

EDUARDA LEE FERREIRA LIMA

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E UNIDADE AMOSTRAL DE LEPIDÓPTEROS
BROQUEADORES EM TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal
de Viçosa - Câmpus Rio Paranaíba**

T

L732d Lima, Eduarda Lee Ferreira, 1993-
2019 Distribuição espacial e unidade amostral de Lepidópteros
broqueadores em tomateiro (*Solanum Lycopersicum*) / Eduarda
Lee Ferreira Lima. – Rio Paranaíba, MG, 2019.
viii, 72f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Broqueamento. 2. Lepidoptera. 3. Manejo integrado de
pragas. I. Universidade Federal de Viçosa. Campus UFV - Rio
Paranaíba. Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal (campus
CRP). II. Título.

635.642

EDUARDA LEE FERREIRA LIMA

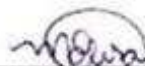
**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E UNIDADE AMOTRAL DE LEPIDÓPTEROS
BROQUEADORES EM TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA, 25 de fevereiro de 2019.



Danilo de Araújo Soares



Maria Elisa de Sena Fernandes



William Rodrigues Macedo
(Coorientador)



Flávio Lemes Fernandes
(Orientador)

Aos meus pais, Erasmo Lourenço de Lima
e Elenice Maria Ferreira Lima,
pelo amor e carinho. Ao meu irmão
Éder Harisson Ferreira Lima,
pelo apoio e companheirismo.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me dar sabedoria e direcionamento, além de me proteger, iluminar e abençoar em todos os momentos.

Aos meus pais e irmão pelo amor, carinho e apoio.

À Universidade Federal de Viçosa Campus Rio Paranaíba, ao seu corpo docente, direção e administração por proporcionarem a realização deste sonho, em especial à Secretaria de Pós-Graduação.

À todos professores da pós-graduação que contribuíram para meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao professor Flávio Lemes Fernandes pela orientação, por todo apoio, incentivo e oportunidades que me cedeu durante o mestrado. Gostaria de agradecê-lo pelo enorme conhecimento transmitido, paciência, conselhos e confiança. Muito obrigada por acreditar em mim.

Ao professor Márcio Santos Soares por todo o conhecimento passado e por despender horas e horas do seu precioso tempo para me atender e ajudar. Sou muito grata.

Ao professor e coorientador Willian Rodrigues Macedo pelo auxílio e suporte desde a graduação, sempre com bom humor e prestatividade. Meus sinceros agradecimentos.

Ao professor Ézio Marques da Silva pelo conhecimento transmitido e por me permitir assistir à aulas como ouvinte.

Aos técnicos de laboratório Jader, Vinícius e Vander, pela contribuição nas atividades ligadas à química, sem os quais não seria possível a condução das pesquisas no CRP. Em especial ao Jader pelo enorme comprometimento e disponibilidade em manusear o HPLC e garantir a obtenção de diversas análises.

Aos colegas do mestrado e membros do GPMIP (em especial Layane, Brenda, Adélio, Rafael, Jean e Juno) pelo enorme auxílio prestado.

Aos amigos presentes e distantes da família 5ª Turma de Agronomia da UFV-CRP pela amizade e companheirismo.

Aos amigos de Rio Paranaíba, principalmente Ana Lourença, Mayara, Carolina, Vanessa, Jaqueline, Isabella, Ludmila e Daniela, que sempre estiveram ao meu lado e proporcionaram momentos inesquecíveis.

Aos amigos de Patos de Minas, que mesmo à distância, muito contribuíram nessa vitória. Um obrigada especial à Bruna, Samira, Amanda, Mariana Amaral, Mariana Costa e Ana Paula. Nossa amizade é eterna.

Ao meu amigo Tanus Abdalla, que mesmo a mais de 8.000 km de distância, é o amigo para quem eu conto todas as minhas alegrias, decepções, frustrações, derrotas, planos e conquistas e que torce pela minha vitória assim como eu.

Ao Marco Túlio pelo companheirismo de todos os anos e suporte, principalmente nos últimos dias. Todos os momentos serão lembrados.

À Nalu, Pepeta e Neguinha. Vocês são os melhores serumaninhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa, através da concessão da bolsa de estudo durante o curso. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa.

A todos que contribuíram de alguma forma, direta ou indireta, para a realização deste sonho, muito obrigada!

BIOGRAFIA

Eduarda Lee Ferreira Lima, filha de Erasmo Lourenço de Lima e Elenice Maria Ferreira Lima, nasceu em Lagoa Formosa-MG no dia 24 de julho de 1993. Em 2008 iniciou o Ensino Médio no Colégio Nossa Senhora das Graças, em Patos de Minas, MG. Concluiu em 2010. Em 2011 iniciou o Curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba. Foi membro dos grupos de pesquisa em Fitopatologia e Nematologia “Anton de Bary”, onde foi bolsista de Iniciação Científica pelo convênio FUNARBIC/UFV, sob orientação do Professor Doutor Everaldo Antônio Lopes, e LAFIMEPRO (Laboratório da Fisiologia e Metabolismo da Produção Vegetal), sob orientação do Professor Doutor Willian Rodrigues Macedo. Passou dois semestres letivos estudando Agriculture Sciences na West Virginia University, Estados Unidos. Submeteu-se à defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em novembro de 2016. Em fevereiro de 2017 graduou-se Engenheira Agrônoma por esta Instituição. Em março de 2017 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na área de Manejo Integrado de Pragas pela mesma Instituição, sob orientação do Professor Doutor Flávio Lemes Fernandes, fazendo parte do GPMIP (Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas). Submeteu-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2019.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA.....	4
CAPÍTULO I. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE LEPIDÓPTEROS BROQUEADORES EM TOMATEIRO (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	11
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1.1. INTRODUÇÃO.....	13
1.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
1.2.1. Análise geoestatística.....	16
1.2.1.1. Análise descritiva.....	16
1.2.1.2. O semivariograma experimental.....	16
1.2.1.3. O cálculo do modelo matemático.....	17
1.2.1.4. Grau de dependência espacial (GDE).....	17
1.2.1.5. Krigagem.....	18
1.2.2. Softwares utilizados nas análises.....	18
1.3. RESULTADOS.....	19
1.4. DISCUSSÃO.....	34
1.5. LITERATURA CITADA.....	38
CAPÍTULO II. UNIDADE AMOSTRAL DE LEPIDÓPTEROS BROQUEADORES EM TOMATEIRO (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	54
2.1. INTRODUÇÃO.....	55
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.3. RESULTADOS.....	58
2.4. DISCUSSÃO.....	64
2.5. LITERATURA CITADA.....	67
CONCLUSÃO GERAL.....	72

RESUMO

LIMA, Eduarda Lee Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa Campus Rio Paranaíba, fevereiro de 2019. **Distribuição espacial e unidade amostral de lepidópteros broqueadores em tomateiro (*Solanum lycopersicum*)**. Orientador: Flávio Lemes Fernandes. Coorientador: Willian Rodrigues Macedo.

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais consumidas no mundo e o Brasil se destaca como um de seus maiores produtores. No entanto, pragas causam perdas a esta cultura, depreciando a qualidade do fruto e sua produtividade. Dentre os principais grupos de pragas destacam-se os lepidópteros broqueadores de frutos de tomate, sendo que o controle dessas pragas pode ser aperfeiçoado por pesquisas que abordem a distribuição temporal e espacial das mesmas para elaborar planos de amostragem. Assim, objetivou-se avaliar geoestatisticamente o padrão de distribuição espacial e determinar a unidade amostral das lagartas broqueadoras de frutos *N. elegantalis*, *Helicoverpa* spp. e *C. includens* em tomateiro. Os estudos foram conduzidos em lavouras comerciais de tomate no município de Rio Paranaíba, MG, nos períodos de maio a outubro de 2015 e outubro de 2017 a janeiro de 2018. No primeiro estudo as plantas foram avaliadas em diferentes estádios fenológicos e no segundo, no estágio de frutificação, por meio da técnica de contagem direta, da qual se obteve as densidades médias de frutos broqueados, lagartas e ovos dessas pragas, além de um levantamento populacional de *Helicoverpa* spp. e *C. includens* em áreas adjacentes. Os padrões de distribuição espacial das pragas foi demonstrado por meio de mapas de krigagem, nos quais se nota variabilidade, com grau de dependência espacial (GDE) variando de fraco a moderado na maioria dos casos. O terceiro cacho das plantas de tomateiro foi recorrente na determinação da unidade amostral para as variáveis densidade média de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. e ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp.

ABSTRACT

LIMA, Eduarda Lee Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa Campus Rio Paranaíba, February, 2019. **Spatil distribution and unit sampling of borer lepidopteran in tomato (*Solanum lycopersicum*)**. Adviser: Flávio Lemes Fernandes. Co-adviser: Willian Rodrigues Macedo.

The tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the most consumed vegetables in the world and Brazil stands out as one of its biggest producers. However, pests cause losses to this crop, depreciating the quality of the fruit and its productivity. Among the main groups of pests are the tomato fruit borers lepidopteran, and the control of these pests can be improved by researches that address its temporal and spatial distribution to elaborate sampling plans. Thus, the aim of this study was to evaluate the geostatistical pattern of spatial distribution and to determine the unit sampling of fruit borer caterpillars *N. elegantalis*, *Helicoverpa* spp. and *C. includens* in tomato. The studies were conducted in commercial tomato crops in the municipality of Rio Paranaíba, MG, from May to October 2015 and October 2017 to January 2018. In the first study the plants were evaluated in different phenological stages and in the second, in the fruiting stage, by means of the direct counting technique, from which the average densities of bored fruits, caterpillars and eggs of these pests were obtained, besides a population survey of *Helicoverpa* spp. and *C. includens* in adjacent areas. The patterns of spatial distribution of pests were demonstrated by means of kriging maps, in which variability is noted, with spatial dependence degree (SDD) varying from weak to moderate in most cases. The third cluster of tomato plants was recurrent in the unit sampling determination for the variables mean density of fruits bored by *Helicoverpa* spp. and eggs of *C. includens* + *Helicoverpa* spp.

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais consumidas no mundo (Burton-Freeman & Reimers, 2010; Bhowmik et al., 2012). São várias cultivares que comportam de formas e tamanhos variados, e estudos apontam que seu consumo, além do ganho nutricional, proporciona benefícios à saúde humana e reduz riscos de doenças (Yoshimura et al., 2010; Stangl et al., 2011; Gouiaa & Khoudi, 2015).

Esta hortaliça tem importância em área cultivada, volume produzido, consumo e valor econômico (Medeiros et al., 2009). O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de tomate e deve-se ao clima favorável, alto potencial produtivo dos híbridos comerciais, experiência de técnicos e produtores, e ao alto consumo dessa hortaliça (Washington et al., 2001; Silva et al., 2001; Carvalho et al., 2014). A produção nacional de tomate na última safra foi de quase 4,1 milhões de toneladas numa área plantada de aproximadamente 60 mil hectares, e a expectativa para 2019 é de que a produção alcance 4,3 milhões de toneladas em 61,5 mil hectares (IBGE, 2019).

No entanto, pragas podem causar perdas a esta cultura, depreciando a qualidade do fruto e sua produtividade (Melo & Vilela, 2005). Os principais grupos de pragas são os transmissores de viroses, causadores de morte da planta (lagarta rosca, grilos e gafanhotos) e lepidópteros broqueadores de frutos (Lange & Bronson, 1981; Kennedy, 2003; Fernandes et al., 2018).

Dentre os principais lepidópteros broqueadores de frutos de tomate encontram-se a broca pequena do tomateiro [*Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)] (Crambidae), broca gigante [*Helicoverpa zea* (Boddie) e *H. armigera* (Hübner)] (Noctuidae), e falsas medideiras [complexo *Plusiinae*] (Noctuidae) (Eiras & Blackmer, 2003; Lebedenco et al., 2007; Fornazier et al., 2010; Aquino et al., 2011; Díaz-Montilla et al., 2013; Díaz-Montilla et al., 2015). Estas pragas são relevantes por danificar diretamente o órgão comercial e causar até 90% de perdas (Miranda et al., 2005; Lebedenco et al., 2007; Picanço et al., 2007; Díaz-Montilla et al., 2013; Silva et al., 2018). Estas pragas perfuram os frutos em todos os estádios fenológicos, reduzindo seu valor comercial e impossibilitando sua comercialização (Díaz et al., 2011). O controle desses insetos é difícil por ter hábitos polífagos, desenvolver as larvas no interior dos frutos, possuir alto potencial reprodutivo e baixa eficiência dos métodos de controle (Lebedenco et al.,

2007; Guedes & Picanço, 2012, Díaz-Montilla, 2013). O controle pode ser biológico, cultural e químico (Fernandes et al., 2018).

De tais métodos, o químico, por meio do uso de inseticidas é o mais utilizado (Zeist et al., 2018), porém, além de necessitar de maior número de aplicações, e como consequência selecionar indivíduos resistentes (Godfray et al., 2010), pode contaminar o ambiente e trazer riscos à saúde humana (Devine & Furlong, 2007; Wyckhuys et al., 2013; Silva et al., 2017; Zeist et al., 2018). Apesar disso, aplicações de inseticidas visando o controle de lepidópteros broqueadores do tomateiro são feitas por calendários (Picanço et al., 2007). Este método parte do princípio que, aplica-se o inseticida independentemente da presença ou não da praga na lavoura (Miranda et al., 2005; Picanço et al., 2007).

O estudo da distribuição espacial das pragas é importante em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) das culturas, pois permite compreender e relacionar a sua ocorrência com os locais de maiores incidências, direcionando o controle para locais onde a praga é mais provável de ser encontrada, além de monitorar sua dispersão, permitindo assim, reduzir aplicações de inseticidas (Barrigossi et al., 2001; Martins et al., 2018; Pereira et al., 2018). As pesquisas de distribuição temporal e espacial das pragas aperfeiçoam a elaboração de planos de amostragem mais sofisticados e determinam com mais precisão a intensidade de ataque da praga e o melhor momento para aplicação do inseticida (Pedigo & Rice, 2006; Sciarretta & Trematerra, 2014; Martins et al., 2018; Fernandes et al., 2018). Tais aspectos foram abordados em estudos como os realizados por Hoffman et al. (1996) para *Ostrinia nubilalis* (Hübner), *Spodoptera frugiperda* (Smith) e *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho doce (*Z. mays*); e por Gonnou & Schulthess (2004) para os broqueadores *Sesamia calamistis* (Hampson) (Lepidoptera: Noctuidae), *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Eldana saccharina* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) em diferentes plantas hospedeiras.

A determinação de uma unidade amostral é essencial para o desenvolvimento de um plano de amostragem (Costa & Link, 1980; Gusmão et al., 2005). A unidade amostral é o local no qual melhor se estima a densidade populacional de uma praga, levando em consideração a sua representatividade e precisão, de forma a dar subsídio para tomadas de decisão eficientes e de baixo custo (Pedigo & Rice, 2006). O uso de amostragem para a decisão ou não da aplicação de inseticidas já proporcionou economias de mais de 70% no custo de aplicação em tomateiro (Gusmão et al., 2006;

Picanço et al., 2007). Miranda et al. (2005) verificaram que o uso de estratégias de manejo integrado para pragas broqueadoras de tomate, como *N. elegantalis* e *Helicoverpa* spp., considerando um limiar econômico de 5% de frutos broqueados, reduziu as aplicações de inseticidas em 65%, quando comparado ao método tradicional. Imenes et al. (1992) observaram redução nas aplicações de inseticidas em tomate estaqueado na ordem de 93%, sem perdas na produtividade, e ainda com um aumento significativo no número de espécies de inimigos naturais, com adoção de técnica de manejo integrado. A fase fenológica da cultura, o comportamento de dispersão das pragas e o estágio do ciclo de vida da praga são fatores observados no manejo dos lepidópteros broqueadores (Pedigo & Rice, 2006; Silva et al., 2017).

A distribuição espacial pode ser estudada por análise geoestatística, que representa de modo eficaz a dinâmica da variabilidade espacial para diversos tipos de amostras (Isaaks & Srivastava, 1989; Liebhold, 1993). É portanto, uma técnica aplicável nas investigações das distribuições de pragas, capaz de prever sua propagação e os danos causados por elas durante o cultivo (Silva et al., 2011; Rogers et al., 2014; Martins et al., 2018). É confiável porque incorpora a localização geográfica das amostras, permitindo assim medir o grau de dependência entre elas em um determinado espaço e fazer inferências sobre padrões de distribuição espacial de insetos pragas (Isaaks & Srivastava, 1989; Wright et al., 2002; Veran et al., 2015; Martins et al., 2018). Outros estudos de distribuição de pragas como Poisson, binomial negativa e positiva trazem informações numéricas e não consideram o fator espacial (Binns et al., 2000; Michel et al., 2017).

Considerando a importância da compreensão das dinâmicas populacionais de pragas para o manejo de controle, por meio de técnicas de amostragem, objetivou-se avaliar geoestatisticamente o padrão de distribuição espacial e determinar a unidade amostral das lagartas broqueadoras de fruto *N. elegantalis*, *Helicoverpa* spp. e *C. includens* em plantios comerciais de tomateiro *S. lycopersicum*.

LITERATURA CITADA

- AQUINO, R.F.B.A.; COSTA, R.F.; AQUINO, L.A.; SÁ, L.P. Dinâmica populacional de pragas em tomateiro industrial no norte de Minas Gerais. *Evolução e Conservação da Biodiversidade*, 2: 47-51, 2011.
- BARRIGOSI, J.A.F.; YOUNG, L.J.; CRAWFORD, C.A.G.; HEIN, G.L.; HIGLEY, L.G. Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. *Environmental Entomology*, 30: 244-253, 2001.
- BINNS, M.R.; NYROP, J.P.; WERF, W.V.D. Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides. 281 p., 2000.
- BHOWMIK, D.; KUMAR, K.P.S.; PASWAN, S.; SRIVASTAVA, S. Tomato – a natural medicine and its health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1: 33-43, 2012.
- BURTON-FREEMAN, B. & REIMERS, K. Tomato consumption and health: emerging benefits. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 5: 182–191, 2010.
- CARVALHO, C.R.F.; PONCIANO, N.J.; SOUZA, P.M.; SOUZA, C.L.M.; SOUSA, E.F. Viabilidade econômica e de risco da produção de tomate no município de Cambuci/RJ. *Ciência Rural*, 44: 2293-2999, 2014.
- COSTA, E.A. & LINK, D. Determinação do tamanho da unidade amostral para o método da rede, em soja, para insetos de importância agrícola. *Revista Centro Ciências Rurais*, 10: 115-123, 1980.
- DEVINE, G.J. & FURLONG, M.J. Insecticide use: contexts and ecological consequences. *Agriculture and Human Values*, 24: 281-306, 2007.

- DÍAZ, A.E.; SOLIS, A.; BROCHERO, H. Distribución geográfica de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 37: 71-76, 2011.
- DÍAZ-MONTILLA, A.E.; SOLIS, M.A.; KONDO, T. The tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), an insect pest of neotropical Solanaceous fruits. *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*, 3: 137-159, 2013.
- DÍAZ-MONTILLA, A.E., SUÁREZ-BARÓN, H.G., GALLEGOS-SÁNCHEZ, G., SALDAMANDO-BENJUMEA, C.I.; TOHME, J. Geographic differentiation of Colombian *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) haplotypes: evidence for Solanaceae host plant association and holdridge life zones for genetic differentiation. *Annals of the Entomological Society of America*, 106: 586-597, 2013.
- DÍAZ-MONTILLA, A.E.; GONZÁLEZ, R. SOLIS, A; SALDAMANDO-BENJUMEA, C.I. Evidence of sexual selection in *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae): correlation of female moth genitalia and Solanaceae host fruit size. *Annals of the Entomological Society of America*, 108: 272-281, 2015.
- EIRAS, A.E. & BLACKMER, J.L. Eclosion time and larval behavior of the tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Scientia Agricola*, 60: 195-197, 2003.
- FERNANDES, M.E.S.; FERNANDES, F.L.; ASSUNÇÃO, N.S.; OLIVEIRA, J.C.; RAPOSO, T.P.; PICANCO, M.C. Manejo de pragas. In: NICK, C.; SILVA, D.; BORÉM, A. (Eds.) *Tomate: Do plantio à colheita*. p. 118-140, 2018.
- FORNAZIER, M.J.; PRATISSOLI, D.; MARTINS, D.S. Principais pragas da cultura do tomateiro estaqueado na região das montanhas do Espírito Santo. In: INCAPER. *Tomate*. p. 185-226, 2010.

- GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-817, 2010.
- GONNOU, S. & SCHULTHESS, F. Spatial distribution of lepidopterous stem borers on indigenous host plants in West Africa and its implications for sampling schemes. *African Entomology*, 12: 171-178, 2004.
- GOUIAA, S. & KHOUDI, H. Co-expression of vacuolar Na^+/H^+ antiporter and H^+ -pyrophosphatase with an IRES-mediated dicistronic vector improves salinity tolerance and enhances potassium biofortification of tomato. *Phytochemistry*, 117: 537-546, 2015.
- GUEDES, R.N.C. & PICANÇO, M.C. The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *Bulletin OEPP*, 42: 211-216, 2012.
- GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H.; BARRIGOSI, J.A.F. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 103: 403-412, 2005.
- GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; GALVAN, T.L. PEREIRA, E.J.G. Economic injury level and sequential sampling plan for *Bemisia tabaci* in outdoor tomato. *Journal of Applied Entomology*, 130: 160-166, 2006.
- HOFFMANN, M.P.; NYROP, J.P.; KIRKWYLAND, J.J.; RIGGS, D.M.; GILREIN, D.O.; MOYER, D.D. Sequential sampling plan for scheduling control of lepidopteran pests of fresh market sweet corn. *Journal of Economic Entomology*, 89: 386-395, 1996.

- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>> Acesso em 13 de fevereiro de 2019.
- IMENES, S.D.L.; CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU, A.P.; BERGMANN, E.C.; SILVA, M.A.D. Efeito do manejo integrado na população de pragas e inimigos naturais na produção de tomate estaqueado. *Arquivo do Instituto Biológico*, 59: 1-7, 1992.
- ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. 561 p., 1989.
- KENNEDY, G.G. tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual Review of Entomology*, 48:51-72, 2003.
- LANGE, W.H. & BRONSON, L. Insect pests of tomatoes. *Annual Review of Entomology*, 26: 345-371, 1981.
- LEBEDENCO, A.; AUAD, A.M.; KRONKA, S.N. Métodos de controle de lepidópteros na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Scientiarum Agronomy*, 29: 339-344, 2007.
- LIEBHOLD, A.M.; ROSSI, R.E.; KEMP, W.P. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annual Review of Entomology*, 38: 303-327, 1993.
- MARTINS, J.C., PICANÇO, M.C.; GONRING, A.H.; GALDINO, T.V.; GUEDES, R.N. Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Management Science*, 74: 30-36, 2018.
- MEDEIROS, M.A.; VILLAS BÔAS, G.L.; VILELA, N.J.; CARRIJO, A.O. Estudo preliminar do controle biológico da traça-do-tomateiro com o parasitoide

- Trichogramma pretiosum em ambientes protegidos. Horticultura Brasileira, 27: 80-85, 2009.
- MELO, P.C.T. & VILELA, N.J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. Horticultura Brasileira, 23: 154-157, 2005.
- MICHEL, L.; BRUN, F.; MAKOWSKI, D. A framework based on generalised linear mixed models for analysing pest and disease surveys. Crop Protection, 94: 1-12, 2017.
- MIRANDA, M., PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. Ciência Rural, 35: 204-208, 2005.
- PEDIGO, L.P. & RICE, M.E. Entomology and pest management. 742 p., 2006.
- PEREIRA, R.M.; GALDINO, T.V.S.; RODRIGUES-SILVA, N.; SILVA, R.S., SOUZA, T.C.; PICANÇO, M.C. Spatial distribution of beetle attack and its association with mango sudden decline: an investigation using geostatistical tools. Pest Management Science, 1: 1-20, 2018.
- PICANÇO, M.C.; BACCI, L.; CRESPO, A.L.B.; MIRANDA, M.M.M.; MARTINS, J.C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. Agricultural and Forest Entomology, 9: 327-335, 2007.
- ROGERS, C.D.; GUIMARÃES, R.M.L.; EVANS, K.A.; ROGERS, S.A. Spatial and temporal analysis of wheat bulb fly (Delia coarctata, Fallén) oviposition: consequences for pest population monitoring. Journal of Pest Science, 88: 75-86, 2014.
- SCIARRETTA, A. & TREMATERRA, P. Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. Plant Protection Science, 50: 97-110, 2014.

- SILVA, G.A.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L., CRESPO, A.L.B.; ROSADO, J.F.; GUEDES, R.N.C. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, 67: 913-920, 2011.
- SILVA, W.L.C.; GIORDANO, L.B; SILVA, J.B.C.; MAROUELLI, W.A. The use of drip irrigation for processing tomatoes in Brazil. *Acta Horticulturae*, 542: 103-106, 2001.
- SILVA, C.J.; TORRES, D.F.M.; VENTURINO, E. Optimal spraying in biological control of pests. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, 12: 51-64, 2017.
- SILVA, E.M.; SILVA, R.S.; SILVA, L.J.; GONTIJO, P.C.; GALDINO, T.V.S.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L. Seasons of the year affect critical stage and key mortality factors for *Neoleucinodes elegantalis* in open field tomatoes. *Annals of Applied Biology*, 1-9, 2018.
- STANGL, V.; KUHN, C.; HENTSCHEL, S.; JOCHMANN, N.; JACOB, C.; BOHM, V.; FROHLICH, K; MULLER, L.; GERICKE, C.; LORENZM M. Lack of effects of tomato products on endothelial function in human subjects: results of a randomised, placebo-controlled cross-over study. *British Journal of Nutrition*, 105: 263-267, 2011.
- VERAN, S.; SIMPSON, S.J.; SWORD, G.A.; DEVESON, E.; PIRY, S.; HINES, J.E.; BERTHIER, K. Modeling spatio-temporal dynamics of outbreaking species: influence of environment and migration in a locust. *Ecology*, 96: 737-748, 2015.
- WASHINGTON, L.C.S.; GIORDANO, L.B.; SILVA, J.B.C.S.; MAROUELLI, W.A. The use of drip irrigation for processing tomatoes in Brazil. *Acta Horticulturae*, 542: 103-105, 2001.
- WRIGHT, R.J.; DEVRIES, T.A.; YOUNG, L.J.; JARVI, K.J.; SEYMOUR, R.C. Geostatistical analysis of the small-scale distribution of european corn borer

(Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. *Environmental Entomology*, 31: 160-167, 2002.

WYCKHUYS, K.A.G; LU, Y.; MORALES, H.; VAZQUEZ, L.L.; LEGASPI, J.C.; ELIOPOULOS, P.A.; HERNANDEZ, L.M. Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. *Biological Control*, 65: 152-167, 2013.

YOSHIMURA, M.; TOYOSHI, T.; SANO, A.; IZUMI, T.; FUJII, T.; KONISHI, C.; INAI, S.; MATSUKURA, C.; FUKUDA, N.; EZURA, H.; OBATA, A. Antihypertensive effect of a γ -aminobutyric acid rich tomato cultivar 'DG03-91' in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 615-619, 2010.

ZEIST, A.R.; SILVA, A.A.; RESENDE, J.T.V.; MALUF, W.R.; GABRIEL, A.; ZANIN, D.S.; GUERRA, E.P. Tomato breeding for insect-pest resistance. In: NYAKU, S.T. (Ed.) *Recent advances in tomato breeding and production*. InTech Open Science, 1: 79-88, 2018.

CAPÍTULO I: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE LEPIDÓPTEROS BROQUEADORES EM TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum*)

RESUMO - O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) possui lepidópteros pragas com alta capacidade de dispersão. O conhecimento da distribuição espacial das pragas pode favorecer as práticas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) por auxiliar no desenvolvimento de planos de amostragem e controlar somente nos locais com densidades superiores ao nível de dano econômico, melhorando, assim a tomada de decisão. Objetivou-se avaliar o padrão de distribuição espacial de *Neoleucinodes elegantalis*, *Helicoverpa* spp. e *Chrysodeixis includens*, em lavoura comercial de tomate em Rio Paranaíba, MG. As plantas foram avaliadas nos estádios fenológicos de frutificação, considerando-se os estádios pós-florescimento, de plantas com número de um, dois, três-quatro e cinco-seis cachos. As avaliações foram realizadas por meio da técnica de contagem direta nos cachos para frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., frutos broqueados por *N. elegantalis*, frutos broqueados por *C. includens*, lagartas de *Helicoverpa* spp., lagartas de *N. elegantalis*, ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. e massas de ovos de *N. elegantalis*. Os dados foram submetidos à análise geoestatística. Verificou-se variabilidade no padrão de distribuição espacial entre os estádios fenológicos para as variáveis analisadas. As maiores densidades médias de frutos broqueados pelas três pragas em estudo foram encontradas em plantas no último estágio fenológico, com cinco-seis cachos. Nestas mesmas plantas foi encontrada a maior densidade média de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. Para a variável lagartas de *Helicoverpa* spp., as maiores densidades foram observadas tanto em plantas com três-quatro, quanto em plantas com cinco-seis cachos. Lagartas de *N. elegantalis* foram observadas principalmente em plantas no primeiro estágio fenológico de frutificação. Para a densidade de massas de ovos desta espécie, a maior média foi encontrada em plantas com dois cachos. O modelo exponencial foi predominante entre as variáveis analisadas, com grau de dependência espacial (GDE) variando de fraco a moderado, à exceção da densidade de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., que obteve GDE forte.

Palavras-chaves: dispersão, migração, geoestatística.

CHAPTER I: SPATIAL DISTRIBUTION OF BORER LEPIDOPTERAN IN TOMATO (*Solanum lycopersicum*)

ABSTRACT – The tomato (*Solanum lycopersicum*) has lepidopteran pests with high dispersion capacity. Knowledge of the spatial distribution of pests can support the Integrated Pest Management (IPM) practices by assisting in the development of sampling plans and control only in densities above the level of economic damage, thus improving decision making. The aim of this study was to evaluate the spatial distribution pattern of *Neoleucinodes elegantalis*, *Helicoverpa* spp. and *Chrysodeixis includens*, in commercial tomato crop in Rio Paranaíba, MG. The plants were evaluated in the phenological stages of fruiting, considering post-flowering stages, of plants with number one, two, three-four and five-six clusters. The evaluations were carried out by means of the direct count technique in the clusters for fruits bored by *Helicoverpa* spp., fruits bored by *N. elegantalis*, fruits bored by *C. includens*, *Helicoverpa* spp. caterpillars, *N. elegantalis* caterpillars, eggs of *C. includens* + *Helicoverpa* spp. and egg masses of *N. elegantalis*. The data were submitted to geostatistical analysis. There was variability in the spatial distribution pattern between the phenological stages for the variables analyzed. The highest mean densities of fruits bored by the three pests under study were found in plants in the last phenological stage, with five-six clusters. In these same plants was found the highest average density of eggs of *C. includens* + *Helicoverpa* spp. For the variable caterpillars of *Helicoverpa* spp., the highest densities were observed both in plants with three-four and in plants with five-six clusters. *Neoleucinodes elegantalis* caterpillars were observed mainly in plants in the first phenological stage of fruiting. For the mass density of eggs of this species, the highest average was found in plants with two clusters. The exponential model was predominant among the analyzed variables, with a spatial dependence degree (SDD) varying from weak to moderate, except for the density of fruits bored by *Helicoverpa* spp., which obtained strong SDD.

Keywords: dispersion, migration, geostatistic.

1.1. INTRODUÇÃO

Os insetos pragas podem se dispersar e, ou migrar entre as diversas paisagens agrícolas (Wille, 2002). A palavra dispersar se refere ao tipo de movimento de voo desorientado, e a migração é o movimento orientado (Stinner et al., 1983; Chapman et al., 2010). Ambos comportamentos podem proporcionar sucesso evolutivo das pragas, por lhes permitirem ampliar os habitats para alimentação, abrigo, reprodução e sucesso da prole (Wille, 2002). Neste contexto, as culturas agrícolas são comparadas à “ilhas” para que as pragas possam se instalar (Burger et al., 2018).

Dentre as culturas agrícolas, o tomateiro (*Solanum lycopersicum*) possui lepidópteros pragas, principalmente lagartas broqueadoras de frutos, com alta capacidade de dispersão. Destacam-se a broca pequena do tomateiro [*Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)] (Crambidae), a broca gigante [*Helicoverpa. zea* (Boddie) e *H. armigera* (Hübner)] (Noctuidae), e as falsas medideiras [complexo *Plusiinae*] (Noctuidae) (Eiras & Blackmer, 2003; Lebedenco et al., 2007; Fornazier et al., 2010; Aquino et al., 2011; Díaz-Montilla et al., 2013; Díaz-Montilla et al., 2015).

Os noctuídeos *Helicoverpa* spp. e *C. includens* migram durante a noite à altitudes entre 400 e 800 m, seguindo a direção dos ventos de cauda (Feng et al., 2004; Feng et al., 2005; Feng et al., 2009; Chapman et al., 2015). O gênero *Helicoverpa* tem seu status de praga avultado pela alta mobilidade e capacidade de migrar a longas distâncias, inclusive por via de rotas de comércio internacionais de commodities (Pedgley, 1986; Farrow & Daly, 1987; Feng et al., 2009; Tay et al., 2017; Jones et al., 2018). As mariposas adultas desta praga podem se mover à distância aproximada de até 1.000 km (Feng et al., 2004; Feng et al., 2005). *Neoleucinodes elegantalis* migra para novas áreas em busca de melhores chances de desenvolvimento sob condições desfavoráveis (Holland et al., 2006; Lavergne et al., 2010).

A alta habilidade de dispersão e migração das espécies de insetos favorecem a mistura de populações e, conseqüentemente, a disseminação de genes adaptativos e a localização de hospedeiros alternativos para sobrevivência (Carriere et al., 2010; Downes et al., 2017). Os hospedeiros alternativos, nas proximidades agrícolas, afetam a dinâmica espacial e temporal dos insetos, por serem fontes de alimento e abrigo para as populações de pragas alterando sua distribuição espacial (Fitt, 1989). Assim, o conhecimento da distribuição espacial das pragas pode favorecer as práticas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Downes et al., 2017), por auxiliar no desenvolvimento de

planos de amostragem (Brandão et al., 2017), controlar somente nos locais com densidades superiores ao nível de dano econômico, melhorando, assim a tomada de decisão (Taylor, 1984; Giles et al., 2000; Barrigossi et al., 2001; Dal Prá et al., 2011; Martins et al., 2018; Pereira et al., 2018). O estudo da distribuição espacial pode ser realizado por análise geoestatística (Isaaks & Srivastava, 1989). Esta análise considera a localização geográfica das amostras e a dependência espacial entre elas (Isaaks & Srivastava, 1989; Liebhold et al., 1993; Wright et al., 2002; Martins et al., 2018). A geoestatística tem sido utilizada para diversas pragas e culturas (Cocco et al., 2010; Silva et al., 2011; Rogers et al., 2014; Martins et al., 2018). Outros métodos tem deixado de ser utilizados por não considerarem o fator espacial (Binns et al., 2000; Michel et al., 2017).

Considerando a importância da compreensão da distribuição espacial de lepidópteros broqueadores, objetivou-se avaliar o padrão de distribuição espacial de *N. elegantalis*, *Helicoverpa* spp. e *C. includens*, em tomateiro *S. lycopersicum*, por meio de análise geoestatística.

1.2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em lavoura comercial de tomate *S. lycopersicum* localizada no município de Rio Paranaíba, MG, mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, a 1.080 m de altitude (19°13'21" S e 46°12'18" O), em uma área de 3,6 ha, no período de outubro de 2017 a janeiro de 2018 (temperatura média anual de 20,4°C e precipitação média anual de 128 mm). A lavoura comercial de tomate, cultivar Santini, foi plantada em espaçamento de 2,0 m x 0,50 m e estava circundada por lavouras de soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*), café (*Coffea arabica*) e mata/pastagem (Figura 1).

A área de tomate foi dividida de modo que os dados foram obtidos por caminamento em pontos equidistantes (10 em 10 m), de forma a proporcionar maior cobertura da área e reduzir tendências direcionais na amostragem (Bacci et al., 2006). Cada ponto amostral foi constituído por uma planta. As plantas foram avaliadas nos estádios fenológicos de frutificação, considerando-se os estádios pós-florescimento, de plantas com número de um, dois, três-quatro e cinco-seis cachos.

As avaliações foram realizadas por meio da técnica de contagem direta nos cachos, contando-se o número de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., frutos

broqueados por *N. elegantalis*, frutos broqueados por *C. includens*, lagartas de *Helicoverpa* spp., lagartas de *N. elegantalis*, ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. e massas de ovos de *N. elegantalis*. Não foi realizada a contagem direta para a variável densidade de lagartas de *C. includens* nos frutos avaliados em razão do seu hábito de migração, com rápida locomoção nas áreas. No entanto, o aspecto do broqueamento causado por esta espécie é de fácil identificação e diferenciação dos orifícios provocados por entrada e saída das lagartas das demais espécies. Os ovos de *C. includens* e *Helicoverpa* spp. são semelhantes, não sendo possível a identificação dos ovos de cada espécie em observações a campo, portanto para essa variável, utilizou-se a soma total de ovos de ambas.

A contagem de número de adultos de *H. armigera* nas áreas adjacentes à lavoura de tomate durante suas fases fenológicas foram realizadas por meio de armadilhas contendo feromônio sexual, assim como a análise do nível populacional de lagartas de *Helicoverpa* spp. e de *C. includens*, amostradas em 50 plantas por hectare, nas culturas de soja e milho.

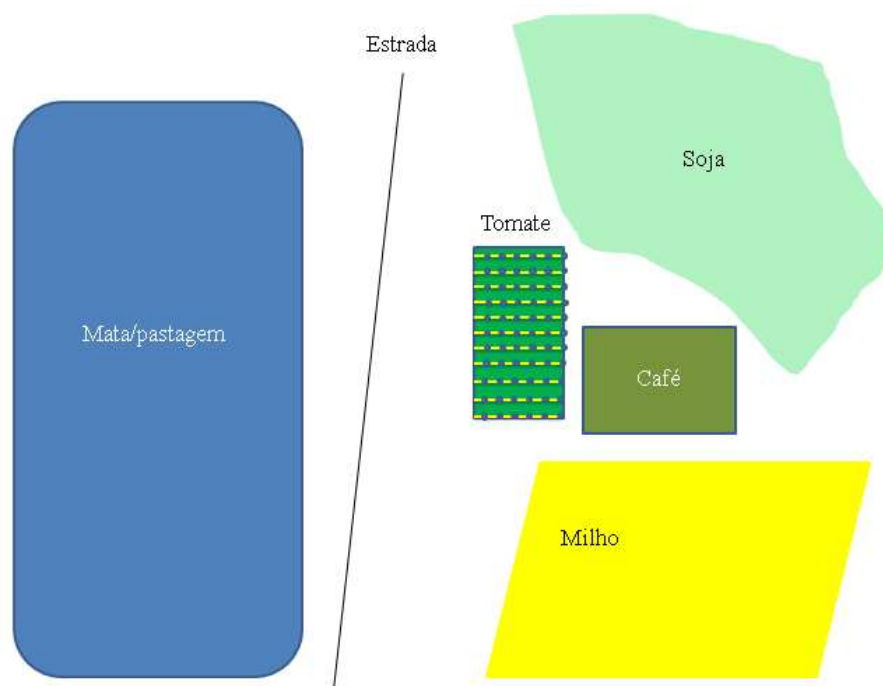


Figura 1. Esquema da área de lavoura de tomate e culturas circunvizinhas.

1.2.1. Análise geoestatística

1.2.1.1. Análise descritiva

Os dados das densidades de frutos broqueados, lagartas, ovos e massas de ovos foram submetidos a análise descritiva, calculando-se os parâmetros estatísticos: média ($\hat{m}$), mediana, erro padrão, valores mínimos e máximos, simetria e curtose.

1.2.1.2. O semivariograma experimental

A análise geoestatística foi realizada por meio da modelagem dos semivariogramas experimentais (Figura 2) para cada estágio fenológico da cultura (cacho 1, cacho 2, cacho 3-4, cacho 5-6) e testados os ajustes por meio dos modelos linear, esférico, exponencial e gaussiano. Todas as plantas avaliadas foram consideradas as variáveis regionalizadas Z, que variam continuamente no espaço geográfico, a partir da longitude (X) e latitude (Y) que se tem de cada ponto amostral. Os semivariogramas relacionam semivariâncias (γ) com distâncias (h) por meio de gráficos (Isaaks & Srivastava, 1989; Liebhold, 1993). A construção do semivariograma é a etapa mais importante da geoestatística, pois esta que informa o tipo e a forma da dependência espacial, fornecendo os dados para construção dos mapas (Vieira et al., 1983).

Os principais parâmetros do semivariograma são o alcance (a): distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente. Patamar (C): é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, ou seja, desse ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras. Variância espacial (C_1): representa as diferenças espaciais entre os valores de uma variável tomada em dois pontos separados por distâncias cada vez maiores. Efeito pepita (C_0): para distância igual a zero ($h=0$), o variograma deveria apresentar variabilidade nula. Entretanto, vários fatores como erros de amostragens, erros de medidas ou ainda microregionalizações da variável em análise, causam uma descontinuidade na origem do variograma, denominado de efeito pepita (Isaaks & Srivastava, 1989; Liebhold, 1993; Gumprecht et al., 2009) (Figura 2).

