

## CORRELAÇÃO LINEAR E ESPACIAL ENTRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E OS COMPONENTES DE RENDIMENTO DO FEJJOEIRO

ELCIO DAS GRAÇA LACERDA<sup>1</sup>, CARLA DA PENHA SIMON<sup>2</sup>, EDNEY LEANDRO DA VITÓRIA<sup>3</sup>, JULIANA MENEGASSI<sup>4</sup>, WILLIAN ALVES GARCIA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Professor Dsc. em Engenharia Agrícola, IFES - campus Santa Teresa - ES, Fone: (027) 3259-7878, [elciodgl@hotmail.com](mailto:elciodgl@hotmail.com)

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônoma, Mestranda em Agricultura Tropical, UFES, campus São Mateus - ES, Fone: (27) 9 9989-9877, [carlasimon2009@hotmail.com](mailto:carlasimon2009@hotmail.com)

<sup>3</sup>Professor, Dsc. em Engenharia Agrícola, Dpto. de Agricultura Tropical, UFES, campus São Mateus - ES, Fone: (027) 3312-1501, [vitoria.edney@gmail.com](mailto:vitoria.edney@gmail.com)

Acadêmico de Agronomia, IFES - campus Santa Teresa, 27 3259-7878, [julianamenegassi\\_12@hotmail.com](mailto:julianamenegassi_12@hotmail.com), [willianagron@gmail.com](mailto:willianagron@gmail.com)

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Objetivou-se determinar o comportamento da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e suas relações com a produtividade do feijoeiro, além de suas correlações lineares e espaciais. O trabalho foi desenvolvido no IFES campus Santa Teresa. Para determinação dos atributos físicos do solo analisou-se as variáveis, resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 a 0,15 m e de 0,15 a 0,30 m com valores expressos em MPa e a densidade do solo na profundidade de 0 a 0,30 m com valores expressos em g cm<sup>-3</sup>, porosidade total m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> e a matéria seca da vegetação sobre a superfície do solo foi expressa em kg ha<sup>-1</sup>. Foram avaliados os componentes de rendimento da cultura, como a massa de 100 grãos (g), e a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). O índice de dependência espacial encontrado para relacionamento das variáveis: resistência a penetração, densidade do solo e produtividade demonstram forte dependência espacial. A matriz de correlação linear simples indicou que a massa de 100 grãos não possui relação com as demais variáveis estudadas então, as análises de cokrigagem foram realizadas em função de produtividade. O manejo dos atributos físicos é fundamental para desenvolvimento da cultura destacando-se a porosidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** resistência do solo à penetração; densidade; produtividade

### LINEAR CORRELATION AND SPATIAL VARIABILITY BETWEEN PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND BEAN YIELD

**ABSTRACT:** The objective of this study was to determine the spatial variability of physical soil attributes and their relationship with the common bean yield, in addition to their linear and spatial correlations. The study was conducted in IFES campus Santa Teresa. The analysis of physical soil attributes variables, soil resistance to penetration depths ranges from 0 to 0.15 m and from 0.15 to 0.30 m and their values expressed in MPa and bulk density was analyzed in depth range from 0 to 0.30 m and their values expressed in g cm<sup>-3</sup>, total porosity m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> and the dry matter of the vegetation on the soil surface was expressed in kg ha<sup>-1</sup>. After we evaluated the yield components of culture, as the weight of 100 grains (g), and productivity (kg ha<sup>-1</sup>). The spatial dependence index found for the relationship variables: penetration resistance, soil density and productivity show strong spatial dependence. The simple linear correlation matrix indicated that the weight of 100 grains has no relationship with the other variables then the analysis cokriging were held in productivity function. The management of the physical attributes is fundamental for the development of the culture, mainly the porosity.

