

MÉTODO PARA DEFINIR E CALCULAR ÁREA DE INFLUÊNCIA AMOSTRAL EM MAPEAMENTO DE CAFEZAL (*Coffea arabica* L.) DE MONTANHA EM VIÇOSA, MG¹

ALISSON S. C. de OLIVEIRA², FRANCISCO de A. de C. PINTO³, DANIEL M. de QUEIROZ³, TADASHI KANEKO⁴, EDUARDO E. MAEDA⁵

¹ Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Eng^a Agrícola para obtenção do título de *Magister Scientiae*. Pesquisa financiada pelo CNPq - Brasil.

² Eng^o Agrônomo, Doutorando em Eng^a Agrícola, Bolsista da CAPES - Brasil, Dept^o de Eng^a Agrícola - DEA / Universidade Federal de Viçosa - UFV, Av. P. H. Rolfs, s/n, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 2046, asign_2003@yahoo.com.br.

³ Eng^o Agrícola, Ph. D., Professor Adjunto, DEA / UFV, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 1881 / 1882, fapinto@ufv.br, queiroz@ufv.br.

⁴ Estagiário em Eng^a Agrícola, DEA / UFV, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 2046, kaihou4@hotmail.com.

⁵ Graduando em Eng^a Agrícola, DEA / UFV, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 2046, eduardoeiji@zipmail.com.br.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006, João Pessoa, PB

RESUMO: Um problema para mapear a produtividade agrícola, principalmente de culturas com espaçamento irregular, é definir e calcular a área das células da malha de colheita. Propôs-se método para definir e calcular a área de influência amostral (AIA) em mapeamento de cafezal adensado em região montanhosa de Viçosa, MG, Brasil, durante a safra 2002/3. O talhão estudado tinha área de cerca de um ha e era cultivada com *Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho espaçado de 1 x 2,5 m e não irrigado. Os cafeeiros tinham idade entre 5 e 12 anos e altura entre 0,5 e 4 m. O método consistiu de três fases. Na fase antes da colheita estratificou-se o talhão. Georreferenciaram-se um polígono de contorno para esse talhão e um cafeeiro por estrato com DGPS. A fase da onda portadora do sinal GPS foi rastreada e pós-processada com correção diferencial. Codificou-se e rotulou-se cada cafeeiro georreferenciado. Na fase de colheita identificou-se a posição de cada saco colhido com esse código. Na fase após a colheita mapearam-se os cafeeiros georreferenciados. Definiu-se uma AIA para cada saco colhido e calcularam-se duas entrelinhas médias e as AIAs. O método proposto considerou parte da variação do espaçamento e parte da regularidade da malha de colheita ao longo da lavoura, e mostra que se pode aplicar Agricultura de Precisão em região montanhosa.

PALAVRAS CHAVES: Agricultura de Precisão, *Coffea arabica* L., área de influência amostral

METHOD TO DEFINE AND TO CALCULATE THE SAMPLE AREA OF INFLUENCE FOR COFFEE (*Coffea arabica* L.) PLANTATION MAPPING IN A MOUNTAINOUS REGION OF VIÇOSA, MG

ABSTRACT: A problem to map agricultural crop, mainly of cultures with irregular spacing, it is to define and to calculate the cells area of the crop mesh. A method was proposed to define and to calculate the sample area of influence (AIA) for coffee plantation mapping in a mountainous region of Viçosa, MG, Brazil, during the 2002/3 harvest. The studied area consisted of about one ha and it was cultivated with *Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho in a 1 x 2.5 m spacing and it was not irrigated. The coffee trees had age between 5 and 12 years and height between 0.5 and 4 m. The method consisted of three phases. In the phase before crop the area was divided in sections. An outline polygon for that area and one coffee tree for each section were referenced with DGPS. The GPS carrier signal was tracked and post-processed with differential correction. Each referenced coffee tree was codified and labeled with an alphanumeric code. In the harvest phase the position of bags was

identified with this code. In the phase after harvest the referenced coffee trees were mapped. An AIA was defined for each bag and two average distances between lines and the AIAs were calculated. The proposed method considered part of the spacing variation and part of the crop mesh regularity along the area, and displays that Agriculture of Precision can be applied in mountainous area.

