

## DELINEAMENTO DE AMOSTRAGEM VISANDO A MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT) DE RELEVO MONTANHOSO NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG<sup>1</sup>

ALISSON SANGUINETTI CRUZ DE OLIVEIRA<sup>2, 3</sup>  
CARLOS ANTÔNIO ALVARES SOARES RIBEIRO<sup>2, 4</sup>  
TADASHI KANEKO<sup>2, 5</sup>  
EDUARDO EIJI MAEDA<sup>2, 6</sup>

<sup>1</sup>Pesquisa financiada pelo CNPq - Brasil

<sup>2</sup>UFV - Universidade Federal de Viçosa  
36.571-000, Viçosa, MG - Brasil

<sup>3</sup>assign\_2003@yahoo.com.br, <sup>4</sup>cribeiro@ufv.br  
<sup>5</sup>vip04k@aol.com, <sup>6</sup>eduardoeiji@zipmail.com.br

**Abstract.** This work aimed at to delineate method of sampling of relief and to estimate sample size to elaborate Digital Terrain Model (DTM) of mountainous area. This work took place in Fazenda Laje and in DEA/UFV, Viçosa, MG - Brasil. In previous sampling, it was maybe raffled points to the of data base refferenced with a DGPS. The size of the sample was calculated and it was generated map and DEM in the program Surfer® 6.01 with Kriging interpolator. Due to the uneven relief, the sampling frequency went to regulate, but the grating not. The altitude varied between 723,06 - 740,88 m, with width 17,82 m and average 731,97 m. The high density of sampling (20%) aimed at to map the area and to allow future investigation of the coffee plantation variability.

**Keywords:** digital terrain models, field mapping, precision agriculture, sampling techniques.

### 1 Introdução

Globalmente, o aumento populacional, a alta demanda alimentar e o escasseamento dos recursos naturais crescentes requerem gerenciamento ambiental, planejamento criterioso do uso e ocupação dos solos e gestão dos territórios (Medeiros e Câmara, 2002).

Na agricultura, interessa informação sobre clima, solo, pluviometria, relevo, etc., sendo este um dos fatores determinantes de qual cultura implantar, da viabilidade da atividade e até do plano regional de desenvolvimento. Aqui o mapeamento pode ser útil, pois resume a realidade com convenções gráfico-simbólicas e várias escalas, e pode registrar informações como divisão política de nações, distribuição global das populações, terras agricultáveis, etc. No Brasil, são escassos mapas que atendam às demandas agrosocioeconômicas, principalmente em escalas maiores. Assim, e muito devido à sua continentalidade, é difícil planejar estratégias de desenvolvimento adequadas às várias regiões e suas peculiaridades.

Além de mapas e cartas analógicas, pode-se representar uma região em fotografias aéreas, imagens de satélite, e mais recentemente em Modelos Digitais de Elevação (MDE's). Estes, são modelos matemáticas que requerem coordenadas ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ), sendo  $x$  e  $y$  horizontais e  $z$  a elevação. O MDE é mais flexível que mapas analógicos, de rápida elaboração e permite estudo remoto de fenômenos e sobreposição de informação. O modelo do tipo Rede Triangular Irregular (*TIN - Irregular Triangulated Networks*) reproduz com maior exatidão elevações ao locar pontos em vértices de triângulos, mas a Grade Regular Retangular tem visual mais realista e é mais indicada para estudar tendências, variabilidade e dependências espaciais. MDE que representa relevo é Modelo Digital de Terreno (MDT), com  $z$  a altitude na posição ( $x$ ,  $y$ ) (Aronoff, 1989). Dentre as aplicações do MDT, tem-se: gerenciamento do uso e ocupação do solo; geração de mapas topográficos, de declividade, drenagem e visibilidade; fins militares; etc. (Felgueiras, 2002). Na agricultura, o MDT pode auxiliar a classificar solos, racionalizar uso de insumos, modelar/simular desenvolvimento de culturas,

etc. Sob a hipótese do relevo influir variáveis agrícolas é importante investigar tal variação. Pode-se obter dados de elevação com digitalização de isolinhas de mapas pré-existentes, planialtimetria topográfica ou com GPS, varredura remota (aérea ou satelital) ou com radar, etc. Apesar da exatidão posicional limitada, o GPS pode auxiliar esta tarefa.

