

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 10 (2)

April 2017

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=400&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discursio Open Science, Science Gate, GPAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



## Avaliação agronômica e econômica do uso de malhas de amostragem na cafeicultura de base familiar

### Agronomic evaluation and economic sampling of mesh for use in basic coffee growing family

B.M.R. Melo, C.M. PAGLIS, J.S.M. Silva

Instituto Federal de Sul de Minas - Campus Inconfidentes  
Universidade Federal de Lavras UFLA

Author for correspondence: [bruno.melo@ifsuldeminas.edu.br](mailto:bruno.melo@ifsuldeminas.edu.br)

**Resumo.** O objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade agronômica, econômica e estatística do uso de malhas de amostragem na recomendação de fertilizantes comparativamente ao modelo tradicional de amostragem de solos na cafeicultura de base familiar. O experimento foi realizado no IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes numa lavoura de café da cultivar Rubi com área de 0,849 ha<sup>-1</sup>. As malhas amostrais foram divididas em 42; 28 e 15 pontos de coleta. Para demonstrar a viabilidade das malhas de amostragem também foram avaliadas pelo sistema convencional de amostragem. Para as análises estatística, os dados foram submetidos a análise geoestatística e estatística descritiva. Foi verificada dependência espacial para o fósforo para a malha com 52 pontos e o potássio nas malhas com 52 e 28 pontos. Na área de estudo foi verificada grande variabilidade o que pode comprometer a recomendações quando estas são feitas com base nos valores médios diagnosticado na amostragem convencional. Verifica-se que é possível dividir os talhões com base nas características da paisagem reduzindo custos com amostragem em malhas. Conclui-se que a amostragem em malhas possui viabilidade agronômica, contudo eleva consideravelmente os custos para cafeicultura familiar. A redução do número de pontos inviabiliza a geoestatística.

**Palavras chaves:** Geoestatística, paisagem, variabilidade e solos

**Abstract.** The objective of this study was to evaluate the agronomic viability, economic and statistical sampling mesh use in fertilizer recommendation compared to the traditional model soil sampling in family-based coffee. The experiment was conducted in IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes a Rubi cultivar of coffee plantation with an area of 0.849 ha<sup>-1</sup>. The sample was divided into meshes 42; 28 and 15 collection points. To demonstrate the viability of the sampling mesh were also evaluated by the conventional sampling system. For statistical analysis, data were submitted to geostatistical analysis and descriptive statistics. Spatial dependence was observed for phosphorus to mesh with 52 points and potassium in the meshes of 52 and 28 points. In the study area was found great variability which can compromise the recommendations when they are made on the basis of average values diagnosed in conventional sampling. It appears that it is possible to divide the plots based on landscape features reducing sampling costs in stitches. It is concluded that the sampling mesh has agronomic viability, however considerably increases costs for family coffee. Reducing the number of points prevents geostatistics.

**Keywords:** Geostatistics, landscape, variability and soil.

### Introdução

A cafeicultura no sul de Minas Gerais é representada principalmente por pequenos produtores. Este modelo de cafeicultura apresenta reduzida taxa de adesão as novas tecnologias,

sendo que este cenário está vinculada a vários fatores, tais como: os elevados custos inerentes a sua adoção, a falta de informação dos produtores e o fato de que a geração de novas tecnologias tem como foco principal as grandes propriedades

(Gonçalves et al., 2013), como consequência é verificado reduzidas produtividades.

Para tanto uma das formas de otimizar as atividades na cafeicultura é com a adoção adequada das técnicas existentes. Neste contexto o manejo pontual da propriedade apresenta-se com alternativa, sendo esta caracterizada por um conjunto de tecnologias que visa gerenciar os recursos através do manejo pontual das variabilidades do solo e das lavouras aumentando a eficiência no gerenciamento da agricultura (Carvalho et al., 2009; Alvez et al., 2009; Silva et al., 2010 a) com potencial de ser implantado nas propriedades cafezeiras haja vistas as variabilidades encontradas (Silva et al., 2007).

