

LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES DE HELIOTHINAE ASSOCIADAS AO TOMATEIRO E
IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

KARLA FERNANDA AYRES DE SOUZA SILVA

(Sob Orientação do Dr. Miguel Michereff Filho e Professor Jorge Braz Torres)

RESUMO

Lagartas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), têm ocasionado perdas na produção de tomate, para consumo *in natura* e para processamento industrial. Apesar disso, poucas informações estão disponíveis sobre essa praga no Brasil. Este trabalho estudou a ocorrência desta praga em tomateiro na maior região produtora no Brasil, Centro-Oeste, e potenciais fontes de resistência em tomateiro. O monitoramento de mariposas em campo foi realizado com armadilha luminosa semanalmente, bem como a coleta de lagartas danificando frutos. O material coletado foi submetido à identificação morfológica e à extração e quantificação de DNA para determinar a divergência genética de Heliiothinae coletada. Fontes de resistência em tomateiro foram testadas mediante testes de preferência empregando 15 genótipos de tomateiro, além de determinar a relação entre a preferência e a densidade de tricomas em folíolos e flores dos genótipos. O monitoramento com armadilha luminosa capturou 18 espécies de Noctuidae, com predominância de *H. armigera*. A análise de divergência genética indicou um complexo de Heliiothinae causando danos em frutos de tomate, com a ocorrência de um haplótipo *Harm1* entre às amostras de *H. armigera*, *H. virescens* e três haplótipos de *H. zea*. Quanto à preferência

hospedeira, o tomateiro *Solanum lycopersicum* L. (TY 2006) apresentou as maiores densidades de lagartas, porcentagens de desfolha e frutos broqueados, diferentemente do genótipo *Solanum habrochaites* Knapp & Spooner (CNP 424), que teve as menores médias. Os genótipos de *S. habrochaites* (CNP 424, CNP 416, CNP 423 e CNP 421) apresentaram as menores densidades de ovos em flores e maiores densidades de tricomas glandulares do tipo VI. Pode-se concluir que *H. armigera* e *H. zea* predominaram nas coletas e que as duas espécies coexistem na mesma área. Entre os genótipos de tomateiro, aqueles de *S. habrochaites* apresentaram elevado potencial para programas de melhoramento que visem à resistência a *H. armigera*.

PALAVRAS-CHAVES: Divergência genética, preferência hospedeira, haplótipo, tricoma glandular, *Solanum lycopersicum*.

SURVEY OF HELIOTHINAE SPECIES INFESTING TOMATO CROPS AND
IDENTIFICATION OF SOURCE FOR RESISTANCE TO *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

by

KARLA FERNANDA AYRES DE SOUZA SILVA

(Under the Direction of Dr. Miguel Michereff Filho and Professor Jorge Braz Torres)

ABSTRACT

Helicoverpa armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), has caused considerable losses in tomato production either for table or for industrial processing in the Midwest of Brazil, the largest producing region. However, there is a lack of information on this pest attacking tomatoes in Brazil, a fact that makes it difficult to control. This work studied the occurrence and sources of resistance in tomato to this pest. Monitoring by light traps and larvae attacking tomato fruits in the fields were performed weekly. The material collected was subjected to DNA extraction followed by quantification to investigate the genetic diversity of Heliothinae damaging tomato fruits. Second, host preference tests and oviposition preference were conducted with different crops and 15 tomato genotypes aiming to determine the relationship of trichomes density in leaflets and flowers in the tested material and the pest preference. Light traps captured 18 lepidopteran species, with predominance of *H. armigera*, similar to the predominance also found in the pheromone traps. Genetic diversity analysis confirmed the predominance of *H. armigera* haplotype *Harm1* in the samples damaging tomato fruits, plus three haplotypes of *H. zea* and *H. virescens* in the complex of Heliothinae damaging tomato fruits. Regarding the host preference,

Solanum lycopersicum L. (TY 2006) exhibited the highest densities of larvae, higher percentages of defoliation and damaged fruits, different from *Solanum habrochaites* Knapp & Spooner (CNP 424), which had the lowest average. The access of *S. habrochaites* (CNP 424, CNP 416, 423 and CNP 421) had the lowest density of eggs in flowers and higher type VI glandular trichome densities. Finally, the results indicated that *S. habrochaites* has high potential for breeding programs aiming resistance to *H. armigera*.

KEY WORDS: Genetic diversity, host preference, haplotype, glandular trichome, *Solanum lycopersicum*.

LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES DE HELIOTHINAE ASSOCIADAS AO TOMATEIRO E
IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

KARLA FERNANDA AYRES DE SOUZA SILVA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutora em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2016

LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES DE HELIOTHINAE ASSOCIADAS AO TOMATEIRO E
IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

KARLA FERNANDA AYRES DE SOUZA SILVA

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres – UFRPE

Miguel Michereff Filho – CNPH

LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES DE HELIOTHINAE ASSOCIADAS AO TOMATEIRO E
IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

KARLA FERNANDA AYRES DE SOUZA SILVA

Orientadores:

Jorge Braz Torres – UFRPE

Miguel Michereff Filho – CNPH

Examinadores:

Alexandre Specht - CPAC

Leonardo da Silva Boiteux – CNPH

Maria Esther de Noronha Fonseca Boiteux – CNPH

DEDICO

Ao meu bom Deus, por iluminar meu caminho.

Aos meus pais, Celita e Paulo (*in memoriam*), pelo incentivo aos estudos
e a sempre buscar os meus objetivos e sonhos.

*“Lute com determinação, abrace a vida com paixão,
perca com classe e vença com ousadia,
porque o mundo pertence a quem se atreve
e a vida é muito para ser insignificante”.*

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

À Deus por toda força na vida, apesar das dificuldades mostrou que tudo é possível, basta apenas querer e lutar para conseguir. E por tudo que me possibilitou conquistar, só tenho a agradecer.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA), pela oportunidade da realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida.

Aos meus orientadores Dr. Jorge Braz Torres e Dr. Miguel Michereff Filho pelo apoio e incentivo a realizar uma pós-graduação.

Aos professores do PPGEA-UFRPE, que contribuíram para meu aprendizado em Entomologia.

À Embrapa Hortaliças que forneceu a infraestrutura e logística necessárias para o trabalho.

Aos Pesquisadores, Dr. Alexandre Specht, Dr. Leonardo Boiteux e Dra. Maria Esther de Noronha Fonseca Boiteux, que contribuíram muito para o desenvolvimento das minhas pesquisas.

A minha linda flor, Celita, por me oferecer seu amor incondicional diariamente e ao meu pai, Paulo (*in memoriam*), por me incentivar a seguir com os estudos.

