

---

## TAXA VARIADA DE P E K EM UM CAFEZAL E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE

José Paulo Molin<sup>1</sup>, Anamari Viegas De Araújo Motomiya<sup>2</sup>, Flávia Roncato Frasson<sup>3</sup>, Giuliano Marchini Senatore<sup>3</sup>, Gustavo Di Chiacchio Faulin<sup>2</sup>, Takeshi Kubotsu<sup>4</sup>, Wanderson Tosta<sup>4</sup>

### Resumo

A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e da cultura encontrada nos talhões, visando à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade na cultura do café em relação à aplicação de fósforo e potássio em taxa variada, no ano de 2004. Para tanto foi conduzido um experimento em faixas (linhas da cultura) com dois tratamentos alternados (aplicação de P e K em taxa fixa adotada pelo produtor e em taxa variada) em um talhão de 6,4 ha, utilizando equipamentos apropriados para aplicação dos fertilizantes e mapeamento da colheita mecanizada. Os dados foram analisados pela estatística descritiva e geoestatística. A aplicação da técnica de krigagem possibilitou a estimação dos valores em locais não amostrados e a elaboração dos mapas de aplicação de fertilizantes e de produtividade. A área que recebeu aplicação de fertilizantes em taxa variada apresentou 34% de aumento de produtividade ( $880 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em relação àquela que recebeu taxa fixa. A adubação em taxa variada proporcionou uma economia de 23% ( $98 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de fertilizante fosfatado e um acréscimo de 13% ( $53 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de fertilizante potássico, se comparado à adubação em taxa fixa.

**Palavras-Chaves:** agricultura de precisão, mapa de produtividade, fertilidade do solo

## VARIABLE P AND K RATES ON A COFFEE PLANTATION AND THEIR INFLUENCE ON YIELD

### Summary

Precision agriculture is an agricultural management system based on the spatial variation of soil and crop properties as found in different areas or stands, with the objective of optimizing profit and environmental sustainability and protection. The objective of this work was to evaluate coffee yield related to the application of phosphorus and potassium at variable rates, in the year 2004. To that effect, an experiment was conducted in swaths (crop rows) comprising two alternate treatments (applications of P and K at fixed rates adopted by the producer and at variable rates) in a 6.4 ha stand, using suitable equipment for fertilizer application and mechanized harvest mapping. The data were analyzed by descriptive statistics, geostatistics, correlation, and regression. Application of the kriging technique allowed the estimation of values at unsampled locations and the preparation of fertilizer application and yield maps. The area that received fertilizer applications at a variable rate showed a 34% yield increase

(880 kg.ha<sup>-1</sup>) in relation to the area that received a fixed rate. The variable-rate fertilization provided an economy of 23% (98 kg.ha<sup>-1</sup>) in phosphate fertilizer and a 13% increase (53 kg.ha<sup>-1</sup>) in potassium fertilizer, when compared against fixed-rate fertilization.

**Keywords:** precision agriculture, yield map, soil fertility

### Introdução

A cultura do café teve grande influência na colonização e desenvolvimento do Brasil e assume hoje um importante papel econômico e social. O país é o maior produtor e exportador mundial de café, envolvendo direta ou indiretamente, aproximadamente dez milhões de pessoas, desde a produção até a industrialização e comercialização.

Segundo WIEZEL (1981), para a sobrevivência da cafeicultura, o Brasil tem que seguir o caminho da qualidade. O café é dos poucos produtos agrícolas cujo preço é baseado em parâmetros qualitativos, variando significativamente o valor com a melhoria de sua qualidade. Assim sendo, o amplo conhecimento das técnicas de produção de café de alta qualidade é indispensável para uma cafeicultura moderna. Com isso há a necessidade de se utilizar novas ferramentas de gerenciamento como a agricultura de precisão (AP).

AP é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e da planta encontrada nos talhões e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. Trata-se de um conjunto de tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da produção (SCHUELLER, 1992).

