

Estimativa da produtividade de soja utilizando o interpolador Inverso do Quadrado da distância

Kassiane Merlly Piacessi¹ e Helton Aparecido Rosa²

Resumo: Este trabalho teve como objetivo estimar a produtividade da soja (*Glycine max*), em uma lavoura sob plantio direto. Foi estabelecida uma malha amostral de 20 pontos aleatórios espaçados em aproximadamente 50m nas direções x e y, onde foram registrados os valores de coordenadas geográficas de cada um, com auxílio de um GPS, sendo que em cada ponto foi coletada uma área útil de 1,0m². Posteriormente a quantidade colhida de espigas em cada ponto foi debulhada manualmente. Após essa etapa com auxílio de balança de precisão, pesou-se as quantidades de grão em cada parcela. Foi realizada análise de umidade em cada parcela e os dados de produtividade foram convertidos em padrão da cultura que são 13% de umidade, de acordo com as regras de Análise de Semente (MAPA, 2009). Com auxílio do software Surfer 15, versão teste, foi realizada interpolação pelo método Inverso do Quadrado da Distância (IQD), onde ela elaborou-se mapa temático da produtividade da soja. Foi gerado pelo mesmo software, os valores da estatística descritiva para os pontos amostrados e posteriormente para os pontos criados com a interpolação. O interpolador IQD, se mostrou um bom estimador da produtividade da área do estudo, e verificou áreas com diferentes valores de produtividade. Existiu grande variabilidade dos dados, tendo em vista que o Coeficiente de Variação (CV) foi muito alto. Vale ressaltar que os resultados finais de produtividade podem ter sido interferidos por fatores climáticos.

Palavras-chave: geoestatística, malha amostral, agricultura de precisão.

Spatial variability of soybean yield in clayey latosol

Abstract: The objective of this work was to estimate the yield of soybean (*Glycine max*) in a field under no - tillage. A sample mesh of 20 random points spaced approximately 50m in the x and y directions was established, where the values of the geographical coordinates of each one were recorded, with the aid of a GPS, and at each point a useful area of 1.0m² was collected. Subsequently the amount harvested at each point was threshed manually. After this step with the aid of a precision scale, the quantities of each plot were weighed. Moisture analysis was performed in each plot and the yield data were converted to a standard of the crop, which is 13% moisture, according to the rules of Seed Analysis (MAPA, 2009). With the help of the software Surfer 15, test version, interpolation was performed by the IQD method, where it was elaborated a thematic map of soybean yield. It was generated by the same software, the values of the descriptive statistics for the points sampled and later for the points created with the interpolation. The IQD interpolator proved to be a good estimator of the productivity of the study area, and verified areas with different values of productivity. There was great variability of the data, considering that the CV was very high. It is noteworthy that the final productivity results may have been interfered by climatic factors.

Keywords: geostatistics, sample mesh, precision agriculture.

¹Acadêmica do 9º período do curso de Agronomia do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, PR - Brasil, email: kassianepiacessi@gmail.com.

²Engenheiro Agrícola e Doutorando em Engenharia Agrícola. Docente do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, PR - Brasil, email: helton.rosa@hotmail.com.

Introdução

O cultivo da soja vem mostrando-se como umas das atividades econômicas importantes no meio rural, estando presente em grande parte da indústria alimentícia, na qual é usada como matéria prima, sendo excelente fonte de proteína e óleo vegetal, atendendo satisfatoriamente, as exigências alimentares humanas e animais no ponto de vista alimentar econômico do mundo. (EMBRAPA SOJA, 2008).

No Brasil a área cultivada de soja na safra 2015/16, cresceu 2%, saindo de 33,25 milhões de hectares para 33,91 milhões de hectares na atual, e a produção avançou de 95,43 milhões de toneladas para 114,07 milhões de toneladas, sendo o estado do Paraná o segundo maior produtor nacional com 19,57 milhões de toneladas. (CONAB, 2017)

Segundo Guedes Filho (2009), a variabilidade espacial é um novo componente que afeta a produtividade das culturas. Ela é importante, pois pode indicar alternativas de manejo do solo reduzindo efeitos dessa variabilidade nas produtividades das culturas. Assim as análises de mapas de produtividade tornam-se fundamental para compreender as causas de variabilidade, podendo ser um parâmetro para tomada de decisão.

A variabilidade espacial ou a heterogeneidade da produtividade de grãos pode estar associada a uma série de fatores que interagem de forma complexa e condicionam a expressão da cultura. O estudo da variabilidade espacial de atributos de solo e planta e da produtividade da cultura é fundamental para o entendimento dos fatores que determinam a expressão do potencial produtivo da cultura e sua variabilidade em uma área agrícola, o que pode levar ao desenvolvimento de práticas específicas, visando à maximização do potencial produtivo em diferentes zonas da lavoura. (VIAN *et al.*, 2016).

