

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

GILBERTO PIMENTEL FILGUEIRAS

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE *Diabrotica speciosa* EM CULTIVOS
DE SOJA NO CERRADO BRASILEIRO**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

GILBERTO PIMENTEL FILGUEIRAS

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE *Diabrotica speciosa* EM CULTIVOS
DE SOJA NO CERRADO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço

Coorientadores: Renato de A. Sarmento
Paulo Antônio S. Júnior

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

F481d
2020
Filgueiras, Gilberto Pimentel, 1987-
Distribuição espaço-temporal de *Diabrotica speciosa* em
cultivos de soja no cerrado brasileiro / Gilberto Pimentel
Filgueiras. – Viçosa, MG, 2020.
22 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.20-22.

1. Soja - Doenças e pragas. 2. *Glycine max*. 3. Geologia -
Métodos estatísticos. 4. Temperatura do ar. 5. Desenvolvimento
de plantas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária
Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 63334.9764

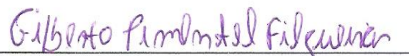
GILBERTO PIMENTEL FILGUEIRAS

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE *Diabrotica speciosa* EM CULTIVOS DE
SOJA NO CERRADO BRASILEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de outubro de 2020.

Assentimento:



Gilberto Pimentel Filgueiras
Autor



Marcelo Coutinho Picanço
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por esta vitória.

Aos meus pais José Gonçalves Filgueiras Netto (in memoriam) e Maria Cristina Pimentel Filgueiras pelo apoio e amor incondicional.

Ao meu irmão Fábio José Filgueiras e a minha cunhada Alice pelo carinho.

Aos meus sobrinhos Sophia e Phelipe pela alegria que me proporcionam.

A minha querida esposa Denise pelo amor, carinho, companheirismo, compreensão e confiança ao longo desses anos.

Ao meu filho Henry Galeno por me ensinar a ser melhor a cada dia.

A Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade da realização desse curso.

Ao CNPQ, CAPES e FAPEMIG pelo fomento do curso.

Aos meus sogros, Jorgina e Natalino e aos meus cunhados Débora e Adevaldo pelo carinho e apoio demonstrado.

Ao professor Marcelo Coutinho Picanço, pela orientação dedicação e amizade durante a minha formação.

Aos professores Alexandre Igor de Azevedo Pereira, Gerson Adriano Silva, Paulo Antônio Santana Júnior e Renato de Almeida Sarmento pelas críticas e sugestões que deram na defesa da tese.

Ao professor Paulo Antônio Santana Júnior e Renata Cordeiro dos Santos pela ajuda no treinamento e conclusão do seminário.

Aos meus amigos Perseu, Ueder e Silas pelo companheirismo e amizade ao longo do curso.

Ao Grupo Mizote pelas oportunidades concedidas.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

BIOGRAFIA

GILBERTO FILGUEIRAS, filho de José Gonçalves Filgueiras Netto e Maria Cristina Pimentel Filgueiras, nasceu no dia 04 de abril de 1987, em Rosário da Limeira, MG. cursou a Educação Básica na Escola Estadual Cônego Américo Duarte, concluindo-a em 2004.

Em outubro de 2006 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), posteriormente foi transferido para Universidade Federal de Viçosa (UFV) no ano de 2009. Durante a graduação foi estagiário do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira da região de Viçosa (PDPL/RV), sob orientação do Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, onde desenvolveu trabalhos ligados a pecuária leiteira com foco na parte agrônômica.

Em janeiro de 2011 foi estagiário do Grupo Mizote, situado no Oeste da Bahia, pelo período de nove meses, onde acompanhou atividades de preparo de solo, plantio, tratamentos culturais e colheita das culturas de soja, milho e algodão.

Ao se formar em 2012 foi contratado pelo Grupo Mizote, na função de Coordenador de Campo. Em outubro de 2014 foi promovido ao cargo de Gerente de Produção exercendo o mesmo desde então.

Em março de 2014, ingressou no curso Lato Sensu em proteção de plantas pela UFRV, defendendo sua tese em julho de 2015, sob orientação do Professor Eraldo Rodrigues de Lima. Em agosto de 2018 ingressou no Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal na mesma instituição, sob orientação do Professor Marcelo Coutinho Picanço, defendendo tese em 29 de outubro de 2020.

**Ao meu saudoso pai pelos ensinamentos,
“O saber é a base do desenvolvimento na vida”
José Gonçalves Filgueiras Netto,
Eu dedico.**

RESUMO

FILGUEIRAS, Gilberto Pimentel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2020. **Fatores determinantes do ataque de *Diabrotica speciosa* em cultivos de soja no cerrado brasileiro**. Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Coorientadores: Renato de Almeida Sarmiento e Paulo Antônio Santana Júnior.

A soja (*Glycine max*) é a principal planta oleaginosa cultivada no mundo. Com a expansão das áreas de cultivo de soja, tem surgido pragas emergentes. Entre as pragas emergentes em cultivos de soja estão os Coleoptera como *Diabrotica speciosa* (Chrysomelidae). O conhecimento dos fatores que regulam a dinâmica espaço-temporal das pragas são importantes para se planejar a amostragem e o controle destes organismos. Os elementos climáticos, o estágio das plantas e a paisagem estão entre os principais fatores que regulam a distribuição espaço-temporal das pragas. A geoestatística é uma ferramenta apropriada para a realização de estudos de dinâmica espaço-temporal das pragas por possibilitar a determinação do padrão de distribuição das pragas e o entendimento dos processos de colonização e dispersão dos insetos. Apesar da importância dos cultivos de soja e de *D. speciosa* como praga importante desta cultura, até o momento não existem estudos sobre a dinâmica espaço-temporal deste inseto nesta cultura usando geoestatística. Assim, este trabalho teve por objetivo determinar a dinâmica espaço-temporal de *D. speciosa* em campos comerciais de soja usando geoestatística. Para tanto, foi monitorado durante dois anos em campos comerciais de soja as populações de *D. speciosa*, os elementos climáticos, a vegetação na circunvizinhança e o estágio fenológico das plantas. A distribuição espaço-temporal de *D. speciosa* nos campos de soja foi influenciada pelo estágio das plantas, temperatura do ar e velocidade dos ventos. Foram maiores as densidades do inseto em temperaturas do ar mais elevadas (>28°C) e sobretudo quando as plantas estavam em estágio reprodutivo. Na maioria das situações as densidades de *D. speciosa* nos cultivos tiveram distribuição espacial ao acaso. Nos campos de soja em que as populações de *D. speciosa* apresentaram dependência espacial os focos da praga se dispersaram na direção das fileiras e de propagação dos ventos.

