

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E RELEVO DA LAVOURA NA DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO PARA CULTURA DO CAFÉ CONILON

Icaro Monteiro Galvão¹, Samuel de Assis Silva², Julião Soares de Souza Lima³

¹Graduando em Agronomia, bolsista de iniciação científica CNPq- Brasil. Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 16, 45662-900, Ilhéus – BA – Brasil, icaro.monteiro@hotmail.com

² Prof. Assistente, Dr. em Eng. Agrícola, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 16, 45662-900, Ilhéus – BA – Brasil, sasilva@uesc.br

³ Prof. Associado, Dr. em Ciência Florestal, Departamento de Eng. Rural, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, Cx. Postal 16, 16, 29500-000, Alegre – ES – Brasil, limajss@yahoo.com.br

RESUMO: O trabalho teve como objetivo aplicar, na cafeicultura, uma metodologia que utiliza técnicas de estatística, geoestatística e geoprocessamento para avaliar os atributos físicos do solo e relevo da lavoura, a fim de gerar zonas de manejo para aplicação localizada de fertilizantes e corretivos na cultura do café conilon. Os dados utilizados nas simulações para geração das zonas de manejo são provenientes de coletas de dados realizadas na safra 2007/2008 em um experimento conduzido na fazenda Bananal, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, região sul do Estado de Espírito Santo, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural-INCAPER. A cultivar da espécie *Coffea canephora* Pierre que ocupa a área é a Emcaper 8151, propagada por semente. Na ocasião construiu-se uma malha irregular totalizando 109 pontos amostrais georreferenciados. Para análises foram feitas amostragens de solo na profundidade de 0,0 - 0,20 m. Com exceção do silte, todas as variáveis apresentaram dependência espacial. A altitude da lavoura e os teores de argila e areia do solo apresentaram o mesmo padrão de distribuição espacial com ajuste do modelo esférico e alcances bem próximos. Foi possível delinear três zonas específicas de manejo para a cafeicultura com base nos valores de altitude e das frações granulométricas, sendo que estas seguem o sentido da declividade do terreno.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão; Classificação não supervisionada; Geoestatística

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES AND CROP RELIEF FOR THE DEFINITION OF MANAGEMENT AREAS FOR CONILON COFFEE

ABSTRACT: The aimed of this study is to apply in the coffee plantation, a methodology that uses statistical techniques, geostatistics and GIS, to assess the soil physical attributes and relief area, in order to generate site-specific for application of fertilizers and the culture of conilon coffee. The data used in the simulations for the generation of site-specific are derived from data collections conducted in 2007/2008 season in an experiment conducted at the Bananal farm, located in the municipality of Cachoeiro de Itapemirim - Espírito Santo State, belonging to the Institute Capixaba de Pesquisa e Assistência Técnica-INCAPER. The cultivar of the species *Coffea canephora* Pierre occupying the area is Emcaper 8151, propagated by seed. On the occasion we constructed a workout irregular totaling 109 sampling points georeferenced. For analysis samples were collected at depth from 0.0 to 0.20 m. With the exception of silt, all variables showed spatial dependence. The altitude and the clay and sand soil showed the same pattern of spatial distribution model fit spherical and very close ranges. It was possible to outline three specific areas of management for coffee based on the values of altitude and size fractions, and these follow the direction of the land slope.

KEY-WORDS: Precision agriculture; unsupervised classification; geostatistics

INTRODUÇÃO

Assim como acontece com outras culturas agrícolas, a cafeicultura tem se transformado em um ramo especializado, em que se devem minimizar os custos e obter produtos diferenciados, de forma a agregar o máximo de valor possível ao produto final. Dessa forma, a adoção de técnicas de agricultura de precisão trás inúmeros benefícios para o café, contribuindo para a melhoria dos níveis de produtividade. Na agricultura de precisão, a aplicação de práticas agrônômicas, tais como: adubação, controle de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, é feita de forma espacialmente variável em função de informações coletadas no campo (ORTEGA;SANTIBÁÑEZ, 2007). Com isso, há uma otimização do uso de insumos agrícolas em redução dos riscos econômicos e ambientais, obtendo-se maior rentabilidade e qualidade dos produtos (CORWIN; LESCH, 2003; WHELAN; MCBRATNEY, 2001). No entanto, a grande dificuldade da agricultura de precisão está em determinar como as dosagens de insumos agrícolas devem ser

