

NÚMERO DE PONTOS AMOSTRAIS NO ESTUDO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO ÍNDICE SPAD NA CULTURA DE TOMATE INDUSTRIAL.

Maria Rita Teixeira da Silva^{1*} (IC), Gabriella Andrezza Meireles Campos²(IC), Caroline Xavier dos Santos² (IC), Elaine de Fatima Miranda Freitas³ (PG), Sueli Martins de Freitas Alves⁴ (PQ)

*mariaritateix@outlook.com

^{1, 2, 3 e 4} Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis, GO

Resumo: A cultura de tomate é muito exigente em nitrogênio e a avaliação periódica do estado nutricional do tomateiro pode auxiliar no manejo da adubação nitrogenada. A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro ou simplesmente SPAD (soil plant analysis development) tem surgido como um método alternativo aos procedimentos convencionais. Trata-se de um instrumento portátil que mede o grau de enverdecimento da planta em unidades SPAD. Nesse trabalho o objetivo foi analisar a variabilidade espacial do índice SPAD na cultura de tomate industrial em diferentes malhas amostrais. Foram estabelecidas três malhas de amostragem de 40x40m, 80x80 m e 120x120 m, sendo obtidos 120, 60 e 40 pontos, respectivamente. Em cada ponto amostral coletou 10 leituras do Índice SPAD, dentro de 1 m² do ponto. A leitura foi realizada pelo aparelho ClorofiLOG CFL 1030 Falker. Após a tabulação dos dados foi realizada a análise geoestatística com como o atributo índice SPAD apresentou dependência espacial foi utilizado o método da krigagem ordinária, como técnica de Interpolação e elaborado os mapas de isolinhas para cada grid. Observou-se que o número de pontos amostrais interfere na análise geoestatística e na interpolação por krigagem, ou seja, uma malha amostral com maior número de pontos apresenta maior precisão nos resultados.

Palavras-chave: Adubação Nitrogenada. Clorofilômetro. Geoestatística.

Introdução

O tomate industrial classifica-se atualmente como um dos mais importantes produtos do agronegócio, tanto no nível nacional como mundial. A produção mundial de tomate industrial no ano de 2010 alcançou mais de 37 milhões de toneladas. A maior parte da produção (94%) é representada por dez países; os de maior volume de produção são Estados Unidos (32%), a China (16,6%) e a Itália (13,6%) (EMBRAPA, 2012).

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).

A cultura de tomate é muito exigente em nitrogênio e a avaliação periódica do estado nutricional do tomateiro pode auxiliar no manejo da adubação nitrogenada, uma vez que estudos apontam que as concentrações de clorofila na folha estão diretamente ligadas às doses de N no solo. O manejo da adubação nitrogenada pode ser realizado através de técnicas de diagnóstico do estado nutricional das plantas que envolvem, normalmente, a análise dos teores de nitrogênio (N) na matéria seca de folhas em condições de laboratório. Entretanto, esse tipo de análise apresenta limitações, devido ao custo elevado e o tempo gasto entre a tomada das amostras e a obtenção dos resultados. Com isso tornou-se necessário o desenvolvimento de procedimentos práticos, de baixo custo que permitissem a estimativa dos teores de clorofila da folha de forma rápida, precisa e sem serem destrutivos. Neste sentido, a determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro tem surgido como um método alternativo aos procedimentos convencionais. Argenta et al. (2001) destacam que tais medidores são capazes de determinar de maneira rápida e prática o teor de clorofila na folha sem destruí-la, resultando no teor relativo desse pigmento que é utilizado em cálculos para potencializar o uso da adubação nitrogenada de cobertura.

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. Ao se tratar de soluções para gerenciamento localizado de cultura surge o conceito de Agricultura de Precisão (A P). Uma das técnicas utilizadas para diagnosticar problemas de produtividade, aperfeiçoar o manejo das técnicas da cultura é a agricultura de precisão. Esta oferece ferramentas capazes administrar pequenas áreas de terra individualmente e oferece a disponibilidade de sistemas de posicionamento globais que podem ser usados para localização exata em terra de equipamentos e máquinas (MILLER e SUPALLA, 1996).