À medida que o solo natural vai sendo submetido ao plantio, ele sofre alterações físicas, que são desfavoráveis ao desenvolvimento adequado das plantas (SPERA *et al.*, 2004). Esse fator associado a outras variáveis favorece a existência de alta variabilidade na produtividade das lavouras.

Os Latossolos ocupam hoje, no Brasil, a maior parte dos solos agricultáveis. Apresentando baixa fertilidade natural e elevada acidez ao longo de todo o perfil, sendo necessários que os mesmos sejam corrigidos, adubados e manuseados adequadamente, para que possibilitem produtividades satisfatórias (LOPES, 1984).

A variabilidade espacial aplicada na tecnologia faz-se necessária, sobretudo na pesquisa agrícola que estuda o solo e a sua capacidade produtiva. O conhecimento da variabilidade e das propriedades do solo e das culturas, é considerado, atualmente, o princípio

básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala (GREGO e VIEIRA, 2005)

A área que estuda essas variabilidades é a geoestatística, que Segundo Sanchez (2009), faz a interpretação dos resultados da estrutura de variabilidade obtidas por mapas, levando em consideração o conhecimento das superfícies geomórficas e efeitos na produção da cultura, estimando os valores não amostrados. De acordo com Rosa Filho *et al.* (2009), a variabilidade espacial pode ser representada por mapas, confeccionados a partir de estimativas da variável estudada, sendo que uma das técnicas mais conhecidas é a interpolação por krigagem.

De acordo com Mazzini e Schettini (2009), atualmente ela é utilizada em áreas como: meteorologia, agronomia, hidrologia, engenharias, entre outros.

Outra técnica que segundo Souza *et al.* (2010), é utilizada, é o interpolador denominado Inverso do quadrado da distância (IQD), que também apresenta acurácia satisfatória, além de exigir uma análise mais simples, que pode tornar o processo mais rápido e com resultados semelhantes a krigagem.

O processo de interpolação é uma amostragem, que realiza interferências sobre a população, e sobre todos os pontos mesmo aqueles não amostrados (ARAÚJO, 2004). Uma das diferenças entre esses dois métodos é o peso que diferencia as amostragens (MIRANDA; FREITAS; FAGGION, 2009).

Os pesos são definidos com o método do inverso da distancia elevado a uma potência em que sua distância separa o valor interpolado do observado, atribui pontos amostrais estatísticos que se incorporam influenciando o ponto amostrado inversamente proporcional ao ponto da distância que foi estimado (ALVES e VECCHIA, 2011).

Segundo Mueller *et al.* (2004), os métodos de interpolação mais utilizados em agricultura de precisão são o IQD e a krigagem.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi estimar a produtividade da soja em lavoura de plantio direto no município de Cascavel – PR, utilizando o interpolador inverso do quadrado da distância.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em propriedade rural localizada na região de Cascavel, no estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas com latitude 25°04'47" e longitude 53°14'07".

A semeadura foi realizada no dia 29 Setembro de 2017, após a dessecação das plantas daninhas com o herbicida glifosato, na dosagem de 1,8 L ha⁻¹, do ingrediente ativo. O

espaçamento entre linhas foi de 0,45 m, com densidade populacional de 16 plantas por metro na linha de semeadura. Na adubação de plantio, foram utilizados 297 kg ha⁻¹ da formulação 4-24-30 da MOSAIC. Na semente foi utilizado o fungicida carboxina, (200 g em 100 kg de sementes) e o inoculante líquido (*Rhizobium sp*). Utilizou-se semeadora adubadora PST-4, com 7 linhas de plantio, disco liso de corte de palha.