Aos meus irmãos pelo carinho e por me trazer a certeza de que cada momento é inesquecível e único. E aos sobrinhos Talles, Isabela, Victor e Iasmin, que são as minhas joias raras e meu orgulho de ser tia, sempre me alegrando e fazendo-me acreditar na certeza de que cada momento é inesquecível e único.

Ao meu querido companheiro e amigo mais que especial Alisson de Novaes, que esteve comigo nas melhores e piores horas desse desafio, sempre oferecendo carinho e força, para que eu não desanimasse.

As minhas amigas para vida toda, Luciana, Nilde, Vanessa, Paulina, Viviane, Agna Jennifer e Francieli, que sempre torceram e apoiaram a seguir meus objetivos.

Aos amigos e colegas da Embrapa Hortaliças que de alguma maneira participaram para o andamento dos meus experimentos, contribuíram com suas experiências ou apenas pensamentos positivos e carinho. Em especial ao Marcus Vinícius, ao Moises Lopes, a Cristina Gravina e a Nayara Cristina, que fez mais do que ajudar nessa trajetória, tanto na realização de experimentos como nos momentos de desabafos e horas de boas risadas.

A todas essas queridas pessoas, que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente com essa longa caminhada do DOUTORADO.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
O cultivo do tomateiro	1
Pragas do tomateiro	2
Problemática da identificação do complexo <i>Helicoverpa/Heliothis</i>	5
Características da praga modelo de estudo	7
Monitoramento e métodos de controle da praga	9
LITERATURA CITADA	17
2 <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NAS PRINCIPAIS REGIÕES PRODUTORAS DE TOMATEIRO NO BRASIL	28
RESUMO	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	34
RESULTADOS	39
DISCUSSÃO	41
AGRADECIMENTOS	46
LITERATURA CITADA	46

3	PREFERÊNCIA HOSPEDEIRA E IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA EM TOMATEIRO PARA <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).....	60
	RESUMO.....	61
	ABSTRACT.....	62
	INTRODUÇÃO	63
	MATERIAL E MÉTODOS	65
	RESULTADOS.....	71
	DISCUSSÃO	75
	AGRADECIMENTOS	79
	LITERATURA CITADA	79
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O cultivo do tomateiro

O tomateiro, *Solanum lycopersicum* L. (= *Lycopersicon esculentum* Mill.), é uma solanácea herbácea com grande habilidade reprodutiva, que teve origem nas regiões andinas do Peru, Bolívia e Equador (EMBRAPA 1993). A sua domesticação ocorreu no México, sendo posteriormente dispersado por vários países. No Brasil, a introdução do tomate ocorreu com ajuda dos imigrantes europeus no final do século XIX (Alvarenga 2013).

O tomateiro é uma das hortaliças mais cultivadas, no mundo é de grande interesse econômico para a agricultura. A China é atualmente o maior produtor de tomate com aproximadamente 50 milhões de toneladas, seguido pela Índia, que conta com 18 milhões de toneladas de tomate. No ranking mundial de produção, o Brasil ocupa o oitavo lugar com quatro milhões de toneladas de tomate (FAO 2015).

A cultura do tomate é a segunda hortaliça mais importante economicamente, ficando atrás apenas da cultura da batata (Santos *et al.* 2011). Nacionalmente, a área cultivada é de 56 mil hectares com uma produção aproximada de 3,6 milhões de toneladas e rendimento médio de 64 mil toneladas por hectare (IBGE 2015). O cultivo de tomate é bem distribuído por todas as regiões brasileiras, porém produzido com maior expressão nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, e os principais estados produtores são: Goiás, São Paulo e Minas Gerais (IBGE 2015).

A produção de tomate para processamento industrial, ou tomate rasteiro, tem expandido na região Centro-Oeste, desde a década de 90, onde a baixa umidade relativa do ar e as temperaturas amenas, entre os meses de março a setembro, favorecem o seu cultivo (Silva & Giordano 2000).

O tomate ocupa um lugar de destaque na alimentação humana, o que leva a uma promissora perspectiva para o aumento do seu cultivo, tendo em vista a alta demanda, tanto do produto na forma *in natura* (mesa), como industrializado (cultivo rasteiro) (Santos *et al.* 2011). A industrialização do tomate se dá em inúmeros subprodutos, como extratos, polpas, pastas e, mais recentemente, o tomate seco (Nascimento *et al.* 2013).

Pragas do tomateiro

A implantação da cultura do tomateiro é de alto risco, pois apresenta grande susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças, oscilações nos preços de mercado e grande exigência de insumos e serviços (Fernandes *et al.* 2007). No entanto, a principal causa é a presença de insetos pragas, que limita a produção e pode infestar o tomateiro em quaisquer estágios fenológicos (Souza & Reis 2003) e nos diferentes sistemas de produção. As perdas na produção são diretamente dependentes da intensidade da infestação (Silva & Carvalho 2004).

Atualmente são consideradas pragas-chaves do tomateiro: a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), os tripses *Frankliniella schultzei* (Trybom) e *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae), os pulgões *Myzus persicae* (Sulzer) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae), a traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) e a broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). A lista de pragas secundárias é extensa destacando-se o ácaro do bronzeamento *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae), a vaquinha *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae), a mosca-minadora *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae), a lagarta-rosca *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), (Lepidoptera: Noctuidae), lagartas do complexo *Spodoptera* com a *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera eridania*

(Stoll) (Lepidoptera: Noctuidae), a broca-grande-do-fruto *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), a lagarta falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), o burrinho *Epicauta suturalis* (Germar) e *Epicauta attomaria* (Coleoptera: Meloidae), o percevejo-castanho *Scaptocoris carvalhoi* Becker (Hemiptera: Cydnidae), o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) e ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) (Michereff-Filho *et al.* 2012).

No Brasil, entre as pragas que atacam a cultura do tomate, temos as espécies do complexo *Helicoverpa-Heliothis*, incluindo a *H. zea*, que apesar de ser uma praga considerada de predominância na cultura do milho, ataca também os frutos do tomateiro causando grandes prejuízos (Gallo *et al.* 2002). As lagartas de *H. zea*, também conhecidas por broca-grande-do-fruto, destroem completamente os frutos, estrutura de interesse comercial (Lebedenco *et al.* 2007), mas também podem se alimentar das folhas do tomateiro (Corrêa *et al.* 2012).

A *H. zea* apresenta variações de importância econômica no sistema de produção de tomate, devido às altas dosagens e à frequência de pulverizações de inseticidas direcionadas para o controle da traça-do-tomateiro. No entanto, na ausência de controle químico, os danos causados por *H. zea* podem alcançar até 80% (França *et al.* 2000, Pinto *et al.* 2004, Silva *et al.* 2006).