KEYWORDS: Precision Agriculture, *Coffea arabica* L., sample area of influence

INTRODUÇÃO: Dentre outros fatores, tamanho, forma e regularidade das células de malha de amostragem influem no aspecto dum mapa de lavoura. Como não há padrão para tal mapa, podem-se escolher parâmetros de mapeamento e melhorar o resultado aproximando-se os dados do mapa aos da amostragem original (PIERCE et al., 1999). Enquanto células grandes na malha de amostragem podem omitir informação, células pequenas podem sobrecarregar a amostragem. A despeito da amostragem excessiva, o ideal para cultura muito variável é individualizar cada planta em célula com tamanho e forma do espaçamento. Dada a importância mundial das culturas graníferas, seus sistemas de mapeamento de produtividade (KORMANN et al., 1998) são os mais avançados. Um problema para mapear a produtividade agrícola, principalmente de culturas com espaçamento irregular, é definir e calcular a área das células da malha de colheita. Uma solução para região de relevo suave é regularizar essa malha. Isto é computacionalmente mais eficiente e facilita calcular a área das células e identificar tendências espaciais mais seguramente. Mas, compromete o cálculo da área das células em região montanhosa por pelo menos duas razões: 1) mesmo não se plantando em curvas de nível, em geral a área dos talhões é irregular, o que gera células irregulares na periferia; 2) em oposição a região não montanhosa, a maior chance de a produtividade variar e a colheita, em geral manual, podem inviabilizar a regularização da malha de colheita. Essas duas razões distinguem a malha de georreferenciamento da de colheita. A alta variação da produtividade na cafeicultura (BALASTREIRE et al., 2001; LEAL, 2002; OLIVEIRA, 2003) agrava tal problema. Enfim, propôs-se método para definir e calcular área de influência amostral em mapeamento de cafezal de montanha, considerando parte da variação do espaçamento e da regularidade da malha de colheita ao longo da lavoura.

MATERIAL E MÉTODOS: Realizou-se este trabalho durante a safra 2002/3 no DEA/UFV e na Fazenda Laje, cuja sede situa-se a -20° 41' de latitude e -42° 52' de longitude, no Município de Viçosa, Zona da Mata de MG, Brasil. No local predomina relevo montanhoso e cultiva-se *Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho adensando (1 x 2,5 m) e não irrigado. O método consistiu de três fases. Na fase antes da colheita estratificou-se o talhão, a cada cinco cafeeiros da mesma linha de plantio, em 1.135 estratos. Georreferenciaram-se um polígono de contorno para esse talhão, a um metro das linhas de plantio marginais, e o cafeeiro mais a Leste de cada estrato com DGPS. A fase de batimento da onda portadora do sinal GPS foi rastreada (LEICK, 1995) com tempo mínimo de 10 min e pós-processada com correção diferencial com dados da base GPS da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo / IBGE) do Campus da UFV, de altitude ortométrica conhecida e distante cerca de 8,5 km da fazenda. Codificou-se e rotulou-se cada cafeeiro georreferenciado com sacolas codificadas. Na fase de colheita, visando interferir ao mínimo na rotina de trabalho da fazenda, orientou-se o catador apenas a colher cada linha de plantio no sentido Oeste até seu fim, e anexar a sacola codificada mais próxima ao saco colhido ao fechá-lo. Tal sacola indicava a posição do cafeeiro amostral. Na fase após a colheita mapearam-se os cafeeiros georreferenciados. Como durante a análise dos resultados peculiaridades locais requereram adaptações neste método, descreveu-se o restante deste a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O talhão estudado tinha altitude média de 717 m, amplitude da altitude de 19 m, área de cerca de um ha, ondulações no relevo local, declividade mais acentuada nas linhas de plantio de maior altitude (logo abaixo dum carreador) e, inclusive a pequenas distâncias, variação no espaçamento dos cafeeiros. Estes tinham idade entre 5 e 12 anos e altura entre 0,5 e 4 m. Na colheita o fechamento de dois sacos colhidos, dos 129 totais, no mesmo cafeeiro resultou 128 cafeeiros amostrais no mapa. A partir dos 1.135 cafeeiros georreferenciados traçaram-se as 37 linhas de plantio, as quais tinham comprimento entre 10 e 285 m (Figura 1a). Visualmente distinguiram-se