Um dos fatores que limitam o uso de agricultura de precisão é o número de amostras necessárias para representar espacialmente a distribuição do nutriente ou insumo aplicado de forma variada. A quantidade de amostras coletadas no campo para representar os atributos do solo ainda é uma dúvida frequente entre os usuários da agricultura de precisão. Para a análise geoestatística, um variograma de confiança deve ser construído com um mínimo de 100 a 150 pontos (SOUZA et al., 2011). Na prática, o número de amostras do solo usado na construção dos mapas é, com frequência, bem inferior ao recomendado.

O objetivo do trabalho foi analisar a variabilidade espacial do índice SPAD na cultura de tomate para processamento industrial, a partir de três malhas amostrais.

Material e Métodos

A área em estudo está localizada na região de Corumbá- GO, com latitude de 15° 55' 25" S e longitude: 48° 48' 31" W, Fazenda Baião, numa área irrigada por pivô central correspondente a 105 ha, cultivado com tomate para processamento industrial (Figura 1). Sendo uma região alta, com relevo bastante acidentado e um sistema de drenagem abundante.



Figura 1 - Área experimental, pivô central.
Fonte: Google Earth (2016).

A localização geográfica dos pontos amostrais foram obtidos com a utilização do GPS portátil eTrex Legend Cx , com o sistema de correção diferencial em tempo real via satélite. Foram estabelecidas três malhas de amostragem (Figura 2) de 40x40m, 80x80 m e 120x120 m, sendo obtidos 120, 60 e 40 pontos, respectivamente.

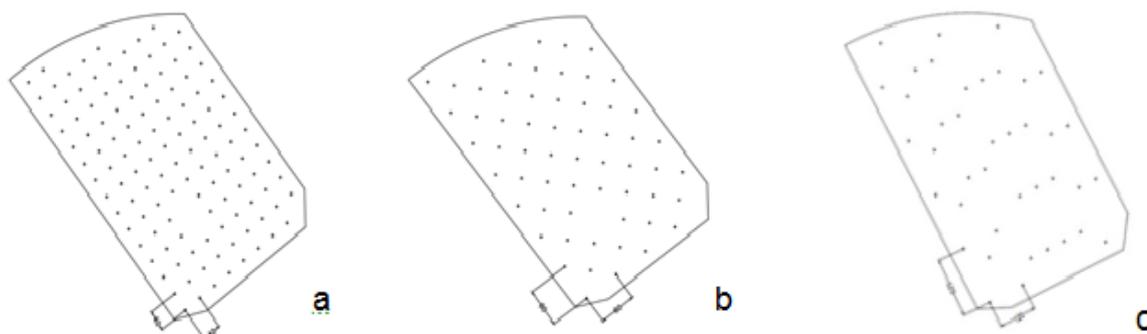


Figura 2. Grid amostral da área utilizada para coleta do índice relativo de clorofila na cultura de tomate industrial, malhas amostrais de 40x40m (a), 80x80m (b), 120x120m (c).

Para a determinação do índice SPAD foi utilizado um medidor portátil da SoilContro CFL1030, entre a segunda e terceira adubação nitrogenada . Sendo amostradas duas plantas por ponto georreferenciados, em cada folha foram avaliados cinco folíolos, sendo dois de cada lado (laterais) e uma no folíolo terminal, de modo a representar toda a superfície da folha amostrada. As folhas amostradas são as mais jovens, completamente desenvolvidas e adjacentes aos cachos (FONTES e ARAUJO, 2007).

Para cada malha amostral, o índice SPAD foi analisado por meio de análise descritiva e exploratória dos dados. A análise geoestatística foi utilizada para estudar a variabilidade espacial dentro do espaço amostral, por meio do estudo de semivariogramas, para obtenção da semivariância experimental tendo como objetivo a verificação da dependência espacial (SILVA et al., 2013). O melhor modelo escolhido foi a partir da menor Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQR) e do maior coeficiente de determinação (R^2) dos dados de semivariância experimental, em relação aos valores de semivariância estimada pelo modelo.

