

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL USANDO KRIGAGEM INDICATIVA

SUELI MARTINS DE FREITAS ALVES¹, JACQUELINE DE SOUZA REIS²

¹ Engenheira Agrônoma, Doutora, Departamento de Engenharia Agrícola, UnUCET – Universidade Estadual de Goiás, fone: 0XX62-33281156, suelifreitas@ueg.br

² Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: Com o objetivo de avaliar variabilidade espacial da produção de tomate para processamento industrial foram coletados dados em uma área de 23 hectares de tomate cultivada sob plantio direto. Foi utilizada uma grade amostral de 50 x 50 m, totalizando 120 pontos amostrais georeferenciados. Os dados de produção de frutos bons, frutos com defeitos e frutos verdes foram coletados, categorizados considerando a mediana como referência, sendo que foi atribuído zero (0) para os valores abaixo da mediana e, um (1) para os valores acima da mediana. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial e os mapas mostraram as áreas com maior probabilidade de ocorrer a produção de frutos bons, frutos verdes e defeituosos acima de 155,05 Kg/ha, 7,8 Kg/ha e 8,5 kg/ha, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: geostatística, mapas probabilísticos; classificação de frutos.

SPATIAL VARIABILITY OF PRODUCTION OF INDUSTRIAL TOMATO PROCESSING USING INDICATOR KRIGING

ABSTRACT: In order to assess spatial variability in production of tomatoes for industrial processing of this crop planting was done in no-tillage system on a plot of 23 acres in a sampling grid of 50 x 50 m, totaling 120 sampling points georeferenced. Data on production of good fruit, fruit with defects and unripe fruits were collected, categorized considering the median as a reference, and was awarded zero (0) for values below the median and one (1) for values above the median. All variables showed spatial dependence and the maps show the areas most likely to produce good results occur, green fruits and defective above 155,05 kg / ha, 7,8 kg / ha and 8,5 kg / ha, respectively.

KEYWORDS: geostatistics, probabilistic maps; classification of fruits.

INTRODUÇÃO

A cultura de tomate no Brasil concentra-se nas regiões sudeste e centro-oeste, sendo que Goiás destaca-se como sendo o maior produtor nacional, principalmente de tomate para processamento industrial. O forte crescimento da produção e da produtividade desse tomate em Goiás está diretamente relacionado à expansão da indústria processadora desse produto no estado (BRITO e CASTRO, 2010). O investimento em tecnologias para a produção de tomate

industrial acontece desde a seleção do material genético, passando por todas as fases da cultura até a colheita, de modo a maximizar a produtividade sem aumentar os custos da produção e as agressões ao meio ambiente (BRITO e CASTRO, 2010).

A ferramenta de análise geostatística, por meio da técnica de krigagem, pode contribuir na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável, permitindo o entendimento da influência da variabilidade espacial dos atributos na produtividade das culturas (CHERUBIM et al., 2011). Silva et al. (2011) e Yamamoto e Landim (2013) classificaram a técnica da krigagem como uma família de algoritmos, sendo as formas mais usuais a krigagem simples, a ordinária e a indicativa. Na krigagem indicativa os dados são transformados em variáveis categóricas, isto é, transforma os valores que estão abaixo de um determinado nível de corte em zero (0), e os que estão acima em (1). O objetivo na krigagem indicativa não é estimar um determinado valor, como na krigagem ordinária, mas definir áreas com maior ou menor probabilidade de que o evento ocorra (FELGUEIRAS et al., 2002).

O objetivo desse trabalho é utilizar a krigagem indicativa na construção de mapas de probabilidade de produção de tomate industrial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Palmital, numa área irrigada por pivô central, localizada no município de Morrinhos, GO, com altitude de 813 m, latitude 17°45'S e longitude 49°10'W. O plantio do tomate para processamento industrial foi realizado em sistema de plantio direto em sucessão às culturas de milho doce e feijão.