Contudo, a adoção de qualquer nova tecnologia deve apresentar viabilidade necessária para sua implantação. Vários trabalhos relatam haver viabilidade no uso das malhas de amostragem quando comparado com as amostragens e recomendações de fertilizante pelo método convencional (Ferraz et al. 2012).

Griffin e Lowenberg-DeBoer (2005), em revisão de literatura a trabalhos publicados entre 1988 a 2005, encontraram que em 68% dos casos a aplicação á taxa variável foi mais rentável do que o manejo convencional.

Assim o objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade agronômica, econômica e estatística do uso de diferentes malhas de amostragem na recomendação de fertilizantes comparativamente ao modelo tradicional de amostragem de solo.

## Métodos

O experimento foi realizado na cidade de Inconfidentes – MG, na Fazenda Escola do IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes em uma lavoura de café da cultivar Rubi com área de 0,849 ha<sup>-1</sup> implantada no ano de 2011 no espaçamento 2,2 m x 1,3m. O solo é categorizado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

A malha amostral foi dividida em 3 densidades, com 42; 28 e 15 pontos de coleta. Somente a primeira malha com 42 pontos, estava em uma malha regular espaçada a 10,4 metros na linha e na entre linha a cada 17,6 metros.

Esta malha foi constituída por mais duas malhas zoom, cada uma delas com mais cinco pontos, distante na linha a aproximadamente 5,2 metros e na entre linha a cada 8,8 metros, totalizando 52 pontos de coleta para a primeira malha.

A segunda e a terceira malha, com 28 e 15 pontos, foi realizada com base nos pontos já amostrados na primeira malha, retirando-os do conjunto de dados observados, os pontos que não constituíram esta malha.

Todos os pontos relacionados aos locais de amostragem no sistema em malhas foram georreferenciados com a utilização de um receptor GPS, modelo Etrex 20 Garmim, nas coordenadas cartesianas bidimensionais UTM para a zona 23k.

O local para a amostragem de solo está situado em cada ponto georreferenciado, sendo que para perfazer uma amostra composta foram utilizadas cinco subamostras. Estas foram retiradas no ponto da coordenada central e as demais subamostras localizadas nas quatro plantas no entorno do ponto central, orientadas pelos pontos cardeais.

As amostragens de solo foram realizadas em julho de 2014 e retiradas na projeção dos ramos plagiotrópicos para a profundidade de 0 a 20 cm com o uso de um trado tipo holandês. O volume de solo destas subamostras foram homogeneizadas para formar uma amostra composta de 300 gramas e posteriormente enviadas para o laboratório de solo do IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes.

Para demonstrar a viabilidade da amostragem de solo em malhas quando comparado ao método tradicional, também foi realizada uma análise de solo convencional (Cantarutti; Alvarez; Ribeiro, 1999).

De acordo com os resultados obtidos para as diferentes malhas e para o sistema de análise convencional, realizou um estudo sobre a viabilidade econômica com base no custo operacional, para avaliar a aquisição de adubos, mão de obra para os trabalhos de amostragem e análise química do solo para ambos os manejos.

Para determinar as necessidades de cloreto de potássio e super fosfato simples nos dois sistemas de análise de solo, foi utilizado a metodologia proposta por Guimarães et al. (1999). Esta recomendação foi realizada para as malhas propostas, desde que haja dependência espacial entre os fatores em estudo.

Na confecção dos mapas e suas classes de fertilidade foram utilizados duas classes de variabilidade para cada atributo em estudo: (i) a variabilidade plena, variação essa explícita por toda variabilidade do nutriente na lavoura; (ii) distribuição simplificada (Santi et al., 2009) que descreve a variação dos parâmetros de fertilidade em regiões com similaridades perfazendo poucas zonas de manejo que para nosso estudo utilizou as classes de interpretação de fertilidade da 5ª Aproximação (Guimarães et al., 1999).