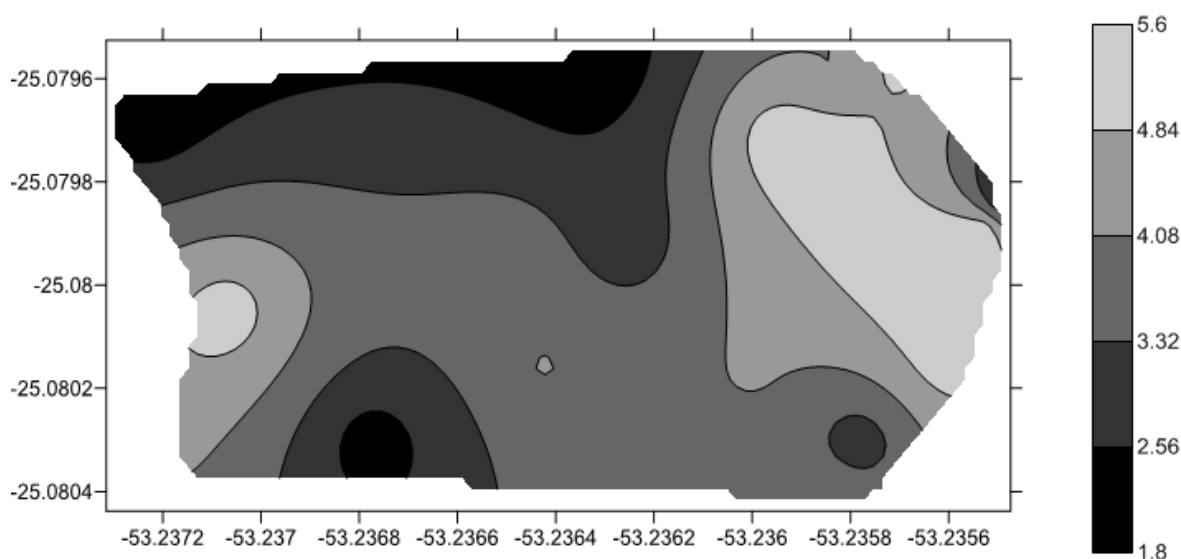
Para a coleta dos pontos amostrados de produtividade da soja, na data da colheita foi estabelecida uma malha amostral de 20 pontos aleatórios espaçamentos de aproximadamente 50m nas direções x e y, onde foi registrado os valores de coordenadas geográficas de cada amostra, com auxílio de um GPS, sendo que em cada ponto foi coletada área útil de 1,0m². Posteriormente a quantidade colhida em cada ponto foi debulhada manualmente. Após essa etapa com auxílio de balança de precisão, pesou-se as quantidades de cada parcela. Foi realizada análise de umidade e os dados de produtividade foram convertidos no padrão da cultura que são 13% de umidade, de acordo com as regras de Análise de Semente (MAPA, 2009).

Com auxílio do software Surfer 15, versão teste, foi realizada interpolação pelo método IQD, onde elaborou-se mapa temático da produtividade da soja. Foi gerado pelo mesmo software, os valores da estatística descritiva para os pontos amostrados e posteriormente para os pontos criados com a interpolação.

Resultados e Discussão

Na Figura 1 encontra-se o mapa temático da produtividade da soja interpolado pelo método inverso do quadrado da distância.

Figura 1 - Mapa temático da produtividade da soja



Os valores de produtividade variaram entre 1,8 a 5,6 t/ha, sendo que na parte superior do mapa foram encontrados os piores resultados de 1,8 a 3,32 t/ha. A parte leste do mapa apresenta o melhor resultado de 4,08 a 5,6 t/ha. Na parte central do mapa estão valores de produtividade de 3,32 a 4,08ton/ha.

Na Tabela 1 encontram-se valores da estatística descritiva da produtividade da soja, com dados originais e os dados interpolados pelo método IQD.

Tabela 1 - Estatística descritiva da produtividade da soja

Estatística descritiva	Dados originais	Dados interpolados
Média	3,63	3,38
Mediana	4,00	3,67
Desvio padrão	1,26	1,30
Variância da amostra	1,58	1,69
Curtose	-1,40	0,59
Assimetria	0,05	-1,02
Intervalo	3,46	5,46
Coefficiente de variação	34,68	38,46
Mínimo	1,95	0,00
Máximo	5,41	5,46
Pontos	20	4400

Os dados originais (20 pontos amostrados) apresentaram média 3,63 t/ha e a média dos valores interpolados foi de 3,38 t/ha, sendo inferior aos dados originais. O desvio padrão dos dados originais foi de 1,26 t/ha, aumentando para 1,30 t/ha com os dados interpolados. Segundo Betzek *et al.* (2012), o IQD foi o interpolador que apresentou menor interferência a se comparar com os dados originais em relação ao desvio padrão e coeficiente de variação (CV) da produtividade da soja.

No experimento, o CV apresentou pouca variação, de 34,68 t/ha com os dados originais para 38,46 t/ha, com os dados interpolados. Sendo que para os dois casos os valores estão acima de 30%, o que segundo Pimentel Gomes (1985), são classificados como muito altos.

De acordo com Cunha (2017), a assimetria é quando sua curva de frequência se desvia ou afasta da posição simétrica. No caso da assimetria os dados originais tiveram valor de 0,05 (distribuição simétrica), e os interpolados -1,02 (distribuição assimétrica negativa).

Os valores de curtose foram -1,40 (distribuição leptocurtica) para os dados originais, e 0,59 (distribuição platicúrtica) para os dados interpolados.