Palavras-chave: Vaquinha. *Glycine max*. Geoestatística. Temperatura. Estágio das plantas.

ABSTRACT

FILGUEIRAS, Gilberto Pimentel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2020. **Determinant factors of the attack of *Diabrotica speciosa* in soybean crops in the Brazilian cerrado.** Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisers: Renato de Almeida Sarmiento and Paulo Antônio Santana Júnior.

Soybean (*Glycine max*) is the leading oil plant grown in the world. With the expansion of soybean growing areas, new problems with these organisms that are called emerging pests have emerged. Among the emerging pests in soybean crops is Coleoptera as *Diabrotica speciosa* (Chrysomelidae). Knowledge of the factors that regulate pests' spatio-temporal dynamics is essential to plan these organisms' sampling and control. Climatic elements, the stage of plants, and the landscape are among the main factors that regulate the spatio-temporal distribution of pests. Geostatistics is an appropriate tool for carrying out studies on the spatio-temporal dynamics of pests. It allows the determination of the pests' distribution pattern and the understanding of insects' colonization and dispersal processes. Despite the importance of soybean and *D. speciosa* crops as an important pest of this crop, there are no studies on this insect's spatio-temporal dynamics in this culture using geostatistics. Thus, this work aimed to determine the spatio-temporal dynamics of *D. speciosa* in commercial soybean fields using geostatistics. For this purpose, *D. speciosa* populations, climatic elements, vegetation in the surrounding area, and the plants' phenological stage were monitored in commercial soybean fields for two years. The spatio-temporal distribution of *D. speciosa* in the soybean fields was influenced by the plants' stage, air temperature, and wind speed. Insect densities were elevated at higher air temperatures (> 28°C) and mostly when the plants were in the reproductive stage. In most situations, the densities of *D. speciosa* in the crops had a random spatial distribution. In the soybean fields where the populations of *D. speciosa* showed spatial dependence, the pest dispersed in the direction of the rows and winds.

Keywords: Leaf beetle. *Glycine max*. Geostatistics. Temperature. Plant stage.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1. Condições experimentais	10
2.2. Características avaliadas	11
2.3. Análises estatísticas	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES	20
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal planta oleaginosa cultivada no mundo (USDA 2020). Suas sementes são ricas em proteínas, óleo e carboidratos e os produtos e subprodutos obtidos destas sementes são utilizadas na alimentação humana e animal (Sharma et al. 2014). Na safra 2019/20 os cultivos de soja ocuparam 122,58 milhões de hectares e obteve-se uma produção de 335,35 milhões de toneladas. Há previsão de aumento de 3,59% da área cultivada e de 8,20% de produção mundial de soja para a próxima safra. Os cultivos de soja têm expandido principalmente na região tropical, sobretudo no Brasil que atualmente é o maior produtor mundial sendo responsável por 37% da produção mundial (USDA 2020).

As pragas causam grandes perdas em cultivos de soja (Dhaliwal et al. 2015, Musser et al. 2017). Com a expansão das áreas de cultivo, novos problemas com pragas têm surgido e estas pragas são denominadas de pragas emergentes (Reddy 2018). Praga emergente pode ser definida como uma praga que foi constatada em uma determinada área de cultivo, cuja sua densidade aumenta ao longo do tempo, implicando em prejuízos acima do nível de dano econômico aceitável, dessa forma seu status de praga passa de um menor grau de importância para um maior grau, podendo deixar de ser uma praga secundária, se tornando primária ou até mesmo uma praga chave para cultura (Souza et al. 2013).

O surgimento de pragas emergentes se deve a invasão de pragas exóticas e as mudanças no sistema de cultivo que afetam favoravelmente determinadas espécies de insetos e ácaros herbívoros que anteriormente não causavam grandes danos (Reddy 2018). Entre as mudanças nos sistemas de cultivo e que favorecem o surgimento de pragas emergentes estão a ocupação das paisagens com lavouras, a sucessão de cultivos, plantios em épocas e locais favoráveis às pragas, plantio de variedades suscetíveis, diminuição das populações de inimigos naturais, alterações no clima e falhas dos métodos de controle (Das et al. 2011, Gao & Reitz 2017, Reddy 2018).

Entre as pragas emergentes em cultivos de soja estão os Coleoptera (Bueno et al. 2017, Hesler et al. 2018) como *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) que está presente na América do Sul (Bueno et al. 2017, Ávila et al. 2019). *D. speciosa* é uma espécie polífaga que ataca 119 espécies de plantas pertencentes a 27 famílias. *D. speciosa* ataca cultivos de soja, feijão, milho,

tomate, batata, pimentas, girassol, abóboras, algodão, alfafa e brássicas (Walsh 2003). Durante o ciclo de vida *D. speciosa* passa pelos estágios de ovo, larva e pupa e adulto. O adulto tem 4,5 mm de comprimento e possui cor verde com três manchas amarelas. Os estágios de ovo, larva e pupa ocorrem nos solos. O adulto ataca a parte aérea das plantas causando danos às folhas, flores e vagens. Já suas larvas atacam às raízes das plantas (Krysan & Miller 1986, Ávila et al. 2019).

O conhecimento dos fatores que regulam a dinâmica espaço-temporal das pragas nos cultivos são importante para se planejar a amostragem e o controle destes organismos (Lima et al. 2018, Ramos et al. 2019). Os elementos climáticos, o estágio fenológico das plantas, os inimigos naturais e a paisagem estão entre os principais fatores que regulam a distribuição espaço-temporal das pragas nos campos de cultivo (Felicio et al. 2019, Soares et al. 2020). A geoestatística é uma ferramenta apropriada para a realização de estudos de dinâmica espaço-temporal das populações de pragas nos campos de cultivo. Nestes estudos cada ponto amostrado é georeferenciado e as análises realizadas determina o grau de dependência entre as amostras. A geoestatística possibilita a determinação do padrão de distribuição das populações das pragas e o entendimento dos processos de colonização e dispersão dos insetos nos campos de cultivo (Rosado et al. 2015, Galdino et al. 2017).