Para os valores encontrados na amostragem convencional de cada parâmetro, foram confeccionados mapas para um único valor. Nas análises estatística dos parâmetros de fertilidade, os dados observados em cada malha amostral, foram submetidos a análise geoestatística e estatística descritiva utilizando o software estatístico R com o pacote GeoR (Ribeiro Junior; Diggle, 2001).

O estudo da estatística espacial também envolveu uma análise para verificar a existência de tendência e na sua presença foi removida na direção do eixo X; Y e Z.

Para verificar a existência de dependência espacial, foi feita a avaliação por meio dos semivariogramas e estes foram ajustados de acordo

com algum dos modelos: Gaussiano, linear, esférico e exponencial.

O ajuste do semivariograma foi realizado pelo método dos mínimos quadrados ordinários. No julgamento deste critério foi observado o menor erro e a melhor inclinação da reta a 45° pela técnica da validação cruzada. De posse do melhor modelo foram obtidos os parâmetros: efeito pepita (Co), patamar (C<sub>1</sub>) e alcance (a).

O grau de dependência espacial dos atributos, seguiu a classificação de Cambardella et al. (1994), onde são considerados de

dependência espacial forte o semivariograma que tem um efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar, médio quando está entre 25% a 75% e fraco quando for maior que 75%.

Na presença de dependência espacial os dados foram interpolados por meio da krigagem ordinária e o arquivo com as informações foi exportado para o software Surfer versão 10, onde foram confeccionados os mapas de isolinhas, para projeção nas coordenadas métricas UTM zona 23 k.

## Resultados e Discussão

**Tabela 1.** Estatística descritiva para o atributo fósforo e potássio em diferentes malhas de amostragem para a área experimental Fazenda Escola, Inconfidentes 2014.

Malha amostral	Variável	Mín <sup>(1)</sup>	Máx <sup>(2)</sup>	Média	Mediana	CV (%)
52	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/dm <sup>3</sup>	6,39	56,12	14,41	13,4	57,46
28		6,39	36,34	13,48	13,1	44,51
15		6,44	36,34	15,26	12,8	57,07
52	K <sub>2</sub> O mg/dm <sup>3</sup>	3,10	165,6	35,81	23,7	89,0
28		3,10	165,6	40,82	22,8	94,4
15		7,5	86,50	29,08	21,1	79,5

<sup>(1)</sup> Mínimo, <sup>(2)</sup> Máximo

Observou-se que houve grande variabilidade nas diferentes malhas de amostragem para os teores de fósforo e potássio, conforme coeficiente de variação, tabela 1, corroborando com resultados obtidos por Mello; Bueno e Pereira (2006).

Oliveira et al. (2008) ressalta que esta alta variação é uma característica marcante do potássio. Caon e Genú (2013) do mesmo modo encontraram elevados valores de coeficiente de variação em todas as densidades amostrais para este nutriente.

De acordo com a tabela 1 (valores de mínimo e máximo) ficou evidente a grande amplitude dos resultados destacando que nas malhas amostrais para a variável fósforo e potássio, seria necessária a aplicação do fertilizante em alguns pontos e em outros não (Guimarães et al., 1999).

Contudo vale observar que de acordo com a média verificada nas malhas propostas, para fósforo e potássio, este valor não representa a área uma vez que o valor observado na mediana indica que 50% dos valores estão abaixo desta. Isto permite inferir que estes valores de máximo e mínimo pode comprometer a massa de dados nas avaliações da estatística espacial, tabela 1, ou podem afetar resultados de amostragens convencionais quando estas não consideram a divisão dos talhões com base nas características agrônômicas (Cantarutti; Alvarez; Ribeiro, 1999).

A relação espacial existente entre os pontos amostrais é expressa pelo efeito pepita, tabela 2. Para o fósforo foi verificado que somente a amostra com 52 pontos, houve dependência espacial, as demais malhas apresentaram efeito pepita puro, ou seja não houve dependência espacial.