No final da década de 1980 ocorreram as primeiras tentativas para a mensuração do escoamento de grãos em colhedoras combinadas. Mais recentemente, com os avanços da AP, diversas outras culturas têm recebido atenção no desenvolvimento de monitores de produtividade. A colheita mecanizada do café iniciou-se no Brasil em 1979, com o lançamento da Colhedeira de Café K3 pela firma empresa Máquinas Agrícolas Jacto, e as técnicas de agricultura de precisão referentes à cultura do café somente recentemente têm gerado debates importantes (MOLIN et al., 2002). No Ano de 2000, um sistema automático para mensuração de fluxo volumétrico de café colhido mecanicamente foi desenvolvido e incorporado pela Jacto na colhedora de café Jacto K-3 e testado em duas lavouras de café no estado de São Paulo, Brasil. A obtenção de dados de produtividade mostrou-se apropriada, prática, suficientemente acurada e possível de ser incorporada ao projeto da colhedora (SARTORI et al., 2002). Em experimento conduzido nessas mesmas lavouras MOLIN et al. (2002) observaram uma acentuada variabilidade da produtividade nos dois talhões, o que indicou a viabilidade de definição de unidades de gerenciamento diferenciado, especialmente para aplicação de fertilizantes. Ainda, segundo os mesmos autores, correlações entre componentes da fertilidade do solo e a produtividade, apesar dos baixos valores obtidos, ofereceram importantes indicações.

A adubação é uma ferramenta complementar no conjunto solo-planta-clima. Dado o equilíbrio de cada nutriente e a necessidade de resposta da estratégia de adubação, a antecipação da adubação fosfatada mostra-se viável tanto técnica quanto operacionalmente, sendo o período que antecede o florescimento do cafeeiro o momento mais oportuno. Considerando que o custo de fertilizantes contribui com aproximadamente 30% do custo total da produção (FAGERIA, 1998), a otimização da eficiência nutricional é fundamental para melhorar a produtividade e reduzir o custo de produção.

Diante da necessidade de uma adubação correta para garantir a quantidade e qualidade da produtividade de um cafezal o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da produtividade na cultura do café em relação à aplicação dos nutrientes fósforo e potássio em taxa variada, segundo a necessidade indicada a partir de amostragem localizada do solo.

### Material e Métodos

A área experimental localiza-se no município de Galha, SP, com coordenadas de 22° 18' de latitude sul e 49° 36' de longitude oeste e abrange solos da classe Latossolo Vermelho Amarelo álico, distrófico, A fraco, apresentando relevo suave ondulado e boa drenagem. A área de 6,4 ha vem sendo cultivada com café (*Coffea arabica*) variedade arábica, cultivar Mundo Novo há 11 anos.

A produtividade foi monitorada, em 2004, por um monitor de produtividade que equipa a colhedora (descrito por SARTORI et al., 2002). A amostragem de solo visando à recomendação de adubação em taxa variada para o experimento foi realizada em agosto de 2003, com um total de 16 pontos de amostragem em malha ajustada pelas linhas da cultura. Em cada ponto foram coletadas, com a utilização de um trado de rosca, 10 sub-amostras de material de solo para compor uma amostra composta representativa do ponto de amostragem, na profundidade de 0,00-0,20 m. Seguindo o padrão de amostragem utilizado pelo agricultor, foram coletadas duas amostras compostas (20 sub-amostras), sendo uma na região da projeção da copa das plantas e uma no centro das ruas, assim os valores de P e K encontrados foram analisados pela estatística descritiva e testada a normalidade dos mesmos.

Com base nos teores de nutrientes obtidos pela análise de solo, foram realizadas as recomendações de adubação com  $K_2O$  e  $P_2O_5$  nos respectivos pontos de amostragem, conforme critérios estabelecidos por RAIJ et al. (1996), para a adubação do cafeeiro. Para a aplicação em taxa variada foram adotados os resultados provenientes das amostras obtidas nos pontos da malha amostral, e em taxa fixa, os resultados obtidos das amostras compostas da região da projeção da copa das plantas e do centro das ruas (prática adotada pelo agricultor).

