIREDO, C. A. P. de; VIEIRA, L. H. de S.; OLIVEIRA, E. de. Variabilidade espacial de atributos químicos e da produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev., 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A.; FREITAS, R. S. de. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de plantas de *Coffea arabica* L.. **Ciência Rural**, v.35, n.3, mai-jun, 2005.

TOMAZ, M. A.; SILVA, S. R.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:885-892, 2003.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.