Entre tanto para o potássio foi verificado dependência para as malhas com 52 e 28 pontos de

coleta. A presença deste efeito pepita puro pode estar relacionado ao reduzido número pontos amostrais ou na distância entre os pontos não sendo suficiente para caracterizar o fenômeno espacial (Kerry; Oliver, 2008).

Segundo Souza et al. (2014) um dos fatores limitantes no uso de amostragem de solo em malhas é o grande número de amostras necessárias para representar a distribuição espacial do fator em estudo. Muitas amostras resultam em elevados custos com mão de obra e análises laboratoriais. Dessa forma os usuários desta ferramenta recorrem a menor número de pontos que muitas vezes não caracteriza a dependência espacial.

A ocorrência de apenas uma malha com dependência espacial para o fósforo relaciona-se também com o baixo alcance encontrado que para a malha de 52 pontos foi de 7,6 metros, tabela 2. Contudo para o potássio foi identificado alcance de 55,70 e 32,09 metros para as malhas com 52 e 28 pontos de coleta. Ferraz et al. (2012) estudaram por três anos a variável fósforo e potássio em lavoura cafeeira e para cada ano encontrou diferentes alcances. Essa diferença nos alcances encontrados por vários autores está relacionada a característica intrínseca de cada parâmetro a ser estudado, relacionado a aspectos de manejo e outras variáveis.

Para a variável inclinação, tabela 2, foi encontrado valores de 0,3; para o fósforo e para o potássio valores de 1,0 e 1,1 na malha com 52 e 28 pontos, sendo que quanto mais próximo de 1 melhor a estimação dos valores nos locais não amostrados.

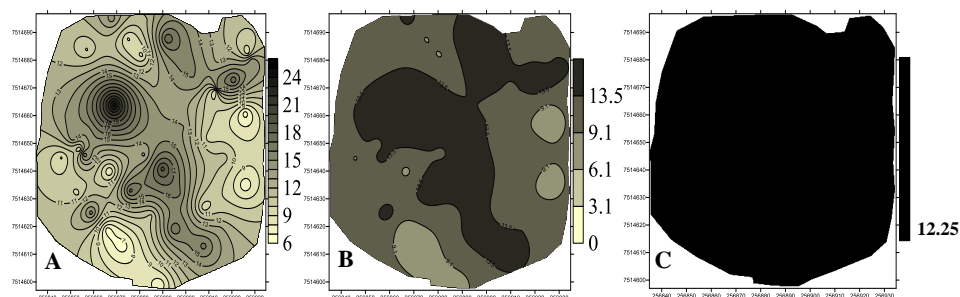
O melhor ajuste encontrado para a malha do fósforo com dependência foi o semivariograma gaussiano, com moderada dependência espacial,

tabela 2. Para o atributo potássio na malha com 52 pontos foi verificado ajuste do modelo esférico e na malha com 28 pontos foi o modelo gaussiano, tabela 2.

**TABELA 2** - Parâmetros dos modelos ajustados aos semivariograma e da validação cruzada para o atributo fósforo e potássio em diferentes malhas de amostragem para a área experimental Fazenda Escola, Inconfidentes 2014.

Malha	Var <sup>(1)</sup>	Mod <sup>(2)</sup>	A <sup>(3)</sup> (m)	C <sub>0</sub> <sup>(4)</sup>	DE <sup>(5)</sup>	I <sup>(6)</sup>
52	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Gau <sup>(7)</sup>	7,6	4,12	Mod	0,3
28	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	EPP <sup>(8)</sup>	-	-
15	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	EPP	-	-
52	K <sub>2</sub> O	Esf <sup>(9)</sup>	55,7	138,3	Mod <sup>10</sup>	1,0
28	K <sub>2</sub> O	Gau	32,0	176,7	Mod	1,1
15	K <sub>2</sub> O	-	-	EPP.	-	-