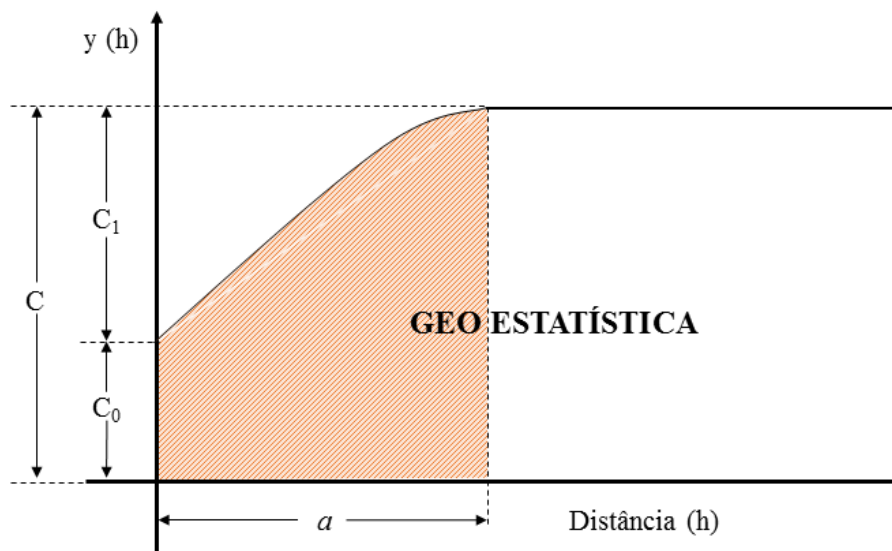


Figura 2. Esquema do semivariograma experimental. Adaptado de Guerra (1988).

1.2.1.3. O cálculo do modelo matemático

Foram definidos os parâmetros de alcance, patamar, variância espacial e efeito pepita, pela estimativa do semivariograma, calculado pela fórmula 1:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{Fórmula 1}$$

em que, $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i) - Z(x_i + h)$, separados por um vetor h . $\gamma^*(h)$ é a semivariância dada em função da distância, portanto depende da direção de h . A partir dos resultados obtidos do semivariograma realizou-se o processo de krigagem para interpolação dos dados e confecção dos mapas de contorno das áreas em estudo.

Para fins de ajuste, os dados foram testados aos modelos experimentais com patamar e ajustados segundo cada comportamento. Para a escolha dos modelos foram avaliados os coeficientes de determinação (R^2), optando-se por aqueles de maior valor.

1.2.1.4. Grau de dependência espacial (GDE)

Utilizando-se os parâmetros dos semivariogramas experimentais ajustados (C_0 e C_1) foi calculada a porção da variabilidade decorrente da dependência espacial ou grau de dependência espacial (GDE), representado por k , pela relação de $C_0/(C_0+C_1)$. Os valores obtidos foram classificados em forte dependência espacial se $k < 25$, moderada dependência espacial se $25 \leq k \leq 75$ e fraca dependência espacial se $k > 75$ (Cambardella et al., 1994).

1.2.1.5. Krigagem

A krigagem representa as áreas de agregação da praga no campo. Partindo do princípio de que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e assim criar novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (Jakob, 2002).

De posse dos parâmetros dos semivariogramas experimentais ajustados e após a determinação da dependência espacial entre as amostras, os mapas de krigagem das densidades populacionais das pragas nos cachos de tomateiro foram confeccionados a partir da interpolação dos pontos amostrados para a obtenção de uma estimativa, dada pela seguinte fórmula 2:

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(X_i) \quad \text{Fórmula 2}$$

em que, N representa o número de vizinhos medidos, e $Z(x_i)$ e λ_i são os ponderadores aplicados a cada $Z(x_i)$, selecionados de modo que a estimativa não seja tendenciosa (Farias et al., 2003).

1.2.2. Softwares utilizados nas análises

As análises de estatística descritiva foram realizadas com o software STATISTICA versão 8.0. A elaboração e ajustes dos semivariogramas aos modelos matemáticos, e a construção dos mapas de krigagem, foi utilizado o software computacional Surfer versão 11.0 (Golden Software, 2012).

1.3. RESULTADOS

Os dados das densidades médias das injúrias e pragas variaram em função do estágio fenológico das plantas de tomate. As densidades das pragas variaram de zero a 11,00 frutos/planta broqueados por *Helicoverpa* spp., zero a 113 frutos/planta broqueados por *N. elegantalis* sendo a praga com maior ocorrência verificada neste trabalho, zero a 69 frutos broqueados por *C. includens*, 0 a seis lagartas de *Helicoverpa* spp., zero a sete lagartas de *N. elegantalis*, zero a três ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. e zero a oito massas de ovos de *N. elegantalis* (Tabela 1).

As maiores densidades de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., *N. elegantalis*, *C. includens* por planta foram observadas em plantas com cinco-seis cachos, com médias de 3,31, 50,63 e 25,81, respectivamente. A maior densidade de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. também foi observada em plantas com cinco-seis cachos, com média de 0,04. Para a variável lagartas de *Helicoverpa* spp., as maiores densidades foram observadas em plantas com três-quatro e cinco-seis cachos, ambas com médias de 0,10. Por outro lado, lagartas de *N. elegantalis* ocorreram em maior densidade em plantas com um cacho, com média de 0,43 lagarta por planta. Massas de ovos dessa mesma espécie tiveram a maior média em plantas de dois cachos (0,92) (Tabela 1).

Os maiores valores de curtose foram observados justamente nas plantas que obtiveram as menores densidades médias de frutos broqueados. Os valores de curtose obtidos para frutos broqueados pelas três espécies avaliadas nas plantas com cinco-seis cachos, as quais tiveram as maiores densidades encontradas, foram todos negativos, sendo de -0,55 para *Helicoverpa* spp., -1,27 para *N. elegantalis* e -1,00 para *C. includens* (Tabela 1). Para as variáveis lagartas e massas de ovos de *N. elegantalis*, as plantas com as maiores densidades encontradas, com um cacho e com dois cachos respectivamente, foram associadas aos menores valores de curtose entre as demais (Tabela 1).

Os menores valores de simetria para frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., frutos broqueados por *N. elegantalis* e frutos broqueados por *C. includens* também foram encontrados nas mesmas plantas com as maiores densidades médias, com cinco-seis cachos, sendo 0,55, 0,12 e 0,42, respectivamente (Tabela 1).

Os maiores coeficientes de variação foram atribuídos às menores densidades de frutos broqueados, lagartas, ovos e massas de ovos das espécies avaliadas, com exceção

de lagartas de *N. elegantalis*, a qual teve o maior CV (508,82) atribuído à plantas com cinco-seis cachos, sendo que as plantas com três-quatro cachos foram as que tiveram as menores densidades de lagartas da broca pequena e obtiveram CV de 479,76. Os valores de CV obtidos entre as plantas variaram de 57,35 a 467,88 para frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., 67,31 a 676,36 para frutos broqueados por *N. elegantalis*, 75,01 a 642,01 para frutos broqueados por *C. includens*, 405,65 a 860,55 para lagartas de *Helicoverpa* spp., 245,18 a 508,82 para lagartas de *N. elegantalis*, 614,20 a 728,28 para ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. e 123,06 a 667,80 para massas de ovos de *N. elegantalis* (Tabela 1).

Tabela 1. Análise descritiva das densidades de lagartas, ovos e suas injúrias em tomateiro *S. lycopersicum*. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018.

¹ Cacho	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Curtose	Simetria	² CV
Frutos broqueados por <i>Helicoverpa</i> spp./planta							
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
2	1,12	1,00	0,00	8,00	41,12	5,48	57,35
3-4	0,09	0,00	0,00	5,00	53,68	6,57	467,88
5-6	3,31	3,00	0,00	11,00	-0,55	0,55	73,11
Frutos broqueados por <i>N. elegantalis</i> /planta							
1	0,46	0,00	0,00	7,00	7,14	2,68	238,85
2	0,46	0,00	0,00	6,00	7,49	2,56	196,48
3-4	0,03	0,00	0,00	2,00	59,70	7,36	676,36
5-6	50,63	50,00	0,00	113,00	-1,27	0,12	67,31
Frutos broqueados por <i>C. includens</i> /planta							
1	0,02	0,00	0,00	1,00	37,35	6,27	642,01
2	0,13	0,00	0,00	1,00	2,67	2,16	255,05
3-4	0,26	0,00	0,00	6,00	14,53	3,73	322,74
5-6	25,81	23,00	0,00	69,00	-1,00	0,42	75,01
Lagartas de <i>Helicoverpa</i> spp./planta							
1	0,01	0,00	0,00	1,00	70,28	8,50	860,55
2	0,04	0,00	0,00	2,00	28,77	5,35	532,15
3-4	0,10	0,00	0,00	6,00	62,72	6,50	405,65
5 e 6	0,10	0,00	0,00	6,00	62,72	6,50	405,65
Lagartas de <i>N. elegantalis</i> /planta							
1	0,43	0,00	0,00	7,00	8,55	2,88	245,18
2	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
3-4	0,04	0,00	0,00	2,00	24,35	4,88	479,76
5-6	0,05	0,00	0,00	4,00	71,67	6,89	508,82
Ovos de <i>C. includens</i> + <i>Helicoverpa</i> spp./planta							
1	0,02	0,00	0,00	1,00	49,21	7,15	728,28
2	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
3-4	0,03	0,00	0,00	2,00	49,87	6,74	614,20
5-6	0,04	0,00	0,00	3,00	64,90	7,28	591,38
Massas de ovos de <i>N. elegantalis</i> /planta							
1	0,84	0,00	0,00	8,00	3,62	1,99	169,23
2	0,92	1,00	0,00	6,00	2,28	1,47	123,06
3-4	0,03	0,00	0,00	3,00	76,59	7,98	667,80
5-6	0,03	0,00	0,00	2,00	48,33	6,64	605,66

¹Estádio fenológico da planta em dada época de avaliação; ² Coeficiente de variação; O símbolo de hífen (-) significa que não foram gerados resultados da análise

Os valores de coeficiente de determinação (R^2) dos modelos ajustados para as variáveis analisadas variaram de 0,76 a 0,99 e os padrões que melhor se ajustaram foram

descritos pelos modelos esférico, gaussiano e exponencial (Tabela 2). Os valores do GDE (parâmetro k) variaram de 0,21 a 0,89, predominando, portanto, entre os modelos ajustados o GDE moderado e fraco. Apenas o ajuste para frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. foi descrito como modelo exponencial fortemente agregado (Tabela 2).

Os valores obtidos para o parâmetro alcance (a) da dependência espacial apresentaram variações para frutos broqueados, lagartas e quantidade de ovos avaliados. Para a densidade de lagartas de *Helicoverpa* spp. os valores variaram de cinco a 18 metros, e para *N. elegantalis*, de 13 a 25 metros, tendo, portanto, este último apresentado valor máximo de alcance maior. Entretanto podemos observar que, mesmo com densidades diferentes de lagartas de *Helicoverpa* spp. e *N. elegantalis*, elas apresentaram agregação espacial nas plantas quando apresentavam um, três-quatro e cinco-seis cachos de tomate, descritos pelo modelo exponencial e esférico, com GDE variando de fraco a moderado (Tabela 2).

Os resultados indicaram que dentre os estádios, as plantas quando possuíam cinco-seis cachos apresentaram as maiores quantidades de frutos broqueados (Tabela 1). Os frutos lesionados por *Helicoverpa* spp. tiveram padrão espacial apenas em plantas com cinco-seis cachos, descritos pelo modelo exponencial com alcance de 19 metros, valor esse que é próximo ao dos alcances encontrados para as lagartas *Helicoverpa* spp. (Tabela 2).

Para os frutos broqueados por *N. elegantalis* houve padrão espacial descrito pelo modelo esférico quando as plantas possuíam um e dois cachos, com valores de alcance variando de 15 a 70 metros. Essa diferença relevante indica que em cada fase fenológica avaliada, o ataque apresentou reboleiras diferentes, sendo que estas podem ser melhor observadas nos mapas de distribuição espacial dos frutos broqueados por *N. elegantalis* (Figura 4), pois observa-se que a presença nas plantas com dois cachos ocorre de maneira mais “dispersa” do que com um cacho (Tabela 2).

As médias das quantidades de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. em tomateiro também apresentaram agregação espacial para as plantas com três-quatro e cinco-seis cachos, descritos pelo modelo exponencial com GDE moderado, com valores de alcance de dez a 11 metros; valores estes que estão entre a faixa de valores encontrados para lagartas *Helicoverpa* spp. e *C. includens* (Tabela 2).

Para a variável massas de ovos de *N. elegantalis*, houve ajuste dos semivariogramas experimentais aos modelos gaussiano e esférico para as plantas com dois, três-quatro e cinco-seis cachos, com alcances de 43 a 80 metros (Tabela 2).

Tabela 2: Parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo teórico, coeficiente de determinação (R^2) e parâmetro k para análise do grau de dependência espacial (GDE) de densidade frutos broqueados, lagartas, ovos e massas de ovos em tomateiro *S. lycopersicum*. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018.

¹ Cacho	Média	² C ₀	³ C ₁	⁴ a (m)	R ²	^{5,6} k	Modelo	GDE
Frutos broqueados por <i>Helicoverpa</i> spp./planta								
1	0,00	-	-	-	-	-	-	-
2	1,12	-	-	-	-	-	-	-
3-4	0,09	-	-	-	-	-	-	-
5-6	3,31	1,20	4,40	19	0,99	0,21	Exponencial	Forte
Frutos broqueados por <i>N. elegantalis</i> /planta								
1	0,46	0,98	0,12	15	0,85	0,89	Esférico	Fraco
2	0,46	0,57	0,25	70	0,99	0,69	Esférico	Moderado
3-4	0,03	-	-	-	-	-	-	-
5-6	50,63	-	-	-	-	-	-	-
Frutos broqueados por <i>C. includens</i> /planta								
1	0,02	-	-	-	-	-	-	-
2	0,13	0,09	0,03	6	0,98	0,75	Exponencial	Fraco
3-4	0,26	0,21	0,24	19	0,99	0,47	Exponencial	Moderado
5-6	25,81	25,00	26,8	25	0,98	0,48	Exponencial	Moderado
Lagartas de <i>Helicoverpa</i> spp./planta								
1	0,01	0,01	0,00	5	0,97	0,76	Exponencial	Fraco
2	0,04	-	-	-	-	-	-	-
3-4	0,10	0,07	0,05	18	0,98	0,59	Exponencial	Moderado
5-6	0,10	0,07	0,05	16	0,98	0,58	Exponencial	Moderado
Lagartas de <i>N. elegantalis</i> /planta								
1	0,43	0,9	0,13	15	0,76	0,87	Esférico	Fraco
2	0,00	-	-	-	-	-	-	-
3-4	0,04	0,01	0,02	13	0,99	0,24	Exponencial	Moderado
5-6	0,05	0,02	0,02	25	0,97	0,47	Exponencial	Moderado
Ovos de <i>C. includens</i> + <i>Helicoverpa</i> spp./planta								
1	0,02	-	-	-	-	-	-	-
2	0,00	-	-	-	-	-	-	-
3-4	0,03	0,03	0,01	10	0,94	0,75	Exponencial	Moderado
5-6	0,04	0,03	0,01	11	0,94	0,69	Exponencial	Moderado
Massas de ovos de <i>N. elegantalis</i> /planta								
1	0,84	-	-	-	-	-	-	-
2	0,92	1,11	0,29	43	0,99	0,79	Gaussiano	Fraco
3-4	0,03	0,02	0,01	44	0,98	0,79	Gaussiano	Fraco
5-6	0,03	0,02	0,01	80	0,98	0,75	Esférico	Moderado

¹Estádio fenológico da cultura na época de avaliação; ²Efeito pepita; ³Variância espacial; ⁴Alcance (metros); ⁵Dado pela relação $C_0/(C_0+C_1)$; ⁶Os valores obtidos foram classificados em forte dependência espacial se $k < 25$, moderada dependência espacial se

$25 \leq k \leq 75$ e fraca dependência espacial se $k > 75$; O símbolo de hífen (-) significa que não foram gerados resultados da análise.

Os mapas de krigagem foram gerados a partir dos ajustes dos semivariogramas experimentais, sendo que cada um destes mostram a distribuição espacial de cada variável na área (Figuras 3-9). Observa-se nessas figuras que as cores mais frias indicam pouca densidade ou ausência da praga na área, enquanto as cores mais quentes indicam áreas de agregação da praga, nas quais se concentram formando reboleiras.

Nota-se que para as variáveis densidades médias de lagartas e ovos das pragas, os mapas de krigagem para os cachos três-quatro e cinco-seis indicam uma maior agregação desses organismos presentes na borda da lavoura (Figuras 6-9) e no mesmo período em que as populações de *Helicoverpa* spp., *H. armigera* e *C. includens* estavam altas nas culturas adjacentes (Figura 10 e Tabela 3).

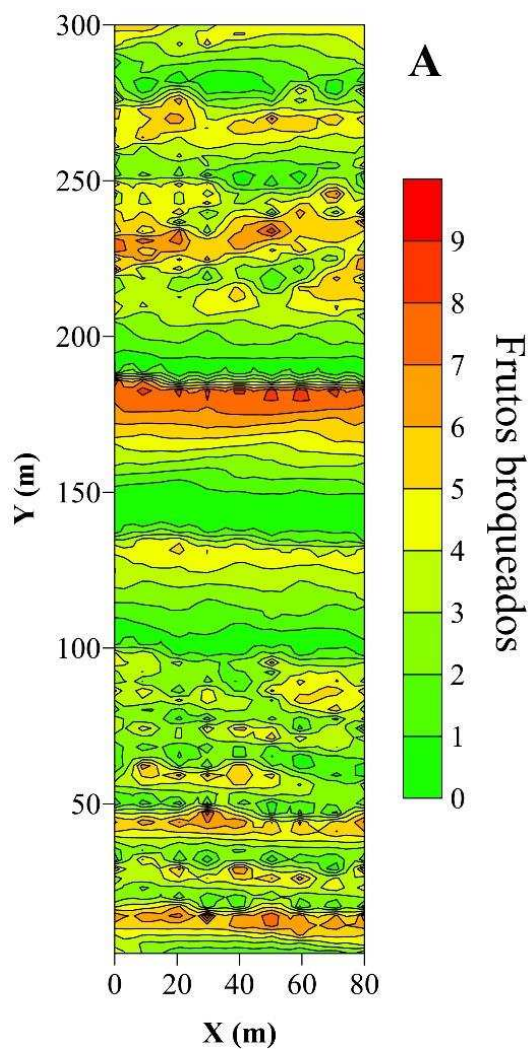


Figura 3. Mapa da distribuição espacial de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., cacho 5-6 (A), em plantio de tomate. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018. As cores representam diferenças de densidades populacionais nos diferentes locais. A cor verde compreende as menores densidades e a vermelha, as maiores.