Silva *et al.* (2008), utilizaram IQD e krigagem para estimar dados de propriedades de solo, e concluíram que apesar do IQD ter apresentado maiores erros, ele de maneira geral

apresentou poucas diferenças a se comparar com a krigagem. Saraiva *et al.* (2017), constataram que o IQD, apresentou bom desempenho e alta correlação ao estimarem dados de evapotranspiração.

Souza *et al.* (2010), concluíram em seu trabalho, que krigagem ordinária e IQD foram eficientes na inferência de valores para locais não amostrados para os três atributos químicos do solo que analisaram. Logo assim afirma-se também que o IQD, é um bom interpolador. Portanto, a utilização dele na agricultura de precisão pode gerar informações sobre a área colhida, que podem servir como auxílio para o agricultor, na criação de possíveis zonas de manejo, que possuem resultados diferentes e assim, tomar decisões, visando tratamentos localizados.

Conclusões

O interpolador IQD se mostrou um bom estimador da produtividade da área do estudo, e verificou áreas com diferentes valores de produtividade.

Existiu grande variabilidade dos dados, tendo em vista que o CV foi muito alto.

Vale ressaltar que os resultados finais de produtividade podem ter sido interferidos por fatores climáticos.

Referências

ARAÚJO, J. C. Determinação de zonas de manejo e estimativa da produtividade de culturas de grãos por meio de videografia aérea digital multiespectral. **Tese de Doutorado em Agronomia** – Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, p.118, 2004.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 33, n. 2, p. 193–197, 2011.

BETZEK, N.M.; SOUZA, E.G.; URIBE-OPAZO, M.A.; BAZZI, C.L.; SOBJAK, R. Comparação de mapas temáticos utilizando três métodos de interpolação em diferentes grades amostrais da produtividade de soja. **Anais...Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão-ConBAP**, 2012.

CONAB – Companhia Brasileira de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira - Grãos. Disponível em www.conab.gov.br/OlalaCMS/.../17_06_08_09_02_48_boletim_gaos_setembro_2017.pdf. Acesso Out 2017

COSTA, N. H. de A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.

- CUNHA, L.S. **Assimetria e Curtose**. Universidade Estadual de Londrina. Disponível em <http://www.uel.br/pessoal/lscunha/>, Acesso em 20/05/2018.
- EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil, 2008.
- 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.2 p.169-177, 2005.
- GUEDES FILHO, O. **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta**. 2009. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto Agrônômico - IAC, Campinas.
- JIMENEZ, K. Q.; DOMEQ, F. M. **Estimação de chuva usando métodos de interpolação**. LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo**. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162p
- MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de sementes**. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Mapa/ACS, 2009.399p
- MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.13, n.1, p.53-64, 2009
- MILANI, L.; SOUZA, E. G. de; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.4, p.591-598, 2006.
- MIRANDA, F. A., FREITAS, S. R. C.; FAGGION, P. L. Integração e interpolação de dados de anomalias ar livre utilizando-se a técnica de RNA e krigagem. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v15, nº.3, 2009.
- MOLIN, J. P. Agricultura de precisão, Parte II: Diagnósticos, Aplicação Localizada e Considerações Agronômicas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.108-121, 1997.
- MUELLER, T.G.; MIJATOVIC, B.; SEARS, B. G.; PUSULURI, N.; STOMBAUGH, T.S. Soil electrical conductivity map quality. **Soil Science**, Philadelphia, v. 169, n. 12, p. 841-851, 2004.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.
- ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M.P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTI, F.F.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 Ciência do Solo**, 33:283-293, 2009.
- SANCHEZ, R. B.; MARQUES JR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; MARTINS FILHO, M. V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 1095-1103, 2009.

- 251 SARAIVA, G.S.; BONOMO, R.; SOUZA, J.M. Avaliação de interpoladores geoestatísticos e
252 determinísticos da evapotranspiração de referência diária para o estado do Espírito Santo.
253 **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 1, p. 21-30, janeiro-março, 2017.
254
- 255 SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; ROCHA, W. S. D. Krigagem ordinária e
256 inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um
257 argissolo. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2010.
258
- 259 SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; FONTANELI, R. S. Avaliações de alguns
260 atributos físicos de solo em sistemas de produção de grãos, envolvendo pastagens sob plantio
261 direto. **Revista Científica Rural**, v.9, n.1, p.23-31, 2004.
262
- 263 VIAN, A.L.; SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C.; CHERUBIN, M.R.; SIMON, D.H.; DAMIAN,
264 J.D.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua
265 correlação com variáveis explicativas de planta. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46,
266 n. 3, p. 464- 471, 2016.