

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM CAFÉ ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) SOB DIFERENTES MANEJOS

Alessandra Fagioli da Silva², Julião Soares de Souza Lima³,
Gustavo Soares de Souza⁴, Rone Batista de Oliveira⁵

(Recebido: 29 de setembro de 2009; aceito 27 de abril de 2010)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos de duas áreas cultivadas com café, sob manejo orgânico e convencional, e calcular o percentual da diferença entre os atributos químicos da área do manejo convencional, em relação ao manejo orgânico. Em cada área foi construída uma malha com 40 pontos georreferenciados com amostragens do solo realizadas nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, na projeção da copa do cafeeiro, para análises de pH, SB, K, P, Ca e Mg. Os dados foram analisados por estatística descritiva e geoestatística. A partir dos mapas dos atributos químicos do solo foi calculado o mapa do percentual da diferença dos atributos químicos do manejo convencional em relação ao manejo orgânico, por meio de operações algébricas no sistema de informações geográficas. Os resultados indicam que todos os atributos químicos do solo apresentam dependência espacial nos dois manejos e nas duas camadas. Na análise dos atributos químicos do solo observa-se menor variabilidade espacial na área de manejo orgânico em relação ao manejo convencional, indicando zonas homogêneas para a aplicação de adubos de forma diferenciada. O percentual das diferenças do manejo convencional em relação ao manejo orgânico dos atributos químicos na área, na camada de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m é de 54,80% e 35,61%, respectivamente.

Palavras-chave: Manejo orgânico, geoestatística, sistema de informação geográfica.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES IN ARABICA COFFEE (*Coffea arabica* L.) FIELDS UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

ABSTRACT: The objective of this work was to assess the spatial variability of the chemical attributes of two coffee areas, managed in conventional and organic crop systems, and to calculate the percent of variation between them. In each area, a 40-point-mesh was sampled at 0-0.10 m and 0.10-0.20 m layers, within the crown projection, for pH, SB, K, P, Ca and Mg analysis. The data were analyzed through descriptive statistics and geostatistics. From the soil chemical attributes map, the percent of variation between the systems' chemical attributes was determined by GIS algebraic operations. The results show that the soil chemical attributes present a spatial dependence in both systems and layers. Analysis of the soil chemical attributes showed less spatial variability in the organic system, in relation to the conventional, indicating homogeneous zones for different fertilizer applications. The percent of variation of the chemical attributes in the conventional system, in relation to the organic, at 0-0.10 m and 0.10-0.20m layers are 54.80% and 35.61%, respectively.

Index terms: Organic management, geostatistics, Geographic Information System.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor, exportador e o segundo maior consumidor mundial de café, com produção nacional em 2008 de 46 milhões de sacas de 60 kg (CCOMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2009), sendo a

produção orgânica de café estimada em 0,5% da produção nacional. Segundo Theodoro et al. (2009), existe espaço para o crescimento da produção orgânica no Brasil, podendo a área de produção chegar a 1% ou 2% na próxima década, com o incentivo, principalmente, aos pequenos produtores.

¹Parte do PIBIC do primeiro autor

²Eng^a Agrônoma, Mestranda em Energia na Agricultura – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Departamento de Solos, – Universidade Estadual Paulista – SP, Rua José Barbosa de Barros – 1780 – Cx. P. 237 – 18610-307 – Botucatu, SP – alefagioli@hotmail.com

³Eng^o Agrícola, Doutor, Professor – Centro de Ciências Agrárias – Depto Eng. Rural – Universidade Federal do Espírito Santo – Alto universitário – Cx. P. 16 – 29500-000 – Alegre, ES – limajss@yahoo.com.br

⁴Eng^o Agrônomo, Doutorando em Eng. Agrícola – Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP – Av. Candido Rondon, 501 – Barão Geraldo – Cx. P. 6011 – 13083-875 – Campinas, SP – gsdsouza@hotmail.com

⁵Eng. Agrônomo, Doutorando em Energia na Agricultura – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual Paulista – SP, Rua José Barbosa de Barros – 1780 – Cx. P. 237 – 18610-307 – Botucatu, SP – rbatista@fca.unesp.br

O manejo inadequado promove transformações no solo, alterando características químicas, físicas e biológicas do solo. Theodoro et al. (2003), estudaram as alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro e observaram que o manejo do café orgânico registrou maior alteração nas características químicas do solo, em relação ao convencional.

Segundo Larson & Pierce (1991) o diagnóstico do solo poderia ser obtido a partir das características indicadoras de seu estado atual, capazes de detectar e medir com eficiência as mudanças ocorridas. Os processos de degradação do solo são os mecanismos responsáveis pelo declínio de sua qualidade, decorrentes do seu mau uso, constituindo-se em três tipos principais: degradação física, química e biológica (LAL & STEWART, 1990).