Var.<sup>1</sup>= Variável; Mod<sup>2</sup>= Modelo; A<sup>(3)</sup>= Alcance; C<sub>0</sub><sup>(4)</sup>= Efeito pepita; DE<sup>(5)</sup>= Classificação da dependência espacial; I<sup>(6)</sup>= Inclinação; Gau<sup>(7)</sup>= Gaussiano; EPP<sup>(8)</sup>= Efeito Pepita Puro; Esf<sup>(9)</sup>= Esférico; Mod.<sup>10</sup>= Moderado.



**Figura 1.** Distribuição do atributo fósforo na Fazenda Escola para variabilidade plena (A), simplificada (B) e com base no teor médio da amostragem convencional (C).

Vários autores encontraram no modelo esférico o melhor semivariograma para descrever o comportamento da variabilidade do solo (Silva et al., 2010b). Ferraz et al. (2012) em diferentes anos verificaram que o semivariograma esférico descreveu de forma mais adequada o fenômeno da variabilidade.

Esta contradição nos resultados para o ajuste dos semivariogramas encontrados pelos vários autores já é esperado, haja vista que cada trabalho apresenta metodologias diferentes. Outra ponderação para a distinção entre os semivariogramas é que são vários os processos para verificar o ajuste adequado.

Para os teores de fósforo na malha com 52 pontos amostrais, foram confeccionados os mapas de isolinhas que demonstra na figura 1A, a variabilidade plena da área, na figura 1B, a distribuição simplificada e na figura 1C o mapa de acordo com a quantidade média de fósforo determinado pelo processo de amostragem convencional. Na distribuição simplificada, figura 1B, 8,24%, 56,05% e 35,70% da área apresentam respectivamente 6,1 mg/dm<sup>3</sup>; 9,1 mg/dm<sup>3</sup> e 13,5 mg/dm<sup>3</sup> de fósforo disponível.

De acordo com Guimarães et al. (1999) somente a área com 6,1 mg/dm<sup>3</sup> de fósforo terá necessidade de se aplicar o insumo, quantidade esta representada por 7,77 kg de super fosfato

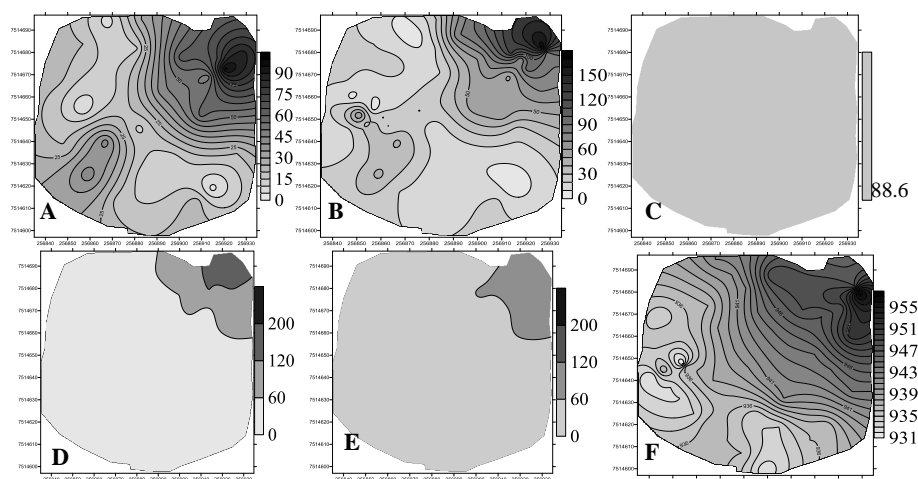
simples. Contudo para a figura 1C, para o nível de 12,25 mg/dm<sup>3</sup> de fósforo disponível, verifica que não será necessário aplicar o fertilizante.

