

VARIABILIDADE ESPACIAL DO ÍNDICE SPAD NA CULTURA DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Gabriella Andrezza Meireles Campos^{2*}(IC), Maria Rita Teixeira da Silva² (IC), Caroline Xavier dos Santos^{1*} (IC), Elaine de Fatima Miranda Freitas³ (PG), Sueli Martins de Freitas Alves⁴ (PQ)

*g_abicampos@hotmail.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, uma vez que estudos apontam que as concentrações de clorofila na folha estão diretamente ligadas às doses de N no solo. A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro tem surgido como um método alternativo aos procedimentos convencionais a análise dos teores de nitrogênio (N) na matéria seca de folhas em condições de laboratório. O objetivo foi avaliar a variabilidade espacial do índice relativo de clorofila obtido por meio de um medidor portátil de clorofila na cultura de tomate para processamento industrial. Os dados foram coletados em uma lavoura de tomate para processamento industrial, localizada em Corumbá-GO, com uma malha de amostragem de 40x40 m, com o total de 120 pontos, e foi realizada a análise geoestatística utilizando como método de interpolação foi usado a krigagem ordinária. Foi elaborado mapa de isolinhas no qual foi possível identificar que em parte da área avaliada havia deficiência de nitrogênio nas plantas. A partir do resultado obtido pode-se estabelecer a indicação de manejo de adubação nitrogenada de forma localizada com o intuito de melhorar o desenvolvimento na produção e a qualidade dos frutos de tomate para processamento industrial.

Palavras-chave: Índice Relativo de Clorofila. Geoestatística. Krigagem Ordinária.

Introdução

Os principais países produtores do tomate industrial são: Estados Unidos (32%), China (16,6%), Itália (13,6%), Espanha (6,3%) e Brasil (4,9%). Esta participação do Brasil no ranking dos maiores produtores de tomate industrial do mundo tornou - se possível após o considerável incremento da competitividade da cadeia, decorrente da adoção de tecnologias de produção, em meados da década de 1990. A partir deste processo a cadeia tornou-se dinâmica, eficiente e competitiva (VILELA et. al., 2012).

A produção do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) vem se destacando no cenário agroindustrial brasileiro, para impulsionar a expansão de produção alguns

estados tem aumentado a qualidade, produção e produtividade do tomateiro. Atualmente o estado de Goiás vem se destacando com 86% desta produção, o estado de São Paulo apresenta 12,7% e Minas Gerais com 1,3% da produção (VILELA et al., 2012).

A cultura ocupa lugar de destaque na economia brasileira, não somente pelo seu valor econômico, mas também por ser uma atividade geradora de grande número de empregos. A produção é feita a custos elevados devido à necessidade de altas dosagens de adubos (SOUZA; MOREIRA, 2010).

A cultura do 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 as concentrações de clorofila na folha estão diretamente ligadas às doses de N no solo (FERNANDES et al., 1975; MINAMI e HAAG, 2003). A exigência do nitrogênio no tomateiro é maior nos primeiros estádios de crescimento. Na sua falta ou insuficiência, o crescimento da planta é retardado e as folhas mais velhas tornam-se verde-amareladas. Se a falta do nutriente for prolongada, toda a planta apresentará este sintoma. Em casos mais severos ocorre redução do tamanho dos folíolos e as nervuras principais apresentarão uma coloração púrpura, contrastando com um verde-pálido das folhas (EMBRAPA, 2003). Outro aspecto relevante ao uso dos adubos nitrogenados está relacionado à utilização da fonte, devendo o produtor adotar a fonte de nitrogênio que irá lhe oferecer a maior produção de frutos, maior qualidade do produto, melhor custo econômico. (PORTO, 2013)

A determinação do índice SPAD ou teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro ou simplesmente SPAD (soil plant analysis development) tem surgido como um método alternativo aos procedimentos convencionais, visando obter uma estimativa em tempo real de tal forma a auxiliar no diagnóstico e recomendação de fertilizantes nitrogenados. Trata-se de um instrumento portátil que mede o grau de enverdecimento da planta em unidades SPAD. Os valores de SPAD refletem os teores relativos de clorofila e são calculados a partir de certa quantidade de luz emitida pelo instrumento e refletida pela folha (SALLA et al., 2007).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial do Índice SPAD por meio do medidor portátil de clorofila.

O experimento foi conduzido em uma lavoura de tomate para processamento industrial, na fazenda baião, no Município de Corumbá (GO), Brasil, de latitude 15° 55' 25" S, longitude 48° 48' 31" W e altitude 962m.