Apesar da importância dos cultivos de soja e de *D. speciosa* como praga, até o momento não existem estudos sobre a dinâmica espaço-temporal deste inseto em nesta cultura usando geoestatística. Assim, este trabalho teve por objetivo determinar a dinâmica espaço-temporal de *D. speciosa* em campos comerciais de soja em região de clima tropical usando geoestatística. Para tanto, foi monitorado durante dois anos em campos comerciais de soja as populações de *D. speciosa*, os elementos climáticos, a vegetação na circunvizinhança e o estágio fenológico das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Condições experimentais

Este trabalho foi realizado em quatro campos de cultivo comerciais de soja durante dois anos: 2017/18 (ano 1) e 2018/19 (ano 2) nas cidades de Gurupi e Formoso do Araguaia, estado de Tocantins, TO. A variedade usada era M 8808 IPRO

(RR e Bt com produção da proteína CryI Ac). O espaçamento usado foi de 0,45 m entre linhas de soja e com plantio de 13 sementes por metro de fileira. Dois dos campos de cultivo foram realizados na época seca (maio a agosto) e os outros dois na época chuvosa (dezembro a março). Nos campos de cultivo conduzidos na época seca foi realizada irrigação de subsuperfície por elevação do lençol freático. Já nos campos de cultivo conduzidos na época chuvosa não foi realizada irrigação. Nos campos de cultivo foram realizadas práticas normais de cultivo de soja conforme Sediya et al. (2015). A vegetação da circunvizinhança, a localização geográfica e características de cada campo de cultivo são apresentadas na Figura 1.

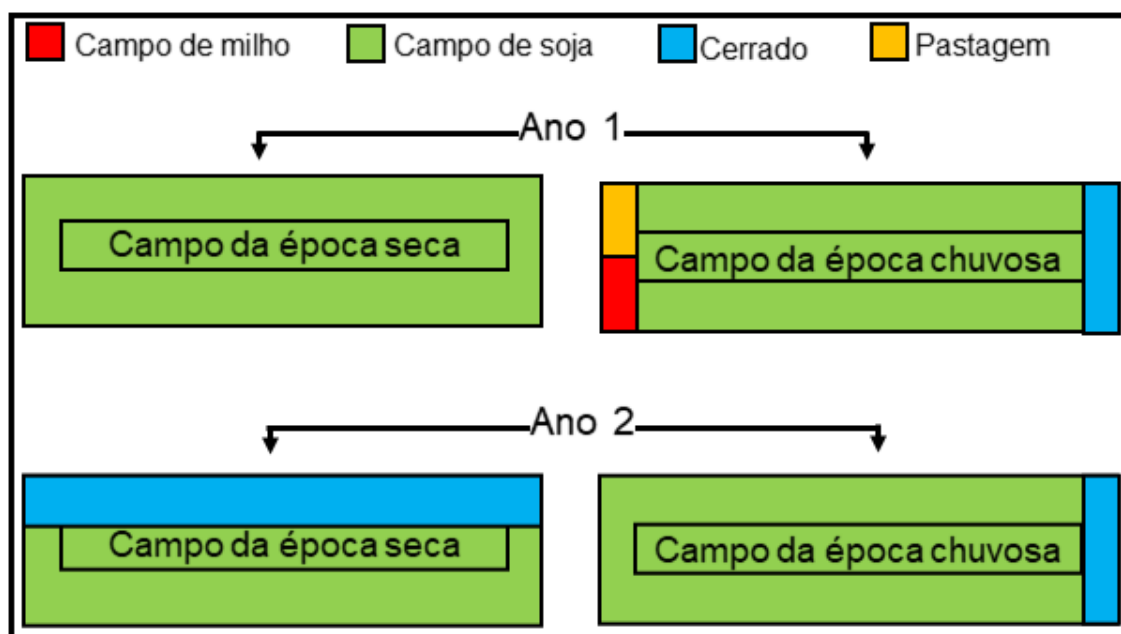


Figura 1. Vegetação circunvizinha aos campos de soja cultivados nas épocas seca e chuvosa durante dois anos.

2.2. Características avaliadas

Em cada campo de cultivo de soja foram monitoradas as densidades de adultos de *D. speciosa* em cerca de 200 plantas. Essas plantas estavam distribuídas em um gride regular nos campos de cultivo para se evitar tendências direcionais (Martins et al. 2018). A posição das plantas avaliadas foi georeferenciada usando-se GPS (Garmin Etrex Vista). O monitoramento da densidade da praga foi realizado quando as plantas estavam no estágio vegetativo (até 30 dias de idade das plantas), floração

(50 dias de idade das plantas), enchimento de grãos (70 dias de idade das plantas) e de grãos cheios (90 dias de idade das plantas). A avaliação das densidades de adultos de *D. speciosa* foi realizada pela batida do ápice das plantas em bandeja plástica. Posteriormente, os insetos presentes no fundo da bandeja foram contados. Essa técnica foi usada devido a ela ser muito utilizada na amostragem de pequenos insetos presentes no dossel das plantas como são os adultos de *D. speciosa* (Marquini et al. 2002, Pereira et al. 2010). Foram obtidos dados diários de temperatura média do ar, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar média e velocidade média dos ventos para cada campo de cultivo de soja durante o período experimental utilizando-se o NASA POWER (pacote R, comando: `nasapower`, `get_power`, Sparks, 2018). Esses dados meteorológicos são estimados a partir de avaliações de satélites realizadas para regiões onde as medições de superfície são escassas ou inexistentes (NASA 2020).

Foi anotada a vegetação presente na circunvizinhança de cada campo de cultivo de soja. Posteriormente, foi avaliada usando uma trena o comprimento (m) que cada uma dessas vegetações ocupava na circunvizinhança de cada campo de cultivo de soja.