variadas no espaço e no tempo para se obter tais benefícios (ANSELIN et al., 2004; BOOLTINK et al., 2001). Uma alternativa para essa questão está na geração de zonas específicas de manejo com base nas características e variáveis que são decisivas para um determinado padrão produtivo das culturas agrícolas. De acordo com Fraisse et al. (2001) uma zona de manejo pode ser definida como uma área que apresenta características semelhantes entre os fatores que limitam a produtividade e/ou a qualidade do produto, podendo, por isso, ser tratada com a mesma dosagem de insumo a ser aplicado ou ser submetida ao mesmo tipo de trato cultural. Fleming et al. (2004) afirmam que as informações de campo mais utilizadas para definir zonas de manejo baseiam-se no modelo digital de elevação das áreas, em mapas de fertilidade do solo obtidos por amostragem sistemática e nos valores (mapas) de produtividade das culturas. Para definir zonas de manejo, pode-se utilizar técnicas de análises de agrupamento de dados. As técnicas de análise de grupamento são baseadas em algoritmos de classificação não-supervisionada, tendo como objetivo dividir um conjunto de dados em classes (VALENTE et al., 2012). Diante do exposto este trabalho foi conduzido com o objetivo de definir a variabilidade espacial das frações granulométricas, mapear os atributos do solo considerando a variabilidade existente, e delinear zonas específicas de manejo para a cafeicultura, com base nos mapas interpolados.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados nas simulações para geração das zonas de manejo são provenientes de coletas realizadas na safra 2007/2008 em um experimento conduzido na fazenda Bananal, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, região sul do Estado de Espírito Santo, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural- INCAPER. O experimento foi conduzido em uma área de uma topo-sequência, cultivada com a variedade Emcaper 8151, da espécie *Coffea canephora* Pierre, propagada por sementes. Na ocasião construiu-se uma malha irregular totalizando 109 pontos amostrais georreferenciados. Para análises foram feitas amostragens de solo na profundidade de 0,0 - 0,20 m. A variabilidade foi avaliada na colheita da safra referente ao ano agrícola de 2007/08. As amostras foram coletadas na projeção da copa de cinco plantas que compõem o ponto amostral, nos dois lados da linha de cultivo, na camada de 0 a 20 cm. Foram coletadas dez amostras por ponto, as quais foram homogeneizadas formando uma amostra composta representativa do mesmo. A determinação da composição textural do solo foi determinada pelo método da pipeta, utilizando solução de NaOH como dispersante químico, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997). Para os valores encontrados para os atributos físicos do solo e para o relevo foram inicialmente analisados por meio das medidas de posição e dispersão através da estatística clássica. A normalidade foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov de 5% de probabilidade. A geoestatística foi utilizada para verificar a existência e, nesse caso quantificar o grau de dependência espacial. Comprovada a dependência espacial, os dados foram interpolados para posterior construção dos mapas de distribuição espacial, utilizando-se a krigagem ordinária. A definição de zonas de manejo foi realizada a partir dos mapas de variabilidade espacial gerados para as variáveis envolvidas no estudo, utilizando-se um algoritmo fuzzy k-means, o qual utiliza a distância euclidiana para o cálculo da proximidade entre as amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela análise estatística descritiva (Tabela 1) demonstram que para todas as variáveis estudadas os valores das medidas de tendência central (média e mediana) foram bem próximas, indicando distribuições simétricas, o que é confirmado pelo valor de assimetria próximo de zero. Esses resultados indicam que os dados se ajustam à distribuição normal, conforme confirmado pelo teste Kolmogorov-Smirnov. De acordo com Cressie (1991) a normalidade dos dados não é exigência da geoestatística, entretanto Silva et al. (2010) afirmam que em análises probabilísticas a normalidade é fundamental para se elevar a confiabilidade dos resultados.

Tabela 1. Estatística descritiva e distribuição de frequência para os as frações granulométricas do solo.

Variáveis	Média	Mediana	CV	S	Mínimo	Máximo	Cs	Ck	K-S
Argila	410.64	409.90	21.57	88.59	101.00	602.80	-0.20	0.38	ns
Silte	188.97	191.17	36.95	69.83	14.18	508.55	0.28	0.35	ns
Areia	395.16	397.42	17.17	67.84	101.00	567.83	-0.13	0.21	ns

Argila (g kg^{-1}); Silte (g kg^{-1}); Areia (g kg^{-1}); CV - coeficiente de variação; s - desvio-padrão; Cs - Coeficiente de assimetria; Ck - coeficiente de curtose; ns distribuição normal pelo teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) a 5% de probabilidade.