A localização geográfica dos pontos amostrais foi realizada com um GPS portátil cujo modelo Garmin eTrex Legend Hcx. Com uma malha de amostragem 40 x 40 m, com o total de 120 pontos, conforme apresentado no croqui (Figura 1).

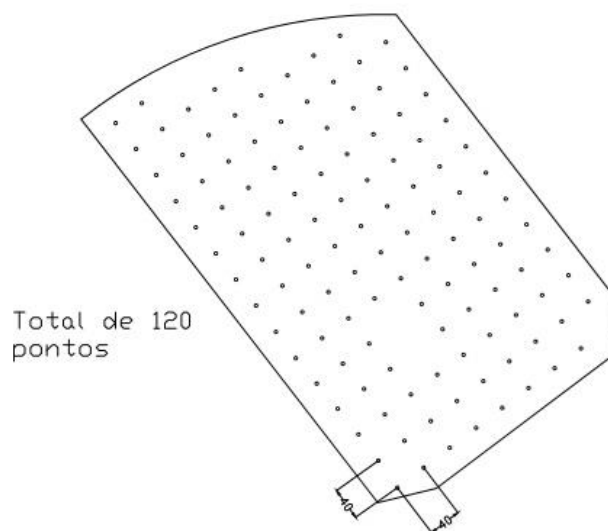


Figura 1 - Croqui de grade amostral da área da cultura de tomate para processamento industrial utilizada para coleta de Índice SPAD.

Para determinar o teor de clorofila, utilizou o clorofilômetro cujo modelo Falker CFL1030. A metodologia utilizada para a coleta de dados em cada ponto georreferenciado, foi feito de acordo com o definido por Fontes e Araujo (2007), ou seja, em cada folha serão avaliados cinco folíolos, sendo dois de cada lado (laterais) e uma no folíolo terminal, de modo a representar toda a superfície da folha amostrada, conforme ilustrado na Figura 2. As folhas amostradas foram as mais jovens, completamente desenvolvidas e adjacentes ao cacho, sendo obtidas três amostras foliares para cada ponto amostral.

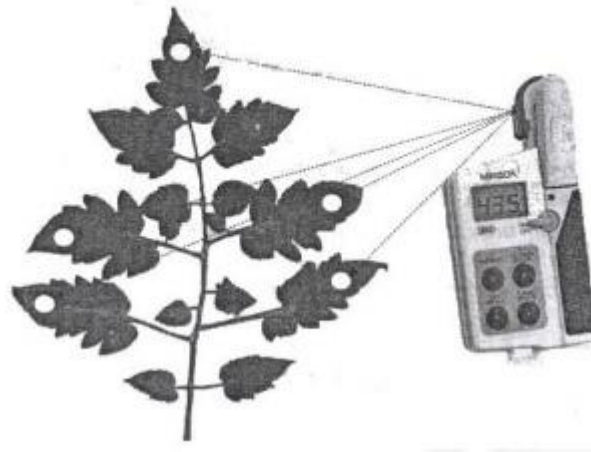


Figura 2 - Posições de amostragem na folha do tomateiro com medidor de clorofila SPAD.

Fonte: Fontes e Araújo (2007).

Para a análise dos dados foram utilizados os métodos geoestatísticos por meio do estudo de semivariogramas, para obtenção da semivariância experimental tendo como objetivo a verificação da dependência espacial (SILVA et al., 2013). Quando verificada a dependência espacial, o melhor modelo será escolhido a partir da menor Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2) dos dados de semivariância experimental, em relação aos valores de semivariância estimada pelo modelo. Após verificada a dependência espacial, para a escolha do melhor modelo foi utilizado como critério a menor Soma dos Quadrados Residuais (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2). Para a análise de dependência espacial foi calculado o Índice de Dependência Espacial (IDE) definido conforme a Equação 1:

$$IDE = \left(\frac{C_o}{C_o + C} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

O Índice de Dependência Espacial (IDE) foi classificado de acordo com Zimback (2001). A dependência espacial é considerada fraca para até 25%, entre 50% e 75% moderada e acima de 75% forte.

Após definição dos modelos e parâmetros dos semivariogramas e comprovada a dependência espacial foi utilizado o método de interpolação de krigagem ordinária para estimar valores em locais não medidos, os quais serão utilizados para a elaboração dos mapas de isolinhas das variáveis em estudo.

Resultados e Discussão

As análises descritivas da variável índice SPAD na cultura de tomate industrial são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise descritiva do índice SPAD para a cultura de tomate industrial

Número de pontos	120
Média	49,7
Desvio-Padrão	2,817
Variância	7,94
Coefficiente de Variação (%)	5,669
Mínimo	58,1
Máximo	43,1
Assimetria	0,04
Curtose	-0,15

O resultado da análise geoestatística (Tabela 2) mostrou que a variável apresentou dependência espacial.