Vale frisar que dentro do valor médio de 12,25 mg/dm<sup>3</sup> identificado na amostragem convencional, figura 1C, que este teor está no intervalo de 9,1 a 13,5 mg/dm<sup>3</sup> de fósforo disponível representado pela variabilidade simplificada no mapa B o que corresponde a 56,05% da área.

Para o potássio os mapas de isolinhas nas malhas com 52 e 28 pontos representa o atributo na figura 2A e B, onde é verificada toda variabilidade e na figura 2C e 2D, a variação de acordo com a distribuição simplificada.

Visualmente as duas malhas simplificadas (mapas D e E) manifestam o mesmo comportamento, contudo na recomendação das doses de cloreto de potássio na malha 52, mapa D será aplicado 351,62 kg do fertilizante, para a malha 28 pontos, mapa E será aplicado 357,68 kg do insumo e na recomendação com base na amostragem convencional, figura 2C, aplicará 277,8 kg.

Ferraz et al. (2012) do mesmo modo verificou que para a amostragem em malhas seria necessário aplicar maior quantidade do fertilizante potássico quando comparada com a amostragem tradicional em lavoura cafeeira.



**Figura 2.** Análise da distribuição do atributo potássio para a Fazenda Escola na variabilidade plena com (52; 28) pontos amostrais mapa A e B, para a variação simplificada, mapa D e E com 52 e 28 pontos amostrais, mapa C feito com base na prescrição média do atributo e mapa F, mapa de altitude.

Weirich Neto et al. (2006) fazendo comparações nos processos de amostragem convencional e em malha constatou que deixar-se-ia de aplicar 175 kg de potássio pelo amostragem convencional.

Na figura 2, mapa D, a região correspondente ao teor de potássio acima de 60  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , que compreende 13,03% da área, possui os maiores teores de potássio da lavoura. Este resultado possivelmente está associado ao manejo inadequado das práticas de aplicação de insumos e ao fato de que esta zona situa-se em uma região de maior altitude e mais plana, figura 2 mapa E, contribuindo para redução dos processos de escoamento superficial, influenciado no valor elevado deste nutriente, podendo superestimar o valor encontrado na amostragem convencional.

Com base nestas observações e com o teor de potássio diagnosticado na amostragem convencional, 88,60  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , figura 2 C, este valor encontrado não reflete bem a área, visto que mais de 50% dos pontos amostrais possuem teores de potássio abaixo de 23,7  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , tabela 1.

Isso demonstra a necessidade de se dividir o talhão com base nas características da paisagem no uso de amostragem convencional, com vistas a reduzir as variabilidades e os valores extremos, visando adequar a aplicação de insumos com base nos valores médio da análise solo convencional, ou de forma a otimizar as aplicações em zonas de manejo.

#### **Análise econômica do uso de malhas de amostragem**

Na malha amostral com 52 pontos de coleta, tabela 3, constata que o processo de análise de solo em malha representa 19,41% do custo operacional e a análise convencional representa 4,31% do total.

Isto permite inferir que a análise em malhas não é justificada uma vez que esta operação onera de forma demasiada atividade. Para a malha amostral com 28 e 15 pontos não foi possível fazer análise econômica, por que não houve dependência

Em observância a figura 2 mapa A, para a variação plena do potássio e o mapa F de altitude, verifica-se claramente redução paulatina nos teores de potássio no sentido do decréscimo de altitude e aumento da declividade. Isto pode apresentar relação com grande dinâmica do potássio nos solos, sendo acentuado pelos processos erosivos e pela posição ocupada da lavoura na paisagem favorecendo o escoamento superficial de água, inferindo que é possível delimitar talhões com base em aspectos da paisagem, reduzindo os planos amostrais e a variabilidade encontrada.

Souza et al. (2006) afirma que um plano amostral adequado deve considerar as técnicas de manejo e a variabilidade dos atributos químicos e físicos sendo que a maioria dos atributos químicos e granulométricos apresentam maior variabilidade espacial na pedoforma côncava quando comparado com a pedoforma linear.