Outra espécie do complexo que se encontra em destaque no cultivo do tomateiro é a *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), uma espécie considerada praga de culturas de grande importância, em praticamente todos os continentes (Lammers & Macleod 2007, Pinóia 2012).

Até 2013, diferentemente da espécie *H. zea*, uma praga agrícola nativa das Américas (Metcalf & Flint 1962, Hardwick 1965, Perera *et al.* 2015), a *H. armigera* não tinha sido detectada no continente americano. Contudo, atualmente existem relatos de sua ocorrência e identificação no Brasil (Czepak *et al.* 2013a, Specht *et al.* 2013, Bueno *et al.* 2014, Pratissole *et al.* 2015), Paraguai

(Senave 2013), Argentina (Murúa *et al.* 2014), e mais recentemente nos Estados Unidos (Hayden & Brambila 2015).

No Brasil, a *H. armigera* teve as suas primeiras ocorrências relatadas em cultivos de soja no estado de Goiás, em algodão no estado do Mato Grosso, em tiguera de soja na Bahia (Czepak *et al.* 2013a), em citros em São Paulo (Bueno *et al.* 2014). Também, foi encontrada danificando frutos de tomate no estado do Espírito Santo (Pratissole *et al.* 2015). Os levantamentos mostram que os prejuízos devido à incidência desta praga alcançaram dois bilhões de reais na safra de 2012/2013 em todo o país (Fernandes 2013).

A *H. armigera* encontrou ambiente favorável devido às condições climáticas ideais e o cenário agrícola bastante diversificado, o que garante alta disponibilidade de hospedeiros ao longo do ano, o que contribui para a característica mais relevante dessa praga, que é o fato de serem polífagas, ocasionando perdas significativas em diversas culturas (Cameron *et al.* 2001, Ghosh *et al.* 2010).

Na fase larval, assim como os demais broqueadores de frutos, *H. armigera* alimenta-se de folhas e hastes do tomateiro, mas têm preferência pelas estruturas reprodutivas (McGahan *et al.* 1991, Jallow *et al.* 2004), causando deformações nas mesmas. Esta associação entre a preferência por partes reprodutivas das plantas e a ampla gama de hospedeiros favorece o seu status de praga (Cunningham *et al.* 1999).

Outra praga da subfamília Heliothinae, que tem relatos causando prejuízos nos cultivos de tomateiro é *Heliothis virescens* (Fabricius), apesar de não ser considerada como uma praga-chave do tomateiro no Brasil. Esta espécie tem sido relatada alimentando-se de diversas culturas no norte e sul do continente americano (Martin *et al.* 1976, Fitt 1989, Yépez *et al.* 1990), bem como em diversas culturas no Brasil (Zucchi *et al.* 1993).

Embora *H. virescens* apresente preferência por plantas de algodão (Silva *et al.* 1995, Santos 2001), Pratissolli *et al.* (2006) mostraram que ovos e lagartas de *H. virescens* foram encontrados em frutos de tomate no estado de Espírito Santo. Os danos causados por *H. virescens* se assemelham aos relatados para *H. zea* (Gallo *et al.* 2002, Souza & Reis 2003), mas Pratissolli *et al.* (2006) também relatou que os frutos encontrados na fase adiantada de desenvolvimento, com injúrias causadas por lagartas de *H. virescens*, tinham uma maturação forçada, o que leva a perda do seu valor comercial e a prejuízos econômicos estimados em até 10%.

Problemática da identificação do complexo *Helicoverpa/Heliothis*

As lagartas de três espécies de Heliothinae observadas no Brasil, causando danos nas grandes culturas: *H. virescens*, *H. zea* e *H. armigera* não são facilmente separadas. As lagartas de *H. virescens* e *H. zea* são bastante conhecidas dos produtores principalmente de algodão e milho no país, bem como na cultura do tomateiro. A diferenciação de suas lagartas ainda é um desafio em campo, mas apesar disso ainda pode ser feita utilizando-se uma lupa de bolso.

A lagarta de *H. virescens* possui no quarto segmento microcerdas ao redor das protuberâncias, enquanto que na *H. zea* essas microcerdas são ausentes (Schneider & Dutra 2013). Por outro lado, à distinção entre *H. zea* e *H. armigera* é mais complicada, as lagartas de *H. armigera* possui o agravante da semelhança morfológica com as lagartas de *H. zea*, o que dificulta o diagnóstico dessas espécies nas áreas agrícolas, mesmo com algumas características como tubérculos sem cerdas no primeiro, segundo e oitavo segmentos do abdômen que podem levar a separação de *H. armigera* de outras lagartas, assim como a textura do tegumento que é levemente coriáceo (Czepak *et al.* 2013b).

Quanto aos caracteres morfológicos em mariposas, a espécie *H. virescens* é diferenciada em relação às duas espécies de *Helicoverpa*. No entanto, a *H. zea* e *H. armigera* são

morfologicamente relacionadas (Sosa-Gómez *et al.* 2016). A identificação com base em morfologia somente é possível através de dissecação da genitália interna de machos (Specht *et al.* 2013), uma técnica demorada e que exige um taxonomista bem treinado (Sosa-Gómez *et al.* 2016). Além da identificação pela genitália, há também o formato da base do oitavo urosternito e a presença de um lobo simples na base da vesica como característica de identificação para *H. armigera* (Pogue 2004), estruturas que se diferenciam de *H. zea* que apresenta três lobos na base vesica (Brambila 2009).

Devido às semelhanças morfológicas entre *H. armigera* e *H. zea*, estudos genéticos passam a ser fundamentais para uma diferenciação mais precisa (Queiroz *et al.* 2013). A identificação por métodos moleculares, que fazem uso de marcadores de DNA, é fundamental para estudar a estrutura genética dos indivíduos de uma população, e acabam eliminando qualquer possibilidade de ambiguidade associada aos estudos morfológicos convencionais (Heckel 2003, Fakrudin *et al.* 2004a, 2004b, 2006, Vijaykumar *et al.* 2008).

A identificação através de marcadores moleculares é uma técnica que utiliza de uma região específica do DNA multiplicada mais de um bilhão de vezes, a partir da amostra de DNA do organismo, tornando possível o reconhecimento e a diferenciação de cada espécie (Queiroz *et al.* 2013).

A identificação de *H. armigera*, via PCR, consiste em: (1) material genético da amostra a ser analisado; (2) segmentos de DNA sintéticos que funcionam como iniciadores (*primers*) para a reação de DNA polimerase e que determinam a região a ser amplificada, correspondendo a porções com informação para diferenciação; e (3) pequena quantidade da enzima DNA polimerase e deoxinucleotídeos. A partir de um processo de aquecimento seguido de resfriamento, que se repetem várias vezes, a reação provoca uma multiplicação exponencial de certa região do gene que é capaz de diferenciar as espécies (Queiroz *et al.* 2013).