O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo pode otimizar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, melhorar o gerenciamento dos sistemas de produção, reduzir os custos gerados pela alta aplicação de insumos e a degradação ambiental provocada pelo excesso desses nutrientes (ROCHA & LAMPARELLI, 1998). Entretanto, são escassos os trabalhos sobre a variabilidade espacial em cultivos de café orgânicos, principalmente, com relação ao uso da análise geoestatística para quantificar tal variabilidade.

Souza et al. (2007) quantificaram o nível de remoção de P e K do solo de uma área sob pastagem em comparação com uma de vegetação nativa, utilizando técnicas de geoestatística e geoprocessamento. A metodologia permitiu analisar o comportamento espacial dos teores de P e K no solo, quantificar as áreas e comparar a remoção desses nutrientes em um mesmo tipo de solo, sob diferentes coberturas vegetais. Apesar dessa metodologia já estar sendo utilizada em outros sistemas de produção, ainda faltam estudos para culturas perenes, principalmente em sistemas de produção orgânica em comparação com sistemas convencionais.

A análise dos dados por meio dos mapas temáticos dos atributos químicos possibilita a distinção de regiões com menor e maior variabilidade desses atributos, o que reforça a necessidade de manejá-los de forma diferenciada e localizada, em busca de maior eficiência na aplicação dos insumos (LIMA et al., 2008).

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos de duas áreas cultivadas com café (*Coffea arabica* L.), sob manejo orgânico e convencional e calcular o percentual da diferença entre os atributos químicos da área do manejo convencional, em relação ao manejo orgânico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em duas áreas comerciais de café arábica (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho IAC - 44), sob dois sistemas de manejo: orgânico e convencional, no município de Irupí, região do entorno do Caparaó, sul do estado do Espírito Santo. As áreas são confrontantes e situam-se na Latitude 20° 20' 43'' S e Longitude 41° 38' 28'' W com altitude média de 730 m e temperatura média anual de 20 °C. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006).

O sistema orgânico de manejo do cafeeiro deste trabalho iniciou-se no processo de transição de convencional para orgânico, no ano de 1998, é manejado organicamente há oito anos, e possui selo de qualidade orgânica Chão Vivo, constituindo um sistema orgânico consolidado. O espaçamento da cultura é de 2,0 x 1,0 m, com plantio em nível. As plantas espontâneas que ocorrem nas entrelinhas do cafeeiro são: capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.), picão (*Bidens pilosa* L.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), que são controladas com uso de roçadora costal e uma leve capina manual. Nas entrelinhas foram plantadas leguminosas, nas quantidades de 150, 60 e 80 kg de sementes, por hectare, de feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.), mucuna-preta (*Mucuna pruriens utilis* (Wall. ex Wight)L.H.Bailey) e mucuna-anã (*Mucuna pruriens utilis* (Wall. ex Wight)L.H.Bailey)), respectivamente, em sistemas de rotação, conforme a orientação da certificadora. Quanto à adubação, uma vez por ano, são aplicados 8 kg de composto orgânico por cova, com a seguinte composição: 4235,97 mg dm⁻³ de K; 207,79 mg dm⁻³ de P; 46,50 cmol_c dm⁻³ de Ca; 27 cmol_c dm⁻³ de Mg, conforme comunicado pelo proprietário. No período de chuvas é aplicado, mensalmente, na forma de pulverização foliar, o fertilizante de nome comercial Humato de Macota, cujo rótulo indica ser um

produto de pH neutro, constituído por ácido húmico (178,35 mg L⁻¹), ácido fúlvico (143,83 mg L⁻¹), carbono (3,09 mg L⁻¹), cálcio (250 mg L⁻¹), magnésio (176,90 mg L⁻¹), potássio (25 mg L⁻¹), nitrogênio (54,20 mg L⁻¹), na proporção de 700 mL do produto por 20 litros de água, utilizando volume de aplicação de 200 a 220 L ha⁻¹.

A área de café convencional tem espaçamento de 3,0 x 1,5 m. As plantas espontâneas que ocorrem nas entrelinhas são: capim-marmelada (*B. plantaginea*), picão (*B. pilosa*) e trapoeraba (*C. benghalensis*), controladas com o uso de herbicida comercial Roundup® (glyphosate), na dose de 1,0 L ha⁻¹, e por meio de capinas manuais, mantendo-se baixa cobertura no solo. Na adubação é utilizado o formulado NPK, conforme o manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo (DADALTO & FULLIN, 2001).

A amostragem do solo foi realizada com espaçamentos irregulares entre amostras através de um *grid* georreferenciado. Em cada sistema de manejo foram amostrados 40 pontos, na camada de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, na projeção da copa do cafeeiro, para análises químicas de pH, potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), segundo a metodologia preconizada pela Embrapa (1997).

Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva e pela geoestatística com objetivo de quantificar o grau de dependência espacial, utilizando-se do variograma clássico de Matheron com auxílio do software GS+ (ROBERTSON, 2004). O variograma foi estimado pela expressão:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

em que: γ é a variância experimental, obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$; h é a distância entre pontos amostrais e $N(h)$ é o número total de pares de pontos possíveis, dentro da área de amostragem (BACHMAIER & BACKES, 2008). No ajuste dos modelos teóricos, definiram-se os parâmetros efeito pepita (C_0), o patamar ($C_0 + C$), o alcance (a) e o índice de dependência espacial (IDE). Os modelos foram escolhidos com base no coeficiente de correlação entre os valores observados e os estimados pela validação cruzada. A interpolação para estimar valores em locais não medidos foi

realizada por meio da krigagem ordinária, para confecção dos mapas dos atributos.

A partir dos mapas dos atributos químicos do solo, foram obtidos os mapas das diferenças individuais, os quais representam a proporção da diferença dos valores dos atributos entre o solo no manejo orgânico e convencional, considerando o manejo orgânico 100%. A próxima etapa foi agrupar as informações dos mapas das diferenças individuais dos atributos em um único mapa denominado de porcentual das diferenças do manejo convencional em relação ao manejo orgânico, utilizando-se operações algébricas, no *software* IDRISI 15 Andes (CLARCK LABS, 2006).

O nível das diferenças entre os atributos químicos do solo foi classificado como: nulo ($ND \leq 0$), baixo ($0 \leq ND \leq 25\%$), moderadamente baixo ($25\% \leq ND \leq 50\%$), moderadamente alto ($50\% \leq ND \leq 75\%$) e alto ($75\% \leq ND \leq 100\%$), conforme Azevedo (2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise descritiva dos atributos químicos no manejo orgânico (MORG) e convencional (MCON), nas duas camadas (0-0,10 e 0,10-0,20 m) estão apresentados da Tabela 1.

Em geral todos os atributos apresentam os valores das medidas de tendência central (média e mediana) bem próximas, indicando distribuições simétricas, o que é confirmado pelos coeficientes de assimetria próximos de zero e pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilks a 5% de probabilidade (Tabela 1).

Com base no critério de Warrick & Nielsen (1980), o coeficiente de variação apresentou-se baixo ($CV < 12\%$) para o pH na camada de 0-0,10 m, nos dois manejos e na camada de 0,10-0,20 m (MCON) e alto ($CV > 60\%$) para o Ca e K na camada de 0-0,10 m (MCON) e P na camada de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m (MORG). Os demais atributos apresentaram CV médio ($60\% > CV > 12\%$).

Na Tabela 2 estão apresentados os modelos e parâmetros dos variogramas escalonados para os atributos químicos do solo nos dois manejos e nas duas camadas.

Em 92% dos dados o alcance no MORG foi maior que no MCON. Isso mostra maior continuidade espacial e menor variabilidade dos

atributos na área sob MORG. Isso, na prática, deve-se ao menor espaçamento entre plantas (2,0 x 1,0 m) no MORG e à cobertura do solo com leguminosas, o que favoreceu a redução da heterogeneidade do solo, diferentemente do MCON, que tem espaçamento 3,5 x 1 m. Segundo Vieira (2000), os valores do alcance da dependência espacial fornecem informações significativas para

planejamento e avaliação experimental, pois indica até que distância os pontos são correlacionados entre si.

Os atributos, nos respectivos manejos e camadas, ajustaram-se ao modelo esférico (71%) e exponencial (29%). Várias pesquisas demonstram que o modelo esférico é o mais adaptado para descrever o comportamento de variogramas de atributos de solo

Tabela 1 – Análise descritiva dos atributos químicos do solo cultivado com café arábica, sob manejo orgânico e convencional.