Tabela 2. Análise geoestatística para malha amostral do índice SPAD para a cultura de tomate para processamento industrial.

Modelo	Co	Co+C	Ao	IDE	R ²	SQR
Exponencial	0,88	8,015	85,5	0,89	0,757	0,731

Ao- Alcance; Co+C - Patamar; Co- Efeito Pepita; IDE-índice de dependência espacial; determinação; SQR- Soma de quadrado do resíduo

R²- Coeficiente de

O alcance é um parâmetro importante no estudo do semivariograma, pois, determina a distância em que uma variável apresenta dependência espacial e auxilia em novos planejamentos de amostragens (VALENTE, 2010; BOLFE et al., 2007). O valor de alcance, nesse trabalho, superou a distância utilizada na amostragem, de 40 m.

A Figura 3 apresenta o semivariograma do Índice SPAD, cujo modelo escolhido foi o modelo exponencial. Para verificar a qualidade do ajuste do modelo foi utilizada a validação cruzada (Figura 4). O ajuste calculado foi de 0,679 que é considerado

bom. De acordo com Landim (2006) a indicação de um ajuste perfeito seria com o valor igual a 1,0. Para os autores a validação cruzada, não prova que o modelo escolhido é o mais correto, mas sim que o mesmo não é inteiramente incorreto.

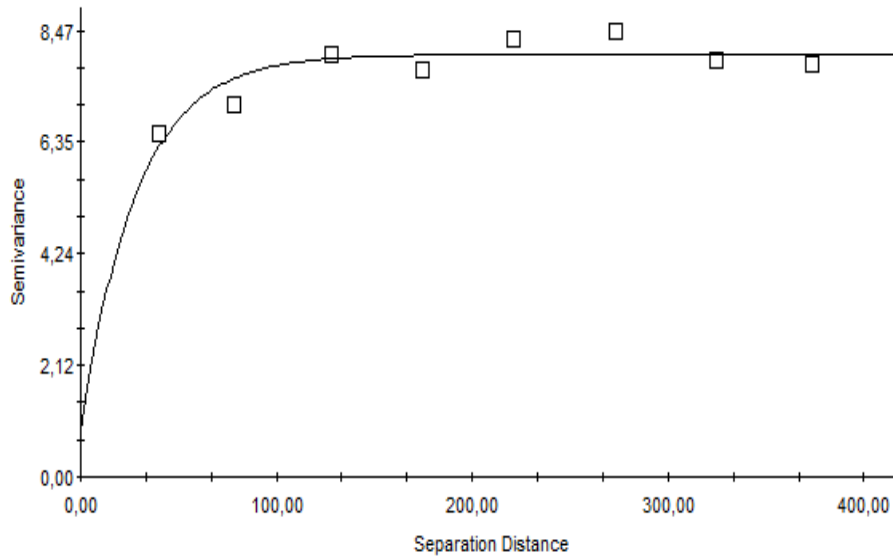


Figura 3 – Semivariograma do Índice SPAD na cultura de tomate para processamento industrial.

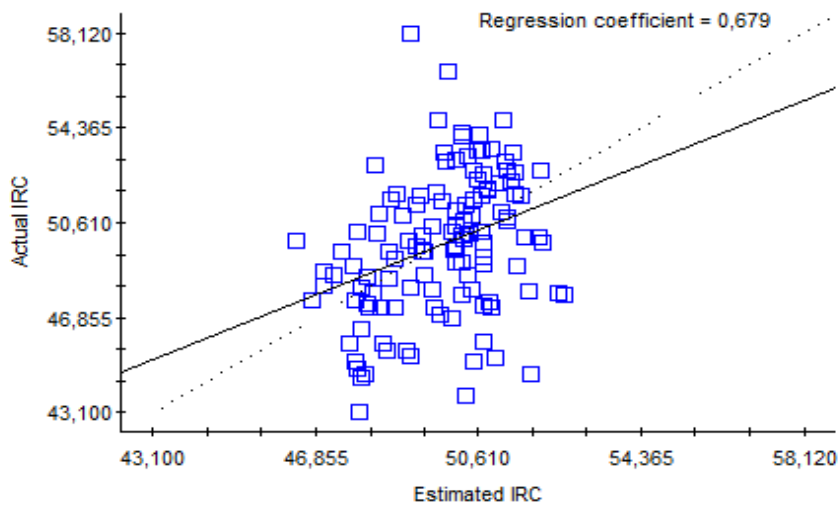


Figura 4 – Diagrama de dispersão da validação cruzada referente ao Índice SPAD.