**KEYWORDS:** soil penetration resistance; density; productivity

**INTRODUÇÃO:** O feijão possui importância social e econômica indiscutível, pois constitui a base alimentar da população, é um dos alimentos mais tradicionais na alimentação e na culinária brasileira, com significativa importância econômica. Os atributos físicos do solo, como a textura, a resistência a penetração e a densidade dos solos, são considerados indicadores eficientes da qualidade dos solos manejados nos sistemas agrícolas. Essas características têm influência principalmente nas tomadas de decisões relacionadas ao manejo a ser adotado nas áreas cultivadas, além de interferirem na produtividade das culturas (NUNES et al., 2010). Os solos submetidos a intensas modificações condicionadas pelo seu uso e manejo, podem apresentar variação espacial dos atributos (KLEIN et al., 2009; SOUZA et al., 2010). Uma forma de avaliar os comportamentos das variáveis do solo é a análise geoestatística, pois permite o estabelecimento de correlações entre variáveis aleatórias referenciadas no espaço, sendo possível gerenciamento do processo de produção utilizado no desenvolvimento da prática de Agricultura de precisão é realizado com o conhecimento da variabilidade espacial e temporal das propriedades do solo e das culturas. Diante do exposto, a presente pesquisa, objetivou analisar variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e estabelecer as suas correlações lineares e espaciais entre a produtividade da cultura do feijão e a densidade, porosidade e resistência a penetração do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi desenvolvido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), do *campus* Santa Teresa, sob um Pivô central, em um área onde é utilizado o sistema de plantio direto, situado no município de Santa Teresa-ES, com altitude média de 150 m, localizado entre as coordenadas 19°48'36" de latitude sul e 40°40'48" de longitude. A área amostral contou com uma grade de 60 pontos com pixel de 20 x 20 m, totalizando uma área de 400 m<sup>2</sup> por pixel, dispostas em malha de 3 x 20. Cada ponto da grade foi devidamente georreferenciado com o auxílio de um aparelho de GPS geodésico considerando seu centro como ponto de coleta.

Para determinação dos atributos físicos do solo analisou-se as variáveis, resistência do solo à penetração nas faixas de profundidades de 0 a 0,15 m e de 0,15 a 0,30 m sendo seus valores expressos em MPa, a densidade do solo foi analisada na faixa de profundidade de 0 a 0,30 m sendo seus valores expressos em g cm<sup>-3</sup> conforme a metodologia padrão de acordo com a EMBRAPA (1997). A amostragem para determinar a resistência do solo à penetração foi realizada no ponto central com retirada de amostras de solo para a determinação da umidade do solo, através do uso de um penetrógrafo, marca SOIL CONTROL, modelo SC-60, cone tipo 2 (médio), com 129 mm<sup>2</sup> de área da seção transversal do cone. A quantidade de palha do sistema de plantio direto foi amostrada, nos 60 pontos referenciados, através de um bastidor de 1 m<sup>2</sup>; após coletado o material foi levado a estufa de circulação de ar forçado a 72° C até atingir peso constante sendo expressa em kg ha<sup>-1</sup>.

Ao atingir a estádio de maturação da cultura, foi realizada a colheita de forma manual em uma área de 6,0 m<sup>2</sup>, em cada ponto da malha amostral. Os grãos inicialmente tiveram sua umidade padronizada para 13 %, então foi calculada a produtividade por meio do peso dos grãos, obtidos com o auxílio de uma balança de precisão; a massa de 100 grãos consistiu no peso de 100 grãos separados de forma aleatória, do lote que representou cada ponto da malha amostral.

As correlações lineares simples e as combinadas entre os atributos de solo e produtividade foram analisadas por meio de uma matriz de correlação, para aqueles que apresentaram interdependência espacial, calcularam-se também seus semivariogramas cruzados, com base nos pressupostos de estacionaridade da hipótese intrínseca, pelo uso do pacote Gamma Design Software (GS<sup>+</sup>, 2004).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Segundo Trangmar (1985) e Freddi et al. (2006), pode-se

afirmar que a variabilidade do solo é resultado da interação entre os fatores e os processos de sua formação. Portanto, o sistema de manejo do solo, especificamente a ação do implemento de preparo, é ponto fundamental para o aumento da sua heterogeneidade. Assim, de forma a concordar com esses autores, tanto para a densidade quanto para a porosidade, aliado ao fato do mínimo revolvimento no solo que a semeadora de plantio direto tenha realizado e os menores coeficientes de variação observados na camada superficial comprovam que o sistema plantio direto favoreceu o aumento da homogeneidade na superfície do solo.

TABELA 1. Matriz de correlação linear simples entre a produtividade, peso de 100 grãos de feijão, a resistência a penetração, densidade e porosidade total do solo.

	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	RP* 0-0,15 m (MPa)	RP 0,16-0,3 m (MPa)	Produtividade (ton ha <sup>-1</sup> )	Peso de 100 grãos (g)
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1					
Porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	-1	1				
RP* 0 - 0,15 m (MPa)	0.374	-0.374	1			
RP 0,16 - 0,3 m (MPa)	0.433	-0.433	0.878	1		
Produtividade (ton ha <sup>-1</sup> )	-0.476	0.476	-0.499	-0.477	1	
Peso de 100 grãos (g)	-0.182	0.182	-0.152	-0.159	0.166	1

\*resistência a penetração do solo.