Características da praga modelo de estudo

Dentre os fatores que contribuem para a importância econômica da população de *H. armigera*, estão a elevada capacidade de reprodução e alta fecundidade, que quando combinado com o rápido desenvolvimento, o qual varia desde 30 a 45 dias de ovo a adulto podem realizar várias gerações no decorrer do desenvolvimento da cultura (Fitt 1989). Isto faz com que a população aumente significativamente, mesmo levando em consideração as variações de hospedeiro e de temperatura. A capacidade de realizar deslocamentos a grandes distâncias é o segundo fator importante que conduz ao êxito da *H. armigera* como praga. Essa capacidade está estreitamente relacionada à habilidade com que os adultos desta espécie têm de migrar, podendo chegar a uma distância de até 1.000 km (Pedgley 1985). Outro fator importante é a propensão para ser selecionada para resistência a inseticidas (Ferre 2002, Sayyed & Wright 2006, Alvi *et al.* 2014).

Adultos de *H. armigera* são mariposas com asas de 30-45 mm de envergadura. As fêmeas de *H. armigera* são fortemente atraídas por flores que produzem néctar, sendo esse recurso importante na seleção do hospedeiro, o qual também influencia a sua capacidade de oviposição (Cunningham *et al.* 1999, Ávila *et al.* 2013). A sua longevidade é de, aproximadamente, 10 dias. As mariposas produzem cerca de 1000 a 3000 ovos (Shanower & Romeis 1999), os quais localizam predominantemente nas partes de crescimento da planta. A fase de ovo dura cerca de três dias (Nasreen & Mustafa 2000), em temperaturas acima de 25 °C, e a coloração varia de branco-amarelado até castanho, quando está próximo da eclosão (Ávila *et al.* 2013), o formato é arredondado com aproximadamente 0,5 mm de diâmetro (Ali & Choudhury 2009), além de apresentarem estrias meridionais que vão de um pólo ao outro.

As lagartas de *H. armigera*, no primeiro instar tem de 1,0 a 1,5 mm de comprimento, com a coloração da cabeça marrom-preto e corpo branco-amarelado. A partir do terceiro instar (8-13

mm de comprimento), a cor das lagartas é variável, uma característica que pode estar diretamente relacionada com o hospedeiro (Araújo 1990). No quarto instar, as lagartas apresentam no dorso pequenos tubérculos escuros com uma cerda no ápice, no primeiro e segundo segmento abdominal e no último segmento (ausência de pernas), estas saliências se agrupam aparentando formato de sela (Matthews 1999). As lagartas totalmente desenvolvidas medem de 40-50 mm de comprimento, podendo haver uma variação considerável em cores e marcações (Czepak *et al.* 2013b).

A duração da fase larval tem uma variação temporal de três a quatro semanas, chegando até seis semanas. Em geral as lagartas de *H. armigera* apresentam de cinco a seis instares larvais, sendo que a existência do sexto instar depende de fatores como características genéticas, condições climáticas e qualidade da alimentação (Araújo 1990).

As lagartas consomem 90% do alimento a partir do terceiro instar. No entanto, proporcionalmente ao peso inicial o maior ganho de peso é nos primeiros instares com cerca de cinco vezes a mais que o terceiro instar (Johnson & Zalucki 2007).

No final da fase larval, as lagartas vão para o solo, construindo túneis de até 10 cm de profundidade, e formam câmaras pupais para completarem o desenvolvimento. Esta fase dura aproximadamente 14 dias; possui uma forma fusiforme com comprimento variando de 12 a 20 mm, e apresenta uma coloração marrom (Araújo 1990). Nessa fase é possível distinguir o sexo através da abertura anal e genital segundo Butt & Cantu (1962).

Em hortaliças, o hábito alimentar das lagartas de *H. armigera* é preferencialmente pelas estruturas reprodutivas da planta o que resulta em maiores prejuízos nas lavouras de tomate, tanto em cultivos de tomate de mesa quanto para o processamento industrial. Em tomate e nos demais hospedeiros, *H. armigera* causa maior injúria na fase de floração e de frutificação. Dependendo da

planta, *H. armigera*, pode também danificar folhas, hastes, brotações, flores, frutos e sementes, causando danos tanto na fase vegetativa quanto reprodutiva (Johnson & Zalucki 2005).

As lagartas recém-eclodidas raspam as folhas e atacam as flores prejudicando a polinização. As lagartas maiores alimentam diretamente das estruturas ricas em nitrogênio, os frutos (Fitt 1989). Com isso o conhecimento da fenologia da planta hospedeira é muito importante para a detecção, monitoramento e o controle de *H. armigera*.

Monitoramento e métodos de controle da praga em estudo

Apesar dos relatos de *H. armigera* em território brasileiro terem ganhado destaque entre 2012 e 2013, vale ressaltar que as medidas de manejo são baseadas em pesquisas e informações provenientes de outros países. Assim, a adoção de monitoramento na lavoura, antes, durante e após o desenvolvimento das culturas é uma tática eficaz para a prevenção dos danos causados por lagartas de *H. armigera* (Czepak *et al.* 2013b). O monitoramento efetivo de ovos, lagartas, pupas e de adultos de *H. armigera* é considerado o fator chave para o êxito das práticas de manejo dessa praga (Ávila *et al.* 2013). Além da detecção da presença de adultos também é necessário considerar a mortalidade de ovos e lagartas, em campo, devido a fatores ambientais e ação de inimigos naturais, como predadores, parasitoides e patógenos (MAPA 2014).

Armadilhas para captura de mariposas de *H. armigera* constituem uma ferramenta valiosa para apoio ao monitoramento dessa praga. Na armadilha luminosa são coletados machos e fêmeas de *H. armigera*, enquanto que a armadilha iscada com o feromônio sexual sintético captura apenas machos. O uso deste tipo de armadilha é muito promissor visto que o sistema de armadilhamento é altamente específico e permite rápida identificação da praga. Na falta de disponibilidade do feromônio sexual sintético de *H. armigera*, as armadilhas luminosas poderão ser uma opção para o monitoramento. Além disso, esta armadilha permite a realização de estudos sobre a comunidade

de lepidópteros no agroecossistema e sua variação populacional ao longo do ano (Hienton 1974, Zanuncio *et al.* 1995).

O conhecimento sobre os inimigos naturais com potencial para reduzir a população de *H. armigera* em nível de infestação tolerável pelos produtores deve ocorrer concomitantemente ou em períodos subsequentes. Contudo, por se tratar de uma espécie exótica no Brasil, esse tipo de controle ainda necessita de levantamento sobre seus inimigos naturais. Na literatura internacional há relatos de 36 parasitoides, 23 predadores e nove patógenos associados às formas imaturas de *H. armigera*, sendo constatados níveis de mortalidade por esses agentes de controle biológico entre 5% a 76%, dependendo da cultura e do estágio de desenvolvimento da praga (Fathipour & Sedaratian 2013).

