

USO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO ESTUDO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO CÁLCIO, MAGNÉSIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NA PRODUÇÃO DE AVEIA NO SUL DO BRASIL

AMANDA PEREIRA ASSIS GOMES¹, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ², STHÉFANY AIRANE DOS SANTOS³, JOÃO LUIZ JACINTHO⁴, ÉTORE FRANCISCO REYNALDO⁵

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola, UFLA - MG, (31) 94551676, 201310932@engagricola.ufla.br

² Engenheiro Agrícola, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras – MG, gabriel.ferraz@deg.ufla.br

³ Eng. Agrícola, Graduanda, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras – MG, sthefanyairane@engagricola.ufla.br

⁴ Eng. Agrimensor, aluno de pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ, jacinthojl@gmail.com

⁵ Doutor, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, (42) 36258022, reynaldo@agraria.com.br

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A utilização de métodos precisos na agricultura possibilita um melhor gerenciamento das operações de manejo. Dessa forma, a agricultura de precisão se torna uma ferramenta essencial na tomada de decisões, uma vez que visa a otimização de dados temporais e espacializados. Assim, este estudo teve por objetivo utilizar as técnicas de agricultura de precisão e geoestatística para avaliar a variabilidade espacial do cálcio, magnésio, fósforo e potássio em área sob cultivo de aveia. O experimento foi conduzido em uma área de 147,8 ha sob a produção de aveia, associada à Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), localizada em Condói – PR. Utilizaram-se dados de propriedades químicas do solo (cálcio, magnésio, fósforo e potássio) coletados por um trado calador em pontos georreferenciados. A análise dos dados foi realizada por meio de análise e ajuste de semivariogramas e interpolação por krigagem ordinária. A análise dos dados por meio das técnicas de estatísticas e geoestatísticas possibilitou a caracterização da magnitude da variabilidade espacial das propriedades químicas do solo, e o mapeamento da distribuição espacial destas propriedades na lavoura. **PALAVRAS CHAVE:** geoestatística, propriedade do solo, krigagem

THE USE OF PRECISION AGRICULTURE IN THE STUDY OF SPATIAL VARIABILITY OF CALCIUM, MAGNESIUM, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN AN OAT PRODUCTION IN SOUTHERN BRAZIL.

ABSTRACT: The use of precise methods in agriculture enables better management of soil management operations. Thus, the precision agriculture becomes an essential tool in decision-making, as it targets the optimization of temporal and spatial information. This study aimed to use precision agriculture techniques and geostatistics to evaluate the spatial variability of calcium, magnesium, phosphorus and potassium in an area under oats cultivation. The experiment was conducted in an area of 147.8 ha under the production of oats, associated with the Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), located on Condói - PR. It was used soil chemical properties data (calcium, magnesium, phosphorus and potassium) collected by a soil sampler in georeferenced points. The data analysis was performed semivariogram adjustment and was interpolated by ordinary kriging. The data analysis proceeded by statistical and geostatistical techniques enabled the characterization of the magnitude of the spatial variability of chemical soil properties, and the mapping of the spatial distribution of these properties in the fields.

KEYWORDS: Geostatistics, soil property, kriging

INTRODUÇÃO: A agricultura de precisão é um conjunto de tecnologias que visa auxiliar o produtor rural nas medidas a serem adotadas visando aumentar a eficiência da produção, maximizar a eficiência das operações e minimizar os custos operacionais (Ferraz et al., 2010). Esta técnica apresenta grande destaque nas culturas como milho e soja, porém ainda é pouco estudada na produção de aveia.

A aveia apresenta um papel importante no sistema de produção de grãos, inclusive no sul do Brasil. Caracteriza-se por ser uma excelente alternativa para o cultivo de inverno e em sistemas de rotação de culturas. É cultivada, também, para grãos, pois possui alta qualidade tanto para alimentação humana como animal (Carvalho et al., 1987). Além disto, proporciona uma boa cobertura do solo. Com isso a agricultura de precisão vem como um conjunto de ferramentas que visa auxiliar os produtores no gerenciamento da lavoura de aveia desde o plantio até a colheita dos grãos.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo utilizar das ferramentas da agricultura de precisão e geoestatística para avaliar a variabilidade espacial do Cálcio (Ca), Fósforo (P), Magnésio (Mg) e Potássio (K).