O coeficiente de variação (CV), segundo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), de baixa para $\text{CV} < 12\%$; média de $12\% < \text{CV} < 60\%$ e alta para $\text{CV} > 60\%$, apresentou-se abaixo de 12%, sendo, portanto, considerado de média variação para todas as variáveis. Esses valores de CV estão de acordo com os observados por Gonçalves et al. (2001). Apesar do valor mediado do coeficiente de variação para todas as frações, a maior variação foi observada para o silte, justificado pela sua movimentação no solo no escoamento superficial durante o processo erosivo. Além disso, conforme Silva et al. (2007) o método de determinação do silte contribui para sua maior variação, devido ao risco de se incorporar à essa fração, parte da variabilidade existente nos atributos areia e argila.

A altitude e as frações granulométricas, com exceção do silte, apresentaram dependência espacial conforme variogramas indicativos apresentados na Figura 1.

O modelo que melhor se ajustou aos teores de argila e areia foi o esférico, enquanto que o silte apresentou ausência de dependência espacial, ajustando-se ao modelo efeito pepita puro (EPP). Argila e areia apresentaram mesmo padrão espacial dentro das profundidades estudadas, justificado pelo mesmo ajuste do variograma e pelos alcances muito próximos. O IDE, segundo classificação proposta por Zimback (2001), foi médio para todas as variáveis que apresentaram dependência espacial. Barbieri et al. (2002) encontraram variabilidade baixa para essas mesmas frações enquanto que Gonçalves e Folegatti (2002) trabalhando com a textura do solo, encontraram variabilidade média para as mesmas.

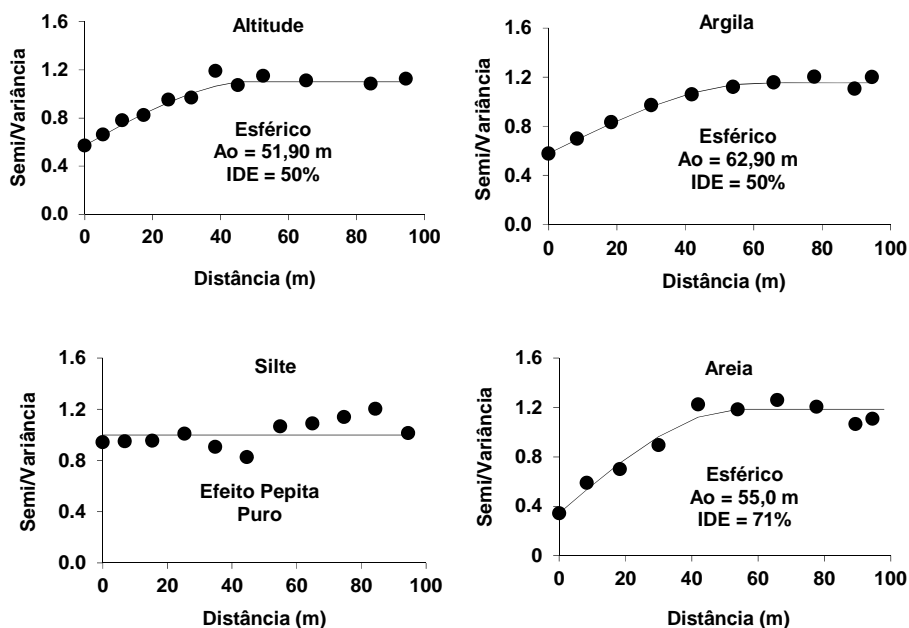


Figura 1. Modelos e parâmetros dos variogramas médios estimados para a altitude e para as frações granulométricas em área de produção de café conilon.

A Figura 2 mostra as classes de manejo específico gerados à partir da informação conjunta da altitude e dos teores de argila e areia. O mapa foi construído utilizando o classificador não supervisionado *fuzzy* k-means, conforme apresentado no item material e métodos.

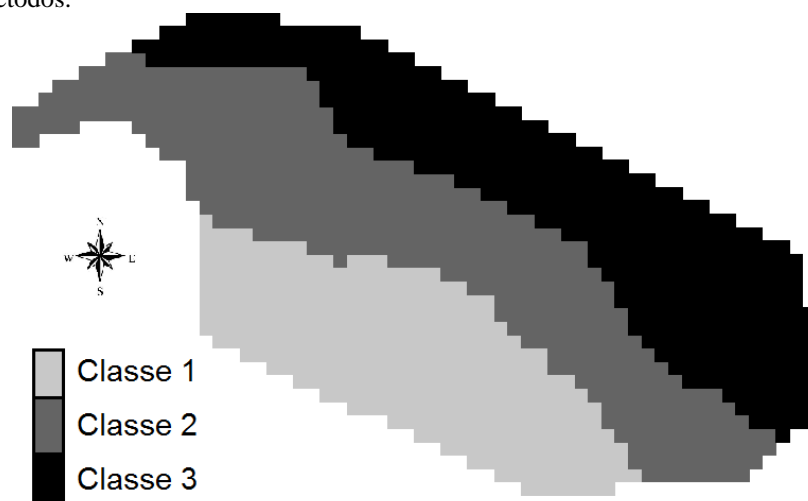


Figura 2. Classes de manejo específico para a cultura do café com base na altitude e nas frações granulométricas.