2.3. Análises estatísticas

Foram calculadas as médias e erros padrões das densidades de adultos de *D. speciosa* e para elementos climáticos em cada avaliação. A partir desses dados foram confeccionadas curvas de flutuação populacional para a praga e para os elementos climáticos em cada campo de cultivo. Nestas curvas também foram representados os estágios fenológicos das plantas (vegetativo ou reprodutivo (Lima et al. 2018, Soares et al. 2020)).

Foi determinada a percentagem ocupada por cada vegetação ocupava na circunvizinhança de cada campo de cultivo de soja usando-se a fórmula 1 (Lima et al. 2018, Soares et al. 2020).

(1) $PC_{ij} = (100 \times C_j) \div P_i$, onde: PC_{ij} = percentagem do campo i (1 a 4) ocupada por cada vegetação j (soja $j = 1$, milho $j = 2$, cerrado $j = 3$ e pastagem $j = 4$); C_j = comprimento (m) que cada uma dessas vegetações ocupava na circunvizinhança do campo de cultivo e P_i = perímetro (m) de cada campo de cultivo.

Os dados das densidades de *D. speciosa* (adultos por amostra) em função de elementos climáticos e vegetação na circunvizinhança (percentagem de ocupação da circunvizinhança) dos campos de cultivo de soja regressão linear múltipla ($\alpha = 0,05$). Posteriormente, os dados das densidades de adultos de *D. speciosa* nos campos de soja foram submetidos a análise de regressão em função da temperatura média do ar. Isto foi feito, para se determinar a curva da relação entre a temperatura do ar e a densidade da praga. Os critérios utilizados na seleção da curva de regressão foram: significância ($P < 0,05$), maior coeficiente de determinação (R^2), simplicidade e significado biológico do modelo (Lima et al. 2018, Soares et al. 2020).

Nas análises da distribuição espacial dos adultos de *D. speciosa* nos campos de cultivo de soja foi usado o software GS+ Geostatistics for the Environmental Sciences versão 7.0 (Robertson 1998). Antes de se iniciar as análises os dados muito discrepantes dos demais (outliers) foram removidos. Isto foi feito devido a esses dados interferirem negativamente nos resultados dos semivariogramas e nas interpolações a serem realizadas (Liu et al. 2012). A distribuição espacial do inseto nos campos de soja foi avaliada usando semivariogramas (Sciarretta & Trematerra 2006, Martins et al. 2018). Inicialmente foram estimados semivariogramas para cada data de avaliação em cada campo de cultivo usando-se os modelos gaussiano, exponencial, esférico e linear para verificar a presença de dependência espacial. O modelo selecionado para cada situação (cada estágio fenológico das plantas num campo de cultivo) foi aquele que apresentou menor valor do intercepto (β_0), menor soma dos quadrados do resíduo, maior inclinação (β_1) e maior coeficiente de determinação (R^2). Nas situações em que os modelos efeito pepita e patamar é considerado que o inseto apresentou dependência espacial. Já para as situações em que só apresentaram efeito pepita é considerado que o inseto não apresenta dependência espacial. Para os modelos com dependência espacial foi avaliada a existência ou não de anisotropia dos modelos para os ângulos de 0° , 45° , 90° e 135° em relação ao norte magnético (Rosado et al. 2015, Ramos et al. 2019).

Quando havia dependência espacial utilizou-se o método de krigagem para interpolar os dados, estimando a quantidade de insetos em locais não amostrados. Foi usada a validação cruzada para verificar a qualidade das estimativas obtidas pelos modelos de krigagem. Posteriormente, foram gerados mapas dos dados interpolados para visualizar a distribuição espacial dos todos adultos de *D. speciosa* nos campos de cultivo de soja (Kerry et al. 2010, Martins et al., 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se efeitos significativos ($P < 0,05$) dos campos de soja e da interação entre estes campos e estágios das plantas sobre a densidade de adultos de *D. speciosa*. A maior densidade da praga ocorreu no cultivo realizado na época seca do segundo ano ($F_{3; 12} = 4,83$; $P = 0,0199$). Nessa lavoura, a densidade de *D. speciosa* foi maior em plantas no estágio reprodutivo do que quando elas estavam no estágio vegetativo ($F_{3; 12} = 4,44$; $P = 0,0257$). Nos cultivos realizados no segundo ano as densidades da praga aumentaram ao longo do tempo de cultivo (Figura 2A). As maiores temperaturas foram evidenciadas na época seca, para os dois anos de cultivos, sendo que o segundo ano apresentou as maiores variações (Figura 2B).

O modelo de regressão linear múltipla da densidade de adultos de *D. speciosa* em função dos elementos climáticos e vegetação na vizinhança das lavouras foi significativo ($P < 0,05$) e apresentou coeficiente de determinação $R^2 = 0,59$. Neste modelo verificou-se efeito significativo ($P < 0,05$) e positivo da temperatura do ar sobre as densidades de *D. speciosa*. Entretanto, não se observaram efeitos significativos ($P > 0,05$) da precipitação pluviométrica, velocidade dos ventos e vegetação da circunvizinhança das lavouras sobre as densidades desta praga (Tabela 1). Verificou-se que a curva de densidade de *D. speciosa* em campos comerciais de soja em função da temperatura do ar foi significativa ($P < 0,05$) e seguiu uma função exponencial crescente com coeficiente de determinação $R^2 = 0,85$. Verificou-se que em temperaturas maiores que 28°C pode ocorrerem as maiores densidades de *D. speciosa* (Figura 3).

Dos 16 modelos processados, 14 só apresentaram efeito pepita puro e dois apresentaram efeito pepita e patamar, sendo que um deles foi exponencial enquanto o outro foi esférico. Esses dois modelos foram selecionados por terem os menores valores de intercepto (β_0) e RSS e maiores coeficientes de determinação (R^2) e inclinação (β_1) e eles foram isotrópicos nas direções de 0° , 45° , 90° e 135° em relação ao norte magnético. Esses dois modelos apresentaram forte dependência espacial (GDE) de 77,84 e 75,79% e alcances foram de 7,58 e 17,18 m (Tabela 2).