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo abrange 147,8 ha sob latossolo bruno alumico com a produção comercial de aveia, associada à Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA) e está localizada no município de Condói – PR. As coordenadas geográficas médias da área são 25°35'00" S e 51°56'15" W. Para caracterização química do solo foram coletados, em julho de 2014, em uma malha amostral de 0,5 pontos georreferenciados por hectare (74 pontos), amostras de solo com o auxílio de um trado calador. Posteriormente as amostras de solo foram encaminhadas para o laboratório de análise de solo.

A dependência espacial das propriedades químicas do solo, cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K), foram analisadas por meio de ajustes de semivariograma clássico, utilizando-se o método dos mínimos quadrados ordinários (OLS) e modelo esférico. Foi realizada também, a interpolação por meio da Krigagem ordinária afim de visualizar a distribuição espacial das variáveis na lavoura.

A análise do grau de dependência espacial (GDE) das variáveis em estudo, foi realizada utilizando a classificação de Cambardella et al. (1994), na qual são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas com efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar; moderada quando está entre 25 e 75 % e fraca quando o efeito pepita for maior ou igual a 75 %.

Para a análise geoestatística e plotagem dos mapas foi utilizado o software estatístico R (Development Core Team, 2010) por meio de sua biblioteca geoR (Ribeiro & Diggle, 2001). Os mapas foram gerados na coordenada UTM zona 22S, na qual está inserida a região de Condói.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados referentes a análise descritiva (média, mediana, coeficiente de variação, valores mínimos e máximos e desvio padrão) das propriedades químicas do solo estão presentes na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos através da análise Geoestatística.

TABELA 1- Estatística descritiva dos elementos químicos do solo, cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$), magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$), fósforo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$) e potássio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$).

Elemento	Mín	Máx	Média	Mediana	DP	Var	CV
Cálcio	3.820	10.010	5.649	5.510	1.170	1.368	20.707
Magnésio	1.660	5.400	3.282	3.185	0.635	0.403	19.331
Fósforo	1.700	30.900	5.703	4.900	3.776	14.258	66.211
Potássio	0.120	0.260	0.187	0.190	0.034	0.001	17.960

Mín – valor mínimo da variável; Md – Mediana; Média – Média; Máx – Valor máximo da variável; DP - Desvio Padrão; Var – Variância; CV - Coeficiente de variação

Com os dados apresentados na Tabela 2, pode-se observar a existência da dependência espacial das variáveis em estudo. Os valores do alcance relativo ao semivariograma (Figura 1) indicam até onde a variável é influenciada no espaço, por isso a importância na determinação do limite da dependência espacial. Pode-se observar também que as variáveis apresentaram diferentes alcances de dependência espacial, sendo cálcio com o maior (786.62m) e fósforo com o menor alcance (167.32m).

TABELA 2 - Métodos, Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para os elementos químicos do solo, cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$), magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$), fósforo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$) e potássio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$).

Elemento	C_0	C_1	C_0+C_1	a	EM	DP_{EM}	ER	S_{ER}
Cálcio	0,5455	0,7808	1,3263	786,63	0,008934	0,9822725	0,004750	1,0647286
Magnésio	0,1310	0,2837	0,4147	436,98	0,003317	0,6457365	0,002956	1,1931723
Fósforo	0,0000	12,8290	12,829	167,32	-0,0015460	3,922271	-0,0002138	1,094324
Potássio	0,0000	0,0013	0,0013	499,79	7,747e-05	0,0320963	1,521e-03	1,49221090

C_0 - Efeito Pepita; C_1 - Contribuição; C_0+C_1 - Patamar; a - alcance; EM - Erro Médio; DP_{EM} - Desvio Padrão do Erro Médio; ER - Erro Médio Reduzido; S_{ER} Desvio Padrão dos Erros Médios Reduzidos;