Inimigos naturais desempenham papel muito importante no manejo de *Helicoverpa*, particularmente em culturas de baixo valor econômico, onde eles podem eliminar a necessidade de qualquer intervenção química. Da mesma forma, em culturas de alto valor, como algodão, soja e tomate, inimigos naturais fornecem benefício considerável, mas podem não ser capazes de garantir o controle desejado quando utilizados de forma isolada, particularmente quando a migração e a disseminação da praga na paisagem agrícola são intensas e frequentes (Fitt 1989, Fitt & Cotter 2005).

Com relação ao controle químico, o uso de inseticidas deve ser utilizado de forma emergencial respeitando os níveis de controle disponíveis na literatura internacional (MAPA 2014). Devido à incidência generalizada de *H. armigera* em vários estados do Brasil e o alto risco de perdas causadas pelo seu ataque, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou em 2014, a permissão de importação para uso emergencial de inseticidas, visando à supressão da *H. armigera* e minimização das perdas ocasionadas (SISLEGIS 2014). Para a cultura do tomateiro, o MAPA autorizou o uso do ingrediente ativo espinetoram para o

controle químico de *H. armigera*. Entretanto, não se deve esquecer que a sua utilização excessiva, além de eliminar possíveis artrópodes benéficos, ainda favorece a evolução da resistência aos inseticidas em populações de *H. armigera* (MAPA 2014). Aliado a isso, a exemplo de outros broqueadores de frutos, o controle químico de lagartas de *H. armigera* pode ter eficiência limitada devido ao seu hábito de permanecer no interior dos frutos.

Para prevenir os danos que lagarta de *H. armigera* produz em diversas culturas, o uso de inseticida microbiano também é utilizado (Ávilla *et al.* 2005), e dentre estes inseticidas o mais utilizado é o *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), que é uma bactéria que produz diferentes proteínas tóxicas para lagartas (Schnepf *et al.* 1998). Vários autores tem estudado o efeito da toxina *Bt* em populações de *H. armigera* na China (Fengxia *et al.* 2004), Índia (Chakrabarti *et al.* 1998, Gajendra Babu *et al.* 2002, Jalali *et al.* 2004, Kumar *et al.* 2004) e Austrália (Liao *et al.* 2002). Segundo Halcomb *et al.* (1996), o controle efetivo de *H. armigera* pode variar entre 70-90%, dependendo do instar das lagartas.

Recomenda-se também a aplicação de produtos para controle das lagartas à base de baculovírus, que compreendem o maior grupo de vírus de insetos (Castro *et al.* 1999). Os baculovírus têm sido estudados como agentes de controle biológico desde a década de 60 (Payne, 1986, Castro *et al.* 1999). Devido a sua alta especificidade e ocorrência natural, os baculovírus são ótimos candidatos a serem usados em programas de manejo integrado de pragas (Moscardi 1990, Funderburk *et al.* 1992, Tanada & Kaya 1993), pois em diversos testes de segurança foi estabelecido que este vírus é preciso no controle de insetos) (Payne 1986, Gröner 1989, Castro *et al.* 1999). Até recentemente só existia registro comercial para uso desse vírus contra *H. armigera* no mercado internacional, mas com a descoberta de *H. armigera* no Brasil, o MAPA autorizou o uso do inseticida microbiológico contendo Baculovírus, cujo ingrediente ativo é o vírus *VPN-HzSNPV* indicado para ser aplicado no início da infestação da lagarta de *H. armigera* nas culturas

da soja, citros, feijão, milho, milheto, abóbora, abobrinha e tomate (Gottens 2013, MAPA 2016). A flexibilidade no registro de inseticida microbiológico, atualmente direcionados a *H. armigera* e não a cultura agrícola, já permite o emprego desses agentes de controle na cultura do tomate no Brasil.

Outra opção de controle para *H. armigera* muito promissora e compatível com a filosofia do manejo integrado é o uso de cultivares resistentes, obtidas por melhoramento convencional ou transgenia (Ávila *et al.* 2013, Baghery *et al.* 2013). A identificação de fontes e mecanismos de resistência permite selecionar genótipos para utilização em programas de melhoramento vegetal. A resistência de plantas é um método de controle que possui inúmeras vantagens, com destaque para: a redução de populações de insetos-praga a níveis de infestação que não causem danos econômicos; a ação não altera o equilíbrio do agroecossistema; não há acúmulo de resíduos nos alimentos e no meio-ambiente; facilidade na ação; a compatibilidade com os demais métodos de controle, não exige conhecimentos específicos do agricultor e não interfere em outras práticas agrícolas, como a colheita, pois não há um período de carência após sua adoção (Lara 1991, Vendramim 1990).

A maioria das cultivares comercial de tomateiro não apresenta naturalmente características de resistência a pragas e doenças em razão do seu processo de domesticação (Kranthi *et al.* 2002, Baghery *et al.* 2013). No entanto, a introgressão de genes presentes em espécies de tomateiro selvagens para a espécie cultivada é possível devido à existência de uma estreita relação filogenética (Silva *et al.* 2013).

As categorias de resistência consistem em: i) não-preferência ou antixenose - plantas que não apresentam características favoráveis ao inseto fitófago, promovendo uma reação comportamental negativa durante o processo de seleção da planta para oviposição, alimentação ou abrigo e iii) antibiose - plantas que possuem características e defesas que afetam a biologia do

inseto, seja no seu crescimento e/ou desenvolvimento e iii) tolerância - plantas que conseguem se desenvolver, reproduzir e ainda recuperar da injúria ocasionada, porém sem efeito sobre a praga (Painter 1951, Schoonhoven *et al.* 2005, Vendramim & Guzzo 2009).

As categorias de resistência até hoje identificadas nas espécies de tomate têm sido a antibiose e a antixenose (Leite 2004). Dentre as causas da não-preferência, destaca-se a presença de tricomas glandulares nas faces dos folíolos. Este tipo de tricomas atua tanto por suas características morfológicas como químicas. Em geral, a ação morfológica se manifesta através dos efeitos puramente mecânicos da pubescência, os quais dependem da densidade, posição, comprimento e forma dos tricomas (pelos), que atuam diretamente sobre as pragas (Silva *et al.* 2013).