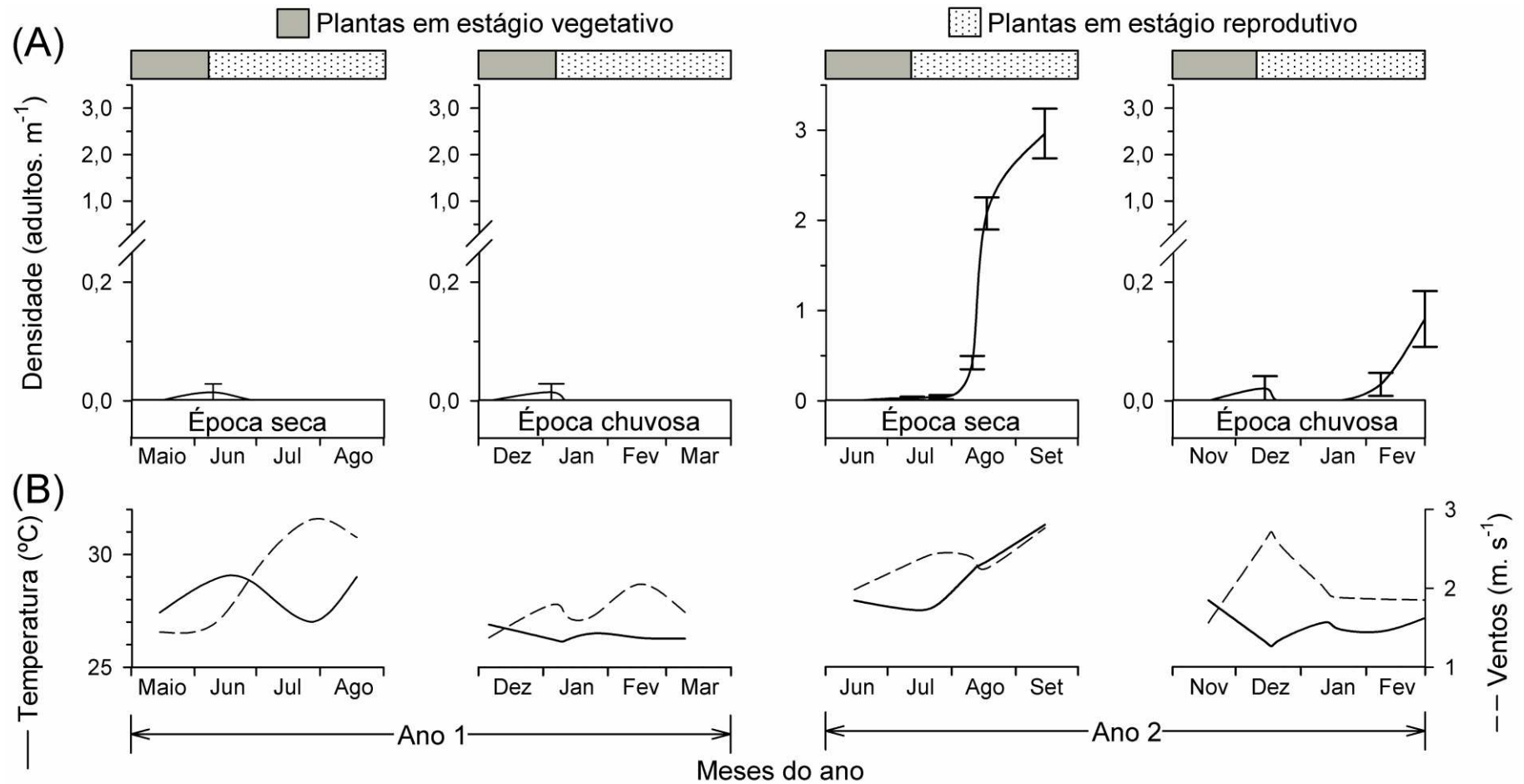


Figura 2. Densidades (média \pm erro padrão) de *Diabrotica speciosa* (adultos. m^{-1}), (B) temperatura média do ar ($^{\circ}C$) e velocidade média dos ventos ($m \cdot s^{-1}$) nos campos de cultivo de soja nas épocas seca e chuvosa durante dois anos.

Tabela 1. Coeficientes angulares da regressão linear múltipla ($R^2 = 0,59$; $F = 5,30$ e $P = 0,0073$) da densidade de adultos de *Diabrotica speciosa* em função de elementos climáticos e vegetação na circunvizinhança dos campos comerciais de soja.

Variáveis independentes	Coeficientes angulares de regressão linear múltipla
Temperatura média do ar (°C)	0,76*
Precipitação pluviométrica diária (mm. dia ⁻¹)	0,05
Velocidade média dos ventos (m. s ⁻¹)	0,34
Porcentagem do perímetro das lavouras com outros cultivos de soja na circunvizinhança	-0,03
Constante	-9,27

* Significativos pelo teste F a $P < 0,05$.