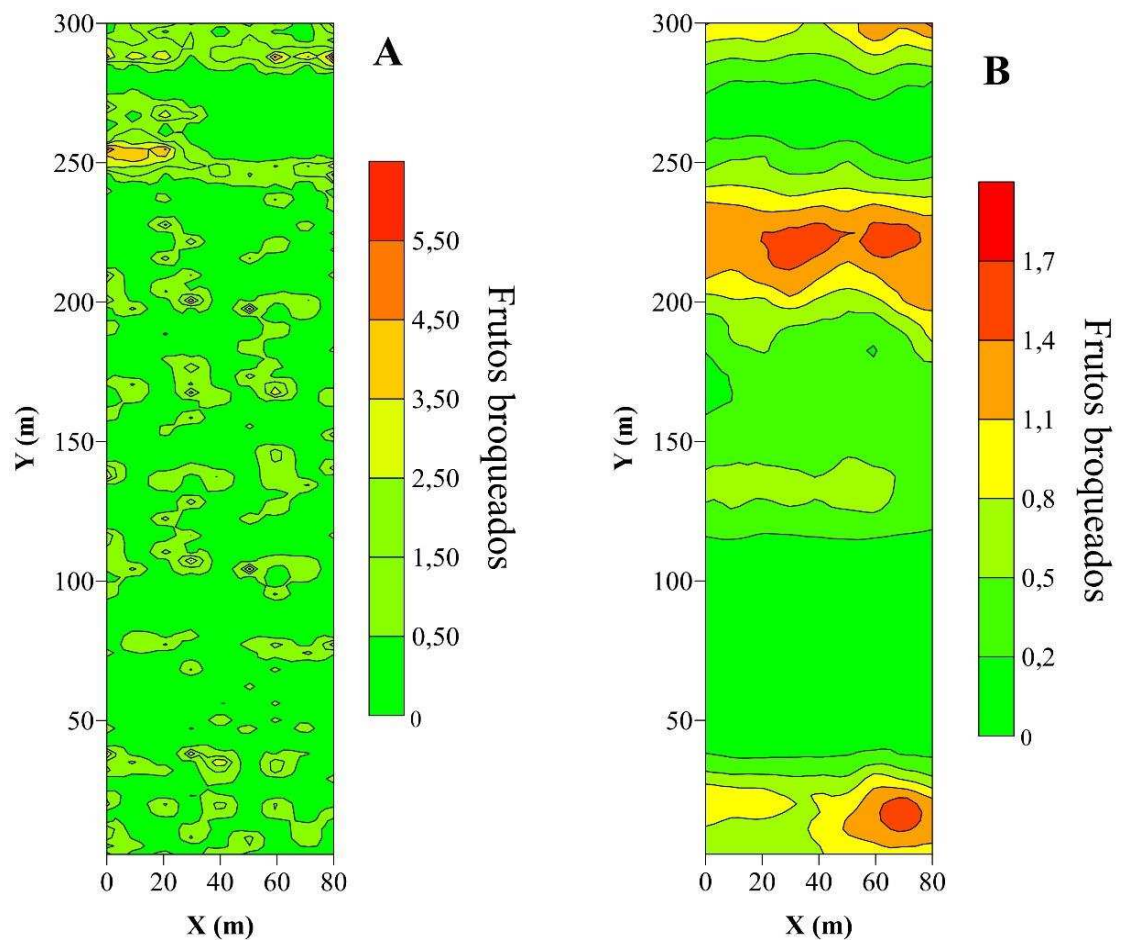


Figura 4. Mapas da distribuição espacial de frutos broqueados por *N. elegantalis*., cacho 1 (A) e cacho 2 (B), em plantio de tomate. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018. As cores representam diferenças de densidades populacionais nos diferentes locais. A cor verde compreende as menores densidades e a vermelha, as maiores.

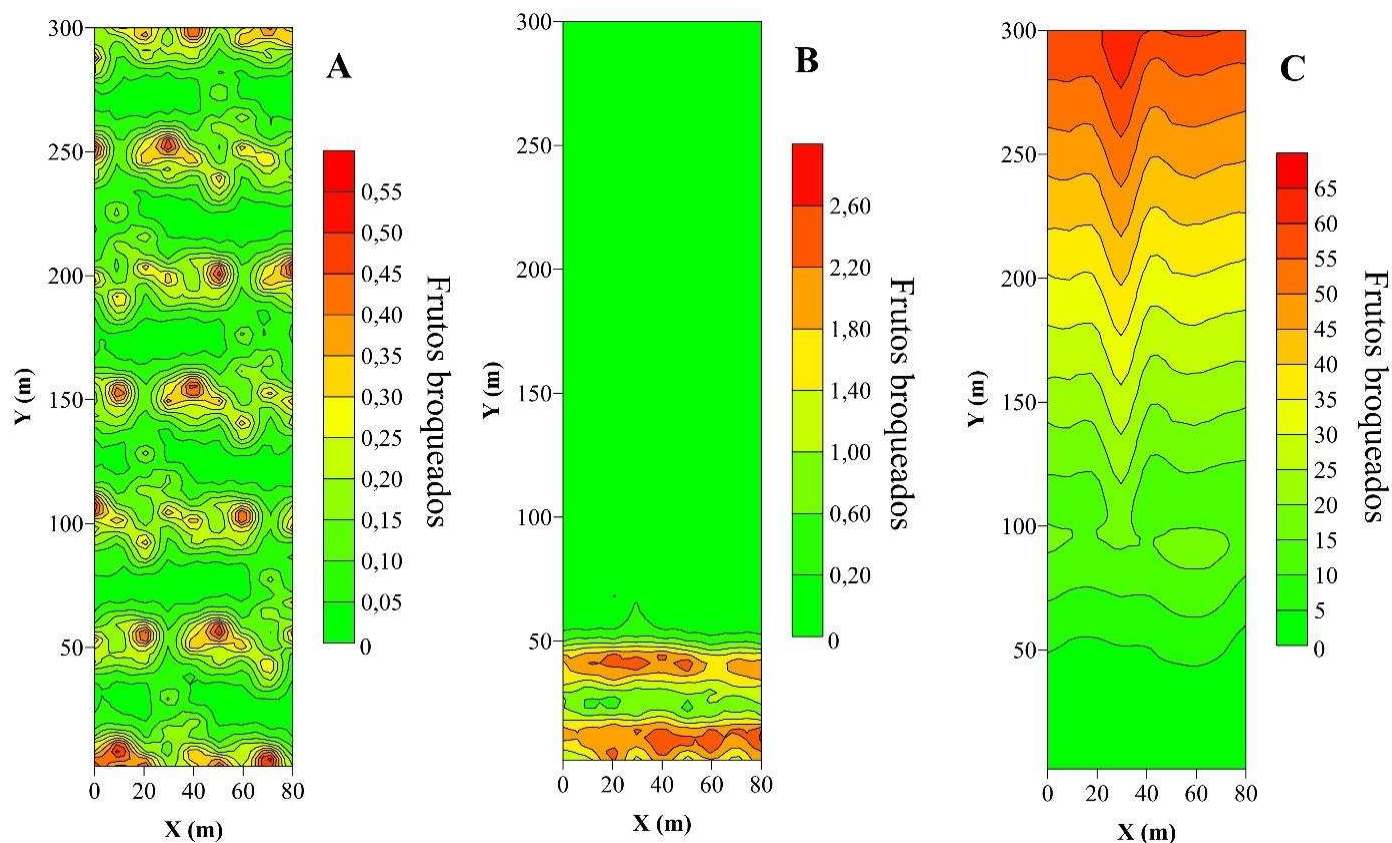


Figura 5. Mapas da distribuição espacial de frutos broqueados por *C. includens*, cacho 2 (A), cacho 3-4 (B) e cacho 5-6 (C), em plantio de tomate. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018. As cores representam diferenças de densidades populacionais nos diferentes locais. A cor verde compreende as menores densidades e a vermelha, as maiores.

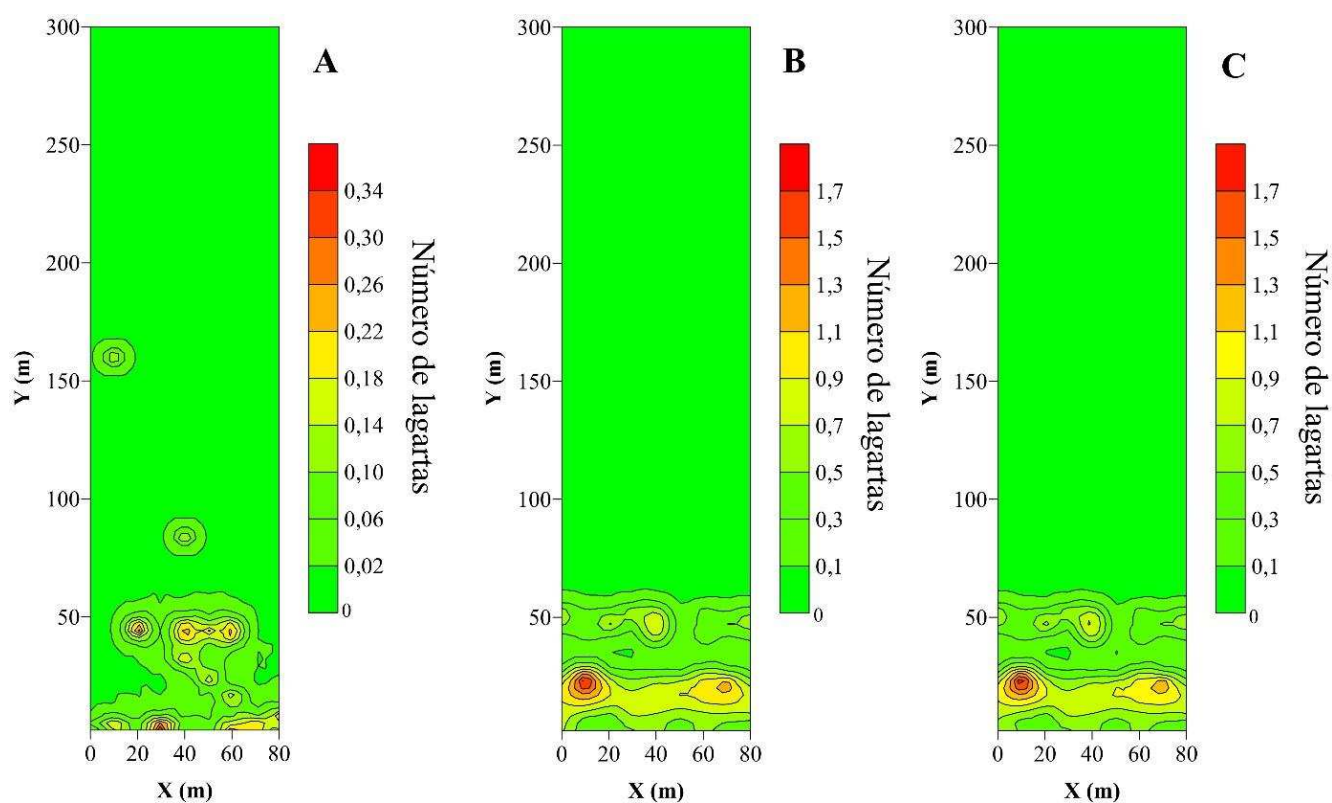


Figura 6. Mapas da distribuição espacial de lagartas *Helicoverpa* spp., cacho 1 (A), cacho 3-4 (B) e cacho 5-6 (C), em plantio de tomate. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018. As cores representam diferenças de densidades populacionais nos diferentes locais. A cor verde compreende as menores densidades e a vermelha, as maiores.

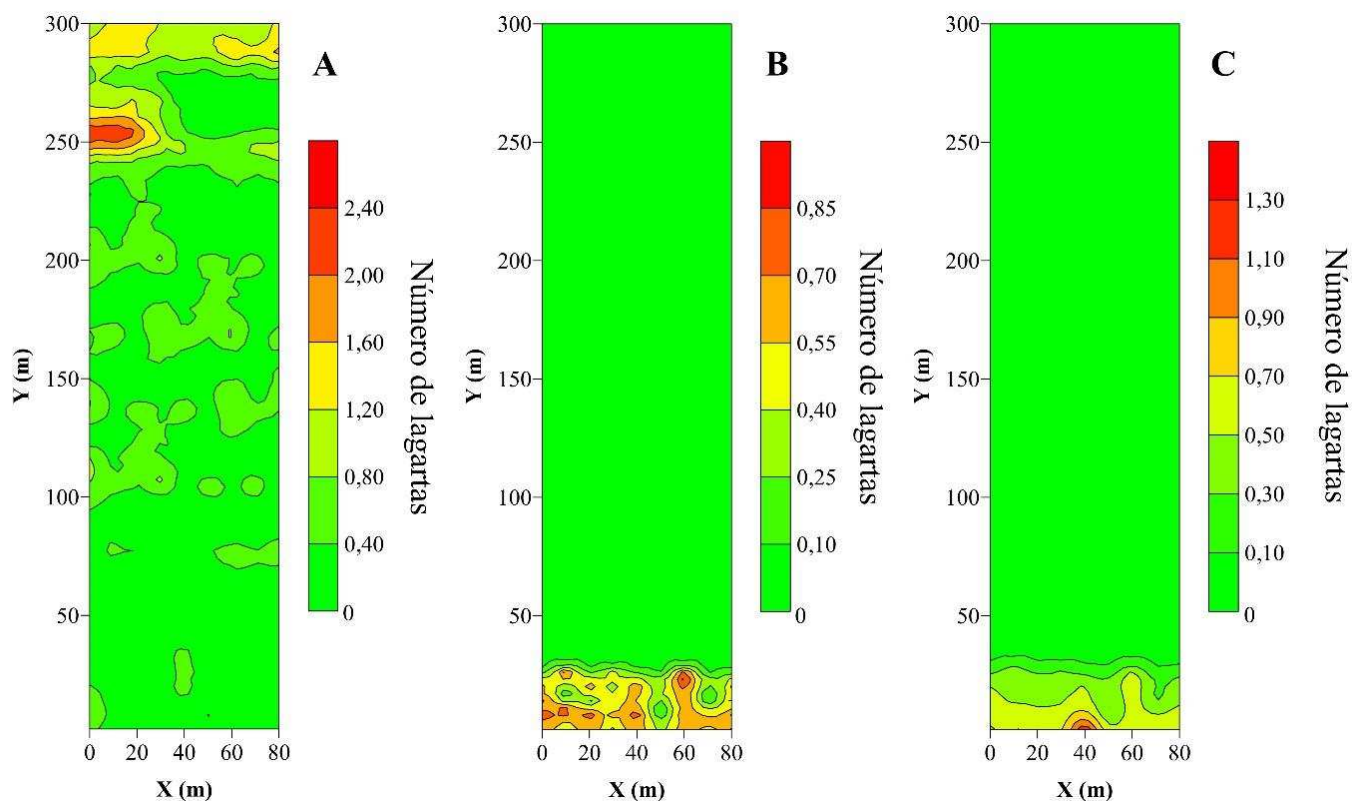


Figura 7. Mapas da distribuição espacial de lagartas *N. elegantalis*, cacho 1 (A), cacho 3-4 (B) e cacho 5-6 (C), em plantio de tomate. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018. As cores representam diferenças de densidades populacionais nos diferentes locais. A cor verde compreende as menores densidades e a vermelha, as maiores.

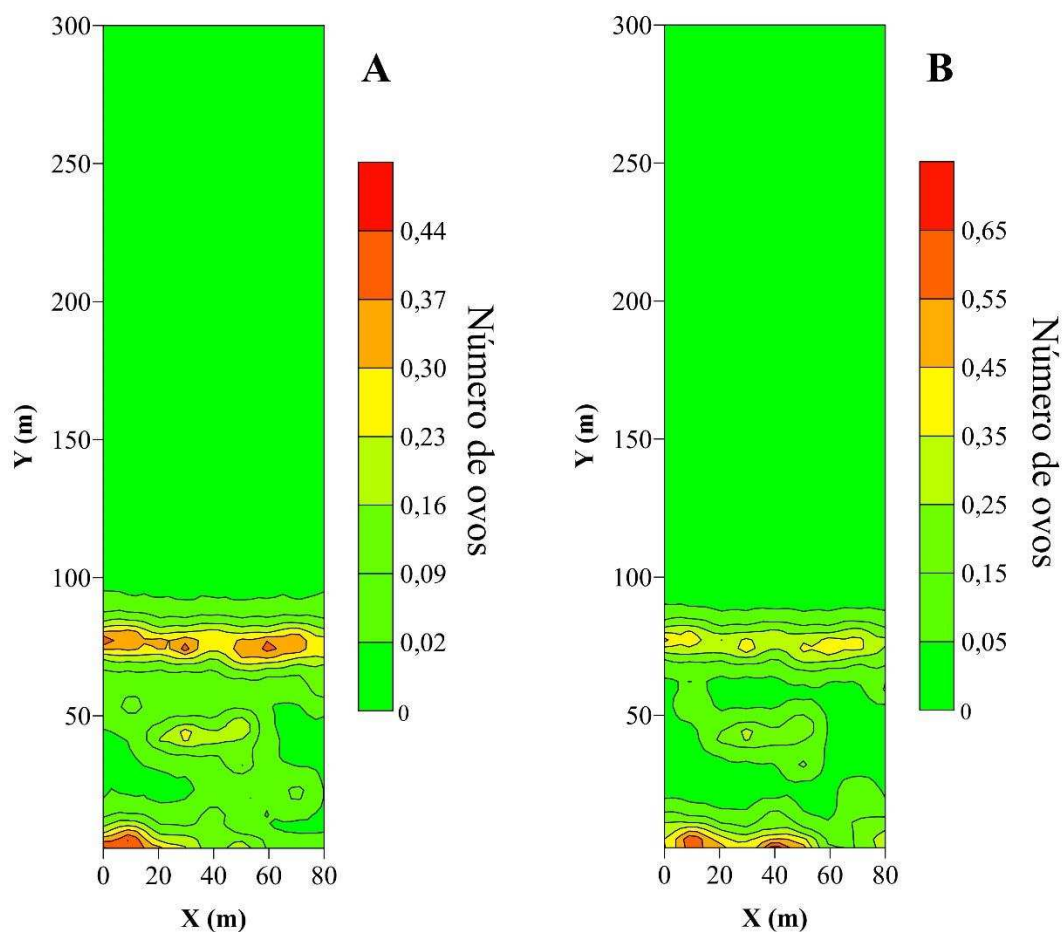


Figura 8. Mapas da distribuição espacial de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp., cacho 3-4 (A) e cacho 5-6 (B), em plantio de tomate. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018. As cores representam diferenças de densidades populacionais nos diferentes locais. A cor verde compreende as menores densidades e a vermelha, as maiores.

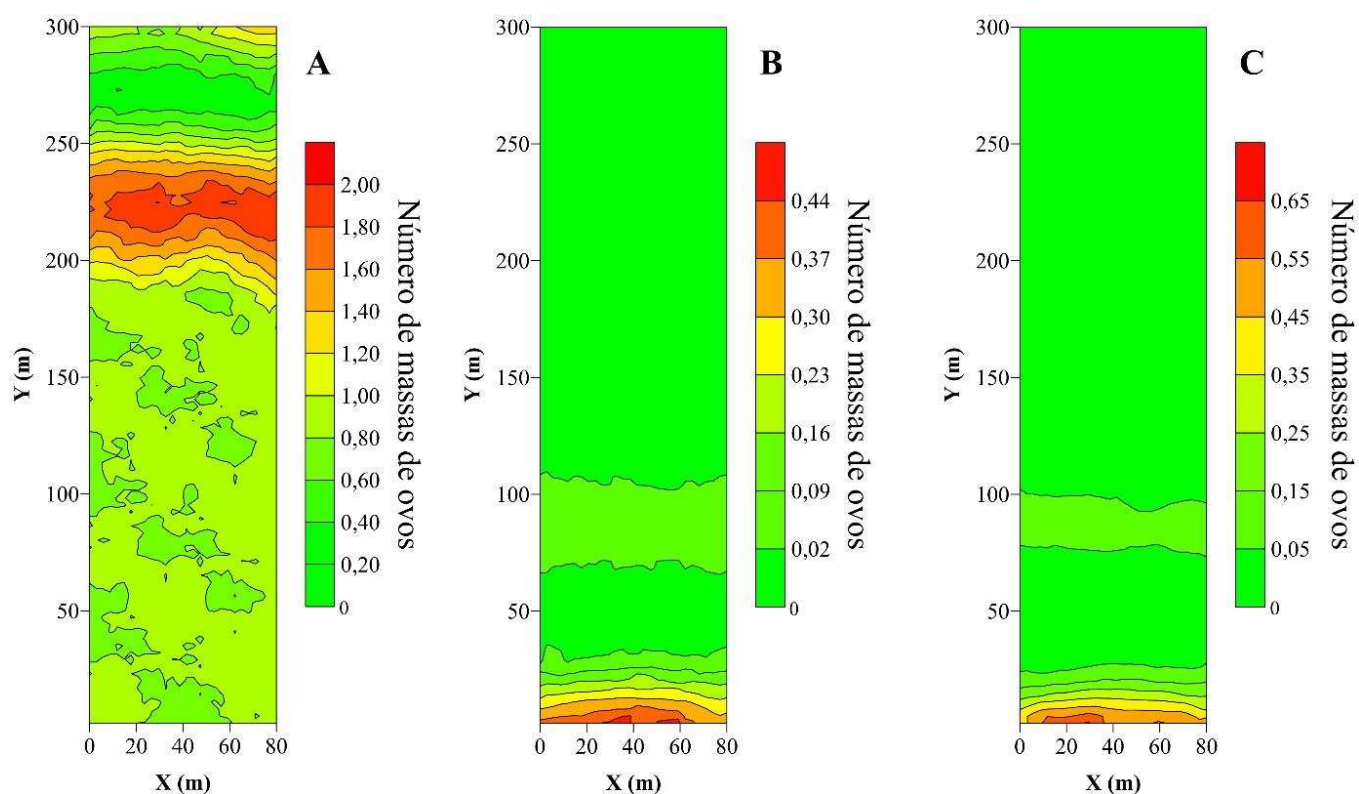


Figura 9. Mapas da distribuição espacial de massas de ovos de *N. elegantalis*, cacho 2 (A), cacho 3-4 (B) e cacho 5-6 (C), em plantio de tomate. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018. As cores representam diferenças de densidades populacionais nos diferentes locais. A cor verde compreende as menores densidades e a vermelha, as maiores.