A análise de dependência espacial das variáveis de solo e produtividade (café beneficiado) foram realizadas por meio do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas (TVR), utilizando o programa GS+ (ROBERTSON, 1998). Segundo TRANGMAR et al. (1985), a aplicação da TVR assume que a semivariância entre quaisquer dois locais na região de estudo depende somente da distância e direção de separação das duas locações e não da sua localização geográfica. A semivariância em uma dada distância  $h$  é estimada como a

média da diferença ao quadrado em todas as observações separadas pela distância, sendo que o semivariograma é a representação gráfica da semivariância em função da distância  $h$  (WEBSTER, 1985).

Como não houve ajuste dos dados de recomendação de  $K_2O$  e  $P_2O_5$  ao semivariograma, a interpolação foi realizada utilizando o método da krigagem linear em células de 10 m. Os valores interpolados foram utilizados para elaboração dos mapas de aplicação dos fertilizantes, dividindo o valor de cada célula pelo teor de pureza da fonte de fertilizante utilizada (0,18 para a fonte cloreto de potássio (KCl) e 0,58 para o superfosfato simples (SS)). A adubação de potássio foi parcelada em duas aplicações iguais, sendo que as doses variaram de 124 a 258  $kg \cdot ha^{-1}$  de KCl, enquanto a adução de fósforo foi em aplicação única, que variou de 123 a 442  $kg \cdot ha^{-1}$  de SS. A elaboração dos mapas foi efetuada utilizando o SIG SSToolbox (SST Development Group®).

A aplicação dos fertilizantes foi realizada em faixas, equivalentes às fileiras das plantas, e com operação individual para as duas aplicações de KCl e uma de SS. Para a aplicação foi utilizado um protótipo de adubadora de arrasto, com dosadores volumétricos de duas esteiras individuais, e distribuição pneumática na faixa da projeção da copa das plantas. A máquina foi equipada com controlador para aplicação em taxa variada governada pela velocidade da esteira, combinada com a variação da altura da comporta sobre a esteira. A máquina foi tracionada por um trator deslocando-se a 1,82  $m \cdot s^{-1}$ . A adubadora aplicava o fertilizante em taxa variada no seu lado direito, respeitando o mapa de recomendação, enquanto do seu lado esquerdo realizava a aplicação adotada pelo agricultor. As adubações foram realizadas em novembro de 2003, com a dose total de SS e primeira aplicação de KCl e em dezembro de 2003 com a segunda aplicação de KCl.

A colheita foi realizada no final de julho de 2004 com uma colhedora modelo K3 (Jacto®), equipada com monitor de produtividade. Com isso foi possível a separação dos dados de produtividade das faixas que foram tratadas com taxa variada daquelas tratadas com taxa fixa de fertilizantes. Foram considerados os dados de café beneficiado para realização das análises estatísticas, sendo que o fator para converter o volume de café de campo mensurado pelo monitor para peso de café beneficiado foi 0,170, referente à média de três amostras coletadas na área, com CV de 4,86%.

Os dados de produtividade foram submetidos a uma filtragem, para retirada de valores discrepantes, adotando a metodologia adaptada de MENEGATTI & MOLIN (2003). A partir do conjunto de dados filtrados foram realizadas as análises de estatística descritiva, regressão linear para verificação da interação entre os teores de P e K no solo após a aplicação de fertilizantes em taxa variada e a produtividade, geoestatística e interpolação para geração de mapas.

## Resultados e Discussão

Os resultados da análise estatística descritiva dos teores de P e K amostrados e as quantidades dos adubos superfosfato simples (SS) e cloreto de potássio (KCl) recomendados encontram-se na Tabela 1. De acordo com os limites estabelecidos para os níveis de fertilidade do solo, para a cultura do café na região do ensaio (RAIJ et al., 1996), os valores médios dos teores de P e K na camada de 0,00-0,20 m apresentaram-se médio e baixo respectivamente.

Embora, em geral, a média dos valores das variáveis para toda a área estudada situem-se nas faixas de fertilidade média, os valores de P apresentaram grande amplitude, com teores que variam desde 5 a 39 mg dm<sup>-3</sup>, ou seja, existem regiões na área nas quais os teores de P passam pelos níveis muito baixo, baixo, médio e alto. A variável K apresentou menor amplitude, com teores variando de 0,5 a 1,4 mmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, situando-se na faixa de teores muito baixos a baixos (RAIJ et al., 1996).