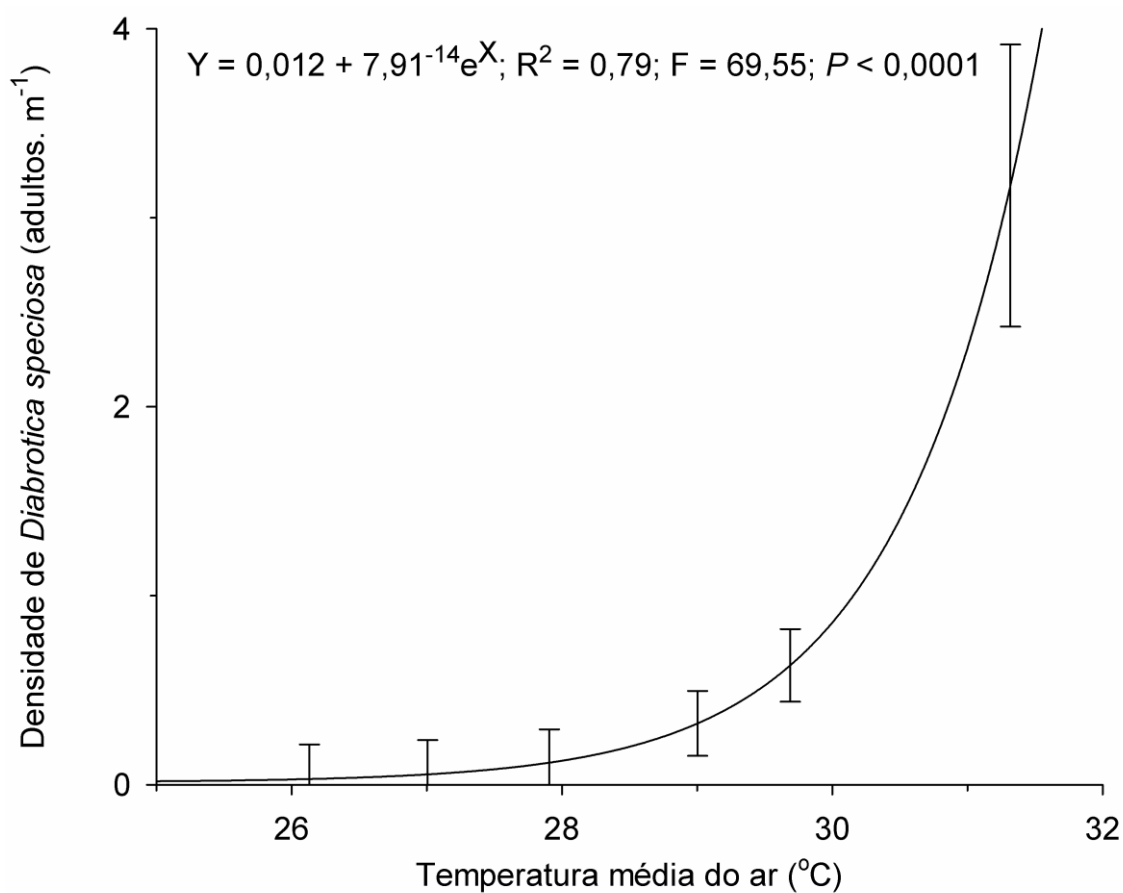


Figura 3. Densidade de adultos de *Diabrotica speciosa* nos campos de soja em função da temperatura média do ar. Os segmentos de reta verticais são os intervalos de confiança da curva a 95% de probabilidade.

Tabela 2. Densidades (média \pm erro padrão) e características dos modelos de distribuição espacial dos adultos de *Diabrotica speciosa* em campos comerciais de soja cultivadas na época seca e chuvosa com plantas nos estágios vegetativo e reprodutivo durante dois anos.

Época	Estágio das plantas	Densidade (adultos. m ⁻¹)	Características do modelo de distribuição espacial*								
			Modelo	C ₀	C ₀ +C	RSS	R ²	β_1	β_0		
Ano 1	Seca	Vegetativo	0,01 \pm 0,01	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,4	0,005	0,00	
		Reprodutivo	Início	0,00 \pm 0,00	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,4	0,005	0,00
			Meio	0,00 \pm 0,00	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,4	0,005	0,00
			Final	0,00 \pm 0,00	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,4	0,005	0,00
	Chuvosa	Vegetativo	0,01 \pm 0,01	Linear	0,006	0,007	<0,001	0,03	0,01	0,00	
		Reprodutivo	Início	0,00 \pm 0,00	Linear	0,006	0,007	<0,001	0,03	0,00	0,00
			Meio	0,00 \pm 0,00	Linear	0,006	0,007	<0,001	0,03	0,00	0,00
			Final	0,00 \pm 0,00	Linear	0,006	0,007	<0,001	0,03	0,00	0,00
Ano 2	Seca	Vegetativo	0,04 \pm 0,02	Linear	0,01	0,01	<0,001	0,20	0,01	-0,001	
		Reprodutivo	Início	0,42 \pm 0,07	Linear	0,15	0,15	<0,001	0,02	0,15	-0,02
			Meio	2,08 \pm 0,18	Exponencial	5,90	7,58	0,68	0,02	1,22	0,43
			Final	2,96 \pm 0,28	Esférico	13,02	17,18	18,40	0,23	1,42	0,44
	Chuvosa	Vegetativo	0,00 \pm 0,00	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,02	0,01	0,001	
		Reprodutivo	Início	0,00 \pm 0,00	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,02	0,01	0,001
			Meio	0,03 \pm 0,02	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,02	0,01	0,001
			Final	0,14 \pm 0,05	Linear	0,005	0,005	<0,001	0,02	0,01	0,001

* C₀ = Efeito pepita, C₀+C = patamar, RSS = soma de quadrado dos resíduos, R² = coeficiente de determinação, β_1 = intercepto da curva e β_0 = inclinação da curva.

** Significativo a 0,001%.

Examinando-se os mapas nas épocas em que as populações de *D. speciosa* apresentaram dependência espacial, verifica-se que existiram áreas com maiores densidades desta praga (focos da praga). Estes focos ocorreram na direção leste-oeste que foi a direção predominante dos ventos e das fileiras das plantas nos campos de cultivo da soja. Também se observou que estes focos tenderam a aumentar de tamanho com o passar do tempo (Figura 4).

O fato das densidades de *D. speciosa* terem sido maiores em épocas de temperaturas do ar elevadas, está relacionado às exigências térmicas desta espécie (Milanez & Parra 2000, Ávila et al. 2002). Segundo Milanez & Parra (2000) na temperatura de 32°C é quando *D. speciosa* apresenta o menor ciclo de vida (16,8 dias). Corroborando com Milanez & Parra (2000), neste trabalho foram observadas as maiores populações de *D. speciosa* nos campos comerciais de soja quando a temperatura média do ar foi maior que 28 °C. Esses fatores demonstram que em épocas e locais de maior temperaturas como ocorrem nas regiões tropicais onde se cultiva soja (Soares 2020) são maiores os riscos com *D. speciosa*.