Para a análise de dependência espacial foi calculado o Índice de Dependência Espacial (IDE). Para análise do grau de dependência espacial, foi

calculado o índice de dependência espacial (IDE), o qual foi classificado de acordo com a proposta de Zimback (2001): a dependência espacial fraca para valores $\leq 25\%$; entre 25% e 75%, moderada e $\geq 75\%$ dependência forte.

Comprovada a dependência espacial e definida qual o modelo e parâmetros dos semivariogramas a ser utilizado realizou-se a interpolação de krigagem ordinária para o qual obteve os valores nos locais não medidos gerando os mapas isolinhas do índice SPAD da cultura de tomate industrial.

Resultados e Discussão

Os coeficientes de variação (Tabela 1). para as malhas amostrais de 40x40 m, 80x80 m e 120x120 m foram de 5,67%, 5,5% e 5,8% respectivamente. Valores considerados baixo ($<10\%$), conforme classificação por Mohallen et al. (2008).

Tabela 1. Análises descritivas para o índice SPAD na cultura de tomate industrial coletados para diferentes malhas amostrais.

Medidas Descritivas	Malha Amostral		
	40x40 m	80x80 m	120x120 m
Nº de pontos	120	60	40
Média	49,7	49,8	49,2
Desvio-Padrão	2,82	2,75	2,87
Variância	7,94	7,48	8,24
Coeficiente de variação (%)	5,67	5,49	5,83
Maior valor	58,1	58,1	54,1
Menor valor	43,1	43,8	43,1
Assimetria	0,04	0,25	-0,16
Curtose	-0,15	0,22	-0,82

A Tabela 2 apresenta o resultado da análise geoestatística com os modelos que melhor se ajustaram à semivariância experimental para o índice SPAD. Todos os intervalos de amostragem apresentaram dependência espacial, sendo que o melhor modelo ajustado foi o exponencial.

O Índice de Dependência Espacial (IDE) para a malha de 40x40m, 80x80m e 120x120m foram respectivamente 89%,84% e 83%. São considerados como grau de dependência espacial forte conforme a classificação de Zimback (2001), em que os valores até 25% são considerados fraco, entre 50% a 75% moderado, e acima de 75% forte.

Tabela 2. Análise geoestatística para o índice SPAD do tomate industrial, para diferentes malhas amostrais.

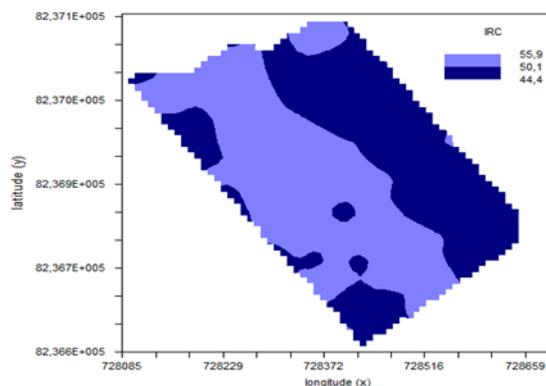
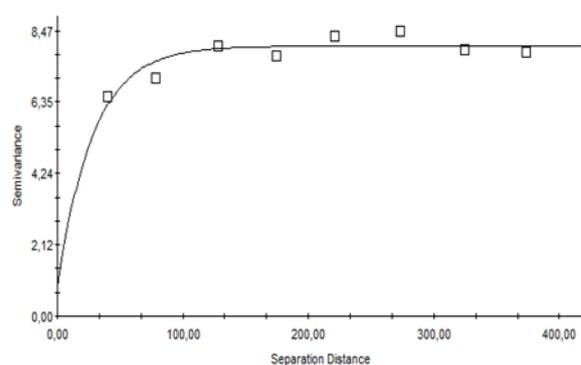
Malha amostral	Modelo	Co	Co+C	Ao	IDE	R ²	SQR
40x40m	Exponencial	0,88	8,015	85,5	0,89	0,757	0,731
80x80m	Exponencial	1,29	8,355	188,7	0,846	0,836	1,02
120x120m	Exponencial	1,46	8,719	156,3	0,833	0,889	0,262

C0: efeito pepita; C0+C: patamar; Ao: Alcance; IDE: índice de dependência espacial ; R²: coeficiente de determinação; SQR: Soma dos Quadrados dos Resíduos.