Composto por satélites a cerca de 21.000 km de altitude, o sistema GPS (*Global Positioning System*) calcula posições 3D. Há erros inerentes à tecnologia dos segmentos espacial, terrestre e do usuário, outros às condições ambientais e ao rigor do levantamento. O mais sério e intencional (*S/A = Select Availability*) foi desativado em Maio/2000. Dentre outros destacam-se o retardo iono-atmosférico, a visibilidade dos satélites e a inexactidão geoidal do datum altimétrico WGS 84 (*World Geodetic System 1984*). Sendo os problemas altimétricos de solução mais difícil, o erro vertical pode chegar a 1,5 - 2 vezes o horizontal (Arana, 2002). Pode-se reduzir tais erros com rastreamento da fase da onda portadora do sinal GPS, ajuste correto do receptor, correção diferencial e filtragem de posições de PDOP acima do tolerado. Assim, o objetivo do trabalho é o que valida a precisão do GPS. Por exemplo, um sismólogo pode precisar de receptor geodésico, enquanto um alpinista se contenta com um de navegação. De qualquer modo é essencial definir o método de amostragem dos dados.

Um modo de elevar a confiança de amostras é aumentar seu número, mas é melhor escolher o 'Plano de Amostragem' mais adequado e dimensionar a amostra para evitar super/subamostragem. Para tanto, ajuda saber-se a precisão desejada e a variação aproximada da população, a qual se pode obter em pré-amostragem casual, por exemplo (Cochran, 1965).

Para amostragem de variáveis contínuas, como altitude, a 'Amostragem Sistemática' pode representar bem o relevo montanhoso. Uma grade regular permite variar a densidade de amostragem, identificar tendências e aplicar análises geoestatísticas (Nogueira, 2002). Na 'Amostragem Sistemática Estratificada', a população é dividida em  $N'$  extratos e as amostras  $n_i$  sucedem-se na mesma posição relativa nos extratos (Cochran, 1965).

## 2 Objetivos

Este trabalho integra projeto maior, o qual visa a aplicar AP no estudo da variabilidade espacial da produtividade de cafezal. Mas, aqui pretendeu-se delinear método de amostragem de dados de relevo e dimensionar tamanho de amostra objetivando elaborar Modelo Digital de Terreno (MDT) de região montanhosa.

## 3 Material e Métodos

O trabalho está sendo realizado na Fazenda Laje e no DEA/UFV, Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais - Brasil. O relevo local predominante é montanhoso, a umidade relativa média do ar de 80% e cultiva-se *Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho. O talhão estudado tem cerca de 1 ha, plantas com cerca de 10 anos de idade espaçadas de 1 x 2,5 m, e não é irrigado.

Em pré-amostragem, sorteou-se 30 pontos ao acaso de base de dados de 733 pontos georreferenciados a cada 5 cafeeiros em cada linha do talhão. Usou-se DGPS modelo 'GPS Pathfinder® Pro XRS™' (*Trimble Navigation Limited*), obtendo-se posições pela média de 5 leituras. O contorno do talhão também foi georreferenciado. Para maior precisão, rastreou-se a fase da onda portadora do sinal GPS (Leick, 1995) e fez-se correção diferencial pós-processada a partir da base GPS da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) do IBGE do Campus da UFV, de altitude ortométrica conhecida. Calculou-se o desnível  $\Delta z$  entre estes 30 pontos e os 30 consecutivos e seus quartis 1, 2 e 3; e o tamanho da amostra  $n$  (para população finita) pela equação  $n = (tS/d)^2 / [1 + (tS/d)^2 / N]$ , onde:  $n$  = Tamanho da amostra;  $t$  = Nível de probabilidade  $p$  para  $(n-1)$  g. l.;  $S^2$  = Variância das altitudes dos 30 pontos;  $d$  = Margem de erro (precisão) escolhida;  $N$  = Número de indivíduos da população (Cochran, 1965). Para  $t$  (5%; g. l. = 29) = 2,045;  $S^2$  = 19,99;  $d$  (quartil 3 de  $\Delta z$  (cm)) = ,3

m e  $N = 3.665$  ( $\sim 3.700$ );  $n = 744,56$  amostras e  $k$  (intervalo de amostragem) =  $3.700/744,56 = 4,97 \sim 5$  plantas. Coincidindo  $k$  com a taxa de pré-amostragem, gerou-se mapa de isolinhas e MDT 2D com todos os 733 pontos no programa Surfer® 6.01 (Golden Software, Inc.) com interpolação pelo método de Kriging, o qual considera a distância entre os pontos.