Atributos	Camada	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	s	CV	C _s	C _k	w
pH ¹	0-0,10	6,70	6,90	5,30	7,80	0,72	9,20	-0,53	-0,83	*
pH ²	0-0,10	4,89	4,80	4,20	5,80	0,43	8,83	0,38	-0,66	ns
pH ¹	0,10-0,20	5,60	5,60	4,40	7,60	0,78	13,90	0,62	-0,22	ns
pH ²	0,10-0,20	4,55	4,60	4,10	4,90	0,22	4,76	-0,30	-0,65	*
SB ¹	0-0,10	57,16	60,29	25,37	92,83	15,16	26,52	-0,29	-0,09	ns
SB ²	0-0,10	18,73	17,49	7,16	35,30	8,14	43,48	0,51	-0,64	ns
SB ¹	0,10-0,20	39,46	39,04	11,69	83,72	20,03	50,76	0,45	-0,57	ns
SB ²	0,10-0,20	8,93	10,07	2,67	13,66	2,89	32,32	-0,27	-0,81	ns
K ¹	0-0,10	98,00	97,70	48,40	151,30	27,80	28,40	0,14	-0,75	ns
K ²	0-0,10	39,91	26,59	9,01	104,70	28,59	71,64	0,61	-0,81	*
K ¹	0,10-0,20	62,40	59,60	25,80	118,00	21,00	33,50	0,44	0,17	ns
K ²	0,10-0,20	32,81	30,70	7,91	60,55	12,91	39,33	0,14	-0,28	ns
P ¹	0-0,10	36,10	24,80	1,10	96,10	30,00	68,70	0,72	-0,12	*
P ²	0-0,10	5,60	5,32	1,04	10,73	2,08	37,09	0,15	0,12	ns
P ¹	0,10-0,20	3,30	3,30	1,10	9,80	2,10	56,40	1,18	1,38	*
P ²	0,10-0,20	2,28	2,08	0,10	6,27	1,35	59,09	0,46	0,52	ns
Ca ¹	0-0,10	39,78	41,50	14,00	66,50	12,63	31,75	0,28	-0,21	ns
Ca ²	0-0,10	11,67	9,50	0,25	31,50	7,57	64,86	0,80	0,02	*
Ca ¹	0,10-0,20	21,96	18,50	4,00	51,00	13,47	61,34	0,37	-1,09	*
Ca ²	0,10-0,20	3,33	3,00	0,00	7,00	1,77	53,24	0,33	-0,58	ns
Mg ¹	0-0,10	17,21	17,25	8,50	26,00	4,20	24,40	-0,12	-0,42	ns
Mg ²	0-0,10	8,09	8,50	0,50	19,00	4,23	52,31	0,31	-0,18	ns
Mg ¹	0,10-0,20	14,28	14,50	5,00	26,00	5,66	39,64	0,26	-0,47	ns
Mg ²	0,10-0,20	5,55	6,00	1,00	10,00	2,14	38,67	-0,43	-0,18	ns

¹Manejo orgânico; ²Manejo convencional; SB: Soma de Bases (cmol_c dm⁻³); K: Potássio (mg dm⁻³); P: Fósforo (mg dm⁻³); Ca: Cálcio (cmol_c dm⁻³); Mg: Magnésio (cmol_c dm⁻³); s: desvio-padrão; CV: Coeficiente de Variação; C_s: Coeficiente de Assimetria; C_k: Coeficiente de Curtose; ns = não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Shapiro-Wilks (distribuição normal) e * distribuição não normal.

(LIMA et al., 2007; OLIVEIRA, 2007; TRANGMAR et al., 1985).

O atributo Ca, no MORG na camada de 0-0,10 m; Mg e SB, no MORG na camada de 0,10-0,20 m; K e SB, no MCON na camada de 0-0,10 m; e pH, K e Mg, no MCON na camada de 0,10-0,20 m, apresentaram forte dependência espacial ($IDE \leq 75\%$) e os demais atributos apresentaram

moderada dependência ($25\% \leq IDE \leq 75\%$), conforme os intervalos propostos por Zimback (2001). Isso demonstra que os variogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais. Reforçando que a dependência espacial de um atributo depende da escala, profundidade, topografia, manejo da cultura e do solo, entre outros.

Tabela 2 – Modelos e parâmetros dos variogramas escalonados para os atributos químicos do solo, sob manejo orgânico e convencional, na camada de 0-0,10 e 0,10-0,20 m

Atributos	Camada	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	RCV
pH ¹	0-0,10	Esférico	30,00	0,31	1,12	72	84	*
pH ²	0-0,10	Esférico	17,73	0,32	1,08	70	80	*
pH ¹	0,10-0,20	Esférico	28,00	0,36	0,97	62	60	*
pH ²	0,10-0,20	Esférico	6,99	0,12	0,99	86	64	*
SB ¹	0-0,10	Esférico	53,30	0,45	1,37	67	81	*
SB ²	0-0,10	Esférico	23,41	0,40	1,09	63	86	*
SB ¹	0,10-0,20	Exponencial	26,16	0,13	1,02	88	52	*
SB ²	0,10-0,20	Esférico	7,70	0,21	1,03	80	81	*
K ¹	0-0,10	Esférico	36,70	0,50	1,14	56	64	*
K ²	0-0,10	Esférico	4,96	0,23	1,02	77	53	*
K ¹	0,10-0,20	Exponencial	36,00	0,50	1,13	56	66	*
K ²	0,10-0,20	Esférico	7,19	0,006	0,94	99	60	*
P ¹	0-0,10	Exponencial	9,21	0,33	1,03	68	84	*
P ²	0-0,10	Esférico	12,86	0,54	1,10	51	56	*
P ¹	0,10-0,20	Esférico	10,00	0,32	1,10	71	78	*
P ²	0,10-0,20	Exponencial	9,09	0,31	1,14	72	77	*
Ca ¹	0-0,10	Esférico	33,47	0,18	1,16	85	86	*
Ca ²	0-0,10	Exponencial	34,59	0,31	1,26	73	82	*
Ca ¹	0,10-0,20	Exponencial	44,13	0,47	1,13	58	56	*
Ca ²	0,10-0,20	Esférico	18,83	0,52	1,08	52	95	*
Mg ¹	0-0,10	Exponencial	19,50	0,39	1,06	63	86	*
Mg ²	0-0,10	Esférico	14,01	0,38	1,07	65	87	*
Mg ¹	0,10-0,20	Esférico	7,33	0,20	0,91	78	85	*
Mg ²	0,10-0,20	Esférico	5,97	0,002	1,07	99	71	*