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva dos teores de fósforo (P) e potássio (K) observados no solo e as quantidades dos adubos superfosfato simples (SS) e cloreto de potássio (KCl) recomendados.

	Observado		Recomendado	
	P mg.dm <sup>-3</sup>	K mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SS kg.ha <sup>-1</sup>	KCl
Média	13,58	0,91	305,56	382,76
Coef. de variação (%)	69,36	25,64	30,93	21,66
Curtose	1,52	0,64	-0,59	-0,38
Assimetria	1,30	0,76	-0,04	0,88
Mínimo	5,00	0,50	111,11	241,38
Máximo	39,00	1,40	444,44	517,24
Número de amostras	19	19	19	19
Pr < W	0,0053	0,1332		

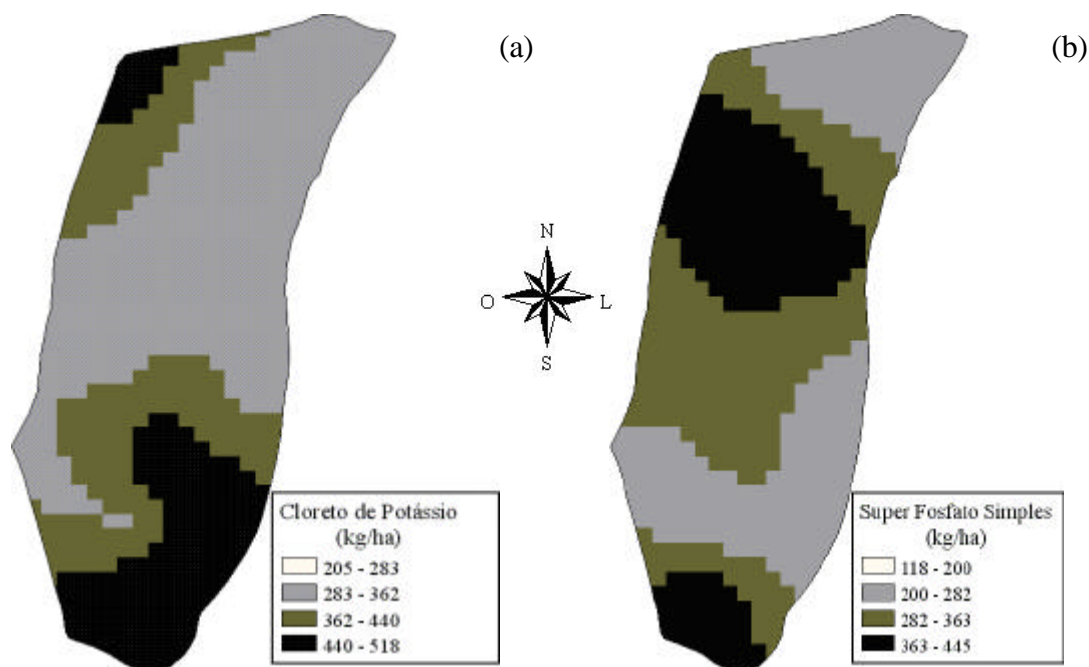
Para SALVIANO et al. (1998) a amplitude total deve ser vista com muita reserva, já que essa medida leva em consideração apenas os dois valores extremos de um conjunto de dados, sendo muitas vezes afetada por um valor particularmente discrepante. A grande amplitude nos teores de nutrientes em um talhão pode causar problemas quando se utiliza a média para a realização do gerenciamento da área: em alguns locais a aplicação de fertilizantes será subdimensionada e em outros haverá aplicação excessiva. Isto resulta em prejuízos econômicos pela aplicação desnecessária, prejuízos à cultura pela deficiência nas áreas de alta demanda e efeito deletério sobre o meio ambiente nas áreas de baixa demanda.

