

## VARIABILIDADE ESPACIAL DA REMOÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM CAFÉ SOB DOIS MANEJOS

**Alessandra Fagioli da Silva<sup>1</sup>, Rone Batista de Oliveira<sup>2</sup>, Samuel de Assis Silva<sup>3</sup>,  
Gustavo Soares de Souza<sup>3</sup> & Julião Soares de Souza Lima<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Engenheira agrônoma, CCA-UFES, CEP: 29500-000, Alegre-ES, e-mail: alefagioli@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Agronomia, FCA-UNESP, Botucatu-SP, e-mail: ronebatista@hotmail.com

<sup>3</sup> Mestrando em Produção Vegetal, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: samuel-assis@hotmail.com

<sup>4</sup> Prof. Orientador, Depto de Eng. Rural, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: limajss@yahoo.com.br

**Resumo-** O objetivo deste trabalho foi verificar a dependência espacial de atributos químicos de duas áreas cultivadas com café, sob manejo orgânico e convencional, e verificar o nível de remoção de atributos químicos da área de manejo convencional em relação ao orgânico. Para a retirada das amostras de solo foi construído um grid com 40 pontos georreferenciado, em cada área. As amostras foram retiradas a 0-0,10 m de profundidade, na projeção da copa do cafeeiro, para análises de pH, K, P, Ca, Mg e SB. Todos atributos químicos do solo apresentaram dependência espacial nos dois manejos. Os atributos químicos do solo cultivado com café sob manejo orgânico apresentaram maiores alcances e, conseqüentemente, maior continuidade espacial.

**Palavras-chave:** Sistemas de cultivo, manejo orgânico e geoestatística.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

### Introdução

O Brasil é o maior produtor, exportador e o segundo maior consumidor mundial de café. As conseqüências ecológicas, econômicas e sociais da modernização da cafeicultura, aliadas à crescente pressão internacional pela preservação da biodiversidade, apontam para a necessidade do desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (ALVARENGA e MENDES, 2003).

O equilíbrio ambiental pode ser atribuído à interação dos fatores solo, clima, fauna e homem. As práticas agrícolas provocam modificações no ambiente, alterando seu equilíbrio natural, sendo o solo um desses fatores a sofrer transformação. Muitas vezes o manejo inadequado promove transformações no solo, alterando características químicas e físicas, levando à perda de seu potencial produtivo, culminando com a degradação do solo.

As aplicações convencionais de fertilizantes atualmente realizadas pelos agricultores implicam aplicações excessivas em determinadas áreas do campo e insuficientes em outras. O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, melhorando dessa maneira o controle do sistema de produção das culturas, reduzindo os custos gerados pela alta aplicação de insumos e a degradação ambiental provocada pelo excesso destes nutrientes (ROCHA & LAMPARELLI, 1998).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial de alguns atributos químicos do solo cultivado com cafeeiro sob dois manejos

distintos e determinar o índice geral de degradação química do solo.

### Metodologia

As amostras de solo foram coletadas em duas áreas comerciais de café arábica (*Coffea arabica* cv. catuaí 44) sob dois tipos de manejo do solo: orgânico e convencional, no município de Irupi, região do entorno do Caparaó, sul do Estado do Espírito Santo. A região situa-se na latitude 20° 20' 43" S e longitude 41° 38' 28" W, altitude média de 730 m e temperatura média anual é de 20 °C.

As lavouras tem aproximadamente 11 anos, sendo o plantio em nível no espaçamento de 2x1 m no manejo orgânico (MORG) e 3x1,5 m no convencional (MCON).

O sistema de amostragem do solo foi com espaçamento entre amostras irregulares através de um *grid* georreferenciado, conforme descrito por Lamparelli et al. (2001). Em cada sistema de manejo foram amostrados 40 pontos, na profundidade de 0-0,10 m, na projeção da copa do cafeeiro, para análises químicas de pH, potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997).