Algumas espécies de tomate podem apresentar grandes variações em seus tricomas, como unicelulares ou multicelulares, com células da base diferenciadas ou não (Aragão *et al.* 2000), o que garante aos tricomas em tomate serem classificados em oito tipos de acordo com sua morfologia (Luckwill 1943, Channarayappa *et al.* 1992, Peralta *et al.* 2008, Silva *et al.* 2013). Tal classificação é baseada no comprimento e na presença ou ausência de glândulas na extremidade apical. Os tricomas não glandulares (II, III, V e VIII) são semelhantes entre si, diferindo apenas no comprimento, já os tricomas glandulares (I, IV, VI e VII) apresentam a extremidade apical dilatada e secretam compostos químicos que afetam as principais pragas do tomate e se diferenciam pela cabeça, região secretora, que pode ser unicelular ou multicelular (Aragão *et al.* 2000). Os diferentes tipos e densidades de tricomas possuem funções independentes e atuam como barreira morfológica para alimentação ou oviposição, além de expressar diferentes níveis de resistência (Freitas *et al.* 2002).

A resistência por antibiose é observada pela mortalidade do inseto em estádios imaturos, aumento do período de desenvolvimento, diminuição de tamanho e peso nas diferentes fases do

desenvolvimento, encurtamento da fase adulta, alteração da razão sexual e ocorrência de indivíduos defeituosos, além de redução da fecundidade e fertilidade (Lara 1991, Gallo *et al.* 2002, Vendramim & Guzzo 2009). Há substâncias químicas presentes nas plantas que servem como defesa contra herbívoros. Estas provocam intoxicação ao inseto; tornam indisponíveis certos nutrientes essenciais ou atuam como inibidores enzimáticos; inibem ou reduzem os processos normais de digestão do alimento; e compostos que interferem na reprodução (Gallo *et al.* 2002).

Muitas espécies de tomateiro são excelentes fontes de resistência a insetos-pragas, as mais estudadas são: *Solanum habrochaites* S.Knapp & D.M.Spooner (= *Lycopersicon hirsutum*), *Solanum pennelli* Corell, *Solanum peruvianum* L. (Juvik *et al.* 1982) e *Solanum pimpinellifolium* L. (Sharma *et al.* 2008).

As espécies *S. habrochaites*, *S. peruvianum* e *S. pimpinellifolium* são fontes consideráveis de resistência à *Tuta absoluta* (Suinaga *et al.* 2004, Moreira *et al.* 2005, Miranda *et al.* 2010). Essas espécies conservam os genes envolvidos na biossíntese de potentes defesas químicas (Gray *et al.* 1999). Segundo Suinaga *et al.* (2004), genótipo de *S. peruvianum* possui resistência do tipo antibiose a *Tuta absoluta* por afetar a mortalidade larval e duração da fase pupal deste inseto. Assim como *S. habrochaites*, que prejudica o desenvolvimento de *T. absoluta* alongando as fases larval e de pupa, e ainda reduz o peso de pupas fêmeas (Thomazini *et al.* 2001). Outro tomateiro resistente a *T. absoluta* é o *S. pimpinellifolium*, devido a suas características químicas (α-tomatina) e a física (dureza do fruto) (Juvik & Stevens 1982, Leite 2004).

No caso de lagartas de *Neoleucinodes elegantalis*, a resistência tem sido uma característica genética existente entre cultivares de tomateiro e, dentre os tipos de resistência conhecidos, tem-se investigado a não-preferência para oviposição, avaliando-se número de frutos broqueados e número de lagartas por fruto (Lara *et al.* 1980, Moreira *et al.* 1985, Lyra Netto & Lima 1998, Restrepo-Salazar *et al.* 2006, Cabrera *et al.* 2008, Barbosa 2011). Estudos relatam que os

metabolitos secundários em materiais de tomateiro selvagem são responsáveis por mecanismos de resistência a *N. elegantalis*. Confirmado em *S. habrochaites*, que apresenta tricomas tipo VI associado com o metabolito 2-tridecanona, que é extremamente tóxico para ovos e lagartas neonatas (Montilla *et al.* 2013).

O tomateiro *Solanum pennellii*, também tem sido observado resistente a algumas pragas (Kumar *et al.* 1995), destacando o genótipo LA 716 (Leite 2004), cuja as causas envolvidas são os tricomas glandulares (Goffreda *et al.* 1990) e, principalmente o acilglucoses presentes em tricomas glandulares tipo IV. Esses acilglucoses afetam negativamente o crescimento e sobrevivência de *H. zea* (Goffreda *et al.* 1990, Hawthorne *et al.* 1992, Juvik *et al.* 1994, Leite 2004). Assim como *S. habrochaites* (Dimock & Kennedy 1983, Farrar Junior & Kennedy 1987, Juvik *et al.* 1994) que tem apresentado uma resistência a *H. zea* também baseada em tricomas glandulares (Simmons *et al.* 2004).

Segundo Farrar Junior & Kennedy (1991), a resistência apresentada por espécies selvagens de tomateiro a *H. zea* está condicionada pela estrutura foliar da planta, a qual atua como um impedimento mecânico à alimentação desta praga.

Genótipos de espécies selvagens de tomateiro, tal como *S. habrochaites* e *S. pennellii* com *Solanum lycopersicum* (= *Lycopersicon esculentum*) podem oferecer melhores perspectivas para a resistência da planta hospedeira para reduzir o uso de inseticida químico no controle da *H. armigera* no tomate indústria cultivada (Simmons *et al.* 2004). Em outro estudo genótipos de *S. habrochaites* foi relatado por exibir resistência a *H. armigera* (Kashyap *et al.* 1990), e estão associada aos tricomas glandulares (Simmons *et al.* 2004).

Segundo Sivaprakasam (1996) relataram que a densidade de tricomas e seu arranjo na superfície foliar foram os melhores características para analisar as taxas de oviposição de *H.*

armigera. Assim, a não-preferência para oviposição é um dos mais importantes componentes de resistência à *H. armigera* (Sharma *et al.* 2001, Usman & Ali Khan 2012).

As lagartas de *H. armigera* em instar mais avançados se alimentam de frutos de tomate em desenvolvimento, enquanto as lagartas recém-eclodidas ou no início dos estádios geralmente começam alimentando-se de folhas tenras antes de ir para o fruto (Liu *et al.*, 2004, Perkins *et al.*, 2009, Ashfaq *et al.* 2012) e muitas vezes são impactados pela características da folha (Sheloni *et al.* 2010, Simmons *et al.* 2004), com isso o papel de fatores físico-químicos são importante para identificar uma fonte de resistência em plantas contra pragas (Dhillon *et al.* 2005, Ashfaq *et al.* 2012).