¹ Manejo orgânico; ² Manejo convencional; SB: Soma de Bases (cmol_c dm⁻³); K: Potássio (mg dm⁻³); P: Fósforo (mg dm⁻³); Ca: Cálcio (cmol_c dm⁻³); Mg: Magnésio (cmol_c dm⁻³); a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial e R²: coeficiente de determinação múltipla do ajuste. RVC: coeficiente de correlação da validação cruzada e * significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se nos mapas (Figuras 1, 2 e 3) que o pH, SB, K, Ca e Mg no MORG nas duas camadas, apresentaram tendência de maiores valores nas regiões superiores dos mapas, ou seja, acompanhando

a altitude da área; porém no MCON, o pH e SB na camada de 0-0,10 m apresentaram distribuição inversa, ou seja, maiores valores nas regiões baixas dos mapas.

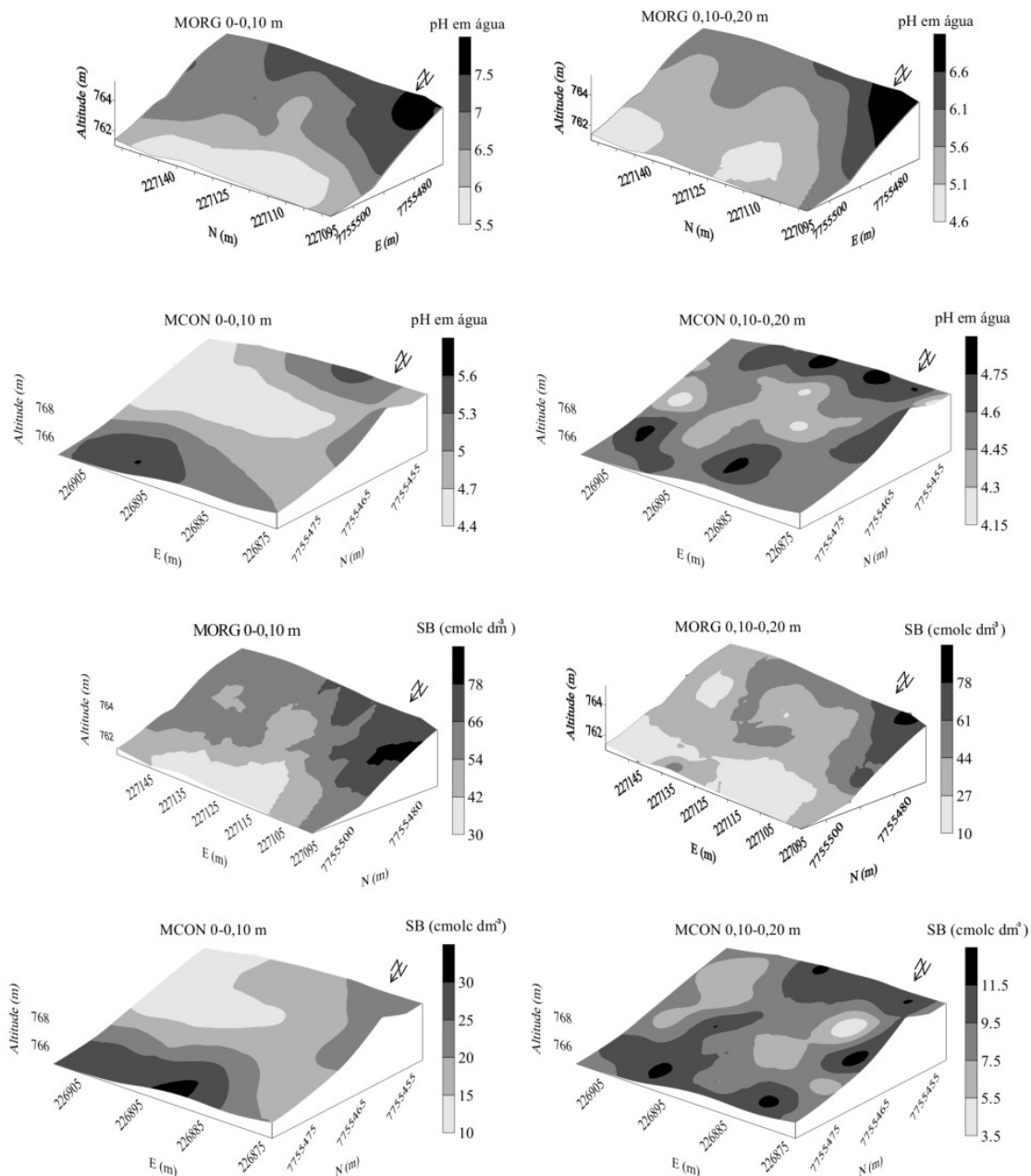


Figura 1 – Mapas da distribuição espacial do pH e SB no manejo orgânico (MORG) e convencional (MCON), nas duas camadas.