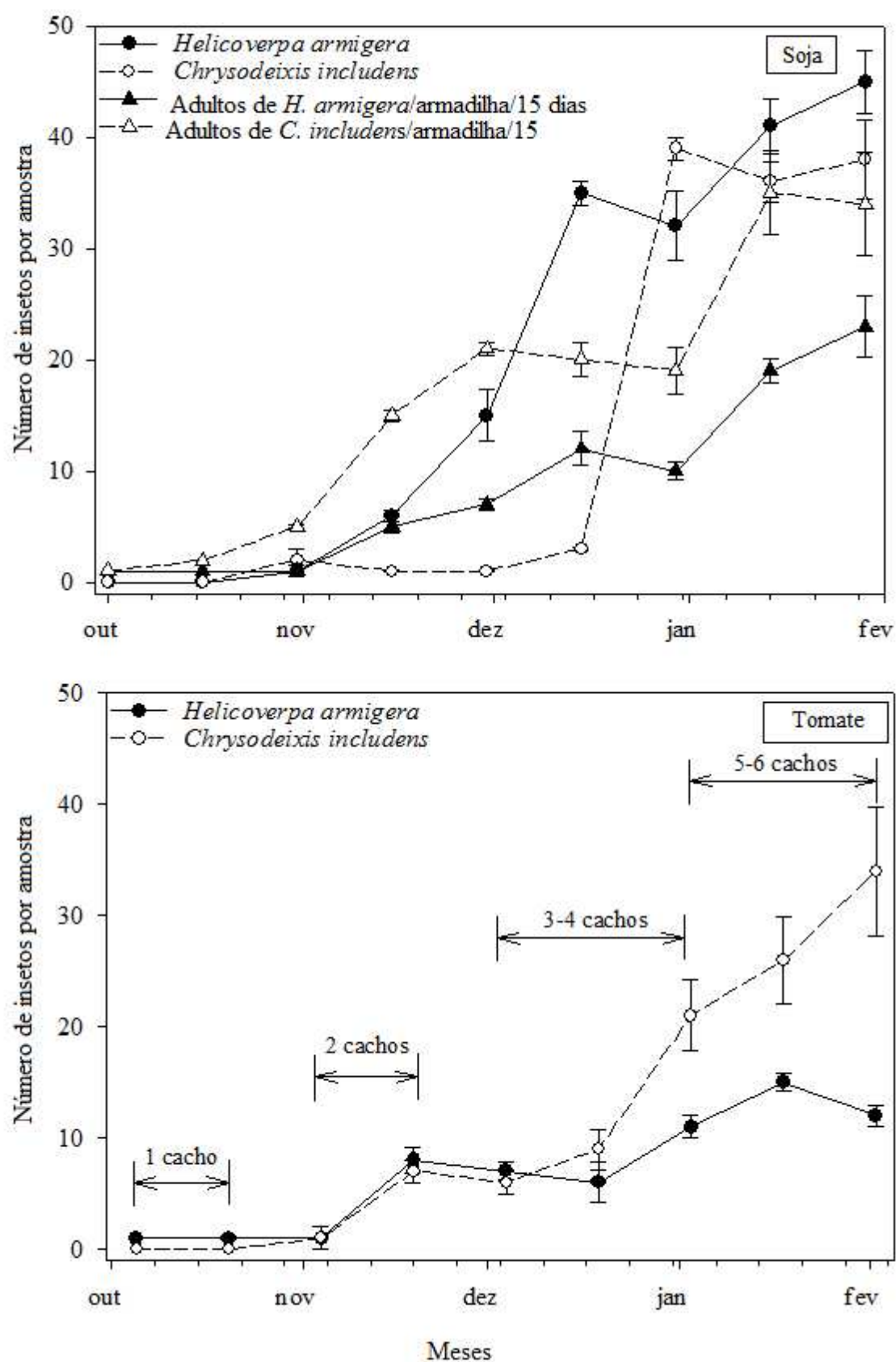


Figura 10. Distribuição dos níveis populacionais dos lepidópteros nas culturas de soja e milho adjacentes à lavoura de tomate, Rio Paranaíba, MG, 2017-2018.

As áreas adjacentes à lavoura de tomate eram compostas pelas culturas de milho e soja, pastagem ou mata, em diferentes sucessões a depender da fase fenológica do tomate (Tabela 3). Observa-se que não foram contabilizados adultos de *H. armigera* nas armadilhas nas áreas circunvizinhas quando as plantas de tomate possuíam um cacho, assim como não houve presença de lagartas de *C. includens* em soja, ao passo que o nível populacional de *Helicoverpa* spp. nestas mesmas culturas foi baixo (Tabela 3). A partir da terceira fase fenológica do tomate, o número de adultos de *H. armigera* aumentou, bem como os níveis populacionais de *Helicoverpa* spp. e *C. includens* nas lavouras de soja e milho, atingindo níveis altos quando as plantas de tomate possuíam cinco-seis cachos (Tabela 3), coincidindo com os resultados obtidos de maiores densidades médias de frutos de tomate broqueados pelas pragas em estudo (Tabela 1).

Tabela 3. Culturas adjacentes à lavoura de tomate e níveis populacionais de pragas. Rio Paranaíba, MG, 2017-2018.

Fase fenológica do tomate	Culturas adjacentes/ fase do tomate	Número de adultos de <i>H. armigera</i> / armadilha	Nível populacional de lagartas em soja e milho (amostragem de 50 plantas/ha)	
			¹ <i>Helicoverpa</i> spp.	² <i>C. includens</i>
C/ 1 cacho	Milho/pastagem/mata	-	Baixo (0)	-
C/ 2 cachos	Milho/soja/pastagem/mata	0,42	Baixo (0)	Baixo (0)
C/ 3-4cachos	Milho/soja/pastagem/mata	2,10	Médio (2-5)	Alto (>30)
C/ 5-6 cachos	Milho/soja/pastagem/mata	8,26	Alto (>10)	Alto (>30)

¹Avaliada na soja e no milho; ²Avaliada somente na soja; O símbolo do hífen (-) demonstra ausência na cultura

1.3. DISCUSSÃO

A maior densidade de lagartas de *N. elegantalis* no tomateiro ocorreu em plantas no estágio um de desenvolvimento. Entretanto, é a partir do primeiro florescimento que as plantas tornam-se propícias à infestação inicial, devido à presença de frutos em desenvolvimento, que são o substrato para a oviposição (Gravena & Benvenega, 2003). As maiores densidades de massas de ovos de *N. elegantalis* ocorreram nos estádios um e dois, o que demonstrou sua preferência por postura sobre frutos pequenos para garantir o desenvolvimento larval do inseto e perpetuação da espécie, resultado que está de acordo com os encontrados por Salas et al. (1991) e Blackmer et al. (2001). Essa preferência está mais ligada à fatores mecânicos, como a textura do fruto, do que à fatores químicos, e a distribuição dos ovos pode variar de acordo com o grau de infestação de *N. elegantalis* na lavoura (Blackmer et al, 2001).

No entanto, observou-se que a maior quantidade de frutos broqueados por *N. elegantalis* ocorreu no estágio cinco-seis de maturação, fato este que está diretamente relacionado à alimentação do inseto, pois as larvas recém-eclodidas penetram pelo epicarpo do fruto, se alimentam do mesocarpo e, posteriormente, atingem o endocarpo, onde a taxa de alimentação é maior (Muñoz et al., 1991). No endocarpo, nas galerias de túneis, as larvas se alimentam da placenta e das sementes, provocando a maior parte do dano observado nos frutos (Muñoz et al., 1991).

A broca pequena está entre as pragas mais representativas da família Solanaceae no Brasil e em outros países da América do Sul, justamente por danificar as partes reprodutivas das plantas (Moraes & Foerster, 2014). Jordão & Nakano (2002) com o intuito de estabelecer estratégias de manejo ambiental para minimizar perdas ocasionadas por *N. elegantalis* no Estado de São Paulo, adotaram a estratégia de ensacamento das pencas de tomate com frutos em início de desenvolvimento, por ser o estágio fenológico com maior infestação dessa praga, em dois ensaios, culminando com eficiência de controle semelhante ao método químico. Apesar da ocorrência generalizada, os picos populacionais desta praga ocorrem em épocas chuvosas (Nunes & Leal, 2001; Silva et al., 2016). Marcano (1991) também corroborou que as maiores perdas causadas por *N. elegantalis* se deram nos meses chuvosos e as menores coincidiram com o período mais seco. Sua presença também é bastante influenciada pela altitude da região de cultivo, adaptada à valores entre 0 e 2.560 metros, sendo que

para a cultura do tomate a faixa ideal está entre 936 e 1.897 metros acima do nível do mar (Díaz & Solis, 2007).

Os aspectos da bioecologia de *N. elegantalis*, aliados à presença de outras solanáceas de frutos comerciais, além de plantas daninhas como hospedeiros alternativos, ou mesmo o plantio escalonado de tomateiro, favorecem o desenvolvimento da praga em determinadas regiões produtoras e intensificam o controle químico sistemático como a principal tática de manejo (Toledo, 1948; Zucchi et al., 1993; Barbosa, 2010). De acordo com estudos de Eiras (2000) e Eiras & Blackmer (2003), a aplicação de inseticidas com modos de ação por ingestão ou contato é mais eficaz se realizada quando os frutos de tomate possuem aproximadamente 2,5 cm de diâmetro. O controle das lagartas de *N. elegantalis* é ainda mais complicado por se instalarem no interior dos frutos, ficando protegidas não somente de ação de inseticidas, mas também de intempéries climáticas e inimigos naturais (Silva et al., 2016).

A fenologia do tomateiro aliada ao comportamento de oviposição seletiva garante a combinação hospedeiro-praga ideal para desencadear o início da reprodução (Blackmer et al., 2001; Rodrigues Filho et al., 2003). Dado os fatos apresentados, é recomendável que a amostragem de *N. elegantalis* seja realizada no início da frutificação da cultura (Silva & Carvalho, 2004). Principalmente no MIP, é importante, realizar o monitoramento da população, bem como conhecer a sua bioecologia, o seu comportamento e as relações existentes em torno da ocorrência de insetos pragas (Czepak & Albernaz, 2014).

As maiores densidades de frutos broqueados e ovos de *Helicoverpa* spp. e *C. includens* foram encontradas em plantas no estágio cinco-seis. As fêmeas adultas de *Helicoverpa* spp. costumam ovipositar em estruturas reprodutivas e apesar das lagartas poderem se alimentar e sobreviver em folhas de muitas culturas hospedeiras, elas têm o hábito de se locomover para flores, frutos e grãos, os quais são preferidos para alimentação e onde se saem melhor em termos de sobrevivência, fecundidade subsequente e outros parâmetros de aptidão (Zalucki et al., 1986; Kakimoto et al., 2003; Perkins et al., 2008; Perkins et al., 2009; Perkins et al., 2010; Liu et al., 2010). Hoffman et al. (1991) avaliaram densidades de ovos de *H. zea* em diferentes lavouras de tomate durante cinco anos, nas quais verificaram padrão de distribuição agregada, resultado semelhante ao encontrado neste estudo, onde as densidades médias de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. também apresentaram agregação espacial moderada para as plantas com três-quatro e cinco-seis cachos. Já Parry et al. (2017), baseados em

experimentos nos quais estudaram a variabilidade na eficácia temporal e espacial de refúgios de diferentes culturas com o intuito de retardar a resistência de pragas à tecnologia Bt, afirmaram que as distribuições de ovos de *Helicoverpa* spp. pelas fêmeas adultas nas lavouras é altamente dinâmica e impulsionada pela estrutura e composição da paisagem, além de serem sensíveis à atratividade de diferentes culturas hospedeiras e à preferência das mariposas.

As densidades de lagartas de *Helicoverpa* spp. em plantas de tomate com três-quatro e cinco-seis cachos apresentaram as mesmas médias. Essas pragas se destacam por atacar culturas como soja (*G. max*), algodão (*Gossypium* spp.), milho (*Z. mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e tomate, independentemente das plantas cultivadas serem transgênicas ou convencionais (Czepak et al., 2013). Seu manejo é ainda mais difícil pela capacidade de rápida adaptação à produtos químicos e à modificações genéticas nas culturas, como os híbridos transgênicos de *Bacillus thuringiensis* (Bentivenha et al., 2017). A evolução da resistência à tecnologia Bt, por exemplo, é mais rápida quando uma grande parte da população de lagartas está exposta ao ambiente (Ives & Andow, 2002). Dentro do mesmo gênero pode haver diferenças nos aspectos comportamentais entre espécies, como acontece com *H. armigera* e *H. zea*, sendo que a lagarta da primeira permanece sobre ou dentro das lesões durante o dia, e a lagarta dessa última espécie busca os frutos apenas à noite (Pratissoli et al., 2015).

As altas densidades de *Helicoverpa* spp. e *C. includens* nas lavouras de soja e milho podem ter contribuído para o aumento populacional destas pragas na lavoura de tomate estudada. Tanto é verdade que as altas populações ocorreram primeiramente na soja e milho, e no tomateiro quando estava com mais de três cachos. A proximidade entre distintas culturas pode proporcionar contínua oferta de alimento a lepidópteros polípagos, aliada a outros fatores, como aplicações excessivas de inseticidas e presença de plantas daninhas nas áreas adjacentes de cultivo (Santos et al., 2005; Busoli et al., 2011). Além disso, a população de adultos de *H. armigera* aumentou quase 20 vezes a densidade nas armadilhas instaladas na soja, no período em que o tomate estava com cinco-seis cachos. De fato, que *H. armigera* migra por longas distâncias (>1000 Km) (Feng et al., 2004), e se alimentam de tomate (Pratissoli & Carvalho, 2015). Embora não tenha sido avaliada a população de adultos de *C. includens*, esta praga é polífaga e se dispersa entre culturas agrícolas (Zulin et al., 2018).

Didonet et al. (2003) demonstraram em estudos de soja, que as maiores densidades populacionais de *C. includens* costumam ocorrer nos estádios de floração e

desenvolvimento de vagens, coincidindo com os resultados encontrados neste trabalho com tomate, com as maiores densidades de frutos broqueados por essa espécie encontrados no estágio cinco-seis, referentes à maturação dos frutos. Esses resultados diferem dos observados por Marsaro Júnior et al. (2010), que constatarem picos populacionais de lagartas falsas medideiras na fase vegetativa de soja em Roraima, apesar dos valores obtidos terem ficado abaixo do nível de controle estabelecido para lagartas desfolhadoras, que é de 40 lagartas/2 m (Embrapa, 2006); demonstrando que as dinâmicas populacionais dessas espécies podem ser influenciadas por diversos fatores, como a localização da lavoura e as condições climáticas de cada região.

Os valores de simetria foram todos positivos e variaram de 0,12 a 8,50 e os de curtose variaram de -1,27 a 76,59. Os valores negativos de curtose obtidos em plantas com cinco-seis cachos, as quais obtiveram as maiores densidades de frutos broqueados para as pragas avaliadas e o valor de simetria maior que zero indicam que as curvas de distribuição de frequência são assimétricas e apresentam grau de afilamento inferior ao da curva da distribuição normal. Para o restante das variáveis, os valores de curtose ficaram acima de 2,67, indicando assimetria e grau de afilamento superior ao da curva de distribuição normal. Os altos valores de CV se deram em função da alta variância observada nas amostras.

Apesar dos valores das medianas terem sido inferiores aos valores das médias, à exceção de plantas de dois cachos para a densidade de massas de ovos de *N. elegantalis*, e haver grande diferença entre os valores mínimos e máximos, o alcance, parâmetro k e GDE indicam que há uma certa tendência das pragas de se localizarem em densidades diferentes em determinadas regiões da lavoura, com distribuição espacial moderadamente agregada para a maioria das variáveis analisadas, ajustadas ao modelo exponencial. Conforme a distribuição espacial das espécies avaliadas na lavoura, os modelos matemáticos tiveram bons valores de coeficiente de determinação (R^2), visto que este parâmetro indica a qualidade do modelo do semivariograma. Valores próximos a 1 (um) indicam bom ajuste ao modelo (Oliveira et al., 2016).

Conclui-se que houve variabilidade no padrão de distribuição espacial das variáveis analisadas para os lepidópteros broqueadores em estudo, observando-se GDE variando de fraco a moderado, com exceção da densidade de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., para a qual verificou-se forte agregação espacial. As lavouras de soja e milho provavelmente devem ter afetado a distribuição espacial de *Helicoverpa* spp. e *C. includens* na área de tomate.

1.5. LITERATURA CITADA

- AQUINO, R.F.B.A.; COSTA, R.F.; AQUINO, L.A.; SÁ, L.P. Dinâmica populacional de pragas em tomateiro industrial no norte de Minas Gerais. *Evolução e Conservação da Biodiversidade*, 2: 47-51, 2011.
- BACCA, T.; LIMA, E.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; VIANA, J.H.N. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 119: 39-45, 2006.
- BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; DELLA LUCIA; T.M.C.; SEMEÃO, A.A. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for hymenopteran parasitoids on cucumber. *Journal of Economic Entomology*, 99: 2177-2184, 2006.
- BARBOSA, F.S.; MENEZES, E.L.A.; ARRUDA, L.N.; BRITO, D.O.; CARMO, M.G.F.; PEREIRA, M.B. Preferência de oviposição de broca-pequena-do-fruto em oito variedades de tomate rasteiro. *Horticultura Brasileira*, 28: 634-640, 2010.
- BEHERE, G.T.; TAY, W.T.; RUSSELL, D.A.; HECKEL, D.G.; APPLETON, B.R.; KRANTHI, K.R.; BATTERHAM, P. Mitochondrial DNA analysis of field populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and of its relationship to *H. zea*. *BMC Evolutionary Biology*, 7: 1-10, 2007.
- BENTIVENHA, J.P.F.; MONTEZANO, D.G.; HUNT, T.E.; BALDIN, E.L.L.; PETERSON, J.A.; VICTOR, V.S.; PANNUTI, L.E.R.; VÉLEZ, A.M.; PAULA-MORAES, S.V. Intraguild interactions and behavior of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa* spp. on maize. *Pest Management Science*, 73: 2244-2251, 2017.
- BLACKMER, J.L.; EIRAS, A.E.; SOUZA, C.L. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitism by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ, Brazil. *Neotropical Entomology*, 30: 89-95, 2001.

- BRANDÃO, A.D.S.; FARIAS, P.R.S.; DIONÍSIO, L.F.S.; TINÔCO, R.S.; SILVA, A.G.; SILVA, T.A.F. Spatial and temporal distribution of *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae) in oil palm, Pará State, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12: 464-469, 2017.
- BURGER, J.R.; ANDERSON, R.P., BALK, M.A.; FRISTOE, T.S. A constraint-based model reveals hysteresis in island biogeography. *BIORXIV* <<https://doi.org/10.1101/251926>>.
- BUSOLI, A.C; GROGOLLI, J.F.J.; FRAGA, D.F.; SOUZA, L.A.; FUNICHELLO, M.; NAIS, J.; SILVA, E.A. Atualidades no MIP algodão no cerrado brasileiro. In: CASTILHO, R.C.; BUSOLI, A.C.; ANDRADE, D.J.; ROSSI, G.D.; DI BELLO, M.M.; BRENHA, J.A.M. (Eds.) *Tópicos em Entomologia Agrícola IV*. p. 117-138, 2011.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1501-1511, 1994.
- CARRIERE, Y.; CROWDER, D.W.; TABASHNIK, B.E. Evolutionary ecology of insect adaptation to Bt crops. *Evolutionary Applications*, 3: 561-573, 2010.
- CHAPMAN, J.W.; NESBIT, R.L.; BURGIN, L.E.; REYNOLDS, D.R.; SMITH, A.D.; MIDDLETON, D.R.; HILL, J.K. Flight orientation behaviors promote optimal migration trajectories in high-flying insects. *Science*, 327: 682-685, 2010.
- CHAPMAN, J.W.; REYNOLDS, D.R.; WILSON, K. Long-range seasonal migration in insects: mechanisms, evolutionary drivers and ecological consequences. *Ecology Letters*, 18: 287-302, 2015.

- COCCO, A.; COSSU, A.Q.; ERRE, P.; NIEDDU, G.; LUCIANO, P. Spatial analysis of gypsy moth populations in Sardinia using geostatistical and climate models. *Agricultural and Forest Entomology*, 12: 417-426, 2010.
- CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43: 110-113, 2013.
- CZEPAK, C. & ALBERNAZ, K.C. Manejo avançado: surtos de falsa-medideira. *Cultivar Grandes Culturas*, 178: 20-24, 2014.
- DAL PRÁ, E.; GUEDES, J.V.C.; CHERMAN, M.A.; JUNG, A.H.; SILVA, S.J.P.; RIBAS, G.G. Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. *Ciência Rural*, 41: 1689-1694, 2011.
- DEVINE, G.J. & FURLONG, M.J. Insecticide use: contexts and ecological consequences. *Agriculture and Human Values*, 24: 281-306, 2007.
- DÍAZ, A.E. & SOLIS, M.A. A new species and species distribution records of *Neoleucinodes* (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae) from Colombia feeding on *Solanum* sp. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 109: 897-908, 2007.
- DÍAZ, A.E.; SOLIS, M.A.; BROCHERO, H. Distribución geográfica de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 37: 71-76, 2011.
- DÍAZ-MONTILLA, A.E.; SOLIS, M.A.; KONDO, T. The tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), an insect pest of neotropical Solanaceous fruits. *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*, 3: 137-159, 2013.