Também é de suma importância conhecer a preferência de *H. armigera* entre diferentes culturas agrícolas que possam ser exploradas na mesma paisagem agrícola. Isto subsidiará a proposição de táticas de controle que permitam o manejo do ambiente de cultivo (época de cultivo, sucessão e rotação de culturas, policultivos, etc.) visando desfavorecer a praga alvo em diferentes escalas espaciais (lavoura, propriedade e região). Em agroecossistemas como aqueles que compõem a paisagem agrícola de Goiás e do Distrito Federal, o problema de *H. armigera* pode ser mais grave, visto que há crescente expansão de áreas cultivadas de outros hospedeiros além do tomateiro, tais como: soja, algodão e feijão. Frequentemente estas plantas são cultivadas em sucessão, ou de forma simultânea entre áreas vizinhas, durante o ano e sem isolamento por barreiras que impeçam o deslocamento da praga ao longo da paisagem agrícola.

Apesar da crescente importância de *H. armigera* na região Centro-Oeste, existem poucas informações sobre sua bioecologia que permitem identificar as causas dos surtos populacionais, a sua dispersão na paisagem, bem como prever o ataque e propor táticas de controle mais eficazes na cultura do tomateiro. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi gerar resultados para compor conhecimento científico sobre *H. armigera* visando subsidiar o desenvolvimento de táticas de

controle para o manejo integrado desta praga na cultura do tomateiro na região Centro-Oeste brasileira.

Literatura citada

- Ali, A. & R. A. Choudhury. 2009.** Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. Tunisian. J. Pl. Prot. 4: 99-106.
- Alvarenga, M.A.R. 2013.** Origem, botânica e descrição da planta, p. 13-21. In M.A.R. Alvarenga (ed.), Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 457p.
- Alvi, A.H.K., A.H. Sayyed, M. Naeem & M. Ali. 2012.** Field evolved resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1Ac in Pakistan. PloSOne 7: 1-9.
- Aragão, C.A., B.F. Dantas & F.R.G. Benites. 2000.** Tricomas foliares em tomateiro com teores contrastantes do aleloquímico 2-tridecanona. Sci. Agric. 57: 813-816.
- Araújo, A. C. 1990.** Luta biológica contra *Heliothis armigera* no ecossistema agrícola “tomate de indústria”. Évora: Tese de doutorado, Universidade de Évora, 356p.
- Ashfaq, M., M. Sajjad, M. Noor ul Ane & N. Rana. 2012.** Morphological and chemical characteristics of tomato foliage as mechanisms of resistance to *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. African J. Biotechnol. 11: 7744-7750.
- Ávila, J.C., L.M. Vivan & G.V. Tomquelski. 2013.** Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 12p. (Embrapa Agropecuária Oeste, Circular Técnica, 23).
- Avilla, C., E.V. Osuna, J. Gonzalez-Cabrera, J. Ferré & J.E. González-Zamora. 2005.** Toxicity of several δ -endotoxins of *Bacillus thuringiensis* against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from Spain. J. Invertebr. Pathol. 90: 51-54.
- Baghery, F., Y. Fathipour & B. Naseri. 2013.** Nutritional indices of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) on seeds of five host plants. Appl. Entomol. Phytopathol. 80: 19-27.
- Barbosa, F.S. 2011.** Resistência genética do tomateiro e potencial de extratos de plantas espontâneas no controle alternativo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae). Rio de Janeiro: Tese de doutorado, UFRRJ, 72p.

- Brambila, J. 2009.** Instructions for dissecting male genitalia of *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) to separate *H. zea* from *H. armigera*. Disponível em: <https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/owb-screeningaid_s2.pdf>. Acesso em: 21 dez 2013.
- Bueno, R.C.O.F., P.T. Yamamoto, M.M. Carvalho & N.M. Bueno. 2014.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) on citrus in the state of São Paulo, Brazil. Rev. Bras. Frutic. 36: 520-523.
- Butt, B.A. & E. Cantu. 1962.** Sex determination of lepidopterous pupae. Washington: USDA, 7p.
- Cabrera, F.A., E.F. Restrepo-Salazar & M.L. Arias. 2008.** Resistencia al perforador del fruto del tomate derivada de especies silvestres de *Solanum* spp. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín. 61: 4316-4324.
- Cameron, P.J., G.P. Walker, T.J.B. Herman & A.R. Wallace. 2001.** Development of economic thresholds and monitoring systems for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in tomatoes. J. Econ. Entomol. 5: 1104-1112.
- Campbell, C.D., J.F. Walgenbach & G.G. Kennedy. 1992.** Comparison of black light and pheromone traps for monitoring *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato. J. Agric. Entomol. 9: 17-24.
- Castro, M.E.B., M.L. Souza, W. Sihler, J.C.M. Rodrigues & B.M. Ribeiro. 1999.** Molecular biology of baculovirus and its use in biological control in Brazil. Pesq. Agropec. Bras. 34: 1733-1761.
- Channarayappa, A., G. Shivashankar, V. Muniyappa & R. H. Frist. 1992.** Resistance of *Lycopersicon* species to *Bemisia tabaci*, a tomato leaf curl virus vector. Can. J. Bot. 70: 2184-2192.
- Chakrabarti, S.K., A. Mandaokar, P. Ananda Kumar & R.P. Sharma. 1998.** Efficacy of lepidopteran species delta-endotoxins of *Bacillus thuringiensis* against *Helicoverpa armigera*. J. Invertebr. Pathol. 72: 336-337.
- Corrêa, A.L., M.C.A. Fernandes, L.A. Aguiar. 2012.** Produção de tomate sob manejo orgânico. Niterói Program Rio Rural. (Programa Rio Rural, Manual Técnico, 36), 38p.
- Cunningham, J.P, M.P. Zalucki & S.A. West. 1999.** Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behaviour and control of a polyphagous pest. Bull. Entomol. Res. 89: 201-207.
- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivan, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013a.** Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesq. Agropec. Trop. 43: 110-113.
- Czepak, C., L.M. Vivan & K.C. Albernaz. 2013b.** Praga da vez. Rev. Cultivar 176: 4-11.