Os dados foram analisados através da estatística descritiva e em seguida pela análise geoestatística para quantificar o grau de dependência espacial, utilizando o *software* GS<sup>+</sup> (ROBERTSON, 1998). Foram efetuadas interpolações para estimar, através da técnica de krigagem ordinária, valores dos atributos em locais não amostrados, permitindo a confecção de mapas temáticos.

A partir dos mapas temáticos dos atributos químicos do solo, foram obtidos os mapas de remoção individual, os quais representaram a proporção da diferença entre os valores dos atributos entre o solo no manejo orgânico e convencional. A próxima etapa foi agrupar as informações dos mapas de remoção individuais dos atributos em um mapa denominado de nível de remoção (NR), utilizando operações algébricas, no software IDRISI 32 (CLARCK LABS, 2000).

### Resultados

**Tabela 1.** Análise descritiva dos atributos químicos do solo cultivado com café arábica sob manejo orgânico e convencional, na profundidade de 0-0,10 m

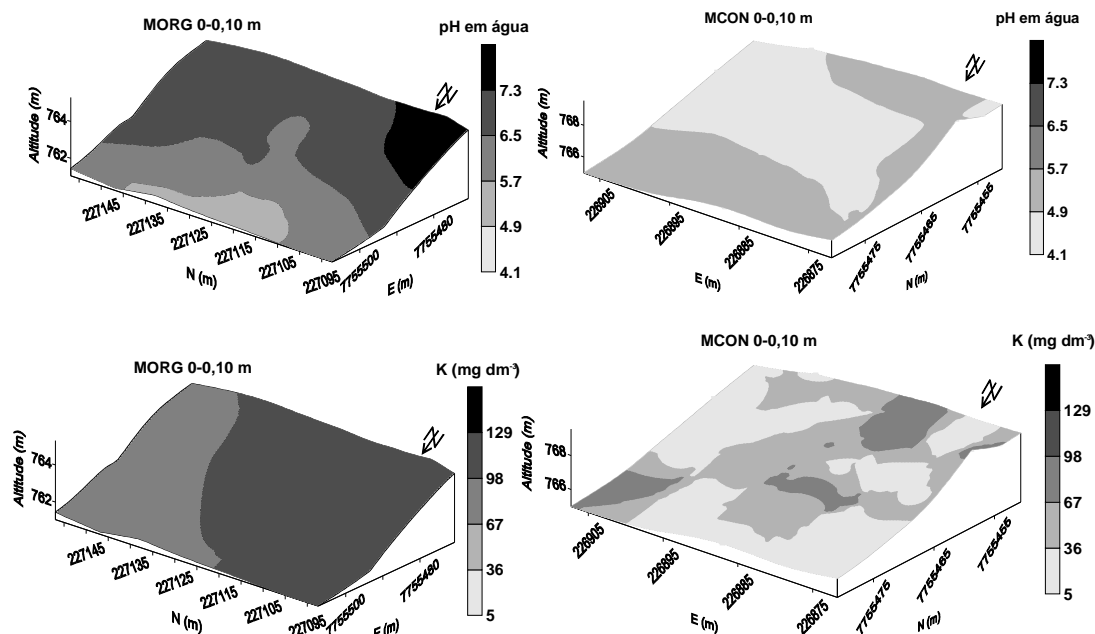
| Atributos       | Média | Med. | CV    | Cs    | Ck    | w  |
|-----------------|-------|------|-------|-------|-------|----|
| pH <sup>1</sup> | 6,7   | 6,9  | 9,2   | -0,53 | -0,83 | *  |
| pH <sup>2</sup> | 4,9   | 4,8  | 8,8   | 0,38  | -0,66 | ns |
| K <sup>1</sup>  | 98,0  | 97,7 | 28,40 | 0,14  | -0,75 | ns |
| K <sup>2</sup>  | 39,9  | 26,6 | 71,6  | 0,61  | -0,81 | *  |
| P <sup>1</sup>  | 36,1  | 24,8 | 68,7  | 0,72  | -0,12 | *  |
| P <sup>2</sup>  | 5,6   | 5,3  | 37,09 | 0,15  | 0,12  | ns |
| Ca <sup>1</sup> | 39,8  | 41,5 | 31,8  | 0,28  | -0,21 | ns |
| Ca <sup>2</sup> | 11,7  | 9,5  | 64,9  | 0,80  | 0,02  | *  |
| Mg <sup>1</sup> | 17,2  | 17,3 | 24,4  | -0,12 | -0,42 | ns |
| Mg <sup>2</sup> | 8,1   | 8,5  | 52,3  | 0,31  | -0,18 | ns |
| SB <sup>1</sup> | 57,2  | 60,3 | 26,5  | -0,29 | -0,09 | ns |
| SB <sup>2</sup> | 18,8  | 17,5 | 43,5  | 0,51  | -0,64 | ns |