- DÍAZ-MONTILLA, A.E., SUÁREZ-BARÓN, H.G., GALLEGOS-SÁNCHEZ, G., SALDAMANDO-BENJUMEA, C.I.; TOHME, J. Geographic differentiation of Colombian *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) haplotypes: evidence for Solanaceae host plant association and Holdridge life zones for genetic differentiation. *Annals of the Entomological Society of America*, 106: 586-597, 2013.
- DÍAZ-MONTILLA, A.E.; GONZÁLEZ, R. SOLIS, A; SALDAMANDO-BENJUMEA, C.I. Evidence of sexual selection in *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae): correlation of female moth genitalia and Solanaceae host fruit size. *Annals of the Entomological Society of America*, 108: 272-281, 2015.
- DIDONET, J.; SARMENTO, R.A.; AGUIAR, R.W.S.; SANTOS, G.R.; ERASMO, E.A.L. Abundância de pragas e inimigos naturais em soja na região de Gurupi, Brasil. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia*, 69: 50-57, 2003.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V.; PERECIN, D. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. *Bragantia*, 70: 577-585, 2011.
- DIONÍSIO, L.F.S.; LIMA, A.C.S.; MORAIS, E.G.F.; CORREIA, R.G.; SANTOS, A.V.F.; XIMENES, C.K.S. Distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantio de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) em Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line*, 9: 327-336, 2015.
- DOWNES, S.; KRITICOS, D.; PARRY, H.; PAULL, C.; SCHELLHORN, N.; ZALUCKI, M.P. A perspective on management of *Helicoverpa armigera*: transgenic Bt cotton, IPM, and landscapes. *Pest Management Science*, 73: 485-492, 2017.
- DUARTE, F.; CALVO, M.V.; BORGES, A.; SCATONI, I.B. Geostatistics and geographic information systems to study the spatial distribution of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in peach fields. *Neotropical Entomology*, 44: 319-327, 2015.

- EIRAS, A. Calling behaviour and evaluation of sex pheromone glands extract of *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae) in wind tunnel. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29: 453-460, 2000.
- EIRAS, A.E. & BLACKMER, J.L. Eclosion time and larval behavior of the tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Scientia Agricola*, 60: 195-197, 2003.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manejo de insetos-praga. *Sistemas de produção/Embrapa Soja*, 11: 145-167, 2006.
- FARIAS, P.R.S. A geoestatística e a agricultura de precisão como ferramenta no controle de pragas e doenças. In: ROBERTO, S.R. & RALISCH, R. (Eds.) *V Mostra acadêmica de trabalhos de agronomia*, p. 9-18, 2001.
- FARIAS, P.R.S.; NOCITI, L.A.S.; BARBOSA, J.C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares de cítricos usando geoestatística. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25: 235-241, 2003.
- FARIAS, P.R.S.; HARADA, A.Y.; FILGUEIRAS, C.C.; LIMA, B.G.; SALES, T.M.; SILVA, A.G.; SOUZA, B.H.S. Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. *Insectes Sociaux*, 65: 345-350, 2018.
- FARROW, R.A. & DALY, L.C. Long-range movements as an adaptive strategy in the genus *Heliothis* (Lepidoptera, Noctuidae): a review of its occurrence and detection in four pest species. *Australian Journal of Zoology*, 35: 1-24, 1987.
- FENG, H.Q.; WU, K.M.; CHENG, D.F.; GUO, Y.Y. Northward migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and other moths in early summer observed with radar in northern China. *Journal of Economic Entomology*, 97: 1874-1883, 2004.

- FENG, H.Q.; WU, K.M.; NI, Y.X.; CHENG, D.F.; GUO, Y.Y. 2005. Return migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) during autumn in northern China. *Bulletin of Entomological Research*, 95: 361-370, 2005.
- FENG, H.Q.; WU, X.F.; WU, B.; WU, K.M. Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea. *Journal of Economic Entomology*, 102: 95-104, 2009.
- FERNANDES, F.L.; PICANÇO, M.C.; FERNANDES, M.E.S.; CHEDIAK, M.; TOMÉ, H.V.V.; GONTIJO, P.C. Impacto de inseticidas e acaricidas sobre organismos não alvos. In: ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A., JESUS JÚNIOR, W.C. (Eds.) *Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas)*. p. 575-606, 2008.
- FITT, G. P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Annual Review of Entomology*, 34: 17-52, 1989.
- FORNAZIER, M.J.; PRATISSOLI, D.; MARTINS, D.S. Principais pragas da cultura do tomateiro estaqueado na região das montanhas do Espírito Santo. In: INCAPER. *Tomate*. p. 185-226, 2010.
- FRANÇA, S.M.; OLIVEIRA, J.V.; BADJI, C.A.; GUEDES, C.A.; DUARTE, B.L.R.; BREDA, M.O. Integrated management of tomato fruit borer (*Neoleucinodes elegantalis*). *African Journal of Agricultural Research*, 10: 4561-4569, 2015.
- GILES, K.L.; ROYER, T.A.; ELLIOT, N.C.; KINDLER, S.D. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greenbug (Homoptera: Aplanidae) infesting winter wheat in the southern plains. *Journal of Economic Entomology*, 93: 1522-1530, 2000.
- GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-817, 2010.

GOLDEN SOFTWARE. Surfer. Surface Mapping System. Versão 11.0, 2012.

GRAVENA, S. & BENVENGA, S.R. Manual prático para manejo de pragas do tomate. 143 p, 2003.

GREGG, P.C.; FITT, G.P.; ZALUCKI, M.P.; MURRAY, D.A.H. 1995. Insect migration in an arid continent. II. *Helicoverpa* spp. in eastern Australia. In: DRAKE, V.A. & GATEHOUSE, A.G. (Eds.) Insect Migration: Tracking resources through space and time. pp. 151-72, 1995.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R.; LOURENÇÃO, A.L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* Franclemont in triticales under no-till management. *Scientia Agricola*, 63: 321-327, 2006.

GUERRA, P.A.G. Geoestatística operacional. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1988.

GUMPRECHT, D.; MULLER, W.G.; RODRIGUEZ-DIAZ, J.M. Designs for detecting spatial dependence. *Geographical Analysis*, 41: 127-143, 2009.

HOFFMANN, M.P.; WILSON, L.T.; ZALOM, F.G.; HILTON, R.J. Dynamic sequential sampling plan for *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in processing tomatoes: parasitism and temporal patterns. *Environmental Entomology*, 20: 1005-1012, 1991.

HOLLAND, R.A.; WIKELSKI, M.; WILCOVE, D.S. How and why do insects migrate? *Science*, 313: 794-796, 2006.

ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. 561 p., New York, 1989.

IVES, A.R. & ANDOW, D.A. Evolution of resistance to Bt crops: directional selection in structured environments. *Ecology Letters*, 5: 792-801, 2002.

- JAKOB, A.A.E. Kriging demographic variables in order to look for trends in the spatial distribution of population. Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, 2002.
- JESUS, C.R.; REDAELLI, L.R.; ROMANOWSKI, H.P. Population dynamics and spatial distribution of *Spartocera dentiventris* (Berg) (Hemiptera: Coreidae) adults on *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae). *Neotropical Entomology*, 31: 541-549, 2002.
- JONES, C.M.; PARRY, H.; TAY, W.T.; REYNOLDS, D.R.; CHAPMAN, J.W. Movement ecology of pest *Helicoverpa*: implications for ongoing spread. *Annual Review of Entomology*, 64: 1-19, 2018.
- JORDÃO, A.L. & NAKANO, O. Ensacamento de frutos do tomateiro visando ao controle de pragas e à redução de defensivos. *Scientia Agricola*, 59: 281-289, 2002.
- KAKIMOTO, T.; FUJISAKI, K.; MIYATAKE, T. Egg laying preference, larval dispersion, and cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 96: 793-798, 2003.
- KNUDSEN, G.R.; SCHOTZKO, D.J.; KRAG, C.R. Fungal entomopathogen effect on numbers and spatial patterns of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on preferred and nonpreferred host plants. *Environmental Entomology*, 23: 1558-1567, 1994.
- KRITICOS, D.J.; OTA, N.; HUTCHISON, W.D.; BEDDOW, J.; WALSH, T.; TAY, W.T.; BORCHERT, D.M.; PAULA-MORAES, S.V.; CZEPAK, C.; ZALUCKI, M.P. The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: Is it just a matter of time? *PLOS ONE*, 10: e0133224, 2015.
- LAVERGNE, S.; MOUQUET, N.; THUILLER, W.; RONCE, O. Biodiversity and climate change: integrating evolutionary and ecological responses of species and

communities. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 41: 321-350, 2010.

LEBEDENCO, A.; AUAD, A.M.; KRONKA, S.N. Métodos de controle de lepidópteros na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Scientiarum Agronomy*, 29: 339-344, 2007.

LIEBHOLD, A.M.; ROSSI, R.E.; KEMP, W.P. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. *Annual Review of Entomology*, 38: 303-327, 1993.

LIU, Z.D.; SCHEIRS, J.; HECKEL, D.G. Host plant flowering increases both adult oviposition preference and larval performance of a generalist herbivore. *Environmental Entomology*, 39: 552-560, 2010.

MARCANO, R.V. Estudio de la biología y algunos aspectos del comportamiento del perforador del fruto del tomate *Neoleucinoides elegantis* (Lepidoptera: Pyralidae) em tomate. *Agronomía Tropical*, 41: 257-263, 1991.

MARSARO JUNIOR, A.L.; PEREIRA, P.R.V.S.; SILVA, W.R.; GRIFFEL, S.C.P. Flutuação populacional de insetos-praga na cultura da soja no Estado de Roraima. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias Ambientais*, 8: 71-76, 2010.

MARTINS, J.C., PICANÇO, M.C.; GONRING, A.H.; GALDINO, T.V.; GUEDES, R.N. Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Management Science*, 74: 30-36, 2018.

MASTRANGELO, T.; PAULO, D.F.; BERGAMO, L.W.; MORAIS, E.G.F.; SILVA, M.
BEZERRA-SILVA, G.; AZEREDO-ESPIN, A.M.L. Detection and genetic diversity of a Heliothine invader (Lepidoptera: Noctuidae) from north and northeast of Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 107: 970-980, 2014.

- MICHEL, L.; BRUN, F.; MAKOWSKI, D. A framework based on generalised linear mixed models for analysing pest and disease surveys. *Crop Protection*, 94: 1-12, 2017.
- MIRANDA, M., PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. *Ciência Rural*, 35: 204-208, 2005.
- MORAES, C.P. & FOERSTER, L.A. Development and reproduction of *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) on tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *Revista Colombiana de Entomología*, 40: 40-43, 2014.
- MUÑOZ, L.E.; SERRANO, A.P.; PULIDO, J.I.; DE LA CRUZ, J.L. Ciclo de vida y enemigos naturales de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) pasador del fruto del lulo *Solanum quitoense* Lam. en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 41: 99-104, 1991.
- NESTEL, D. & KLEIN, M. Geostatistical analysis of leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) colonization and spread in deciduous orchards. *Environmental Entomology*, 24: 1032-1039, 1995.
- NUNES, M.U.C. & LEAL, M.L.S. Efeitos da aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos, no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. *Horticultura Brasileira*, 19: 53-59, 2001.
- OLIVEIRA, F.J.; SILVA, F.P.R.; SILVA, A.G.; RODRIGUES, K.C.V.; ARAÚJO, F.C.B. Distribuição espacial da leprose dos citros na Amazônia Oriental. *Revista Ciência Agronômica*, 47: 56-68, 2016.
- PARRY, H.R.; PAULL, C.A.; ZALUCKI, M.P.; IVES, A.R.; HULTHEN, A.; SCHELLHORN, N.A. Estimating the landscape distribution of eggs by *Helicoverpa* spp., with implications for Bt resistance management. *Ecological Modelling*, 365: 129-140, 2017.

- PEDGLEY, D.E. Windborne migration in the Middle East by the moth *Heliothis armigera* (Lepidoptera, Noctuidae). *Ecological Entomology*, 11: 467-470, 1986.
- PEREIRA, R.M.; GALDINO, T.V.S.; RODRIGUES-SILVA, N.; SILVA, R.S., SOUZA, T.C.; PICANÇO, M.C. Spatial distribution of beetle attack and its association with mango sudden decline: an investigation using geostatistical tools. *Pest Management Science*, 1:1-20, 2018.
- PERKINS, L.E.; CRIBB, B.W.; HANAN, J.; GLAZE, E.; BEVERIDGE, C.; ZALUCKI, M.P. Where to from here? The mechanisms enabling the movement of first instar caterpillars on whole plants using *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Arthropod Plant Interactions*, 2: 197-207, 2008.
- PERKINS, L.E.; CRIBB, B.W.; HANAN, J.; ZALUCKI, M.P. The role of two plant-derived volatiles in the foraging movement of 1st instar *Helicoverpa armigera* (Hübner): time to stop and smell the flowers. *Arthropod Plant Interactions*, 3: 173-179, 2009.
- PERKINS, L.E.; CRIBB, B.W.; HANAN, J.; ZALUCKI, M.P. The movement and distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) larvae on pea plants is affected by egg placement and flowering. *Bulletin of Entomological Research*, 100: 591-598, 2010.
- PICANÇO, M.C.; BACCI, L.; CRESPO, A.L.B.; MIRANDA, M.M.M.; MARTINS, J.C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 9: 327-335, 2007.
- PRATISSOLI, D. & CARVALHO, J.R. Guia de campo: Pragas da cultura do tomateiro. 35 p., 2015.

- PRATISSOLI, D.; LIMA, V.L.; PIROVANI, V.D.; LIMA, W.L. Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. *Horticultura Brasileira*, 33: 101-105, 2015.
- RIJAL, J.P.; WILSON, R.; GODGREY, L.D. Characterization of spatial distribution of *Tetranychus urticae* in peppermint in California and implication for improving sampling plan. *Experimental Applied Acarology*, 68: 155-171, 2016.
- RODRIGUES FILHO, I.L.; MARCHIOR, L.C.; SILVA, L.V. Análise da oviposição de *Neoleucinodes elegantalis* (Gene, 1854) (Lepidoptera: Crambidae) para subsidiar estratégia de manejo. *Agronomía*, 37: 23-26, 2003.
- ROCHESTER, W.A.; DILLON, M.L.; FITT, G.P.; ZALUCKI, M.P. A simulation model of the long-distance migration of *Helicoverpa* spp. moths. *Ecological Modelling*, 86: 151-156, 1996.
- ROGERS, C.D.; GUIMARÃES, R.M.L.; EVANS, K.A.; ROGERS, S.A. Spatial and temporal analysis of wheat bulb fly (*Delia coarctata*, Fallén) oviposition: consequences for pest population monitoring. *Journal of Pest Science*, 88: 75-86, 2014.
- SALAS, J.; ALVAREZ, C.; PARRA, A. Contribución al conocimiento de la ecología del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Pyraustidae). *Agronomía Tropical*, 41: 275-283, 1991.
- SANTOS, K.B.; MENEGUIM, A.M.; NEVEZ, P.M.O.J. Biología de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. *Neotropical Entomology*, 34: 903-910, 2005.
- SHELLHORN, N.A.; PARRY, H.R.; MACFADYEN, S.; WANG, Y.M.; ZALUCKI, M.P. Connecting scales: achieving in-field pest control from areawide and landscape ecology studies. *Insect Science*, 22: 35-51, 2015.

- SILVA, A.C. & CARVALHO, G.A. Manejo integrado de pragas. In: ALVARENGA, M.A.R. (Ed.) Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. p. 309-366, 2004.
- SILVA, G.A.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L., CRESPO, A.L.B.; ROSADO, J.F.; GUEDES, R.N.C. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, 67: 913-920, 2011.
- SILVA, R.S.; KUMAR, L.; SHABANI, F.; PICANÇO, M.C. Potential risk levels of invasive *Neoleucinodes elegantalis* (small tomato borer) in areas optimal for open-field *Solanum lycopersicum* (tomato) cultivation in the present and under predicted climate change. *Pest Management Science*, 73: 616-627, 2016.
- SILVA, C.J.; TORRES, D.F.M.; VENTURINO, E. Optimal spraying in biological control of pests. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, 12: 51-64, 2017.
- SILVA, E.M.; SILVA, R.S.; SILVA, L.J.; GONTIJO, P.C.; GALDINO, T.V.S.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L. Seasons of the year affect critical stage and key mortality factors for *Neoleucinodes elegantalis* in open field tomatoes. *Annals of Applied Biology*, 1: 1-9, 2018.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S.V.; LOPES-LIMA, A.; YANO, S.A.C.; MICHELIA, A.; MORAIS, E.G.F.; GALLO, P.; PEREIRA, P.R.V.S.; SALVADOR, J.R.; BOTTON, M.; ZENKERH, M.M.; AZEVEDO-FILHO, W.S. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliiothinae) in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 60: 101-104, 2016.
- STINNER, R.E.; BARFIELD, C.S.; STIMAC, J.L.; DHOSE, L. Dispersal and movement of insect pests. *Annual Review of Entomology*, 28: 319-335, 1983.
- TAY, W.T.; WALSH, T.K.; DOWNES, S.; ANDERSON, C.; JERMIIN, L.S.; WONG, T.K.F.; PIPER, M.C.; CHANG, E.S.; MACEDO, I.B.; CZEPAK, C.; BEHERE,

- G.T.; SILVIE, P.; SORIA, M.F.; FRAYSSINET, M.; GORDON, K.H.J. Mitochondrial DNA and trade data support multiple origins of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae) in Brazil. *Scientific Reports*, 7: 1-10, 2017.
- TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distribution of insects populations. *Annual Review of Entomology*, 29: 321-357, 1984.
- TOLEDO, A.A. Contribuição para o estudo de *Leucinodes elegantalis* Guén., praga do tomate. *O Biológico*, 14: 103-108, 1948.
- VERAN, S.; SIMPSON, S.J.; SWORD, G.A.; DEVESON, E.; PIRY, S.; HINES, J.E.; BERTHIER, K. Modeling spatio-temporal dynamics of outbreaking species: influence of environment and migration in a locust. *Ecology*, 96: 737-748, 2015.
- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51: 1-75, 1983.
- WILLE, A. The phylogeny and relationships between the insect orders. *Revista de Biología Tropical*, 50: 735-766, 2002.
- WRIGHT, R.J.; DEVRIES, T.A.; YOUNG, L.J.; JARVI, K.J.; SEYMOUR, R.C. Geostatistical analysis of the small-scale distribution of european corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. *Environmental Entomology*, 31: 160-167, 2002.
- WYCKHUYS, K.A.G; LU, Y.; MORALES, H.; VAZQUEZ, L.L.; LEGASPI, J.C.; ELIOPOULOS, P.A.; HERNANDEZ, L.M. Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. *Biological Control*, 65: 152-167, 2013.
- ZALUCKI, M.P.; DAGLISH, G.; FIREMPONG, S.; TWINE, P. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren

(Lepidoptera, Noctuidae) in Australia - What do we know? Australian Journal of Zoology, 34: 779-814, 1986.

ZEIST, A.R.; SILVA, A.A.; RESENDE, J.T.V.; MALUF, W.R.; GABRIEL, A.; ZANIN, D.S.; GUERRA, E.P. Tomato breeding for insect-pest resistance. In: NYAKU, S.T. (Ed.) Recent advances in tomato breeding and production. InTech Open Science, 1: 79-88, 2018.

ZUCCHI, RA; NETO, S.S.; NAKANO, O. Guia de identificação de pragas agrícolas. 139 p., 1993.

ZULIN, D.; ÁVILA, C.J.; SCHLICK-SOUZA, E.C. Population fluctuation and vertical distribution of the soybean looper (*Chrysodeixis includens*) in soybean culture. American Journal of Plant Sciences, 9: 1544-1556, 2018.