Foram geradas três classes de manejo, as quais foram selecionadas por apresentar o maior valor de coeficiente de performance fuzzy e também maior valor de entropia de partição modificada, parâmetros utilizados na seleção do número de zonas de manejo.

É possível observar que as zonas de manejo seguem o gradiente da declividade, sendo a Classe 1 localizada nas regiões mais elevadas da área e a Classe 3 na região mais baixa. Esse comportamento já era esperado, visto que as frações granulométricas do solo geralmente seguem o padrão de distribuição da declividade do terreno. Silva et al. (2007) comentam que os maiores teores de argila geralmente se concentram na parte superior das áreas, enquanto que os teores de areia são maiores nas regiões mais baixas, sendo esse comportamento definido pelo escoamento superficial.

A delimitação de três zonas bem específicas na área em estudo favorece de forma significativa o manejo da cultura do café, sendo as práticas, principalmente de fertilização e correção do solo, realizadas de forma individual em cada uma destas. Valente et al. (2012) afirmam que o delineamento de zonas de manejo permite aumentar a eficiência da cafeicultura e, principalmente permite aplicar técnicas de agricultura de precisão à cultura do café de montanha.

CONCLUSÕES

Com exceção do silte, todas as variáveis apresentaram dependência espacial. A altitude da lavoura e os teores de argila e areia do solo apresentaram o mesmo padrão de distribuição espacial com ajuste do modelo esférico e alcances bem próximos. Foi possível delinear três zonas específicas de manejo para a cafeicultura com base nos valores de altitude e das frações granulométricas, sendo que estas seguem o sentido da declividade do terreno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSELIN, L.; BONGIOVANNI, R; LOWENBERG-DEBOER, J. A Spatial econometric approach to the economics of site-specific nitrogen management in corn production. *America Journal of Agricultural Economics*, v.86, n.3, p.675-689. 2004.
- BARBIERI, D.M.; SOUZA, Z.M.; VIEIRA, J.C.; MARQUES JUNIOR, J.; CORÁ, J.E. & PEREIRA, G.T. Dependência espacial de atributos granulométricos em um Latossolo Vermelho Eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar na Região de Jaboticabal (SP). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., Cuiabá, 2002. Anais. Cuiabá, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. CD-ROM.
- BOOLTINK, H. W.G.; ALPHEN. B.J.; BATCHELOR, W.D.; PAZ, J. O.; STORVOGEL, J. J. VERGAS, R. Tools for optimizing management of spatially-variable fields. *Agricultural Systems*, v.70, p. 445-476, 2001.
- CORWIN, D.L.; LESCH, S.M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. *Agronomy Journal*, v.95, n.3, p.471-471, 2003.
- CRESSIE, N. *Statistics for spatial data*. New York: John Wiley, 1991. 900 p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- FLEMING, K. L.; HEERMANN, D. F.; WESTFALL, D. G. Evaluating Soil Color With Farmer Input and Apparent Soil Electrical Conductivity for Management Zone de Delineation. *Agronomy Journal*, v.96, p.1581-1587, 2004.
- FRAISSE, C.W.; SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. *Transactions of the ASAE*, v.44, n.1, p.155-166, 2001.
- GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análise exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. *Maringá. Acta Scientiarum*. v.23, n.5, 2001.
- GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V. Correlação espacial entre retenção de água e textura do solo para fins de manejo de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v. 22, p. 296-303, 2002.
- ORTEGA, R. A.; SANTABÁÑEZ, O. A. Determination of management zones in corn (*Zea mays* L.) based on soil fertility. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.54, p.49-59, 2007.
- SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; OLIVEIRA, R.B.; SOUZA, G.S.; SILVA, M.A. Análise espacial da erosão hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de café conilon. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.4, p.335-342, 2007.
- SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; SOUZA, G.S.; OLIVEIRA, R.B.; XAVIER, A.C. Lógica fuzzy na avaliação da fertilidade do solo e produtividade do café conilon. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 1, p. 9-17, 2010.
- VALENT, D.S.M.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C.; SANTOS, N.T.; SANTOS, F.L. Definition of management zones in coffee production fields based on apparent soil electrical conductivity, *Scientia Agrícola*, v.69. p.173-179, 2012.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. p.319-44.

WHELAN, B. M.; MCBRATNEY, A. B The “null hypothesis” of precision agriculture management. Precision Agriculture, v.2, p.265-279. 2001.

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.