<sup>1</sup> Manejo orgânico; <sup>2</sup> manejo convencional; K (mg dm<sup>-3</sup>); P (mg dm<sup>-3</sup>); Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); S (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Med.: mediana; CV: Coeficiente de variação; Cs: coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose; ns= distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilks a 5% de probabilidade; \* distribuição não normal.

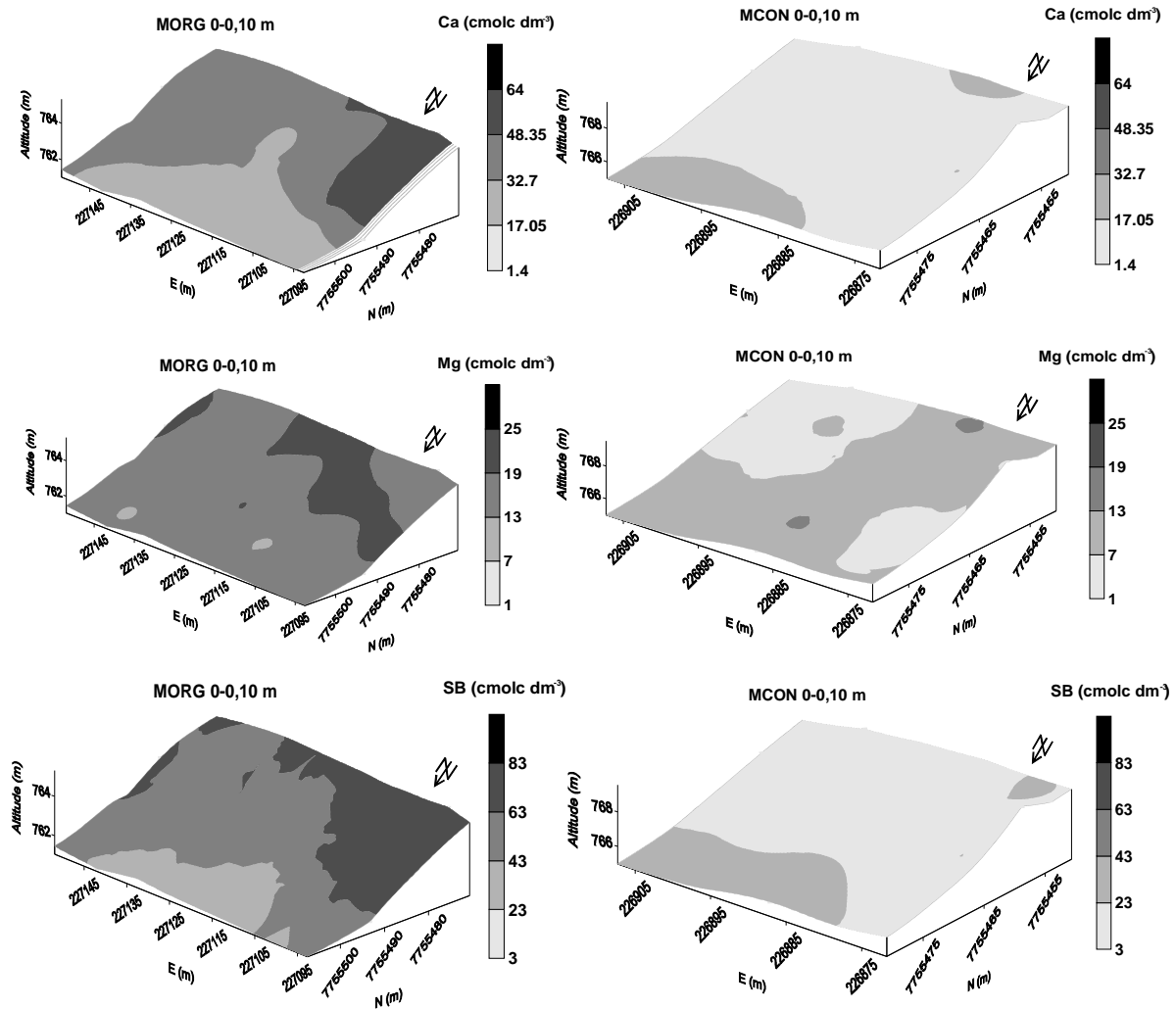
**Tabela 2** - Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados para os atributos do solo, na profundidade de 0-0,10 m