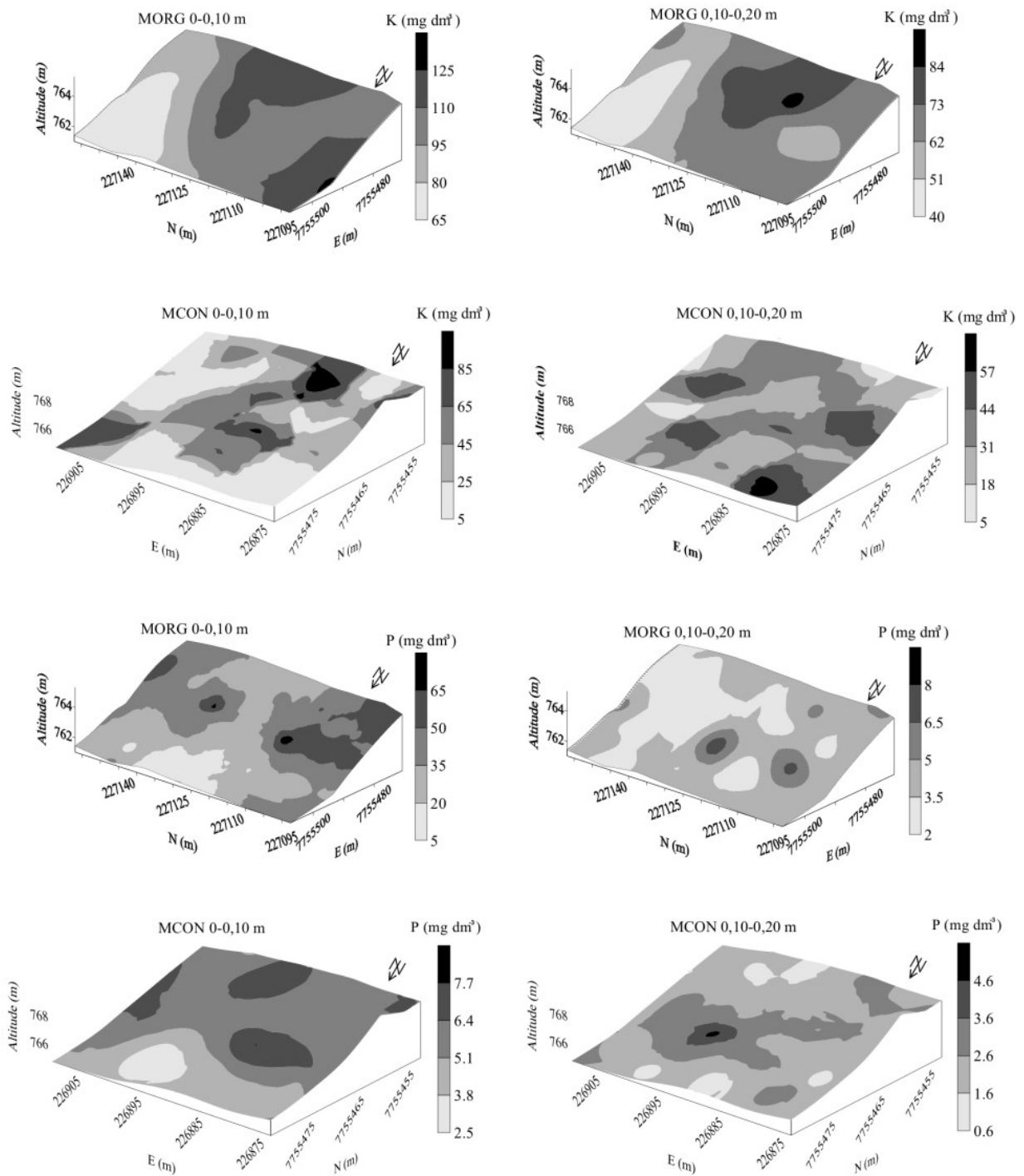


Figura 2 – Mapas da distribuição espacial do K e P no manejo orgânico (MORG) e convencional (MCON), nas duas camadas.