CAPÍTULO II: UNIDADE AMOSTRAL DE LEPIDÓPTEROS BROQUEADORES EM TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum*)

RESUMO - O emprego de técnicas de manejo pode beneficiar o sistema produtivo do tomate (*Solanum lycopersicum*) pela redução do uso de agrotóxicos. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) busca preservar os fatores de mortalidade natural das pragas por meio de táticas de controle adotadas somente, e sempre que, uma praga estiver numa densidade populacional capaz de levar o cultivo à nível de dano econômico. As tomadas de decisão nesse sistema são pautadas no monitoramento das lavouras, realizado por meio de amostragens. A determinação da unidade amostral é essencial para o desenvolvimento do plano de amostragem, pois é o local no qual melhor se estima a densidade populacional de uma praga. Objetivou-se determinar a melhor unidade amostral para monitorar os lepidópteros broqueadores *Helicoverpa* spp., *Neoleucinodes elegantalis* e *Chrysodeixis includens* em plantios comerciais de tomateiro em Rio Paranaíba, MG. Nas plantas avaliadas cada cacho foi considerado um ponto amostral, dos quais se obtiveram dados, por meio da técnica de contagem direta, das densidades médias de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., frutos broqueados por *N. elegantalis*, frutos broqueados por *C. includens*, lagartas de *Helicoverpa* spp., lagartas de *N. elegantalis*, ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. e massas de ovos de *N. elegantalis*. A determinação da melhor unidade amostral foi realizada por meio de análises de regressão linear entre as densidades totais da planta (variável dependente) e as densidades parciais de cada cacho (variável independente), sendo que os modelos selecionados para compor a unidade amostral foram os significativos a 5% e com o maior coeficiente angular. A maior densidade de frutos broqueados foi causada por *Helicoverpa* spp., sendo que os maiores ataques aconteceram em plantas com três e seis cachos. Apenas para essa variável houve ajuste dos dados à regressão linear para todas as plantas com diferentes quantidades de cachos. A determinação da melhor unidade amostral de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. foi o cacho da terceira posição para a maioria dos casos. Para a variável ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. apenas plantas com três cachos tiveram os dados ajustados à regressão, tendo sido o cacho da terceira posição definido como a melhor unidade amostral.

Palavras-chave: monitoramento, amostragem, densidade populacional.

CHAPTER II: UNIT SAMPLING OF BORER LEPIDOPTERAN IN TOMATO (*Solanum lycopersicum*)

ABSTRACT - The use of management techniques can benefit the tomato (*Solanum lycopersicum*) production system by reducing the use of agrochemicals. The Integrated Pest Management (IPM) seeks to preserve the natural mortality factors of pests by means of control tactics adopted only, and whenever a pest is in a population density capable of bringing the crop to the level of economic damage. The decision-making in this system is based on the monitoring of the crops, carried out by means of samplings. The determination of the unit sampling is essential for the development of the sampling plan, since it is the place where the population density of a pest is best estimated. The aim of this study was to determine the best unit sampling to monitor the fruit borer lepidopteran *Helicoverpa* spp., *Neoleucinodes elegantalis* and *Chrysodeixis includens* in commercial tomato crops in Rio Paranaíba, MG. In the evaluated plants, each cluster was considered a sampling point, from which data were obtained by the direct counting technique, of the density means of fruits bored by *Helicoverpa* spp., fruits bored by *N. elegantalis*, fruits bored by *C. includens*, *Helicoverpa* spp. caterpillars, *N. elegantalis* caterpillars, eggs of *C. includens* + *Helicoverpa* spp. and egg masses of *N. elegantalis*. The determination of the best unit sampling was performed through linear regression analysis between total plant densities (dependent variable) and the partial densities of each cluster (independent variable), and the models selected to compose the unit sampling were significant to 5% and with the highest angular coefficient. The highest density of bored fruits was caused by *Helicoverpa* spp., with the largest attacks occurring in plants with three and six clusters. Only for this variable there was adjustment of the data to the linear regression for all plants with different amounts of clusters. The determination of the best unit sampling for fruits bored by *Helicoverpa* spp. was the cluster at the third position for most cases. For the variable eggs of *C. includens* + *Helicoverpa* spp. only plants with three clusters had the data adjusted to the regression, being the cluster at the third position defined as the best unit sampling.

Keywords: monitoring, sampling, population density.

2.1. INTRODUÇÃO

O controle de lepidópteros, principalmente broqueadores, é difícil por estes serem a maioria polívoros, viverem no interior dos frutos na maior parte do ciclo de vida, apresentarem resistência à inseticidas e possuírem alto potencial reprodutivo (Lebedenco et al., 2007; Guedes & Picanço, 2012, Díaz-Montilla, 2013). Dos métodos de controle, o químico, por meio do uso de inseticidas, é o mais utilizado (Zeist et al., 2018).

O tomate (*S. lycopersicum*) ainda é referido como uma das hortaliças com as maiores taxas de contaminação e residuais químicos (Picanço et al., 1997). A crescente busca por alimentos mais saudáveis implica no desenvolvimento e utilização de técnicas de manejo que visem reduzir o número de aplicações de inseticidas e maximizar seus efeitos (França et al., 2015). A adoção do sistema convencional traz problemas econômicos aos produtores, por pulverizarem em excesso e na hora errada (Pedigo & Rice, 2006; Fernandes et al., 2018). Há relatos de lavouras de tomate nas quais foram realizadas até 36 aplicações de inseticidas por cultivo com o intuito de controlar apenas *N. elegantalis* (Guedes et al., 1994; Picanço et al., 1997).

O emprego de técnicas de manejo pode beneficiar o sistema produtivo do tomate pela redução do uso de agrotóxicos, sendo que aproximadamente 17% do seu custo total de produção é atribuído ao controle de pragas e doenças (Sinigaglia et al., 2000; Haji et al., 2004). No ano de 2005 já haviam cerca de 120 inseticidas registrados para o tomateiro no Brasil, sendo que somente para o controle de *N. elegantalis* eram 102 (Miranda et al., 2005; MAPA, 2016). Reduções de aproximadamente 90% no número de aplicações de inseticidas com a adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP) são relatadas em cultivos de tomate, com produtividades similares às obtidas pelo manejo tradicional e com aumento significativo no número de espécies de inimigos naturais (Imenes et al., 1992; Trumble & Alvarado-Rodriguez, 1993).

O MIP busca preservar os fatores de mortalidade natural das pragas por meio de táticas de controle baseadas em parâmetros técnicos, econômicos e ecológicos, de forma a reduzir seu status a níveis toleráveis, sendo adotadas somente, e sempre que, uma praga estiver numa densidade populacional capaz de levar o cultivo à nível de dano econômico (Stern et al., 1959; Pedigo & Rice, 2006). As tomadas de decisão nesse sistema são pautadas no monitoramento das lavouras, nas análises de risco ambiental e no custo-benefício (Hagstrum & Flinn, 1996).

O monitoramento das pragas para a determinação de distribuição geográfica, intensidade de ataque, nível de controle e melhor momento de intervir deve ser feito por meio de amostragens e os resultados comparados à índices de tomada de decisão (Nault & Kennedy, 1996; Bastos et al., 2006; Pedigo & Rice, 2006; Silva et al., 2017). Um plano de amostragem praticável deve possibilitar tomada de decisão rápida e de baixo custo, além de não comprometer a disponibilidade de mão de obra para outras práticas culturais (Gusmão et al., 2005).

A amostragem de broqueadores de frutos é feita pela avaliação das porcentagens de frutos atacados, sendo que nesse caso o limiar de ação no MIP para o tomateiro é de 5% de ataque (Picanço et al., 2000). O uso de amostragem pode reduzir em até mais de 70% os custos de aplicação na cultura do tomate, com eficácia no controle, além de alcançar menores níveis de contaminação ambiental e preservar os inimigos naturais (Miranda et al., 2005; Gusmão et al., 2006; Picanço et al., 2007).

A determinação da unidade amostral é essencial para o desenvolvimento de um plano de amostragem, pois é o local no qual melhor se estima a densidade populacional de uma praga, de forma a dar subsídio para tomada de decisão eficiente e de baixo custo (Costa & Link, 1980; Gusmão et al., 2005; Pedigo & Rice, 2006). Por ser impraticável a contagem de todos os insetos numa área, um grupo de tais unidades, denominado amostra, é utilizado para caracterizar a população como um todo e fazer estimativas (Bastos et al., 2006; Pedigo & Rice, 2006). A unidade amostral varia em função da técnica amostral utilizada e da espécie a ser amostrada (Bastos et al., 2006). Khaing et al. (2002) utilizaram dados de distribuição espacial de *H. armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) para determinar o tamanho ideal das amostras a serem utilizadas no monitoramento da praga, sob altos e baixos níveis de agregação.

Considerando a importância do desenvolvimento de métodos de amostragem para programas de manejo de pragas, objetivou-se determinar a melhor unidade amostral para monitorar os lepidópteros broqueadores *Helicoverpa* spp., *N. elegantalis* e *C. includens* em plantios comerciais de tomateiro *S. lycopersicum*.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de maio/2015 a outubro/2015 em três lavouras comerciais de tomate *S. lycopersicum* localizadas no município de Rio Paranaíba, MG, mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, a 1.080 m de altitude. As lavouras

de tomate foram todas da cultivar Santini, sendo a primeira com 2 ha localizada a 19°14'07" S e 46°12'15" O, a segunda com 3,5 ha a 19°14'59" S e 46°10'52" O e a terceira com 3,2 ha a 19°15'42" S e 46°10'50" O. As lavouras apresentavam espaçamento de 2,0 m x 0,60 m. As lavouras foram avaliadas em diferentes estádios, ou, fases fenológicas.

O caminhamento utilizado para a coleta dos dados foi em pontos equidistantes, o que permitiu melhor cobertura da área impedindo que houvesse tendências direcionais na amostragem (Bacci et al., 2006). As plantas foram avaliadas e cada cacho foi considerado um ponto amostral, dos quais se obtiveram dados, por meio da técnica de contagem direta, das densidades médias das seguintes variáveis: frutos broqueados por *Helicoverpa* spp., frutos broqueados por *N. elegantalis*, frutos broqueados por *C. includens*, lagartas de *Helicoverpa* spp., lagartas de *N. elegantalis*, ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. e massas de ovos de *N. elegantalis*. Não foi realizada a contagem direta para a variável densidade de lagartas de *C. includens* nos frutos avaliados em razão do seu hábito de migração, com rápida locomoção nas áreas. No entanto, o aspecto do broqueamento causado por esta espécie é de fácil identificação e diferenciação dos orifícios provocados por entrada e saída das lagartas das demais espécies. Os ovos de *C. includens* e *Helicoverpa* spp. são semelhantes, não sendo possível a identificação dos ovos de cada espécie em observações a campo, portanto para essa variável, utilizou-se a soma total de ovos de ambas.

As plantas foram separadas em relação ao número de cachos totais existentes, possibilitando a avaliação da melhor unidade amostral para cada estágio fenológico da cultura (plantas com três cachos, plantas com quatro cachos, plantas com cinco cachos, plantas com seis cachos, plantas com sete cachos, plantas com oito cachos, plantas com nove cachos e plantas com 11 cachos). Os cachos foram “enumerados” em ordem crescente de acordo com a disposição na planta (da base para o ápice), bem como os frutos (do interior para o exterior). Foram avaliados todos os cachos das plantas e todos os frutos de cada cacho, de forma a se obter o senso da planta toda.

A determinação da melhor unidade amostral foi realizada por meio de análises de regressão linear entre as densidades totais da planta (variável dependente) e as densidades parciais de cada cacho (variável independente) (Podoler & Rogers, 1975), seguindo procedimento do SAS (2006), Proc Reg. Os modelos selecionados para compor a unidade amostral foram os significativos a 5% e com o maior coeficiente angular.

2.3. RESULTADOS

Na soma das três lavouras foram contabilizadas 174 plantas avaliadas com diferentes quantidades de cachos, variando de três a 11 cachos por planta, com exceção de plantas com dez cachos, que não foram encontradas nas lavouras de acordo com a amostragem realizada. Em relação aos frutos foram avaliados um total de 4.472 de 829 cachos de tomate (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidades de plantas, cachos e frutos avaliados em lavoura de tomate *S. lycopersicum*. Rio Paranaíba, MG, 2015.

Quantidade de cachos nas plantas	Total de plantas avaliadas	Total de cachos (cachos x plantas)	Total de frutos avaliados
3	69	207	1.290
4	32	128	776
5	14	70	399
6	25	150	821
7	11	77	322
8	16	128	588
9	4	36	143
10	-	-	-
11	3	33	133
	174	829	4.472

O símbolo de hífen (-) indica que não foram encontradas plantas com 10 cachos.

A maior densidade de frutos broqueados na cultura do tomate foi causada por *Helicoverpa* spp., totalizando 530 frutos broqueados, sendo que os maiores ataques aconteceram em plantas com três e seis cachos, com médias de 0,32 e 0,22 fruto broqueado, respectivamente, em relação ao total para a espécie. A densidade de frutos broqueados por *N. elegantalis* foi baixa, sendo que a maior média foi observada em plantas de quatro cachos, com diferença acentuada das demais. Não observou-se nenhum fruto broqueado por *C. includens*, tampouco a presença de lagartas de *N. elegantalis* e suas massas de ovos (Tabela 2).

Para a variável número de lagartas de *Helicoverpa* spp., apesar da grande diferença em relação ao total de frutos broqueados pela praga, as plantas com três e seis cachos foram as que apresentaram as maiores densidades, ambas com médias de 0,43 lagarta por planta em relação ao total de lagartas *Helicoverpa* spp., sendo que na maioria das demais plantas não foram averiguadas sua presença. Avaliando-se a densidade de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. notou-se que a maior densidade

média (0,71) foi encontrada em plantas com três cachos, sendo que plantas com sete cachos ou mais não tiveram ovos depositados sobre elas (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidades de cachos, frutos broqueados, lagartas e ovos/massas de ovos de lepidópteros broqueadores e suas densidades médias avaliadas em lavoura de tomate *S. lycopersicum*. Rio Paranaíba, MG, 2015.

Quantidade de cachos nas plantas	Número de frutos broqueados por <i>Helicoverpa</i> spp. ($\bar{x}$)	Número de frutos broqueados por <i>N. elegantalis</i> ($\bar{x}$)	Número de frutos broqueados por <i>C. includens</i> ($\bar{x}$)	Número de lagartas de <i>Helicoverpa</i> spp. ($\bar{x}$)	Número de lagartas de <i>N. elegantalis</i> ($\bar{x}$)	Ovos de <i>C. includens</i> + <i>Helicoverpa</i> spp. ($\bar{x}$)	Massas de ovos de <i>N. elegantalis</i> ($\bar{x}$)
3	168 (0,32)	0 (0,00)	0 (0,00)	3 (0,43)	0 (0,00)	10 (0,71)	0 (0,00)
4	25 (0,05)	8 (0,61)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	3 (0,21)	0 (0,00)
5	27 (0,05)	3 (0,23)	0 (0,00)	1 (0,14)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
6	115 (0,22)	2 (0,15)	0 (0,00)	3 (0,43)	0 (0,00)	1 (0,07)	0 (0,00)
7	88 (0,17)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
8	49 (0,09)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
9	37 (0,07)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
11	21 (0,04)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
Geral	530	13	0	7	0	14	0

($\bar{x}$) média: valor da variável dividido pelo valor geral

Em plantas de três cachos, a maior porcentagem de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. em relação ao total de cada cacho, foi no terceiro cacho, com 18,1%. Do mesmo modo, para a mesma variável, em plantas de quatro cachos o mais atacado foi o terceiro cacho (6%), em plantas de cinco cachos foi o primeiro (16,4%), em plantas de seis cachos foi o terceiro (21,8%), em plantas de sete cachos foi o sexto (61,2%), em plantas de oito cachos foi o segundo (18,0%), em plantas de nove cachos foi o quinto (58,3%) e em plantas de 11 cachos foi o nono (42,9%) (Tabela 3). As densidades médias de frutos broqueados por *N. elegantalis*, apesar de baixas, foram encontradas em apenas um dos cachos para plantas com diferentes quantidades de cachos, se mantendo do primeiro ao terceiro cacho naquelas que sofreram o ataque. Avaliando-se lagartas de *Helicoverpa* spp. e ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. em plantas de três cachos, foram relatadas densidades ocorrendo tanto no segundo quanto no terceiro cacho, sendo que as maiores médias para ambas foram obtidas nos terceiros cachos (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidades de frutos broqueados, lagartas e ovos/massas de ovos de lepidópteros broqueadores e suas porcentagens avaliadas nas posições dos cachos em lavoura de tomate *S. lycopersicum*. Rio Paranaíba, MG, 2015.

Posição do cacho	Total de frutos	Frutos broqueados por <i>Helicoverpa</i> spp. (%)	Frutos broqueados por <i>N. elegantalis</i> (%)	Frutos broqueados por <i>C. includens</i> (%)	Lagartas de <i>Helicoverpa</i> spp. (%)	Lagartas de <i>N. elegantalis</i> (%)	Ovos de <i>C. includens</i> + <i>Helicoverpa</i> spp. (%)	Massas de ovos de <i>N. elegantalis</i> (%)
1º	433	22 (5,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2º	426	68 (16,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,2)	0 (0,0)	1 (0,2)	0 (0,0)
3º	431	78 (18,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (0,5)	0 (0,0)	9 (2,1)	0 (0,0)
Geral	1290	168 (13,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,2)	0 (0,0)	10 (0,8)	0 (0,0)
1º	185	1 (0,5)	8 (4,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2º	201	5 (2,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3º	198	12 (6,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (1,5)	0 (0,0)
4º	192	7 (3,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Geral	776	25 (3,2)	8 (1,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,4)	0 (0,0)
1º	61	10 (16,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2º	78	6 (7,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3º	91	7 (7,7)	3 (3,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
4º	90	1 (1,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
5º	79	3 (3,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (1,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Geral	399	27 (6,7)	3 (0,7)	0 (0,0)	1 (0,2)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1º	116	10 (8,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2º	127	7 (5,5)	2 (1,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3º	138	30 (21,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
4º	144	24 (16,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
5º	154	16 (10,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,6)	0 (0,0)
6º	142	28 (19,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (1,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Geral	821	115 (14,0)	2 (0,2)	0 (0,0)	3 (0,4)	0 (0,0)	1 (0,1)	0 (0,0)
1º	27	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2º	44	1 (2,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3º	43	14 (32,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
4º	46	17 (37,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
5º	63	22 (34,9)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
6º	49	30 (61,2)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
7º	50	4 (8,00)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Geral	322	88 (27,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1º	54	5 (9,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2º	61	11 (18,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3º	79	3 (3,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
4º	80	4 (5,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
5º	86	9 (10,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
6º	79	5 (6,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
7º	83	6 (7,2)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
8º	66	6 (9,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Geral	588	49 (8,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)

Continua...

Tabela 3. Continuação

Posição do cacho	Total de frutos	Frutos broqueados por <i>Helicoverpa</i> spp. (%)	Frutos broqueados por <i>N. elegantalis</i> (%)	Frutos broqueados por <i>C. includens</i> (%)	Lagartas de <i>Helicoverpa</i> spp. (%)	Lagartas de <i>N. elegantalis</i> (%)	Ovos de <i>C. includens</i> + <i>Helicoverpa</i> spp. (%)	Massas de ovos de <i>N. elegantalis</i> (%)
1°	9	3 (33,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2°	14	4 (28,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3°	10	4 (40,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
4°	14	1 (7,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
5°	24	14 (58,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
6°	22	2 (9,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
7°	16	4 (25,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
8°	18	3 (16,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
9°	16	2 (12,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Geral	143	37 (25,9)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1°	9	2 (22,2)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2°	10	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3°	8	2 (25,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
4°	16	4 (25,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
5°	15	1 (6,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
6°	16	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
7°	14	4 (28,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
8°	11	2 (18,2)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
9°	14	6 (42,9)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
10°	12	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
11°	8	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Geral	133	21 (15,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
		530 (14,3)	13 (0,2)	0 (0,0)	7 (0,1)	0 (0,0)	14 (0,2)	0 (0,0)

Os dados referentes às médias de densidade de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. foram ajustados ao modelo de regressão linear para a maior parte das equações obtidas para cada cacho nas diferentes plantas, sendo estas significativas a $p < 0,05$ (Tabela 4). Em plantas com três, quatro e seis cachos, a melhor unidade amostral foi determinada pelo terceiro cacho. O segundo cacho foi selecionado como a melhor unidade amostral para plantas com oito e nove cachos. Em plantas com cinco cachos a melhor unidade amostral é determinada pelo primeiro cacho, enquanto que para plantas com sete cachos, é pelo quinto cacho. As plantas dispostas em 11 cachos não apresentaram ajuste ao modelo para nenhum dos cachos avaliados (Tabela 4). Observou-se a recorrência de cachos mais basais como determinantes da melhor unidade amostral para esse parâmetro, principalmente os cachos dois e três (Tabela 4).

Tabela 4. Densidades médias de frutos de tomate broqueados por *Helicoverpa* spp. e valores de R^2 ajustado, P, F e melhor unidade amostral a 5% de probabilidade. Rio Paranaíba, MG, 2015.