| Atrib.          | Modelo | a (m) | C <sub>0</sub> | C <sub>0</sub> +C | IDE (%) | R <sup>2</sup> (%) |
|-----------------|--------|-------|----------------|-------------------|---------|--------------------|
| pH <sup>1</sup> | Esf.   | 30    | 0,3            | 1,1               | 72      | 84                 |
| pH <sup>2</sup> | Esf.   | 18    | 0,3            | 1,1               | 70      | 80                 |
| K <sup>1</sup>  | Esf.   | 37    | 0,5            | 1,1               | 56      | 64                 |
| K <sup>2</sup>  | Esf.   | 5     | 0,2            | 1,0               | 77      | 53                 |
| P <sup>1</sup>  | Exp.   | 9     | 0,3            | 1,0               | 68      | 84                 |
| P <sup>2</sup>  | Esf.   | 13    | 0,5            | 1,1               | 51      | 56                 |
| Ca <sup>1</sup> | Esf.   | 33    | 0,2            | 1,2               | 85      | 86                 |
| Ca <sup>2</sup> | Exp.   | 35    | 0,3            | 1,3               | 73      | 82                 |
| Mg <sup>1</sup> | Exp.   | 20    | 0,4            | 1,1               | 63      | 86                 |
| Mg <sup>2</sup> | Esf.   | 14    | 0,4            | 1,1               | 65      | 87                 |
| SB <sup>1</sup> | Esf.   | 53    | 0,5            | 1,4               | 67      | 81                 |
| SB <sup>2</sup> | Esf.   | 23    | 0,4            | 1,1               | 63      | 86                 |

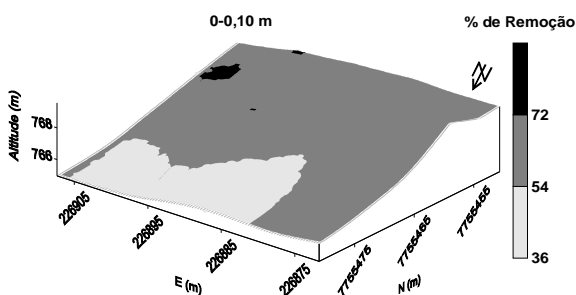
<sup>1</sup> Manejo orgânico; <sup>2</sup> manejo convencional; a: alcance da dependência espacial; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial e R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.



**Figura 2** – Mapas temáticos da distribuição espacial do pH e K no manejo orgânico (MORG) e convencional (MCON).



**Figura 2** – Mapas temáticos da distribuição espacial do Ca, Mg e SB no manejo orgânico (MORG) e convencional (MCON).



**Figura 3** - Mapa temático dos níveis de remoção dos atributos químicos do solo.

### Discussão

O CV nos dois manejos, segundo a classificação de Warrick e Nielsen (1980), foi baixo

(CV<12%) para o pH, nos dois manejos; médio (12%< CV <60%) para os demais atributos, nos respectivos manejos, com exceção para o P, no MORG, e K e Ca, no MCON que apresentaram alta variabilidade (CV> 60%).

O pH do solo, no MCON, apresentou característica de acidez, enquanto que no MORG na faixa ideal para a maioria das culturas.