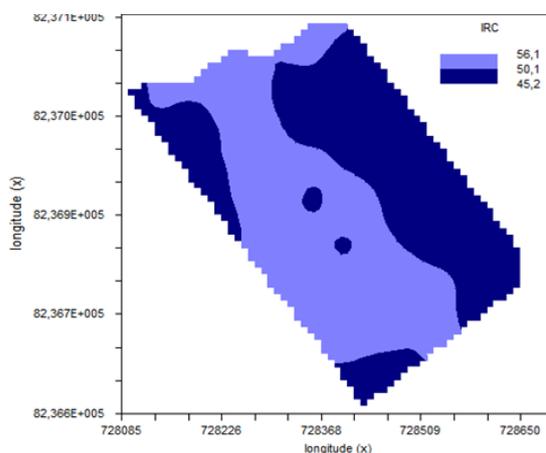
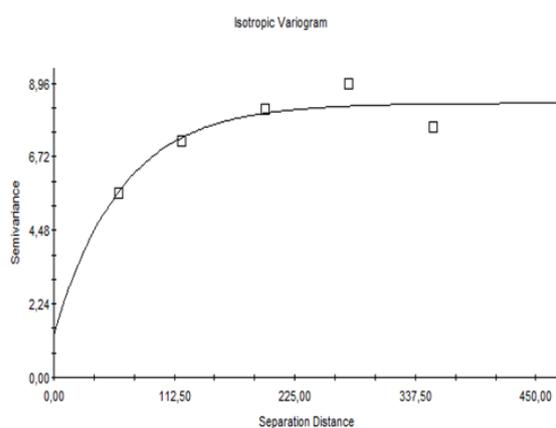
Verifica-se que com o aumento do intervalo de amostragem e a diminuição do número de pontos, a forma do variograma experimental afastou-se cada vez mais do variograma originado pelo grid 40x40m (Figuras 3a), resultado similar observado por Souza e Souza, (2011).

Ao comparar as três malhas amostrais pode-se observar que a maior precisão experimental ocorreu da menor malha amostral para a maior, pois quanto menor a malha amostral maior a quantidade de pontos georreferenciados. O modelo exponencial obtido a partir da malha de 40x40 m (Figura 3a) foi estimado a partir de 8 pontos. O modelo exponencial obtido a partir da malha de 80x80m (Figura 3b) foi estimado a partir de 5 pontos. E o modelo exponencial obtido a partir da malha de 120x120m (Figura 3c) foi estimado a partir de 4 pontos. Dessa forma, características importantes da variação espacial podem ser perdidas por causa do espaçamento da amostragem com grandes dimensões (KERRY e OLIVER, 2008).

