

Variabilidade espacial de atributos físicos e características agronômicas da cultura da soja em solo do cerrado

Higor dos Santos Pinto¹ (IC) *, Anderson da Silva Umbelino² (IC), Marcos Paulo de Oliveira Martins³ (PG), Mateus Prolo Massola⁴ (PG), Elton Fialho dos Reis⁵

¹Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo, higosanto@hotmail.com;

²Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo;

³Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Anápolis;

⁴Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Anápolis;

⁵Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Anápolis.

Resumo: A agricultura de precisão consiste em manejar o campo atendendo a variabilidade espacial da produção. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos do solo e características agronômicas da soja sob plantio direto no cerrado. Foram quantificados os atributos físicos do solo: Resistência do solo à penetração (RP), densidade (DS), umidade e granulometria, com malha amostral formada por 122 pontos espaçados por 90mX90m. A produtividade foi determinada demarcando-se uma área de 1m² em cada ponto georreferenciado e o número de vagens por planta foi obtido pela média de três plantas dentro do metro quadrado. Todo procedimento geoestatístico foi realizado no software GS+ versão 7.0 estudado por meio da krigagem. A porcentagem de silte apresentou coeficiente de variação muito alto (34,93%) já argila e areia apresentaram coeficiente de variação médio e alto, com valores de 18,87% e 27,55%, respectivamente, mostrando a alta variabilidade da granulometria do solo na área. A produtividade apresentou dependência espacial média e o mapa proporcionou maiores produtividades em locais com menor teor de argila. Número de vagens apresentou dependência espacial muito baixa, com baixa correlação positiva com a produtividade.

Palavras-chave: Krigagem, geoestatística, *Glycine Max*.

Introdução

A proposta da agricultura de precisão consiste em manejar o campo atendendo a variabilidade espacial da produção, analisando assim sua lavoura com mais propriedade e exatidão (BREVIK et al., 2006; BAZZI et al., 2013).

A resistência do solo à penetração apresenta maiores correlações com o crescimento radicular, destacando-se como a melhor estimativa do impedimento mecânico ao crescimento radicular (CARVALHO et al., 2006).

A geoestatística é fundamentada na teoria das variáveis regionalizadas, segundo a qual os valores de uma propriedade do solo estão de alguma forma relacionados à sua distribuição espacial; logo, as observações tomadas a curtas distâncias devem ser semelhantes àsquelas tomadas a distâncias maiores (RIBEIRO et al., 2006). De acordo com GREGO & VIEIRA (2005), a construção de mapas, através da krigagem, é importante para a verificação e a interpretação da variabilidade espacial, pois as informações visuais fornecidas pelos mapas servem de auxílio na tomada de decisões, em função das propriedades analisadas.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em uma Fazenda comercial, localizada no município de Anápolis - GO. A cultura da soja foi semeada 0,45 m entre linhas com população de plantas de 240000 plantas por ha⁻¹, com uma área de topografia com pouca declividade, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro com textura argilosa.

Foi construída uma malha amostral de 90mx90m, totalizando 122 pontos, utilizando um receptor de GPS, onde foram coletadas amostras de solo para a determinação dos atributos físicos, como: Umidade do solo (%), densidade do solo (g m⁻³), Resistência à Penetração (Mpa) e granulometria do solo (%). A determinação das características físicas dos solos foi conduzida no Laboratório de Mecânica dos Solos do curso de Engenharia Agrícola e Civil do Câmpus CET, determinadas conforme Embrapa (2011), e a resistência do solo à penetração foi determinada na profundidade de 0,0 a 0,20m seguindo-se as normas da ASAE S 313 (ASABE, 2006). Já as características granulométricas foram realizadas em laboratório comercial.

A produtividade e número de vagens da cultura da soja foram determinados coletando todas as plantas em 1 m², no momento colheita. Depois de trilhadas tiveram a massa de grãos pesadas e extrapoladas para ton ha⁻¹, sendo considerada a umidade de 10 % b.u. para todos os pontos amostrados.

O índice de clorofila foi determinado com auxílio do clorofilômetro, ClorofiLOG® modelo CFL 103, determinado pela média dos valores de 5 folhas por

ponto amostral, obtendo-se assim o valor de clorofila total expresso em unidades, chamadas Índice de Clorofila Falker (ICF).