Todos os atributos analisados nos dois manejos apresentaram dependência espacial. Os atributos, nos respectivos manejos, ajustaram-se ao modelo esférico (Esf.) e exponencial (Exp.). Observa-se que o alcance de dependência espacial foi maior no MORG que no MCON, para quase todos os atributos. Isso mostra maior continuidade dos atributos na área sob MORG, ou seja, menor variabilidade horizontal. O maior alcance foi observado para a SB, no MORG.

Oliveira (2007) encontrou, na profundidade de 0-0,20 m, um ajuste com alcance maior para o P em relação ao K, diferindo do encontrado nesse estudo, com o P apresentando menores alcances e com isso maior variabilidade horizontal nos dois manejos. Reforçando que a dependência espacial de um atributo depende da escala, profundidade, topografia, manejo da cultura e do solo, entre outros.

Quanto ao índice de dependência espacial, os atributos Ca, no MORG e K, no MCON, apresentaram forte dependência ( $IDE \geq 75\%$ ), enquanto que os demais atributos com moderada dependência ( $25\% \leq IDE \leq 75\%$ ), conforme Zimback (2001). Isso demonstra que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais para esses atributos avaliados.

Observa-se nos mapas (Figuras 1 e 2) que o pH, K, Ca, Mg e SB no MORG, apresentaram maiores concentrações na parte de maior altitude da área. No MCON, o pH e SB apresentaram maior concentração na parte de menor altitude. Os demais atributos de ambos os manejos apresentaram dispersos na área.

A área foi dividida em três níveis de remoção (NR), sendo que os níveis foram quantificados em  $NR < 43\%$ ,  $43\% < NR < 72\%$  e  $NR > 72\%$  (Figura 3). Observou-se na parte superior da área de MCON os maiores níveis de remoção dos atributos em relação ao MORG, isso pode ser devido à pedofoma do terreno, favorecendo o arraste pela erosão hídrica e ao manejo do solo com cobertura vegetal e colocação de compostos orgânicos, o que não acontece na área de MCON. O valor médio de remoção dos atributos químicos na área foi de 44,5%. Souza (2007) encontrou valor de 67,25% de degradação química para uma área de pastagem, no entanto foram considerados os atributos químicos P e K, na profundidade de 0-0,20 m. Isso permite observar que a relação entre os elementos químicos presentes no solo nas duas áreas e na profundidade estudada são influenciada pelo manejo adotado.

## Conclusão

- Todos atributos químicos do solo apresentaram dependência espacial nos dois manejos;
- Os atributos químicos do solo cultivado com café sob manejo orgânico apresentaram maiores alcances e consequentemente maior continuidade espacial.
- O valor médio de remoção dos dois atributos químicos na área, na profundidade de 0-0,10 m foi de 44,5%.

## Referências

- ALVARENGA, M.I.N.; MENDES, A.N.G. Propriedades do solo e estado nutricional de orgânicos. Disponível em: [www.coffeebreak.com.br/ocafezal](http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal). Acesso em: 20 de Abr. 2003.
- CLARK LABS. Idrisi version I32.11 for Windows. [S.1.]: Clark Labs. 2000. 1 CD-ROM.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- LAMPARELLI, R.A.C; ROCHA, V. J; BORGHI, E. Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: fundamentos e aplicações. Guaíba: editora agropecuária Ltda, 2001. 118p.
- 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.
- ROBERTSON, G. P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide. Plainwell, Gamma Desing Software, 1998. 152p.
- 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.
- SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1013-1020, 2003.
- SOUZA, Z.M. et al. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.6, p.1763-1771, 2004.
- SOUZA, Gustavo Soares de ; SILVA, Samuel de Assis ; LIMA, Julião Soares de Souza ; OLIVEIRA, R. B. . Estudo da remoção de fósforo e potássio de um argissolo vermelho-amarelo sob cultivo de pastagem. In: IV Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 2007, Viçosa-MG. IV Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão. Viçosa-MG : UFV, 2007. v. 4. p. 4-8.
- 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 Press, 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 (Livro-Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001