A correlação linear simples e as combinadas entre os atributos de solo e produtividade foram analisadas por meio de uma matriz de correlação. Se fez uso deste recuso para selecionar aqueles de maior correlação linear a fim de gerar o semivariograma cruzado e a consequente co-krigagem. O peso de 100 sementes não apresentou correlação com as outras variáveis estudadas.

TABELA 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para a resistência a penetração do solo, densidade do solo, matéria seca da palhada do sistema de plantio direto, produtividade do feijoeiro e massa de 100 sementes.

Variável	Modelo	Efeito Pepita (C <sub>0</sub> )	Patamar (C <sub>0</sub> + C)	Alcance (A <sub>0</sub> )	R <sup>2</sup>	IDE
Semivariograma simples dos atributos						
RP* 0 - 0,15 m (MPa)	Exponencial	0,0001	0,2392	49,9	0,921	0,04%
RP 0,16 - 0,3 m (MPa)	Gaussiano	0,0001	0,2912	43,3	0,892	0,03%
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Gaussiano	0,00001	0,01022	23,6	0,6	0,09%
Matéria seca da palhada do SPD (kg ha <sup>-1</sup> )	Gaussiano	1000	617300	19,10	0,518	0,16%
Produtividade da cultura do feijão (ton ha <sup>-1</sup> )	Gaussiano	1000	938000	28,8	0,804	0,1%
Peso de 100 grãos (g)	Gaussiano	0.01	9.5	21.20	0.590	0,1%
Semivariograma cruzado entre atributos						
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> ) X	Esférico	-0,1	-47,9	87	0.858	0,21%
Produtividade da cultura do feijão (ton ha <sup>-1</sup> )						
RP 0 - 0,15 m (MPa) X	Gaussiano	-0.1	-213.7	65,1	0,969	0,05%

Produtividade da cultura do feijão (ton ha <sup>-1</sup> ) RP 0,16 - 0,3 m (MPa) X	Gaussiano	-0.1	-186.7	45.6	0.934	0.05%
Produtividade da cultura do feijão (ton ha <sup>-1</sup> ) Matéria seca da palhada do SPD (kg ha <sup>-1</sup> ) X	Gaussiano	100	77700	29.4	0.473	0,13%
Produtividade da cultura do feijão (ton ha <sup>-1</sup> )						

\*Resistência a penetração do solo.

A análise geoestatística das krigagens (tabela 2) apresenta ajustes excelentes para resistência a penetração do solo nas duas faixas e para a produtividade da cultura, para praticamente todas as variáveis IDE encontrado demonstra forte dependência espacial exceto para peso de 100 grãos.

Ao observarmos os valores encontrados para os alcances os menores valores foram obtidos para resistência a penetração nas profundidades de 0 - 0,15 m com valor de 19,20 m, resistência a penetração nas profundidades de 0,16 - 0,30 m com valor de 16,39 m e matéria seca da palhada do SPD respectivamente com valor de 19,10 m, sendo os demais valores acima de 20 m conforme a tabela 2, estes dados concordam com os resultados encontrados por VITÓRIA (2010) onde os menores valores para o alcance foram para resistência do solo à penetração, densidade do solo indicando que os pontos são mais semelhantes entre si num raio de 6,0, 10,4 e 15,8 m.

**CONCLUSÕES:** A porosidade do solo apresenta-se como indicador de qualidade física do solo quando utilizado para o cultivo do feijoeiro. O manejo adequado dos atributos físicos do solo é fundamental para o bom desenvolvimento das culturas de interesse econômico, influenciando diretamente a produtividade.

## REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; CARVALHO, G. J. VERONESE JUNIOR, V. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 26, n. 1, p.113-121, 2006.
- NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; DE BARROS, N. F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 26, n. 1, p. 71-78, 2010.
- SOUZA, Z.M.; CERRI, D.G.P.; MAGALHÃES, P.S.G.; SIQUEIRA, D.S. Spatial variability of soil attributes and sugarcane yield in relation to topographic location. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.12, p.1250–1256, 2010.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S. & UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Adv. Agron.**, 38:45-94, 1985.
- VITÓRIA, E. L. ; FERNANDES, H. C. ; LACERDA, E. G. ; ROSADO, T. L. . Acúmulo de Nutrientes e Matéria Seca pelo Milho em Função do Manejo do Solo e da Adubação Nitrogenada. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 20, p. 104-111, 2012.