Os dados foram avaliados por meio da estatística descritiva, para avaliação da variabilidade dos dados, e o grau de relacionamento entre as variáveis foi analisada pela correlação de Pearson, sendo essas análises realizadas no software Microsoft Excel, versão 2010. A análise da dependência espacial dos atributos foi avaliada pela geoestatística, e os procedimentos para ajuste do modelo do semivariograma foram feitos utilizando o programa GS+ versão 7.0 (Gamma Design Software®). Os mapas dos atributos foram gerados pela interpolação também no software GS+ versão 7.0.

Resultados e Discussão

Na análise descritiva (tabela 1) verifica-se que os valores de média e mediana para a produtividade foram semelhantes, a assimetria e a curtose apresentaram valores próximos à zero, indicando uma aproximação da distribuição normal.

Os valores da produtividade variaram entre 2,33 e 8,25 t ha⁻¹ e apresentou produtividade média de 4,97 t ha⁻¹ (tabela 1), valores estes superiores aos encontrados por Mattioni et al., (2011). A produtividade apresentou o coeficiente de variação (CV) de 24,35%, valor esse maior que o encontrado por Filho et al., (2009), que os apresentaram com baixa variabilidade (14%), quando trabalharam com um Latossolo Vermelho Distroférrico.

Seguindo a classificação proposta por Cruz et al. (2012), os valores dos coeficientes de variação apresentaram como altos (20%<CV<30%) para a produtividade, porcentagem de areia número de vagens por planta. Para % de argila, umidade do solo, clorofila e resistência à penetração teve resultado como médio (10%<CV<20%) e densidade classificado como baixo (CV<10%). Já porcentagem de silte foi o único atributo que apresentou maior variabilidade, proporcionando CV muito alto (CV>30%).

TABELA 1 - Estatística descritiva para produtividade (PR); resistência a penetração (RP); densidade do solo (D); umidade do solo (U); argila (ARG); silte (SIL); areia (ARE); clorofila (CL) e número de vagens por planta (Nº VP).

Parâmetros Estatísticos	PR (ha)	RP (Kpa)	D (gcm ⁻³)	U (%)	ARG (%)	SIL (%)	ARE (%)	CL (ICF)	Nº VP
Nº Amost.	122	122	122	122	122	122	122	122	122
Média	4.98	1662.55	0.92	21.19	36.33	19.96	43.71	412.57	68.49
Mínimo	2.34	515.20	0.72	16.52	27.00	10.00	10.00	258.40	15.67
Máximo	8.26	2255.00	1.04	30.54	53.00	41.00	60.00	584.60	125.00
Mediana	4.98	1676.53	0.93	20.50	34.00	18.00	47.00	415.20	68.56
Assimetria	0.21	-0.48	-1.09	0.86	0.51	1.11	-1.05	-0.08	-0.07
Curtose	-0.27	1.01	1.26	0.31	-0.90	0.53	0.25	1.52	-0.35
D. Padrão	1.21	295.87	0.06	3.07	6.86	6.97	12.04	49.25	19.80
Variância	1.47	87536.6	0.00	9.43	47.02	48.60	145.05	2425.6	392.18
C.V. (%)	24.35	17.80	6.41	14.49	18.87	34.93	27.55	11.94	28.91
C. Per.	1	-0.13	-0.07	0.01	-0.09	-0.15	0.13	0,10	0.04

C.V- Coeficiente de variação; C. Per. - Correlação de Person em Relação à Produtividade.

Os valores médios das densidades do solo variaram de 0,72 a 1,04 g.cm⁻³.

Cavalcante et al. (2011), avaliando a variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos, encontraram baixo CV (< 10%) para densidade do solo, corroborando com esse estudo, mostrando a pequena variabilidade espacial desse atributo.

Para a resistência do solo à penetração foi constatado CV de 17,80%, tendo como valor médio 1662 KPa, valor esse não limitante ao rendimento para a cultura, uma vez que se encontra abaixo de 2 Mpa, que podem prejudicar o crescimento radicular segundo Tavares Filho e Tessier (2009).

Os resultados da análise geoestatística demonstraram que as características físicas do solo apresentaram dependência espacial. Os dados de umidade, argila, areia, silte, resistência à penetração, densidade do solo, produtividade e número de vagem por planta foram ajustadas ao modelo exponencial. Enquanto que a clorofila ajustou-se melhor ao modelo gaussiano (Tabela 2).

TABELA 2 - Modelos teóricos dos semivariogramas ajustados para os atributos físicos do solo e agronômicos para a cultura da soja.