#### 4 Resultados e Discussão

A frequência de amostragem foi regular, mas a grade de amostragem não, principalmente devido ao espaçamento desuniforme das plantas e ao plantio em curvas de nível, sugerido pelas linhas curtas (**Figura 1A**). A declividade é mais acentuada no centro da área, potencializando erosão, enquanto nos extremos é suavizada (**Figura 1B**).

Com PDOP Máximo Médio de 2,9, a altitude variou entre 723,06 e 740,88 m com gradiente positivo aproximadamente na direção SO-NE, amplitude 17,82 m e média 731,97 m. A alta 'Densidade de Amostragem' ( $n/N = 733/3.665 = 20\%$ ) objetivou mapear a área e permitir futura investigação da influência de variáveis locais na variabilidade do cafezal.

Dimensionar amostragens merece mais atenção, seja devido à variedade de métodos existentes ou à inexistência do ideal, pois é comum aproximar-se o ótimo teórico do exequível ao máximo, segundo limites econômico-operacionais, mesmo sem referencial.

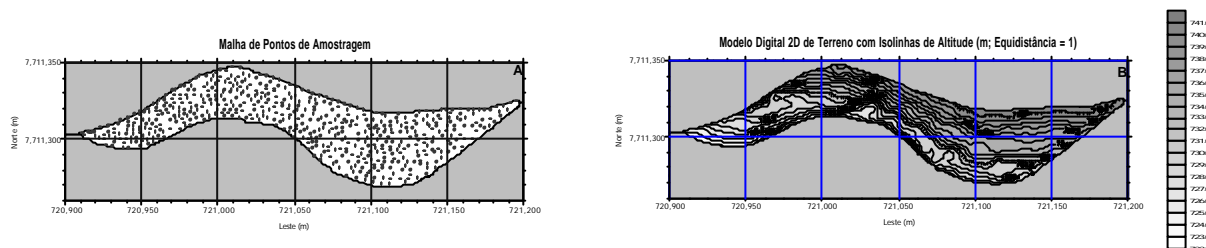


Figura 1 - Mapa de pontos amostrais (A) e Modelo Digital 2D de Terreno (B) da área estudada.

#### 5 Conclusões

A frequência de amostragem foi regular, mas a grade de amostragem não, principalmente devido ao espaçamento desuniforme e ao plantio em curvas de nível. A declividade do terreno é mais acentuada no centro da área e nos extremos suavizada.

A altitude variou entre 723,06 e 740,88 m, com amplitude 17,82 m e média 731,97 m. A alta densidade de amostragem de 20% objetivou mapear a área e permitir futura investigação da variabilidade do cafezal.

#### 6 Referências

- Arana, J. M. O uso do GPS na elaboração de Carta Geoidal. <http://www2.prudente.unesp.br/dcartog/arana/public.pdf>. Consultado a 17/11/02, 00:35:31, Domingo.
- Aronoff, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. Canada: WDL Publications, 1989.
- Cochran, W. G. **Técnicas de Amostragem**. John Wiley & Sons, Inc., New York. Rio de Janeiro: USAID, 1965. 428 p.
- Felgueiras, C. A. **Modelagem Numérica de Terreno**. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. 11,708. Consultado a 17/11/02 00:33:11, Domingo.
- Leick, A. **GPS Satellite Surveying**. Department of Surveying Engineering, University of Maine, USA. John Wiley & Sons, Inc. 2ª ed., 1995.

Medeiros, J. S. de e Câmara, G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais.** <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. 11,708. Consultado a 17/11/02, 00:30:31, Sábado.

Nogueira, F. M. de B. **Aplicação da Geoestatística para Amostragens de Solo em Planície de Inundação.** XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000. Porto Alegre - RS.