Uma comparação visual entre a figura 2 se faz necessário, pois o mapa A apresenta toda variabilidade e no mapa D está foi suprimida radicalmente podendo interferir no aspecto de atender as necessidades pontuais da cultura.

Contudo essa supressão se faz necessária, pois a aplicação a taxa variada de acordo com toda variabilidade, exige equipamentos especializados em AP não contemplando a realidade da agricultura familiar (Santi et al., 2009).

espacial entre os pontos de amostragem. Foi observado que conforme se reduz as malhas de amostragem de 52 para 28 e 15 pontos de coleta, reduz as malhas com dependência espacial. Souza et al. (2014) do mesmo modo identificaram que conforme se reduz o número de pontos de coleta há uma maior observância de efeito pepita puro, sendo que nas malhas com menos de 58 pontos não foi verificado dependência espacial. O mesmo autor descreve que número de amostras inferior a 100 provoca aumento do erro de estimativa na krigagem.

Nas avaliações para o fósforo, o processo de análise de solo em malhas representaria além do maior investimento com amostragem, consumo de 7,77 kg de fertilizante, sendo que no processo de amostragem convencional não foi identificada a necessidade de se utilizar o insumo. Contudo isso não significa eficiência do processo convencional,

pois o mesmo considera a área como homogênea, agravando os impactos de correções inadequadas.

Do ponto de vista agronômico as aplicações pontuais, são tecnicamente recomendáveis, entretanto esta técnica é limitada pelo aspecto econômico.

**Tabela 3.** Análise da viabilidade de técnicas de agricultura de precisão comparativamente ao modelo convencional de análise de solo para a área experimental Fazenda Escola, Inconfidentes 2014.

Operações	Sistema em malhas (A)*	Sistema Convencional(B)**
Número de amostras	52	1
Análise química (R\$)	1820,00	35,00
Fertilizante (R\$)	517,61	402,81
Mão de obra (R\$)	45,00	7,50
Custos das análises de solo em cada sistema (R\$)	2.382,61 (19,41%)	445,31 (4,31%)

\*Custos operacionais (R\$) 12.269,3 (100%)

\*\*Custos operacionais (R\$) 10.332,0 (84,22%)

Para o potássio foi verificado que no processo de análise de solo convencional, figura 2 mapa C, haveria uma economia de 26,57% e 28,75% respectivamente quando comparada ao consumo das malhas com 52 e 28 pontos amostrais, figura 2 mapas D e E. Vale destacar que a amostragem em malhas não visa reduzir ou aumentar o consumo de insumos, mas sim otimizar o seu uso.

De acordo com a tabela 3 o processo de análise de solo pelo método convencional implica uma redução de 15,78% (B) nos custos operacionais comparativamente ao uso de malhas de amostragem com 52 pontos de coleta (A).

Segundo Xiang et al. (2008) é comum os relatos sobre os benefícios econômicos do manejo localizado, sendo a maioria deles relacionados a utilização da taxa variável para aumentar a eficiência de uso de fertilizantes, não corroborando com resultados encontrados.

Robertson, Lyle e Bowden (2008), verificaram ganhos de até US\$ 44 ha<sup>-1</sup> em simulação do uso do manejo localizado em trigo. Contudo é muito otimista a visão de que com a amostragem em malhas há economia de recurso, sendo que Boyer (2010) não encontrou o maior benefício econômico ao se utilizar taxa variável de nitrogênio dentre diversos manejos testados na cultura do trigo.

Colaço et al. (2012) trabalhando com citros na aplicação a taxa fixa e variada de fertilizantes verificou que o manejo localizado reduziu a quantidade de insumos, principalmente para os adubos nitrogenados e potássicos. Este resultado de acordo com o autor implica em maior eficiência no uso dos recursos.