Já as maiores densidades de *D. speciosa* no período final dos cultivos quando as plantas estavam em estágio reprodutivo ocorreram, possivelmente, devido à reprodução e ao hábito alimentar deste inseto. Neste contexto, na época de maiores densidades de *D. speciosa* as plantas possuíam mais de dois meses de idade, tempo este que é suficiente para que este inseto completasse de dois a três ciclos de vida na área aumentando assim sua população (Milanez & Parra 2000, Ávila et al. 2002). Assim, nós somos favoráveis a hipótese de que nas épocas de altas temperaturas do ar (maiores que 28 °C) ocorreu reprodução elevada de *D. speciosa* na área de cultivo e na circunvizinhança e estes adultos foram atraídos para os campos de soja devido a existência de alimentos ricos em proteínas e vitaminas como são as vagens e pólen dos quais os adultos deste besouro se alimenta (Link & Costa 1978, Walsh 2001).

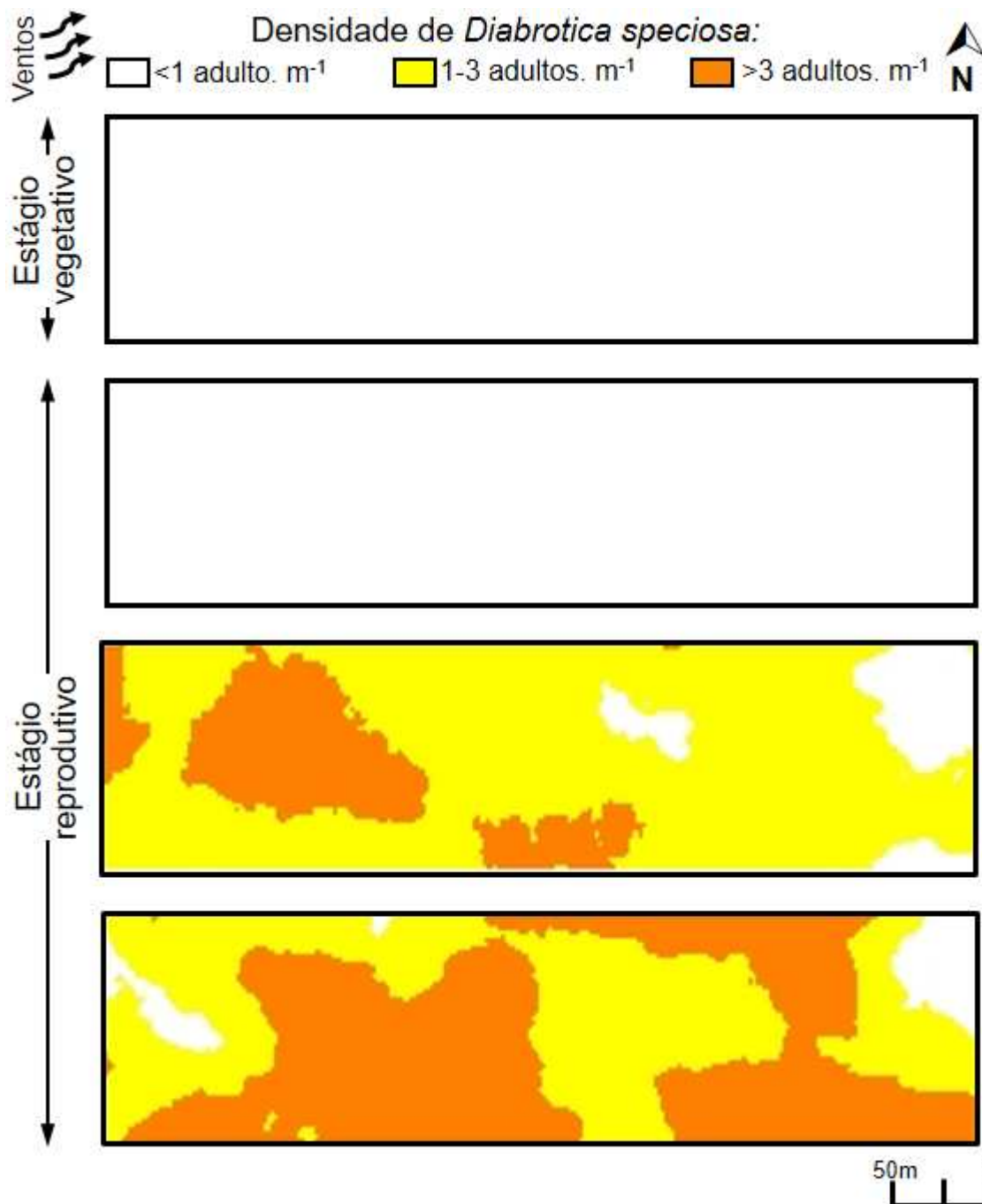


Figura 4. Mapas da distribuição espacial de adultos de *Diabrotica speciosa* em campo de cultivo de soja na época seca do segundo ano com plantas nos estágios vegetativo e reprodutivo.

No período com temperatura elevada (maior que 28 °C) a densidade de *D. speciosa* no campo de soja aumentou rapidamente, possivelmente, devido à imigração de adultos das áreas circunvizinhas. Isto pode ser demonstrado pelo fato de que essa densidade aumentou 390% em uma semana, período este que é insuficiente para que *D. speciosa* complete seu ciclo de vida (Milanez & Parra 2000, Ávila et al. 2002). Uma característica de *D. speciosa* que pode ter contribuído para esta alta taxa de imigração é a grande capacidade de voo de seus adultos que são capazes de voar até 24 km numa noite (Marquardt & Krupke 2009).

4. CONCLUSÕES

A distribuição espaço-temporal dos adultos de *Diabrotica speciosa* nos campos de soja é influenciada pelo estágio das plantas e temperatura do ar. São maiores as densidades desse inseto em situações de temperatura elevada (>28°C) e sobretudo quando as plantas de soja estão em estágio reprodutivo. O padrão de distribuição da praga é aleatório quando a população de *D. speciosa* é menor que um inseto por metro quadrado. Quando a praga possui mais de um adulto por metro quadrado o padrão de distribuição é agregado. Os focos desta praga se dispersaram na direção das fileiras e de propagação dos ventos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila C.J., Bitencourt D.R., Silva I.F. 2019. Biology, reproductive capacity, and foliar consumption of *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) in different host plants. *Journal of Agricultural Science*, 11: 353-361.