A variável P não apresentou resultados significativos (P<0,05) no teste de normalidade SHAPIRO & WILK (1965), enquanto que a variável K apresentou distribuição normal (P>0,05). SOUZA (1992), avaliando a variabilidade do solo sob diferentes sistemas de manejo, observou uma distribuição lognormal para P e K. A mesma situação foi observada por CAMBARDELLA et al. (1994), onde a log-transformação dos dados reduziu a assimetria, porém a distribuição ainda apresentou curtose, indicando uma maior falha na redução da curtose do que na assimetria. Segundo SCHLOTZHAUER & LITTELL (1997), a ocorrência de valores de assimetria positivos nos atributos que seguem a distribuição lognormal é indicativo da maior frequência de valores menores do que a média e poucos valores maiores do que ela, confirmando os resultados encontrados por SOUZA et al. (1998), segundo os quais, para áreas adubadas, isto pode ser o resultado da aplicação não uniforme de fertilizantes. Assim, ocorrem no campo alguns locais com menores teores de nutrientes e outros com teores maiores, indicando, segundo CORÁ (1997), a alteração da variabilidade causada pelo manejo.

Seguindo os critérios estabelecidos por WILDING & DREES (1983) para a análise dos coeficientes de variação, a variável K apresentou moderada variabilidade ( $15\% < CV < 35\%$ ), enquanto que a variável P apresentou elevada variabilidade ( $CV > 35\%$ ), confirmando resultados obtidos por SALVIANO et al. (1998) em uma associação de solos Podzólico Vermelho-amarelo + Litólico. CHIEN et al. (1997), trabalhando em solos aluviais cultivados com arroz, obtiveram valores de CV extremamente altos para P (199%), sendo esta alta variabilidade atribuída aos efeitos de adubação do solo.

Para as variáveis P e K, as quais não apresentaram ajuste ao semivariograma, utilizou-se a interpolação por krigagem linear. Com os valores estimados pela krigagem, foram gerados os mapas de distribuição espacial das variáveis.

Os mapas de distribuição espacial das doses de fertilizantes fosfatado e potássico aplicados em taxa variada encontram-se na Figura 1. Observa-se que há uma região central no mapa que necessita de maiores doses de fertilizante fosfatado. Sobrepondo-se a esta região, embora apresente um delineamento diferente, há uma região que necessita de doses menores de K. Na parte inferior do mapa, as duas variáveis apresentam um padrão semelhante de variabilidade, necessitando de maiores doses de ambos os fertilizantes. Ressalta-se que a dose de fertilizante potássico aplicado em taxa fixa corresponde à menor dose aplicada em taxa variada. Este fato pode vir a causar sérios problemas nutricionais à cultura, que apresenta uma grande exigência pelo nutriente potássio (GALLO et al., 1999).



**Figura 1.** Mapa de aplicação de cloreto de potássio (KCl) parcelado em duas aplicações (a) e de superfosfato simples (SS) (b), realizadas em 2003.

A análise de variância dos dados de produtividade (utilizando uma aproximação do Teste t, uma vez que não houve homogeneidade de variâncias) revelou que houve uma diferença altamente significativa ( $\alpha < 0,01$ ) na média da produtividade entre a área que recebeu aplicação de fertilizantes em taxa variada e a que recebeu em taxa fixa (Tabela 2). A variabilidade dos dados de produtividade expressa pelo coeficiente de variação foi maior na área adubada em taxa variada, em contraste com os dados de P e K.

Considerando a área total de 6,4 ha, a produtividade média com adubação em taxa variada, foi de 2556,6 kg.ha<sup>-1</sup>, resultando numa produção total de 16,3 t, enquanto a produtividade média com adubação em taxa fixa foi de 1677,9 kg.ha<sup>-1</sup>, resultando numa produção total de 10,7 t. A diferença representa cerca de 34 % de produtividade, ou seja, a área previamente adubada em taxa fixa obteve uma produtividade de 66 % da produtividade da área adubada em taxa variada.

**Tabela 2** – Análise estatística dos dados de produtividade de café beneficiado expressa em kg.ha<sup>-1</sup>, para o ano de 2004.