## Conclusões

O método de análise de solo em malha apresenta viabilidade agronômica entretanto, a análise convencional quando realizada em glebas delimitadas pelas características da paisagem,

apresenta potencial para diagnosticar o teor do atributo que represente a área.

Não foi verificada viabilidade econômica da análise de solo em malha.

A redução do número de pontos de amostragem nas malhas propostas inviabiliza a estatística espacial por não determinar a dependência espacial dos fatores em estudo.

## Agradecimentos

Ao IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes pela concessão de bolsa pesquisa e capacitação.

## Referências

- ALVES, M. C. et al. Geostatistical analysis of the spatial variation of the berry borer and leaf miner in a coffee agroecosystem. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 10, n. 12, p. 1-14, Dec. 2009a.
- BOYER, C. N. et al. Profitability of variable rate nitrogen application in wheat production. **Precision Agriculture**, Secaucus, v. 12, n. 4, p. 473-487, 2010.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1501-1511, 1994.
- CANTARUTTI, B. R.; VENEGAZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. Amostragem de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAZ, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa, MG: UVF, 1999. Cap. 3. p. 21-27.
- CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; BARTHOLO, G. F.; PEREIRA, A. A.; NOGUEIRA, Â. M.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009.

- CAON, D.; GENU, A. M. Mapeamento de atributos químicos em diferentes densidades amostrais e influência na adubação e calagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 629-639, 2013.
- COLAÇO, A. F. et al. Energy assessment for variable rate nitrogen application. **Agricultural Engineering International Journal**, Grainesville, v. 14, n. 3, p. 85-90, 2012.
- Ferraz, G. A. E. S. et al. Variabilidade espacial e temporal do fósforo, potássio e da produtividade de uma lavoura cafeeira. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.140-150, 2012.
- GONÇALVEZ, M. G. M. et al. Produtividade de cafeeiros adultos e na primeira colheita pós-recepa adubados com materiais orgânicos em propriedades de base familiar. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 10., 2013, Belo Horizonte. **Resumos Expandidos...** Belo Horizonte: UFMG, 2013.
- GRIFFIN, T. W.; LOWENBERG-DEBOER, J. Worldwide adoption and profitability of precision agriculture: Implications for Brazil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 14, n. 4, p. 20-38, 2005.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAZ, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UVF, 1999. Cap. 3, p. 21-27.
- KERRY, R.; OLIVER, M. A. Determining nugget:sill ratios of standardized variograms from aerial photographs to kriging sparse soil data. **Precision Agriculture**, Netherlands, v. 9, n. 1/2, p. 33-56, 2008.
- MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 294-305, 2006.
- OLIVEIRA, R. B. et al. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro conilon. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 176-186, 2008.
- RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR a package for geostatistical analysis. **R-News**, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, June 2001.
- ROBERTSON, M. J.; LYLE, G.; BOWDEN, J. W. Within-field variability of wheat yield and economic implications for spatially variable nutrient management. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 105, p. 211-220, 2008.
- SANTI, A. L. et al. É chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 129, n. 1, p. 24-30, 2009.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S. Estudo da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob cultivo de café arábica por meio de geoestatística. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 4, p. 560-567, 2010a.
- SILVA, F. M. et al. Efeitos da colheita manual na bionalidade do cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, 2010b.
- SILVA, F. M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 401-407, 2007.
- SOUZA, Z. M. et al. Amostragem de solo para determinação de atributos químicos e físicos em área com variação nas formas do relevo. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 249-256, 2006.
- SOUZA, Z. M. et al. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 261-268, 2014.
- WEIRICH NETO, P. H.; SVERZUT, C. B.; SCHIMANDEIRO, A. Necessidade de fertilizante e calcário em área sob sistema plantio direto considerando variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 338-343, 2006.
- XIANG, Y. et al. Recent advance on the technologies to increase fertilizer use efficiency. **Agricultural Sciences in China**, Oxford, v. 7, n. 4, p. 469-470, 2008.