Bueno R.C.O.F., Raetano C.G., Dorneles Jr. J., & Carvalho F.K. 2017. Integrated management of soybean pests: the example of Brazil. *Outlooks on Pest Management*, 28, 149-153.

Das D.K., Singh J., Vennila S. 2011. Emerging crop pest scenario under the impact of climate change—a brief review. *Journal of Agricultural Physics*, 11: 13-20.

Dhaliwal G.S., Jindal V., Mohindru B. 2015. Crop losses due to insect pests: global and Indian scenario. *Indian Journal of Entomology*, 77: 165-168.

Felicio T.N.P., Costa T.L., Sarmiento R.A., Ramos R.S., Pereira P.S., Silva R.S., Picanço M.C. 2019. Surrounding vegetation, climatic elements, and predators affect the spatial dynamics of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in commercial melon fields. *Journal of Economic Entomology*, 112: 2774-2781.

Galdino T.V.S., Ferreira D.O., Santana Jr. P.A., Arcanjo, L.P., Queiroz E.A., Sarmiento,

R.A., Picanço M.C. (2017). The role of the beetle *Hypocryphalus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) in the spatiotemporal dynamics of mango wilt. *Journal of Economic Entomology*, 110: 865-874.

Gao Y., Reitz S.R. 2017. Emerging themes in our understanding of species displacements. *Annual Review of Entomology*, 62: 165-183.

Gill K.A., O'neal, M. E. (2015). Survey of soybean insect pollinators: Community identification and sampling method analysis. *Environmental entomology*, 44(3), 488-498.

Hesler L.S., Allen K.C., Luttrell R.G., Sappington T.W., Papiernik S.K. 2018. Early-season pests of soybean in the United States and factors that affect their risk of infestation. *Journal of Integrated Pest Management*, 9: doi: 10.1093/jipm/pmx028.

Kerry R., Oliver M.A., Frogbrook Z.L. 2010. Sampling in precision agriculture. In: Oliver, M. A. (Ed.). *Geostatistical applications for precision agriculture*. Dordrecht: Springer.

Krysan J.L., Miller T.A. 1986. *Methods for the study of pest Diabrotica*. New York: Springer, 284p.

Lima C.H.O., Sarmiento R.A., Galdino T.V.S., Pereira P.S., Silva J., Souza D.J., Santos G.R., Costa T.L., Picanço M.C. 2018. Spatiotemporal dynamics of whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in commercial watermelon crops. *Journal of Economic Entomology*, 111: 1895-1903.

Link D., Costa E.C. 1978. Danos causados por besouros crisomelídeos em soja. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, 8: 245-250.

Liu Y., Wang X., Guo M., Tani H. 2012. Mapping the FTS SWIR L2 product of XCO2 and XCH4 data from the GOSAT by the Kriging method—a case study in East Asia. *International Journal of Remote Sensing*, 33: 3004-3025.

Marquini F., Guedes R.N C., Picanco M.C., Regazzi A.J. (2002). Response of arthropods associated with the canopy of common beans subjected to imidacloprid spraying. *Journal of Applied Entomology*, 126: 550-556.

Martins J.C., Picanço M.C., Silva R.S., Gonring A H., Galdino T.V., Guedes R.N.C. (2018). Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Management Science*, 74: 30-36.

Musser F.R., Catchot Jr. A.L., Davis J.A., Lorenz G.M., Reed T., Reisig D.D., Stewart S.D., Taylor S. 2017. 2016 Soybean insect losses in the Southern US. *Midsouth Entomologist*, 10: 1-13.

NASA - The power project. 2020. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/>. Acesso em: 25/09/2020.

Pereira J.L., Picanço M.C., Pereira E.J.G., Silva A.A., Jakelaitis A., Pereira R.R., Xavier V.M. (2010). Influence of crop management practices on bean foliage arthropods. *Bulletin of Entomological Research*, 100: 679–688

Ramos Y.J., Costa T.L., Santos A.A., Silva R.S., Galdino T.V.S., Picanço M.C. 2019. Geostatistical analysis as essential information for efficient decision making in

Anastrepha fraterculus (Diptera: Tephritidae) control in apple orchards. *Crop Protection*, 120: 50-57.

Reddy P.P. 2018. Emerging crop pest problems: Redefining management strategies. Jodhpur: Scientific Publishers. 383p.

Robertson G.P. 1998. GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA.

Rosado J.F., Picanço M.C., Sarmiento R.A., Pereira R.M., Pedro-Neto M., Galdino T.V.S., Saraiva A.S. Erasmio E.A.L. 2015. Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. *Bulletin of Entomological Research*, 105:381-389.

Sciarretta A., Trematerra P. 2006. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Grapholita molesta* and *Anarsia lineatella* males in an agricultural landscape. *Journal of Applied Entomology*, 130: 73-83.

Sharma S., Kaur M., Goyal R., Gill B.S. 2014. Physical characteristics and nutritional composition of some new soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 551-557.

Soares J.R.S. 2020. Modelos espaço-temporais para *Chrysodeixes includens* e o hospedeiro *Glycine max*: uma análise de risco de invasão. Viçosa: UFV. 68p.

Soares J.R.S., Paes, J.S., Araujo V.C.R., Araujo T.A., Ramos R.S., Picanço M.C., Zanuncio J.C. (2020). Spatiotemporal dynamics and natural mortality factors of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in bell pepper crops. *Neotropical Entomology*, 49: 445–455.

Souza Silva, M., & Fujihara, R. T. (2013) Insetos-Praga Emergentes: a Cultura do Milho em Foco. *Atualidades na cultura do milho*, 36.

Sparks A.H. 2018. Nasapower: a NASA POWER global meteorology, surface solar energy and climatology data client for R.

USDA - United States Department of Agriculture. 2020. World agricultural production. Washington D.C.: USDA, 40p.

Walsh G.C. 2003. Host range and reproductive traits of *Diabrotica speciosa* (Germar) and *Diabrotica viridula* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), two species of South American pest rootworms, with notes on other species of Diabroticina. *Environmental Entomology*, 32: 276-285.

Walsh G.J.C. 2001. Laboratory rearing and vital statistics of *Diabrotica speciosa* and *Diabrotica viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae), two species of South American pest rootworms. *Revista de la*