A área foi dividida em três níveis de diferença entre os manejos, sendo que os níveis foram

quantificados em $7\% < ND < 29\%$, $29\% < ND < 51\%$ e $51\% < ND < 73\%$ (Figura 4). Os maiores

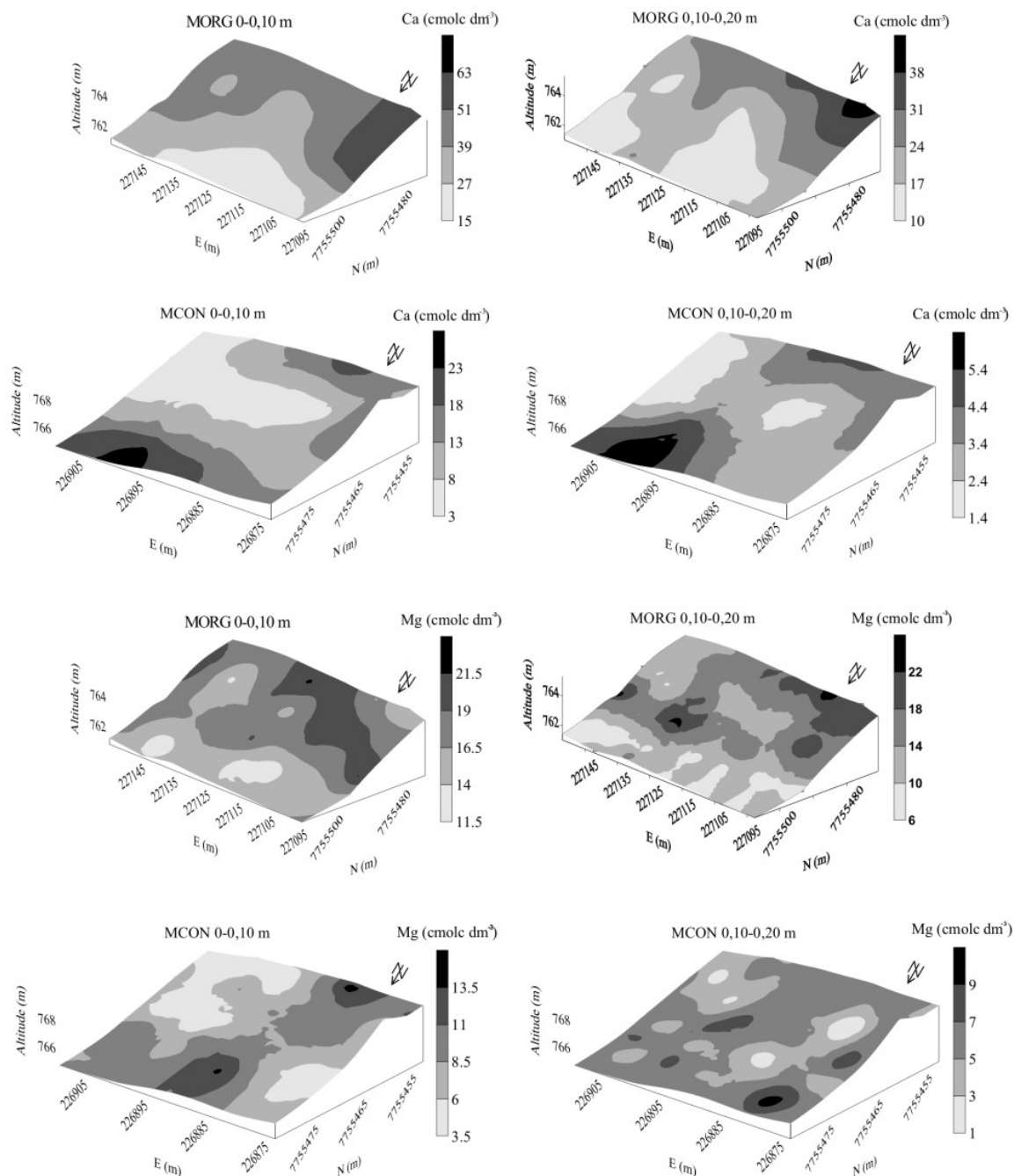


Figura 3 – Mapas da distribuição espacial do Ca e Mg no manejo orgânico (MORG) e convencional (MCON), nas duas camadas.