Posição do cacho	Médias de frutos broqueados	Equação	R ² ajustado	P	F	Unidade amostral (cachos)
Plantas com 3 cachos						
1º	0,05	y= -0,056 + 0,154x	0,20	0,0001	16,6	3 ^{µα}
2º	0,16	y= 0,320 + 0,273x	0,29	<0,0001	27	
3º	0,18	y= -0,264 + 0,572x	0,60	<0,0001	105,1	
Plantas com 4 cachos						
1º	0,00	-	-	-	-	3 ^{µα}
2º	0,02	y= 0,013 + 0,183x	0,17	0,0119	7,2	
3º	0,06	y= 0,002 + 0,477x	0,62	<0,0001	52,4	
4º	0,04	y= -0,045 + 0,333x	0,43	<0,0001	24,9	
Plantas com 5 cachos						
1º	0,16	y= -0,207 + 0,478x	0,59	0,0008	20	1 ^{µα}
2º	0,07	y= -0,017 + 0,231x	0,32	0,0195	7,3	
3º	0,07	y= 0,147 + 0,183x	0,30	0,0238	6,7	
4º	0,01	-	-	-	-	
5º	0,04	y= -0,009 + 0,116x	0,32	0,0195	7,3	
Plantas com 6 cachos						
1º	0,09	y= 0,057 + 0,075x	0,10	0,0689	3,6	3 ^{µα}
2º	0,05	y= -0,069 + 0,076x	0,14	0,0353	5	
3º	0,22	y= -0,772 + 0,428x	0,44	0,0002	19,9	
4º	0,16	y= -0,058 + 0,221x	0,33	0,0016	12,9	
5º	0,10	y= 0,263 + 0,082x	0,04	0,1622	2,1	
6º	0,20	y= 0,580 + 0,117x	0,03	0,2066	1,7	
Plantas com 7 cachos						
1º	0,00	-	-	-	-	5 ^{µα}
2º	0,02	-	-	-	-	
3º	0,32	y= -0,360 + 0,204x	0,46	0,0133	9,4	
4º	0,37	y= -0,785 + 0,291x	0,47	0,0123	9,7	
5º	0,35	y= -0,642 + 0,330x	0,52	0,0077	11,7	
6º	0,61	y= 1,830 + 0,112x	0,00	0,4251	0,7	
7º	0,08	y= -0,135 + 0,062x	0,08	0,2057	1,9	
Plantas com 8 cachos						
1º	0,09	y= 0,148 + 0,054x	0,03	0,2327	1,5	2 ^{µα}
2º	0,18	y= -0,130 + 0,267x	0,82	<0,0001	71,5	
3º	0,04	y= 0,051 + 0,045x	0,40	0,0053	10,8	
4º	0,05	y= 0,022 + 0,075x	0,38	0,0063	10,3	
5º	0,10	y= -0,020 + 0,190x	0,73	<0,0001	40,8	
6º	0,06	y= -0,289 + 0,196x	0,87	<0,0001	100,2	
7º	0,07	y= 0,159 + 0,071x	0,22	0,0381	5,2	
8º	0,09	y= 0,061 + 0,102x	0,44	0,0031	12,7	

Tabela 4. Continuação

Posição do cacho	Médias de frutos broqueados	Equação	R ² ajustado	P	F	Unidade amostral (cacho)
Plantas com 9 cachos						
1º	0,33	y= -0,154 + 0,098x	0,47	0,1947	3,7	2 ^{µα}
2º	0,28	y= -1,328 + 0,252x	0,98	0,0072	138,1	
3º	0,40	y= 0,158 + 0,091x	0,08	0,378	1,3	
4º	0,07	-	-	-	-	
5º	0,58	y= -0,190 + 0,399x	0,37	0,2366	2,8	
6º	0,09	y= -0,664 + 0,126x	0,98	0,0072	138,1	
7º	0,25	y= 1,644 - 0,070x	0,00	0,7254	0,2	
8º	0,16	y= -0,154 + 0,098x	0,47	0,1947	3,7	
9º	0,12	y= 1,020 - 0,056x	0,00	0,5564	0,5	
Plantas com 11 cachos						
1º	0,22	y= -0,274 + 0,134x	0,81	0,1976	9,7	
2º	0,00	-	-	-	-	
3º	0,25	y= -0,274 + 0,134x	0,81	0,1976	9,7	
4º	0,25	y= 1,751 - 0,060x	0,00	0,8643	0,1	
5º	0,06	-	-	-	-	
6º	0,00	-	-	-	-	
7º	0,28	y= -0,547 + 0,269x	0,81	0,1976	9,7	
8º	0,18	y= -0,274 + 0,134x	0,81	0,1976	9,7	
9º	0,43	y= -0,821 + 0,403x	0,81	0,1976	9,7	
10º	0,00	-	-	-	-	
11º	0,00	-	-	-	-	

O símbolo de hífen (-) indica que não foram gerados valores nas análises; ^{µα} Cacho que melhor representa a unidade amostral

Para a variável densidade de lagartas de *Helicoverpa* spp., não verificou-se ajuste ao modelo linear para nenhuma planta, independentemente da quantidade de cachos, devido à baixa densidade de seus indivíduos em todas as três lavouras. Avaliando o número de ovos de *C. includens*. + *Helicoverpa* spp., apenas plantas com três cachos tiveram seus dados ajustados ao modelo linear na regressão, com média de 0,3 ovo no terceiro cacho, tendo sido este o único significativo a 5% de probabilidade, com 12 ovos contabilizados. Este foi determinado, portanto, como a unidade amostral conforme a equação $y = -0,0114 + 0,9789x$, R² ajustado equivalente a 0,9753 e P < 0,0001.

Não foram detectados em nenhuma das lavouras avaliadas, ajustes ao modelo linear para as densidades de frutos broqueados, lagartas e massas de ovos de *N. elegantalis*, tampouco frutos broqueados por *C. includens*, devido à total ausência dessas variáveis durante todo o período de avaliação.

2.4. DISCUSSÃO

A maior densidade de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. em plantas de três e seis cachos coincide com a maior densidade de lagartas dessa espécie, também encontradas em plantas nesses estádios, bem como a maior ocorrência de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. em plantas de três cachos, o que mostra que essa espécie possuiu preferência por plantas com essas quantidades de cachos tanto para postura quanto para alimentação. Elliot et al. (2014) observaram distribuição agregada de *H. zea* na cultura do sorgo. Tais resultados diferem dos encontrados por O'Rourke & Hutchison (2003), que observaram padrão de distribuição uniforme de *H. zea* em plantas de milho.

Apenas as variáveis densidades de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. e ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. tiveram seus dados ajustado ao modelo linear e, conseqüentemente, possibilitaram a determinação de uma unidade amostral. As melhores unidades amostrais, com maior precisão e representatividade para amostragem, de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. no estudo foram principalmente os terceiros cachos para plantas de até seis cachos, com exceção de plantas de cinco cachos, nas quais a melhor unidade amostral foi o primeiro cacho. Para plantas de oito e nove cachos, as melhores unidades amostrais foram os segundos cachos. Vê-se uma vantagem nos casos em que os cachos mais basais são determinados como as melhores unidades amostrais visto a menor quantidade de cachos a serem amostrados, sendo portanto os mais adequados para agilidade do processo (Gusmão et al., 2006). Para ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. o terceiro cacho de plantas de 3 cachos foi determinada como unidade amostral. No entanto, Addison (2010) observou em estudo com algodão, que os locais de preferência de ataque de *H. armigera* não são os mesmos que os para oviposição.

Apesar da baixa densidade populacional de lagartas de *Helicoverpa* spp. e o conseqüente não ajuste dessa variável ao modelo linear, as maiores quantidades das lagartas desse gênero foram encontradas em plantas de três e seis cachos. Utilizando dados de distribuição espacial de *H. armigera* em algodoeiro, Khaing et al. (2002) determinaram que os tamanhos ideais das amostras a serem utilizadas no monitoramento das lagartas dessa espécie, sob altos e baixos níveis de agregação, foram 15 e 30 plantas/140 m², respectivamente. No entanto, Wilson et al. (1983) e Zalom et al.

(1984) ressaltaram que amostragens baseadas na contagem de organismos consomem mais tempo, podem ser de difícil aplicação prática e precisão questionável.

Outra forma de contagem mais direta é pela densidade de ovos ovipositados pelas pragas, no entanto, devido à baixa densidade da variável em questão e à falta de ajuste ao modelo, apenas o terceiro cacho de plantas com três cachos se tornou adequado como unidade amostral. Sekhar et al. (2001), em estudo sobre a distribuição espacial de ovos depositados por *H. armigera* em tomateiro, verificaram que as folhas mais jovens das plantas são as ideais para sua amostragem. Hoffman et al. (1991) ao avaliaram densidades de ovos de *H. zea* em diferentes lavouras de tomate durante cinco anos, desenvolveram um plano dinâmico de amostragem sequencial, no qual se ajustou o limiar econômico de acordo com o nível de parasitismo de ovos, que quando comparado com o plano convencional, exigiu aproximadamente 60% menos folhas para se chegar a uma decisão de manejo, além da melhor definição da época de se iniciar a amostragem.

O fato de que a densidade dos frutos de tomate broqueados por *Helicoverpa* spp. foi acentuada, mas que as ocorrências de lagartas e ovos dessa espécie foram baixas, podem indicar a possibilidade de que a praga esteve na área experimental num período antecedente às avaliações realizadas e provavelmente se deslocaram para outros cultivos ou interromperam seu ciclo nessa geração.

A densidade de frutos broqueados por *N. elegantalis* também foi baixa, não gerando ajuste ao modelo, mas sendo que as médias dos valores obtidos ficaram concentradas em plantas de quatro cachos. Houve total ausência de lagartas e massas de ovos dessa espécie no estudo, o que condiz com os resultados encontrados em trabalho por Blackmer et al. (2001), no qual verificaram que a preferência de oviposição de *N. elegantalis* em frutos ocorre apenas em altas infestações, quando mais de 50% das plantas da lavoura estão infestadas. Caso houvesse densidade populacional relevante de lagartas de *N. elegantalis* nas lavouras, o esperado seria que as massas de ovos fossem observadas principalmente nos frutos, por ser o local de preferência dessa espécie para oviposição, como relatado por Salas et al. (1991), que verificaram 76% de oviposição de *N. elegantalis* ocorrendo em frutos. Essa preferência pode ser usada como um parâmetro de representatividade do ataque de *N. elegantalis* pelo número de massas de ovos, bem como para outras espécies como *Helicoverpa* spp., para as quais estudos relatam a utilização da contagem de ovos ou porcentagem de órgãos com ovos sobrepostos para predizerem suas injúrias (Hoffman et al., 1990; Zehnder et al., 1995).

Os resultados obtidos no experimento para as variáveis frutos broqueados, lagartas e massas de ovos de *N. elegantalis*, que tiveram pouca ou nenhuma densidade populacional e nem ajuste ao modelo linear, pode ser um indício de que essa espécie não é de comum ocorrência nas lavouras em estudo. É comum encontrar vestígios da ocorrência de pragas, como os orifícios causados pelas lagartas ao entrarem e saírem dos frutos ou massas de ovos inviáveis, em áreas que já foram populadas por essas espécies anteriormente num mesmo cultivo. Pouco provável seria a hipótese de que as amostragens realizadas não foram capazes de demonstrar a presença de *N. elegantalis* durante o estudo, visto que as amostras foram obtidas em três diferentes lavouras, em pontos equidistantes e em diferentes datas de avaliação.

Conclui-se que para a variável densidade de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. os cachos mais basais, principalmente o da terceira posição, são os selecionados como melhor unidade amostral para a maioria das plantas com diferentes quantidades de cachos. Para densidade de ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp., o terceiro cacho de plantas de três cachos é considerado a unidade amostral para a variável analisada.

2.5. LITERATURA CITADA

- ADDISON, S.J. Enhancement of refuges for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) used in the resistance management plan for cotton (*Gossypium hirsutum* L.) containing Bollgard II traits. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135: 328-335, 2010.
- BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; DELLA LUCIA; T.M.C.; SEMEÃO, A.A. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for hymenopteran parasitoids on cucumber. *Journal of Economic Entomology*, 99: 2177-2184, 2006.
- BASTOS, C.S.; PICANÇO, M.C.; SILVA, T.B.M. Sistemas de amostragem e tomada de decisão no manejo integrado de pragas do algodoeiro. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, 10: 1119-1146, 2006.
- BLACKMER, J.L.; EIRAS, A.E.; SOUZA, C.L.M. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitism by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ, Brazil. *Neotropical Entomology*, 30: 89-95, 2001.
- COSTA, E.A. & LINK, D. Determinação do tamanho da unidade amostral para o método da rede, em soja, para insetos de importância agrícola. *Revista Centro Ciências Rurais*, 10: 115-123, 1980.
- ELLIOTT, N.C.; BREWER, M.J.; GILES, K.L.; BACKOULOU, G.F.; MCCORNACK, B.P.; PENDLETON, B.B.; ROYER, T.A. Sequential sampling for panicle caterpillars (Lepidoptera: Noctuidae) in sorghum. *Journal of Economic Entomology*, 107: 846-853, 2014.
- FERNANDES, M.E.S.; FERNANDES, F.L.; ASSUNÇÃO, N.S.; OLIVEIRA, J.C.; RAPOSO, T.P.; PICANÇO, M.C. Manejo de pragas. In: NICK, C.; SILVA, D.; BORÉM, A. (Eds.). *Tomate: Do plantio à colheita*. 1: 118-140, 2018.

- FRANÇA, S.M.; OLIVEIRA, J.V.; BADJI, C.A.; GUEDES, C.A.; DUARTE, B.L.R.; BREDA, M.O. Integrated management of tomato fruit borer (*Neoleucinodes elegantalis*). *African Journal of Agricultural Research*, 10: 4561-4569, 2015.
- GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C.; MATIOLI, A.L.; ROCHA, D.M. Efeito de inseticidas e sistemas de condução do tomateiro estaqueado no controle de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 23: 321-325, 1994.
- GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H.; BARRIGOSI, J.A.F. Conventional sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in the tomato culture. *Scientia Horticulturae*, 103: 403-412, 2005.
- GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; GALVAN, T.L. PEREIRA, E.J.G. Economic injury level and sequential sampling plan for *Bemisia tabaci* in outdoor tomato. *Journal of Applied Entomology*, 130: 160-166, 2006.
- HAGSTRUM, D.W. & FLINN, P.W. Integrated pest management. In: SUBRAMANYAM, B. & HAGSTRUM, D.W. (Eds.) *Integrated management of insects in stored products*. p. 399-408, 1996.
- HAJI, F.N.P.; CARNEIRO, J.S.; BLEICHER, E.; MOREIRA, A.N.; FERREIRA, R.C.F. Manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura do tomate. In: HAJI, F.N.P. & BLEICHER, E. (Eds.) *Avanços no manejo da mosca-branca Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). p. 87-110, 2004.
- HOFFMANN, M.P.; WILSON, L.T.; ZALOM, F.G.; HILTON, R.J. Parasitism of *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs: effect on pest management decision rules for processing tomatoes in the Sacramento Valley of California. *Environmental Entomology*, 19: 753-763, 1990.
- HOFFMANN, M.P.; WILSON, L.T.; ZALOM, F.G.; HILTON, R.J. Dynamic sequential sampling plan for *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in

processing tomatoes: parasitism and temporal patterns. *Environmental Entomology*, 20: 1005-1012, 1991.

KHAING, O.; HORMCHAN, P.; JAMORNMARN, S.; WONGPIYASATID, A. Spatial dispersion and optimum sample size for cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on cotton. *Kasetsart Journal*, 36: 235-241, 2002.

IMENES, S.D.L.; CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU, A.P.; BERGMANN, E.C.; SILVA, M.A.D. Efeito do manejo integrado na população de pragas e inimigos naturais na produção de tomate estaqueado. *Arquivo do Instituto Biológico*, 59: 1-7, 1992.

KHAING, O.; HORMCHAN, P.; JAMORNMARN, S.; RATANADILOK, N.; WONGPIYASATID, A. Spatial dispersion and optimum sample size for cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on cotton. *Kasetsart Journal*, 36: 235-241, 2002.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS, Brasília, 2016.

MIRANDA, M., PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. *Ciência Rural*, 35: 204-208, 2005.

NAULT, B.A. & KENNEDY, G.G. Sequential sampling plans for use in timing insecticide applications for control of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in potato. *Journal of Economic Entomology*, 89: 1468-1476, 1996.

O'ROURKE, P.K. & HUTCHISON, W.D. Sequential sampling plans for estimating European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval density in sweet corn ears. *Crop Protection*, 22: 903-909, 2003.

PEDIGO, L.P. & RICE, M.E. *Entomology and pest management*. 742 p., 2006.

- PICANÇO, M.C.; FALEIRO, F.G.; PALLINI FILHO, A.; MATIOLI, A.L. Perdas na produtividade do tomateiro em sistemas alternativos de controle fitossanitário. *Horticultura Brasileira*, 15: 88-91, 1997.
- PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; GALVAN, T.L. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) *Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas.*, p. 275-324, 2000.
- PICANÇO, M.C.; BACCI, L.; CRESPO, A.L.B.; MIRANDA, M.M.M.; MARTINS, J.C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 9: 327-335, 2007.
- PODOLER, H. & ROGERS, D. A new method for the identification of key factors from life-table data. *Journal of Animal Ecology*, 44: 85-114, 1975.
- SALAS, J.; ALVAREZ, C.; PARRA, A. Contribución al conocimiento de la ecología del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenee (Lepidoptera: Pyraustidae). *Agronomía Tropical*, 41: 5-6, 1991.
- SEKHAR, J.C.; SRINIVASAN, K.; MOORTHY, K. Spatial distribution of eggs laid by *Helicoverpa armigera* (Hubner) in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Shashpa*, 8: 139-143, 2001.
- SILVA, C.J.; TORRES, D.F.M.; VENTURINO, E. Optimal spraying in biological control of pests. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, 12: 51-64, 2017.
- SINIGAGLIA, C.; NETO, J.R.; COLARICCIO, A.; VICENTE, M.; GROPPPO, G.A.; GRAVENA, S.; LEITE, D. *Manejo integrado de pragas e doenças do tomateiro.* 66 p., 2000.
- STERN, V.M.; SMITH, R.F.; BOSCH, V.D.R.; HAGEN, K.S. The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81-101, 1959.

- TRUMBLE, J.T. & ALVARADO-RODRIGUEZ, B. Development and economic evaluation of an IPM program for fresh market tomato production in Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 43: 267-284, 1993.
- WILSON, L.T.; GONZALEZ, D.; LEIGH, T.F.; MAGGI, V.; FORISTIERI, C.; GOODELL, P. Within-plant distribution of mites (Acari: Tetranychidae) on cotton: a developing implementable monitoring program. *Environmental Entomology*, 12: 128-134, 1983.
- ZALOM, F.G.; HOY, M.A.; WILSON, L.T.; BARNETT, W.W. Sampling mites in almonds: II. Presence-absence sequential sampling for *Tetranychus* mite species. *Hilgardia*, 52: 14-24, 1984.
- ZEHNDER, G.W.; SIKORA, E.J.; GOODMAN, W.R. Treatment decisions based on egg scouting for tomato fruitworm, *Helicoverpa zea* (Boddie), reduce insecticide use in tomato. *Crop Protection*, 14: 683-687, 1995.
- ZEIST, A.R.; SILVA, A.A.; RESENDE, J.T.V.; MALUF, W.R.; GABRIEL, A.; ZANIN, D.S.; GUERRA, E.P. Tomato breeding for insect-pest resistance. In: NYAKU, S.T. (Ed.) Recent advances in tomato breeding and production. *InTech Open Science*, 1: 79-88, 2018.

CONCLUSÃO GERAL

A distribuição espacial dos lepidópteros broqueadores de frutos foi variável entre a idade da cultura e a espécie ocorrente na área. O grau de dependência espacial (GDE) predominante foi de fraco a moderado. Apenas na variável frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. que o GDE foi forte. As lavouras de soja e milho provavelmente devem ter afetado a distribuição espacial de *Helicoverpa* spp. e *C. includens* na área de tomate.

Os cachos que melhor representaram a unidade amostral de frutos broqueados por *Helicoverpa* spp. variaram entre primeiro, segundo, terceiro e quinto cachos, a depender da quantidade total de cachos nas plantas, sendo que para a maioria delas, o terceiro cacho foi tido como unidade amostral recorrente. Para a variável ovos de *C. includens* + *Helicoverpa* spp. em plantas de três cachos, o terceiro cacho foi a unidade amostral determinada.

Dados de distribuição espacial de insetos nas plantas são comumente utilizados na determinação de unidades amostrais confiáveis e protocolos de amostragem custo-efetivos.