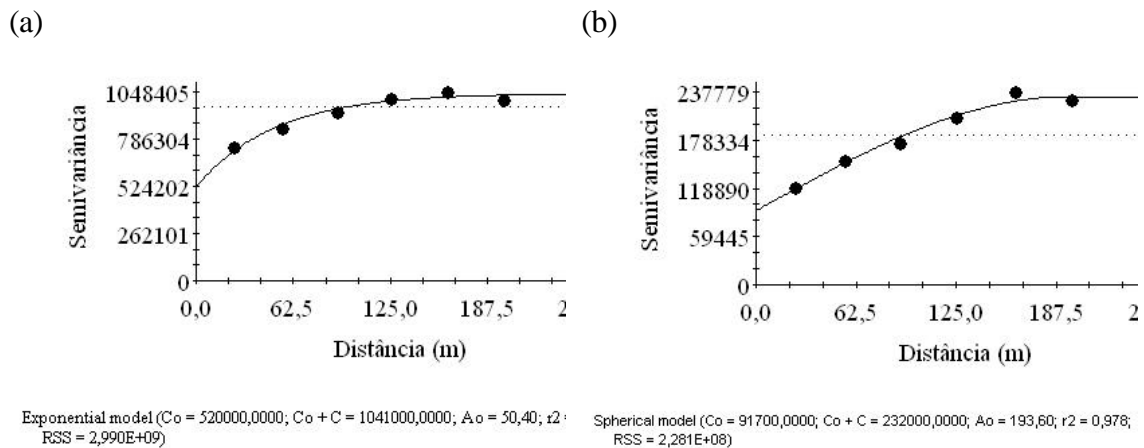
	V*	F**
Média	2556,6	1677,9
Coefficiente de variação (%)	38,48	25,58
Assimetria	0,06	0,31
Curtose	0,63	0,20
Mínimo	219,9	530,5
Máximo	5279,6	2907,5
Número de pontos	506	583
<sup>1</sup> Prob>F' (S <sub>1</sub> =S <sub>2</sub> )		0,0001
<sup>2</sup> Prob>T/ (m <sub>1</sub> = m <sub>2</sub> )		0,0001

\* Produtividade da área adubada em taxa variada

\*\* Produtividade da área adubada em taxa fixa

<sup>1</sup>teste F – hipótese H<sub>0</sub> para homogeneidade de variâncias; <sup>2</sup>teste t – hipótese H<sub>0</sub>: não há diferenças entre as médias de produtividade das áreas adubadas em taxa variada e fixa.

Na Figura 2, são apresentados os modelos de semivariogramas ajustados aos dados de produtividade para o ano de 2004. Observa-se que na área adubada em taxa variada, houve uma menor continuidade da dependência espacial, indicado pelo menor valor de alcance (A<sub>0</sub> = 50,4 m), bem como pela maior relação do efeito pepita (C<sub>0</sub>) em relação ao patamar (C<sub>0</sub> + C). Na área adubada em taxa fixa, houve um melhor ajuste do semivariograma, com R<sup>2</sup> = 0,978. O alcance de dependência espacial foi maior (A<sub>0</sub> = 193,6 m), bem como houve uma diminuição da relação entre efeito pepita e patamar, indicando a maior continuidade da distribuição espacial da produtividade em condições de adubação uniforme da área.