Parâmetros Produtividade	Geoestatística						
	Modelo	Co	Co+C1	A	R ²	RSS	GDE %
Produtividade	Exponencial	0.83300	1.66700	281.00	0.807	0.0826	49.97
Resistencia do solo à penetração	Exponencial	11700.00	89290.00	50.00	0.412	2.21.10 ⁰⁸	13.10
Densidade	Exponencial	0.00070	0.00407	227.00	0.984	9.07.10 ⁰⁸	17.20
Umidade	Exponencial	1.080	19.730	828.00	0.971	3.42	5.47
Argila	Exponencial	10.50	51.9800	199.00	0.952	40.2	20.20
Silte	Exponencial	0.100	91.200	608.00	0.962	313	0.11
Areia	Exponencial	7.000	324.900	858.00	0.974	896	2.15
Clorofila	Gaussiano	372.000	2432.000	84.00	0.837	83232	15.30
Nº de vagem por planta	Exponencial	43.000	394.900	59.00	0.633	4170	10.89

Co – efeito pepita; Co+ C1 – patamar; a – alcance (m); GDE = $Co/(Co+ C1)$ – grau de dependência (%). GDE – Grau de dependência espacial (muito baixa < 20%; baixa 20 a 40%; c) média 40 a 60%; d) alta 60 a 80%; muito alta 80 a 100% e efeito pepita puro 100%) segundo classificação proposta por Dalchiavon et al. (2012).

Os modelos esférico e exponencial tem sido os mais frequentes em estudos relacionados com a variabilidade espacial de atributos do solo, (Matias et al., 2015; Vieira et al., 2011) demonstrando assim, que os modelos ajustados no presente estudo estão de acordo com as pesquisas realizadas sobre variabilidade espacial de atributos físicos do solo.

O alcance é um parâmetro importante no estudo dos semivariogramas, pois indica a distância máxima em que uma variável está correlacionada espacialmente (MATIAS et al., 2015; VIEIRA et al., 2011), ou seja, quanto maior o alcance, maior a homogeneidade entre as amostras. Contudo RP e clorofila apresentaram o valor de alcance inferior a 90 metros. Todavia a grade amostral utilizada não foi suficiente para identificar a dependência espacial desses atributos, com isso não foi aceitável confeccionar a interpolação por krigagem e construir os mapas para clorofila e RP.

O grau de dependência espacial foi baixo ou muito baixo para a maioria dos atributos físicos analisados. A produtividade apresentou grau de dependência espacial considerado médio. Desse modo, a partir dos ajustes dos semivariogramas foi possível construir os mapas de Krikagem (Figura 1).