três níveis de adensamento desordenadamente variáveis entre 0,2 e 4,5 m entre cafeeiros nas linhas e entre linhas. No trecho mais adensado as distâncias variaram entre 0,2 e 4 m nas linhas e entre 0,3 e 2,5 m entre linhas. No trecho de adensamento mediano as distâncias nas linhas (0,4 a 4,5 m) eram maiores que no mais adensado e muito irregulares, mas as entrelinhas mantiveram-se semelhantes às do nível mais adensado. No trecho menos adensado, cerca de 2/3 da área do talhão, os espaçamentos eram os mais regulares e variaram entre 0,5 e 3 m nas linhas e entre 1,2 e 4,5 m entre linhas. Essa variação relativamente grande no espaçamento em apenas um ha deveu-se ao relevo montanhoso e, principalmente, à colheita manual ter impedido regularizar a malha de colheita. Isso indicou necessidade de mais rigor no cálculo da área das células da malha de colheita, que se convencionou chamar área de influência amostral (AIA), em mapeamento de produtividade. O deslocamento dos catadores em sentido único nas linhas permitiu definir uma AIA para cada saco colhido como uma faixa do talhão ao longo da linha. A largura da faixa variou com o nível de adensamento. Calcularam-se duas entrelinhas médias: uma para os trechos de adensamento maior e mediano e outra para o resto do talhão. Obteve-se cada entrelinha média pela razão da área do trecho pela soma dos comprimentos das linhas contidas nesse trecho com as distâncias do contorno do talhão aos extremos de linhas unidas a esse contorno (Figura 1b). De posse das malhas de georreferenciamento da lavoura e de colheita, e das entrelinhas médias, calcularam-se as AIAs.

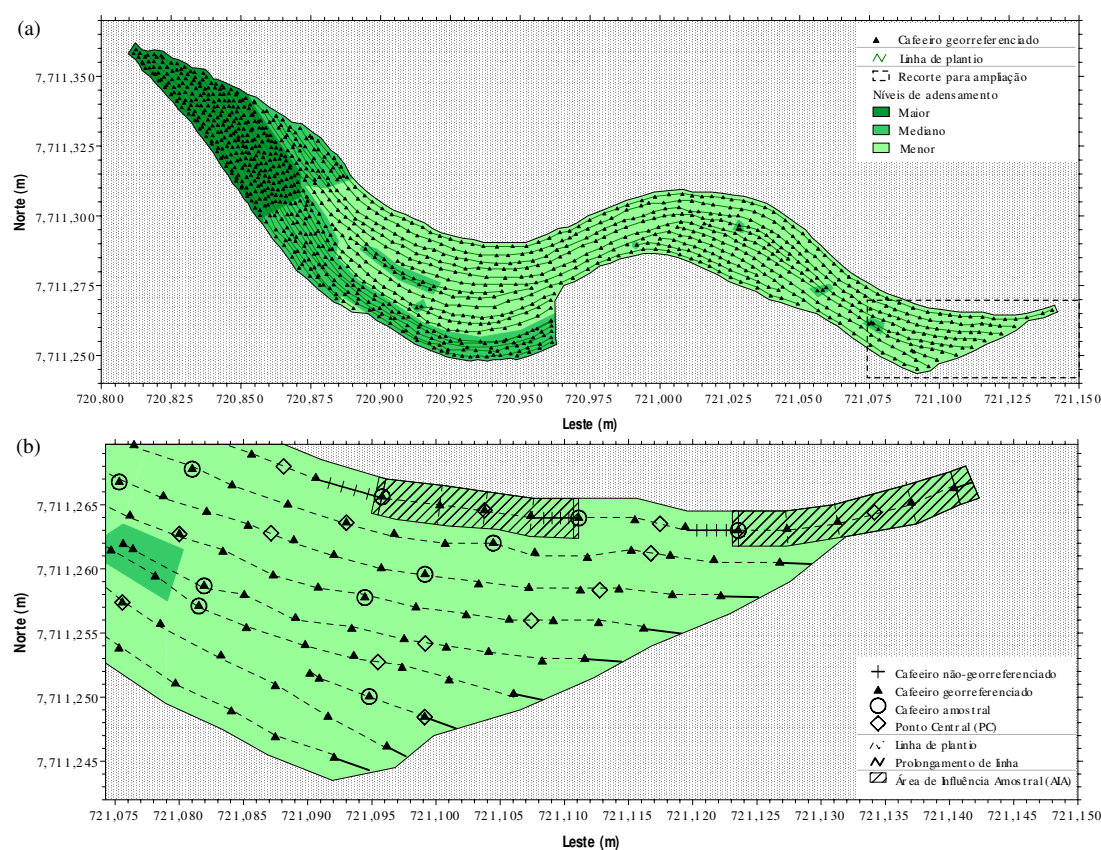


Figura 1. (a) Disposição dos 1.135 cafeeiros georreferenciados e das 37 linhas de plantio, níveis de adensamento e recorte para ampliação. (b) Esquema de áreas de influência de duas amostras, uma no início e outra no interior da linha de plantio, no extremo leste do talhão estudado.