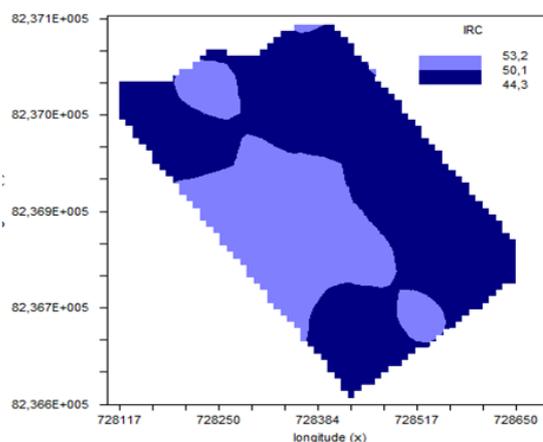
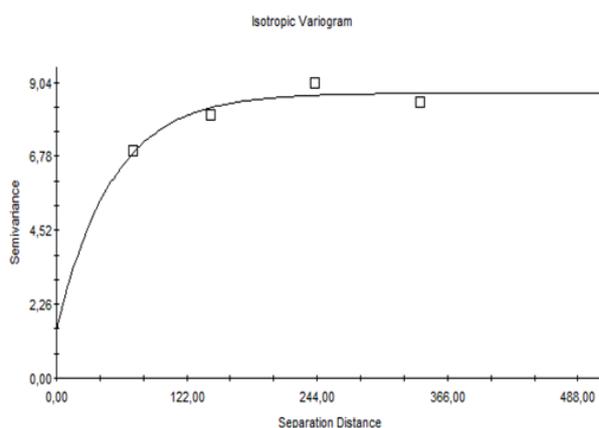
Pela análise dos mapas é possível verificar que a cor escura dos mapas é a área em que as plantas de tomate industrial necessita de uma maior adubação nitrogenada. Sendo então possível indicar ao produtor correções e utilização de técnicas de manejo de adubação nitrogenada de forma localizada. Contudo, deve-se levar em consideração que quanto maior o número de pontos amostrais, maior a precisão da análise dos dados.



a



b



c

Figura 3. Semivariograma e mapa de isolinhas para o Índice SPAD na cultura de tomate para processamento industrial, malha amostral 40x40 m (a), 80x80m (b), 120x120m (c).

Considerações Finais

O uso do clorofilômetro para obter o índice SPAD pode ser utilizado para auxiliar no manejo da adubação nitrogenada do tomate industrial, estabelecendo maior eficiência no manejo da adubação nitrogenada na cultura.

O número de pontos amostrais interfere na análise geoestatística e na interpolação por krigagem, ou seja, uma malha amostral com maior número de pontos apresenta maior precisão nos resultados.

Agradecimentos

À UEG/CCET pela disponibilização da infraestrutura para a realização da pesquisa.

À UEG pela concessão da bolsa de iniciação científica do primeiro e segundo autor.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica do terceiro autor.

À UEG pela concessão de bolsa de inventivo ao pesquisador ao último autor.

Referências

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BARTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STREIDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia**, Lavras-MG, v.13, n.2, p.158-167,2001.

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, p.43-52, 2010.

FONTES, P.C.R.; ARAUJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: Princípio e práticas com o tomateiro**. 22.ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. p.128-129.

GOOGLE. GOOGLE EARTH WEBSITE. Disponível em: <[http:// earth.google.com/](http://earth.google.com/)>. Acesso em: ago. 2016.

KERRY, R.; OLIVER, M.A. Determining nugget:sill ratios of standardized variograms from aerial photographs to krige sparse soil data. **Precision Agriculture**, Netherlands, v.9, n.1-2, p.33-56, 2008.

MILLER, W.; SUPALLA, R. **Precision farming in Nebraska: A status report**, 1996. Disponível em: <<http://ianrwww.unl.edu/pubs/farmmgt/nf305.htm>> Acesso em: ago. 2016.

MOHALLEN, D.F.; TAVARES, M.; SILVA, P.L.; GUIMARÃES, E.C.; FREITAS, R.F. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frango de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, v. 60, n. 2, p.449-453, 2008.

SILVA, A.F.; ZIMBACK, C.R.; LANDIM, P.M.B. **Aplicação da Geoestatística em Ciências Agrárias: parte II**. Botucatu, v.1, 2013.

SOUZA, Z.M.; SOUZA, G.S. Número de amostras e seus efeitos na análise geoestatística e krigagem de atributos do solo. In: Simpósio de Geoestatística em Ciências Agrárias, 2. **Anais...**, Botucatu: FEPAF, 2011.

VILELA, N.J.; MELO, P.C.T.; BOITEUX, L.S.; CLEMENTE, F.M.V.T. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. In: CLEMENTE, F.M.V.T.; BOITEUX, L.S. **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, 2012. p.18-30.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114p. Tese (Livre-Docência em levantamento do solo e fotopedologia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.