Os dados foram coletados em um talhão de 23 hectares em uma grade amostral de 50 x 50 m, totalizando 120 pontos amostrais. Cada ponto amostral foi georreferenciado com o um aparelho de GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmin modelo Etrex Legend RoHs, com precisão de 7 metros e com o datum ajustado ao sistema SAD 69.

A avaliação de produtividade foi realizada no período da colheita demarcando-se uma área de 1m² para cada ponto georreferenciado. Os frutos do tomateiro foram coletados e, armazenados em sacos plásticos identificados. Posteriormente foram classificados em três tipos de frutos de tomate destinados ao processamento e pesados em uma balança de precisão:

- a) Frutos bons: frutos maduros, com coloração vermelho-intenso, uniforme, fisiologicamente desenvolvido, sem lesão aparente;
- b) Frutos verdes: frutos que não atingiu seu completo desenvolvimento fisiológico, apresentando mais de 50% de sua superfície verde, e;
- c) Frutos com defeitos: frutos rachados, amassados, desintegrado, mofado, com fundo preto, queimado, murcho, lesionados.

Para cada atributo de produção foi realizada uma transformação não linear denominada codificação por indicação. A codificação por indicação consiste em transformar os dados originais em indicadores, isto é, transformar os valores que estão acima de um determinado nível de corte em um (1) e os que estão abaixo, em zero (0). Essa codificação por indicação é necessária para realização da krigagem indicativa. Para a transformação foram considerados como referência o valor da mediana de cada atributo de produção. Desta forma os dados foram transformados em códigos binários (1 ou 0), ou seja, os dados originais foram codificados como zero (0) quando os valores estavam abaixo da mediana e, um (1) quando estavam acima da mediana, conforme expresso na (Equação 1):

$$ij(V_c) \begin{cases} 0 & \text{se } V_j \leq V_c \\ 1 & \text{se } V_j > V_c \end{cases} \quad (1)$$

em que:

Vc = nível de corte;

Vj= é o valor observado.

Após a codificação dos dados foi realizada a análise geoestatística para cada variável, utilizando o software GS+ versão 7.0, por meio do ajuste do semivariograma. O melhor modelo foi escolhido tendo como critério a menor soma dos quadrados dos resíduos (SQR) e maior coeficiente de determinação (R^2). Para análise da dependência espacial foi calculado o índice de dependência espacial e para a classificação deste índice foi utilizado o critério definido por Zimback (2003), em que a dependência espacial é considerada fraca para valores até 25%, moderada entre 25% e 75%, e forte acima de 75%.

As variáveis que apresentaram dependência espacial foram submetidas à krigagem como técnica de interpolação, nesse caso a krigagem indicativa, com os dados categorizados, com o objetivo de definir áreas com maior ou menor probabilidade de ocorrência dos atributos de produção. Os mapas probabilísticos foram confeccionados de acordo com metodologia descrita em Landim e Sturaro (2002), nos quais as escalas de probabilidades da ocorrência estão definidas entres os intervalos (0 a 1), em que 1 (um) significa que probabilidade de ocorrência acima do limite definido no ponto de corte é de 100 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resultado da análise geoestatística com os modelos que melhor se ajustaram às semivariâncias experimentais para os atributos de produção em estudo. Todos apresentaram dependência espacial, sendo que o melhor modelo ajustado foi o exponencial para a produção de frutos bons e frutos verdes, e o esférico para a produção de frutos defeituosos.

O Índice de Dependência Espacial (IDE) encontrado de 0,50 indicando um grau de dependência espacial moderado de acordo com a classificação de Zimback (2001).

TABELA 1. Modelos teóricos de semivariância ajustados para atributos de produção, codificados usando como referência a mediana.

Atributos de produção (Kg/ha)	Modelo	Alcance A	Patamar C_0+C	Efeito pepita Co	IDE $C_0/(C_0+C)$	R^2	SQR
Frutos bons	Exponencial	248	0,295	0,147	0,50	0,87	1,44E-03
Frutos verdes	Exponencial	147	0,280	0,139	0,50	0,93	6,17E-03
Frutos defeituosos	Esférico	98	0,254	0,012	0,50	0,73	1,09E-03

IDE = índice de dependência espacial; R^2 = coeficiente de determinação; SQR = soma de quadrado do resíduo.