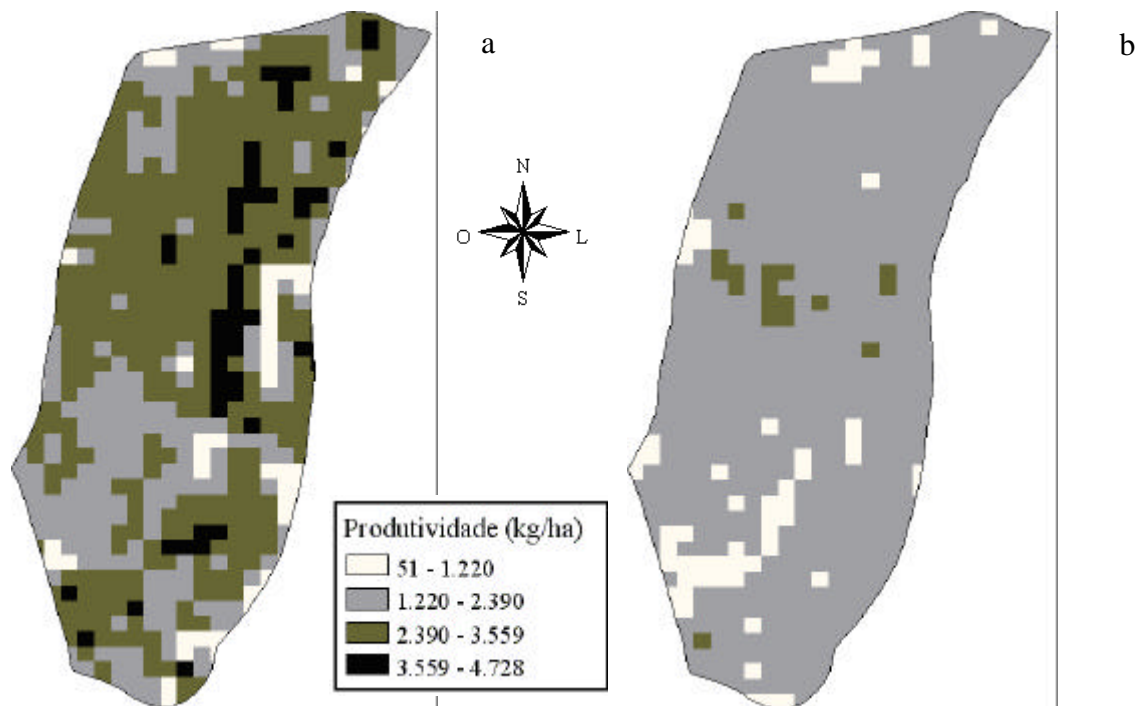


**Figura 2.** Modelo e parâmetros dos semivariogramas ajustados aos dados de produtividade: (a) na área adubada em taxa variada; (b) na área adubada em taxa fixa.

Os parâmetros dos semivariogramas ajustados aos dados de produtividade foram utilizados para estimar valores em locais não amostrados, por meio do interpolador por krigagem ordinária. A Figura 3 apresenta os mapas de distribuição espacial da produtividade para os casos de adubação em taxa fixa e variada. Confirmando os resultados da análise estatística descritiva, a produtividade obtida com a adubação em taxa fixa foi muito menor do que aquela obtida com a adubação em taxa variada. Da mesma forma, confirmando os comentários da análise geoestatística, observa-se nos mapas uma maior descontinuidade da produtividade na área adubada em taxa variada.

Pela análise visual dos mapas não existiu uma relação entre as doses aplicadas de fósforo e potássio e a produtividade. Observa-se que na região central do talhão houve uma maior aplicação de fertilizante fosfatado coincidindo com a região central de alta produtividade observada nos mapas. Este fato não foi verificado em relação ao potássio.





**Figura 3.** Mapa de produtividade de café beneficiado, colhido em 2004, referente à área adubada em taxa variada (a) e área adubada em taxa fixa (b).

Da mesma forma, para os fertilizantes, considerando a área total de 6,4 ha, a quantidade de fertilizante fosfatado aplicado no ano de 2004 em taxa variada seria de 2044 kg, enquanto que a adubação em taxa fixa seria de 2665 kg. Em média, as quantidades de fertilizante fosfatado aplicadas foram de 417 e 319  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , em taxa fixa e variada respectivamente, gerando uma economia de fertilizante de 98  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . A diferença representa uma economia de 23% de fertilizante fosfatado. Em relação ao fertilizante potássico aplicado em taxa variada, o total seria de 2482 kg, enquanto que a adubação em taxa fixa seria de 2137 kg. Em média, a recomendação de adubação em taxa fixa foi menor do que em taxa variada (334 e 387  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente), gerando um aumento de demanda de fertilizante de 53  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Esta diferença causaria um acréscimo de 13% do fertilizante potássico.