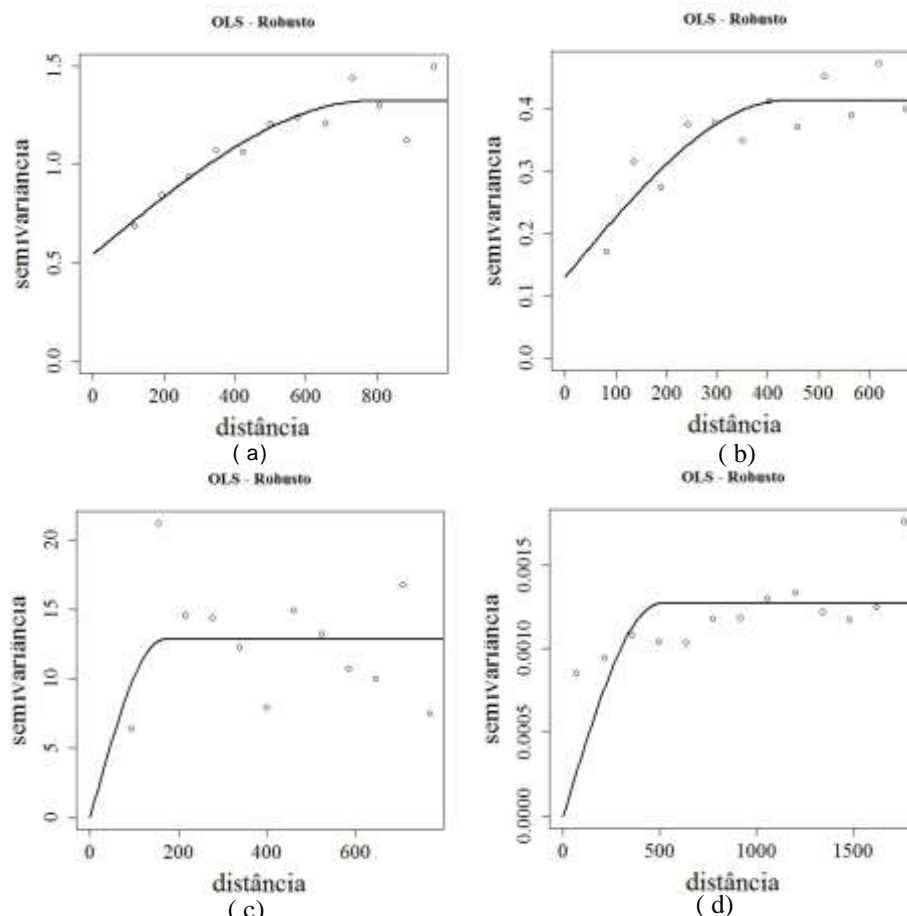


Figura 1 - Semivariograma das propriedades químicas do solo (a) cálcio, (b) magnésio, (c) fósforo e (d) potássio.

A utilização de mapas, como os da Figura 2, podem vir em conjunto a mapas de produtividade, de forma a encontrar os motivos da ocorrência da variabilidade da produtividade, permitindo que na safra seguinte estes problemas venham a ser minimizados. Assim o produtor de aveia pode aproveitar das informações históricas da área, adequando as decisões para um manejo adequado da cultura.

Na Figura 2 pode-se observar que as cores mais avermelhadas correspondem aos menores teores das variáveis, enquanto que os pontos mais esbranquiçados representam os maiores teores das variáveis.

Nos mapas de cálcio e magnésio constatou-se a existência de uma correlação espacial, ou seja, os pontos nos quais existem maiores teores de Ca apresentam também maiores teores de Mg, e vice versa, porém entre as variáveis Ca e K encontrou-se uma correlação espacial inversa, significando que em alguns pontos de maiores teores de Ca foi verificado menores teores de K.

O mapa referente ao fósforo apresenta a deficiência da propriedade química na área, isso corresponde ao tipo de solo da área, pois os latossolos em geral apresentam pequenos teores de fósforo por ser um solo muito intemperizado.



Figura 2 – Distribuição espacial das propriedades químicas do solo, cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$), magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$), fósforo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$) e potássio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-1}$).

CONCLUSÕES: Com a metodologia utilizada foi possível caracterizar a variabilidade espacial das propriedades químicas do solo, cálcio, magnésio, fósforo e potássio, que possuem estrutura de dependência espacial, permitindo o mapeamento da distribuição espacial através do uso da krigagem. Demonstrando através desses mapas que podemos utilizar um gerenciamento mais eficiente da lavoura levando em consideração a variabilidade espacial do atributo em consideração para às zonas de menor teor um manejo mais adequado dos nutrientes.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a FAPA, a FAPEMIG, a CAPES, o SISU/MEC, o CNPq pelo apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, Fernando Irajá F. et al. Potencial genético da aveia, como produtora de grãos no sul do Brasil. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 22, n. 1, p. 71-82, 1987.
- FERRAZ, G. A. S. et al. Uso da agricultura de precisão e da geoestatística para o estudo de Macronutrientes secundários do solo e da produção de uma lavoura Cafeeira. **IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2010. XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2010.**
- R Development Core Team (2010). R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. www.r-project.org. Version 2.10.1.
- RIBEIRO JR., P.J. and DIGGLE, P.J. (2001) geoR: A package for geostatistical analysis. R-NEWS Vol 1, No 2. ISSN 1609-3631.