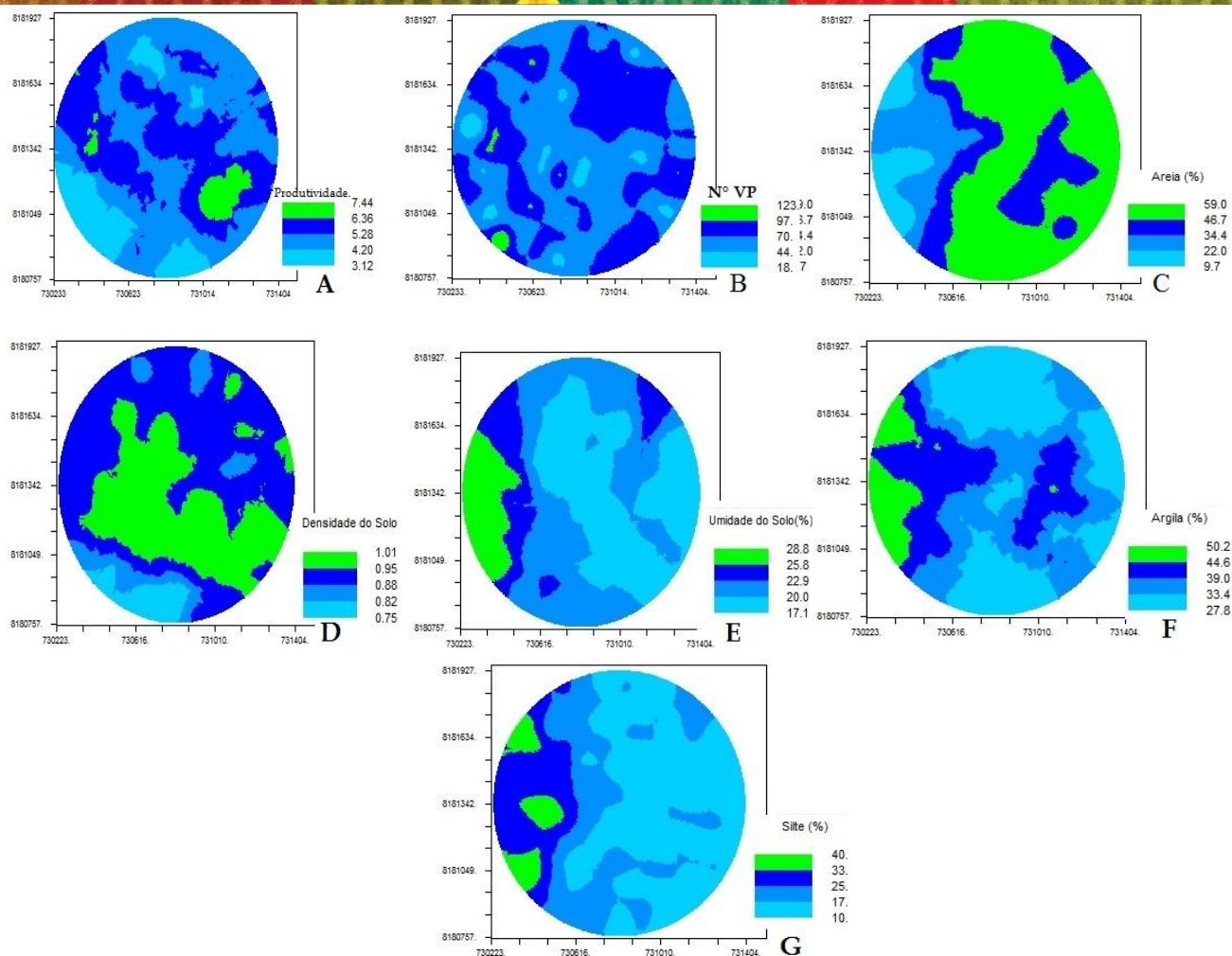


FIGURA 1 – Mapas de contorno de produtividade (A); número de vagens por planta (B); areia (C); densidade do solo (D); umidade do solo (E); argila (F) e silte (G).

Para a umidade do solo (Figura 1E), verificaram-se valores variando entre 17-23% predominantemente. Tal característica pode ser corroborada pelo mapa de contorno para teor de argila, onde foi constatando uma maior concentração na região oeste do mapa. Porém, analisando o mapa para teor de areia, verifica-se na porção leste do mapa uma mancha considerável com maior teor de areia. Já o mapa de contorno para a densidade do solo apresentou em sua grande extensão a densidade variando entre 1,03 e 0,96 Mg m⁻³.

Considerações Finais

A produtividade apresentou dependência espacial média e o mapa proporcionou maiores produtividades em locais com menor teor de argila.

A distância amostral entre pontos utilizada pelo grid não detectou a dependência espacial da Clorofila e RP.

Número de vagens apresentou dependência espacial muito baixa e baixa correlação positiva com a produtividade.

Referências

- ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. Soil cone penetrometer. **ASABE Standard S313.2**. St. Joseph, 2006, p.903-904.
- BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; NÓBREGA, L. H. P.; ROCHA, D. M. Management zones definition using soil chemical and physical attributes in a soybean area. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n.5, p. 952-964, 2013.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental** v.15, n.3, p.237-243, 2011.
- CARVALHO, G. J; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.765-771, 2006.
- CRUZ, E. A.; MOREIRA, G. R.; PAULA, M. O.; OLIVEIRA, A. C. M. Coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14, 2012, p. 220.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 2011. 230 p.
- GILBERTO FILHO, R.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTTI, F. R. S.; GIOIA, M. T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.33 n. 2, 2009.
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.6, p.169-177, 2005.
- MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 17-26, janeiro-março, 2015.

MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O. B.; VILLELA, F. A.; Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção.

Revista Brasileira de Sementes, vol. 33, nº 4 p. 608 - 615, 2011.

RIBEIRO, A. I.; LONGO, R. M.; FILHO, A. T.; MELO, W. J. Diagnóstico de uma área compactada por atividade minerária, na floresta amazônica, empregando métodos geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo, **Acta Amazônica**, v. 36, p. 83-90, 2006.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Compressibility of oxisol aggregates under no-till in response to soil water potential. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1525-1533, 2009.

VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F.; SIQUEIRA, G. M.; DUFRANC, G. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 185-195, 2011.