A Figura 1 apresenta o mapa de probabilidade de ocorrência de frutos bons, frutos verdes e frutos estragados. A produção de frutos verdes apresentou maior probabilidade de ocorrência de valores acima da referência de 7,8 Kg/ha, na região mais escura do mapa. Enquanto, a produção de frutos defeituosos apresentou uma faixa, área escura, ao longo de toda a área com maior probabilidade de ocorrência de valores acima da referência de 8,50 Kg/ha.

Na classificação comercial do tomate para processamento industrial é importante a quantificação dos defeitos graves, pois o conforme o percentual desses defeitos incidirá prêmio ou desconto sobre o peso (%), conforme regulamentação definida na classificação oficial do Ministério da Agricultura do Brasil.

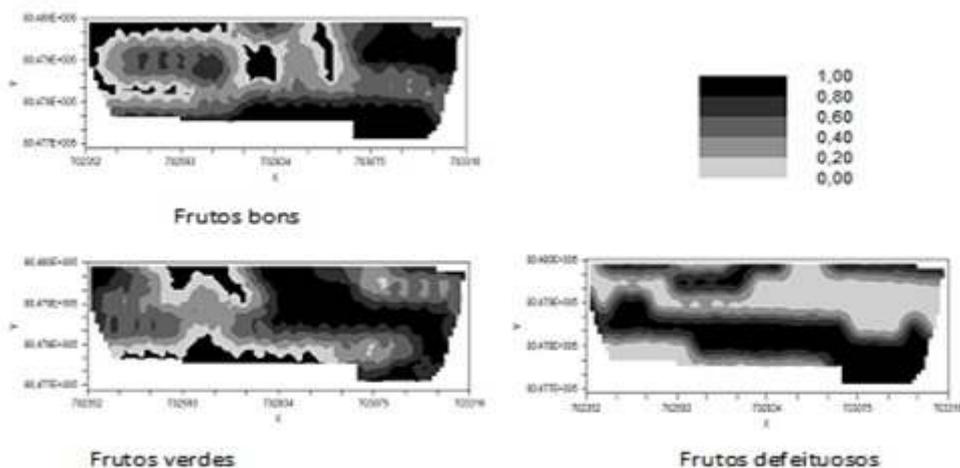


FIGURA 1. Mapa de probabilidade de ocorrência de frutos de tomate para processamento industrial: frutos bons (referência 155,05 Kg/ha); frutos verdes (referência 7,8 kg/ha) e frutos defeituosos (referência 8,50 kg/ha).

CONCLUSÃO

O método de krigagem indicativa permitiu mapear a probabilidade de ocorrência dos atributos de produção de tomate para processamento industrial, tais como frutos bons, frutos verdes e frutos com defeito.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos do segundo autor.

À Universidade Estadual de Goiás, pela concessão de auxílio para participação no evento.

REFERÊNCIAS

- BRITO, L.; CASTRO, S. D. Expansão na produção de tomate industrial no Brasil e em Goiás. **Conjuntura Econômica Goiana, Boletim Trimestral**. Goiânia: Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás, 2010. p. 43-52.
- CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.S.; BASSO, C.J.; EITELWEIN, M.T.; VIAN, A. L. Variabilidade da resistência a penetração do solo em função da dimensão da malha amostral. **Revista Plantio Direto**, Santa Maria – RS, v., n., p., 2011.
- FELGUEIRAS, C.A.; DRUCK, S.; MONTEIRO, A.M.V. Análise espacial de superfície: o enfoque da geoestatística por indicação, **INPE – 11444-PRE/6866**, São José dos Campos, 2002.
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York, Oxford University Press, 1989. 561p.
- SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; ZUCOLOTO, M. Distribuição espacial das frações granulométricas em um Latossolo Vermelho utilizando krigagem indicativa, **Engenharia na Agricultura**, Viçosa – MG, v.19 n.3, p.195-202, 2011.
- YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2013. 215p.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. Botucatu, 2001. 114f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.