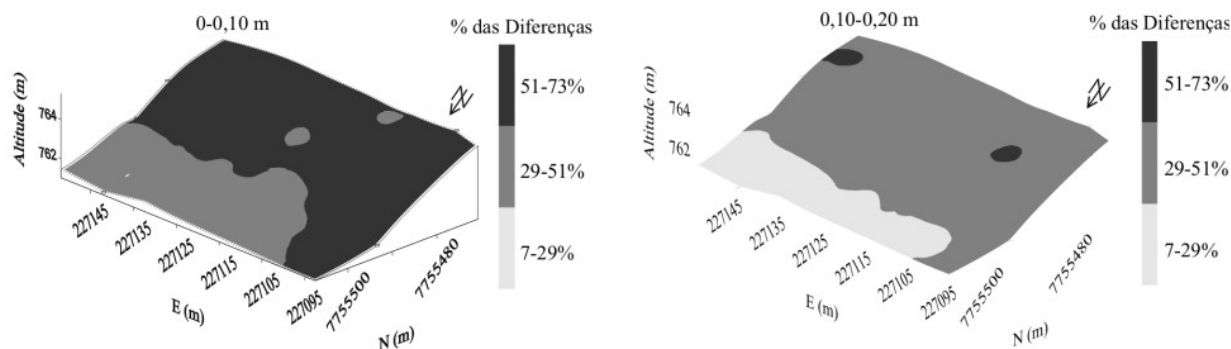


Figura 4 – Mapas das diferenças (%) dos atributos químicos do solo entre os manejos, nas duas camadas, considerando o manejo orgânico 100%.

níveis de diferença dos atributos ocorreram na região superior da área de MCON em relação ao MORG; isso pode ser devido à pedofoma do terreno e baixa cobertura vegetal, favorecendo o arraste pela erosão hídrica. A área de cada ND foi calculada encontrando 1%, 32% e 67%, respectivamente, para a camada de 0-0,10 m, e 22%, 75% e 3%, respectivamente para a camada de 0,10-0,20 m. O valor médio da diferença entre os atributos químicos do solo foi de 54,8%, para camada de 0-0,10 m e de 35,6%, para a camada de 0,10-0,20 m. Souza et al. (2007) encontraram um valor médio de diferença de atributos químicos de 67,25% e Azevedo (2004) encontrou valor de 24,37%, ambos trabalharam com pastagem em comparação com mata nativa.

O nível de diferença da camada de 0-0,10 m foi classificado como moderadamente alto ($50\% \leq ND \leq 75\%$) e da camada de 0,10-0,20 m, moderadamente baixo ($25\% \leq ND \leq 50\%$).

4 CONCLUSÃO

Os atributos químicos do solo apresentam dependência espacial nos dois sistemas de manejos.

Na análise dos atributos químicos do solo observa-se menor variabilidade espacial na área de manejo orgânico, em relação ao manejo convencional, indicando zonas homogêneas para a aplicação de adubos de forma diferenciada.

O percentual das diferenças do manejo convencional em relação ao manejo orgânico dos atributos químicos na área, na camada de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m é de 54,80% e 35,61%, respectivamente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, E. C. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso**. 2004. 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2004.

BACHMAIER, M.; BACKES, M. Variogram or semivariogram?: understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**, v. 9, n. 3, p. 173-175, 2008.

CLARCK LABS. **Idrisi version I32.11 for Windows**. [S.l.], 2006. CD-ROM.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café safra 2009**: segunda estimativa, maio/2009. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2_levantamento_2009.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2010.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo**: 4ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER, 2001. 266 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2006. 306 p.

- LAL, R.; STEWART, B. A. Soil degradation: need for action: research and development priorities. **Advances in Soils Science**, Madison, v. 11, p. 31-337, 1990.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: DUMANSKI, J.; PUSHPARAJAH, E.; LATHAM, M. (Eds.). **Evaluation for sustainable land management in the developing world: technical papers**. Bangkok: International Board for Soil Research and Management, 1991. v. 2, p. 175-203.
- LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B.; QUARTEZANI, W. Z. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de pimenta-do-reino. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 290-298, 2007.
- LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B.; SILVA, S. Técnicas de agricultura de precisão aplicada a cultura do café conilon. In: POLANCZICK, R. A.; CECÍCIO, R. A.; MATA, F. D.; SOARES, T. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; CAMPANHARO, W. A.; OLIVEIRA, M. C. C. (Orgs.). **Estudos avançados em produção vegetal**. Vitória: UFES, 2008. v. 1, p. 179-197.
- OLIVEIRA, R. B. **Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão**. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2007.
- ROBERTSON, G. P. **GS+**: geoestatistics for the environmental sciences: **GS+** user's guide. Plainwell: Gamma Desing Software, 2004. 152 p.
- ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Geoprocessamento. In: SILVA, F. M. **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFV, 1998. cap. 1, p. 1-30.
- SOUZA, G. S. de; SILVA, S. de A.; LIMA, J. S. de S.; OLIVEIRA, R. B. Estudo da remoção de fósforo e potássio de um argissolo vermelho-amarelo sob cultivo de pastagem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 4., 2007, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2007. v. 4, p. 4-8.
- THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 27, p. 1039-1047, 2003.
- THEODORO, V. C. A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. Resposta de lavouras cafeeiras em transição agroecológica a diferentes manejos de solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 56-66, jan./jun. 2009.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, Chicago, v. 38, p. 45-93, 1985.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Application of soil physics**. New York: Academic, 1980. 385 p.
- 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.