A adubação em taxa variada visou à aplicação localizada da dose certa de nutriente no solo para garantir a quantidade e qualidade da produtividade do cafezal. Com isso, nas regiões onde existia deficiência de nutriente foram aplicadas doses maiores e nos locais de altos teores foram aplicadas quantidades menores, visando assim homogeneizar a quantidade dos nutrientes no solo para o melhor desenvolvimento da cultura.

### Conclusões

Não foi observado efeito significativo da interação entre os teores de fósforo e potássio no solo após a aplicação de fertilizantes em taxa variada e a produtividade. Entretanto a área que recebeu aplicação de fertilizantes em taxa variada apresentou 34% de aumento de produtividade em relação àquela que recebeu em taxa fixa.

### Agradecimento

Nosso especial reconhecimento à colaboração e participação ativa dos proprietários e equipe da Fazenda São Carlos, local do experimento.

### Referências Bibliográficas

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F. & KONOPKA, A. E. *Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils*. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

CHIEN, Y.J.; LEE, D.Y.; GUO, H.Y. & HOUNG, K.H. *Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils*. Soil Sci., 162:291-298, 1997.

CORÁ, J.E. *The potential for site-specific management of soil and yield variability induced by tillage*. East Lansing, Michigan State University, 1997. 104p. (Tese de Doutorado).

FAGERIA, N.K. *Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.1, p.6-16, 1998.

GALLO, P.B., RAIJ B.V., QUAGGIO J.A. & PEREIRA L.C.E. *Resposta de cafezais adensados à adubação NPK*. Bragantia, Campinas, 1999.

MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. *Metodologia para identificação e caracterização de erros em mapas de produtividade*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.2, p.367-374, 2003.

MOLIN, J. P.; RIBEIRO FILHO, A. C.; TORRES, F. P.; SHIRAI, L. E.; SARTORI, S. *Precision agriculture for coffee in Brazil*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6, 2002, Minneapolis. Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture. Minneapolis: Un. of Minnesota, ASA/CSSA/SSSA, 2002. p. 578-587.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Estimulantes. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A. M. C., eds. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996a. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. *Análise química de solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill. 1987. 170p.

ROBERTSON, G.P. GS<sup>+</sup>: *Geostatistics for the environmental sciences*. Versão 5.03 Beta, Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. *Variabilidade de atributos de solo e de Crotalaria juncea em área severamente erodida*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, n.1, p.115-122, 1998.

SAS. *SAS/SAT user's guide: version 6*. Cary, 1996.

SARTORI, S., FAVA, J.F.M., DOMINGUES, E.L., RIBEIRO FILHO, A.C., SHIRAISSI, L.E. *Mapping the spatial variability of coffee yield with mechanical harvester*. Proceedings of the World Congress on Computers in Agriculture and Natural Resources, p.196-205. ASAE, St. Joseph, 2002.

SCHLOTZHAUER, S. D. & LITTELL, R. C. *SAS System for elementary statistical analysis*. 2 ed. Cary, SAS Institute Inc., 1997. 456 p.

SHAPIRO, S. S. & WILK, M. B. *An analysis of variance test for normality: complete samples*. Biometrika, 52:591-611, 1965.

SOUZA, L.S. *Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 162p. (Tese de Doutorado).

SOUZA, L.S.; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. *Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo*. R. Bras. Ci. Solo, 22:77-86, 1998.

SCHUELLER, J. K. A review and integrating analysis of Spatially-Variable Crop Control of crop production. *Fertilizer Research*, The Hague, v.33, p.1-34, 1992.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S. & EUHARA, G. *Application of geostatistics to spatial studies of soil properties*. Adv. Agron., 38:45-93, 1985.

WEBSTER, R. *Quantitative spatial analysis of soil in the field*. Advances in Soil Science, New York, v.3, n.1, p.1-70, 1985.



2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão  
São Pedro, SP – ESALQ/USP

---

WIEZEL, J.B.C. *Qualidade da bebida de café*. Piracicaba, ESALQ, Curso de Pós-Graduação – Fitotecnia. 24 p., 1981.

WILDING, L.P. & DREES, L.R. *Spatial variability and pedology*. In: Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions. New York, Elsevier, p.83-116, 1983.