Este método foi desenvolvido para a cafeicultura de montanha mas pode ser adaptado a qualquer cultura perene ou temporária, inclusive em relevo não montanhoso. Em cultura perene a fase de campo é facilitada pois o georreferenciamento é feito uma só vez; em cultura temporária georreferencia-se a cada colheita pois não faz sentido replantar nas mesmas posições. Como o relevo montanhoso dificulta os georreferenciamentos da lavoura e da colheita, em geral eles são manuais. Em região não montanhosa a facilidade de mecanização permite integrar o georreferenciamento à colheita, o que já é feito por sistemas comerciais de mapeamento de produtividade de culturas. A integração do método proposto a tais sistemas requereria conhecimento prévio da malha de georreferenciamento da lavoura e

a posição de cada medida padrão de colheita. Em culturas extensivas, onde o georreferenciamento manual anterior à colheita é inviável, o georreferenciamento via sensoriamento remoto pode ser uma solução. O método proposto é útil principalmente em lavouras com células da malha de colheita de tamanho e forma irregulares. Isto há quando a definição dessas células depende da posição das plantas e não se pode, e/ou não se quer, regularizar espaçamento e/ou malha de colheita manual. P. ex., na cafeicultura de montanha é comum células da malha de colheita de tamanho e forma irregulares. Isto se deve ao relevo montanhoso praticamente impedir regularizar o espaçamento da cultura e, principalmente, em relação a região não montanhosa, ao maior potencial de variação da produtividade inviabilizar regularizar a malha de colheita manual. Já na cafeicultura em relevo mais suave, onde os espaçamentos podem ser mais regulares, tamanho e forma das células da malha de colheita manual dependem mais da variação de produtividade. O método proposto também pode ser útil em lavouras onde haja pequena variação no tamanho e forma das células da malha de colheita. Isso pode aumentar a exatidão do cálculo da área dessas células e da produtividade, e, logo, em larga escala permitir racionalizar e/ou economizar recursos. Dentre as vantagens do método citam-se: considerar parte da variação do espaçamento e da regularidade da malha de colheita ao longo da lavoura; e individualizar cada planta, ou grupos de plantas, o que permite investigação mais detalhada de tendências de variações e atende aos preceitos da AP. Dentre as desvantagens do método citam-se: considerar distância uniforme entre plantas no estrato e apenas parte da sinuosidade das linhas de plantio, tornando a exatidão do cálculo da AIA dependente da densidade do georreferenciamento da lavoura; considerar entrelinhas locais médias ao invés de exatas; e desconsiderar a possibilidade de dividir-se a colheita em etapas, o que pode resultar em mais de uma medida padrão de colheita no mesmo cafeeiro e dificulta o cálculo de produtividade total da safra. Este método precisa ser aprimorado mas mostra que se podem desenvolver e/ou adaptar técnicas de AP para aumentar a exatidão no cálculo da AIA em malha de colheita de tamanho e forma irregulares, e tentar compensar obstáculos à racionalização agrícola em região montanhosa.

CONCLUSÕES: O comprimento das linhas de plantio variou muito e, em cerca de 1/3 do talhão, o espaçamento também, inclusive a pequenas distâncias. Apesar dessa dificuldade, o método proposto permitiu definir e calcular a área de influência amostral (AIA) para cada saco colhido, considerando parte da variação do espaçamento e da regularidade da malha de colheita manual ao longo da lavoura.

REFERÊNCIAS:

- BALASTREIRE, L. A.; AMARAL, J. R., LEAL, J. C. G.; BAILO, F. H. R. **Agricultura de Precisão: Mapeamento da produtividade de uma cultura de café.** III SIMPÓSIO SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. 16 - 18/10/2001.
- KORMANN, G.; AUERNHAMMER, H.; DEMMEL, M. Testing Stand for Yield Measurement Systems in Combine Harvesters. **ASAE Meeting Presentation, Paper 98-3102**, July, 1998. CD 2/2.
- LEAL, J. C. G. **Mapeamento da Produtividade na Colheita Mecanizada do Café.** 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, Piracicaba, SP, 2002.
- LEICK, A. **GPS Satellite Surveying.** Departament of Surveying Engineering, University of Maine, USA. John Wiley & Sons, Inc. 2 ed., 1995.
- OLIVEIRA, A. S. C. de. **Mapeamento da Variabilidade Espacial da Produção na Cafeicultura de Montanha.** 2003. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de concentração: Mecanização Agrícola) - UFV, Viçosa, MG, 2003.
- PIERCE, F. J.; ANDERSON, N. W.; COLVIN, T. S.; SCHUELLER, J. K.; HUMBURG, D. S. e McLAUGHLIN, N. B. Yield Mapping. In: PIERCE, F. J.; SADLER, E. J. **The State of Site Specific Management for Agriculture.** ASA, CSSA, SSSA, WI, EUA. p. 211 - 244, 1999.