Para avaliar a dependência espacial foi utilizado o Índice de Dependência Espacial (IDE) e o valor calculado foi de 89%, o que de acordo com Zimback (2001) é classificado como uma forte dependência espacial.

No mapa de isolinha (Figura 5) é possível identificar as na qual o valor crítico do índice SPAD está inferior ao recomendado por Fontes e Araújo (2007), ou seja, 50,2 (área mais escura do mapa). Nesse caso, poderia ser adotada uma correção na dosagem de adubação nitrogenada para as plantas localizadas nessa área.

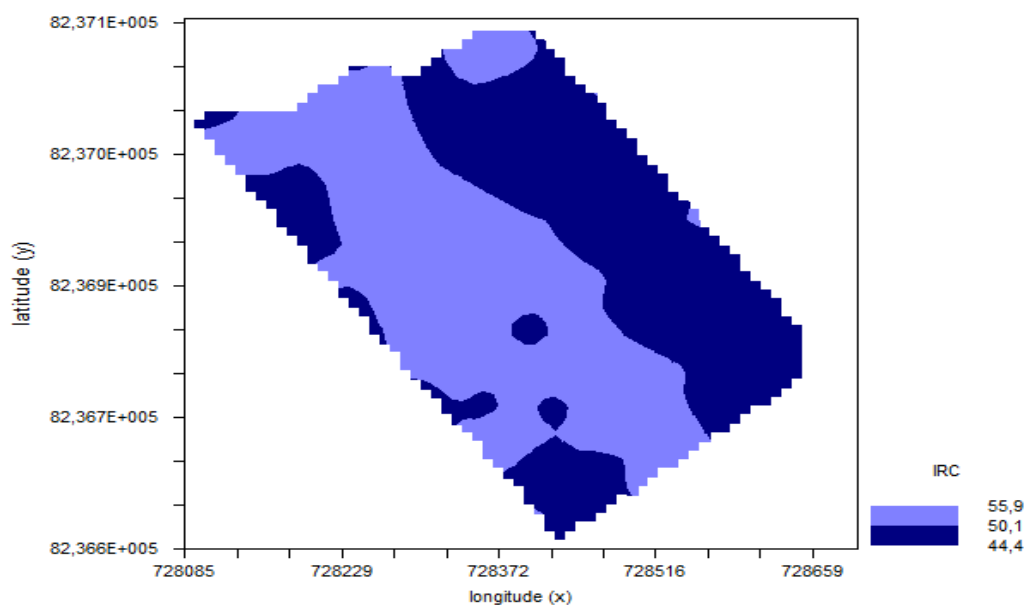


Figura 5 - Mapa de isolinhas para modelo teórico do Índice SPAD.

Considerações Finais

O estudo da variabilidade espacial do índice SPAD na cultura de tomate industrial permitiu verificar, na área estudada, que há uma faixa em que a cultura necessita de uma correção na adubação nitrogenada, pois os índices estão abaixo do nível crítico necessário para ter bons resultados na produção.

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 incentivo ao pesquisador ao último autor.

Referências

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de Tomate para Industrialização**. Sistema de Produção. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/deficiencias.htm>. Acesso em: ago. 2016.
- FERNANDES, P.D.; CHURATA-MASCA, M.G.C.; OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P. Nutrição Mineral de Hortaliças. Absorção de nutrientes pelo tomateiro em cultivo rasteiro. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.32, p.595-608, 1975.
- FONTES, P.C.R.; ARAUJO, C. **Adubação Nitrogenada de Hortaliças: Princípios e práticas com o tomateiro**. Ed. UFV, p.148, 2007.
- LANDIM, P.M.B.; **Sobre Geoestatística e mapas**. DGA, IGCE, UNESP / Rio Claro, Lab. Geomatématica, 2006.
- PORTO, J.S. **Fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade de tomate híbrido Silvety**. 2013. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2013.
- SALLA, L.; RODRIGUES, J.C.; MARENCO, R.A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.159-161, 2007.
- SILVA, A.F.; ZIMBACK, C.R.; LANDIM, P.M.B. **Aplicação da Geoestatística em Ciências Agrárias: parte II**. Botucatu, v.1, 2013.
- SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento preliminar da água residuária da Suinocultura. **REVENG**, Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.4, p.198-207, 2010.
- VALENTE, D.M. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para definir zonas de manejo em cafeicultura de precisão**. 2010. 103p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- 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.; BOITEU, L.S. (eds). Produção de tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, 2012. p.17-22.
- 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 ftopedologia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.