- Dhillon, M.K., R. Singh, J.S. Naresh & N.K. Sharma. 2005.** The influence of physico-chemical traits of bitter gourd, *Momordica charantia* L. on larval density and resistance to melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). J. Appl. Entomol. 129: 393-399.
- EMBRAPA. 1993.** A cultura do tomateiro (para a mesa). Brasília: EMBRAPA, SPI, 92p.
- Fakrudin, B., B.V. Patil, Vijaykumar, K.B. Krishnareddy, S.H. Prakash & M.S. Kuruvinashetti. 2004a.** Genetic structure of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner) populations occurring in South Indian cotton ecosystems using RAPD markers, p 104-109. In International Symposium on “Strategies for Sustainable Cotton Production – A Global Vision held at University of Agricultural Sciences. Dharwad, India.
- Fakrudin, B., S.H. Prakash, K.B. Krishnareddy, Vijaykumar, P.R. Badariprasad, B.V. Patil & M.S. Kuruvinashetti. 2004b.** Genetic variation of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) of south Indian cotton ecosystem using RAPD markers. Curr. Sci. 87: 1654-1657.
- Fakrudin, B., Vijaykumar, K.B. Krishnareddy, B.V. Patil & M.S. Kuruvinashetti. 2006.** DNA based marker systems and their utility in entomology. Entomol. Fennica 17: 21–33.
- FAO, 2015.** Disponível em <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em 01 fev. 2016.
- Farrar Junior, R.R. & G.G. Kennedy. 1991.** Relationship of leaf lamellar-based resistance to *Leptinotarsa decemlineata* and *Heliothis zea* in a wild tomato, *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*, PI 134417. Entomol. Exp. Appl. 58: 61- 67.
- Farrar Junior, R.R. & G.G. Kennedy. 1987.** Growth, food consumption and mortality of *Heliothis zea* larvae on foliage of the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* and the cultivated tomato, *L. esculentum*. Entomol. Exp. Appl. 44: 213-219.
- Fathipour, Y. & A. Sedaratian. 2013.** Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems, p 231-280. In H.A. Elshemy (ed.), Soybean - pest resistance. Cairo: InTeOpP.
- Fengxia, M., J. Shen, W. Zhou & H. Cen. 2004.** Long-term selection for resistance to transgenic cotton expressing *Bacillus thuringiensis* toxin in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae). Pest Manag. Sci. 60: 167-172.
- Fernandes, A. A., H.E.P. Martinez, D.J.H. Silva, J.G. Barbosa & A.W. Pedrosa. 2007.** Cultivo sucessivo de plantas de tomate oriundas de sementes e propagação vegetativa em sistema hidropônico. Pesq. Agropec. Bras. 42: 1013-1019.
- Fernandes, O.A. 2013.** *Helicoverpa armigera*: nova praga preocupa produtores brasileiros devido ao poder de destruição. Rev. Coplana Produtor 82: 14-16.
- Ferre, J. & R.J. Van. 2002.** Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. Annu. Rev. Entomol. 47: 501-533.

- Fitt, G.P. & S.C. Cotter. 2005.** The *Helicoverpa* problem in Australia: biology and management, p 1-38. In H.C. Sharma (ed.), *Heliothis/Helicoverpa* management: emerging trends and strategies for future research. Oxford: IBH Publishing, 469p.
- Fitt, G.P. 1989.** The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 17-52.
- França, F.H., G.L. Villas-Bôas, M. Castelo Branco & M.A. Medeiros. 2000.** Manejo integrado de pragas, p. 112-127. In J.B.C. Silva & L.B. Giordano (eds.), *Tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa – CNPH (Comunicação para transferência de Tecnologia), 168p.
- Freitas, J.A., M.F.B. Nonato, V.S. Souza, W.R. Maluf, A.I. Ciociola Jr. & G.L.D. Leite. 2002.** Relações entre acilaçúcares, tricoma glandular e resistência do tomateiro à mosca-branca. *Acta Scient.* 24: 1313-1316.
- Funderburk, J. J. Maruniak, D. Boucias & A. Garcia-Canedo. 1992.** Efficacy of baculoviruses and their impact on pest management programs, p. 88-97. In L.G. Copping, M. Green & R. Rees (eds.), *Pest management in soybean*. London: Elsevier, 632p.
- Gallo, D., O. Nakano, S. Silveira-Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E. Berti Filho, J.R.P.Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 920p.
- Gajendra Babu, B., V. Udayasuriyan, M. Asia Mariam, N.C. Sivakumar, M. Bharathi & G. Balasubramanian. 2002.** Comparative toxicity of Cry1Ac and Cry2Aa delta-endotoxins of *Bacillus thuringiensis* against *Helicoverpa armigera* (H.). *Crop Prot.* 21: 817-822.
- Ghosh, A., M. Chatterjee & A. Roy. 2010.** Bio-efficacy of spinosad against tomato fruit borer (*Helicoverpa armigera* Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. *J. Hortic. For.* 5: 108-111.
- Goffreda, J.C., J.C. Steffens & M.A. Mutschler. 1990.** Association of epicuticular sugars with aphid resistance in hybrids with wild tomato. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115: 161-165.
- Gottens, L. 2013.** Cinco inseticidas podem controlar lagarta *Helicoverpa armigera*. Disponível em: < http://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/noticia/5-inseticidas-podem-controlar-lagarta-helicoverpa_168885.html>. Acesso em: 03 mai 2016.
- Gray, L., G. Collavino, E. Gilardon, C. Hernandez, A. Olsen & G. Simón. 1999.** Heredabilidad de la resistencia a la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick) y su correlación genética con caracteres de calidad, en descendencias de cruza interespecíficas del género *Lycopersicon*. *Invest. Agrar. Prod. Prot. Veg.* 14: 445-451.
- Gröner, A. 1989.** Safety to nontarget invertebrates of baculoviruses, p. 135-147. In L. Lacey & E.W. Davison (eds.), *Safety of microbial insecticides*. Boca Raton: CRC, 259p.
- Hardwick, D.F. 1965.** The corn earworm complex. *Mem. Entomol. Soc. Can.* 97: 5-247.

- Hayden, J.E. & J. Brambila. 2015.** *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), the Old World Bollworm. Disponível em: <<http://www.freshfromflorida.com/Divisions-Offices/Plant-Industry/Plant-Industry-Publications/Pest-Alerts/Pest-Alert-The-Old-World-Bollworm>>. Acesso em: 15 abr 2016.
- Heckel, D.G. 2003.** Genomics in pure and applied entomology. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 235-260.
- Hienton, R.E. 1974.** Summary of investigations of electric traps. Washington: USDA, 136p.
- Halcomb, J.L., J.H. Benedict, B. Cook & D.R. Ring. 1996.** Survival and growth of bollworm and tobacco budworm non-transgenic and transgenic cotton expressing CryIAC insecticidal protein (Lepidoptera : Noctuidae). *Environ. Entomol.* 25: 250-255.
- Hawthorne, D.J., J.A. Shapiro, W.N. Tingey & M.A. Mutschler. 1992.** Trichome-borne and artificially applied acylsugars of wild tomato deter feeding and oviposition of the leafminer *Liriomyza trifolii*. *Entomol. Exp. Appl.* 65: 65-73.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015.** Levantamento sistemático da produção agrícola, tomate: produção e área. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica>>. Acesso em 03 jan. 2016.
- Jalali, S.K., K.S. Mohan, S.P. Singh, T.M. Manjunath & Y. Lalitha. 2004.** Baseline-susceptibility of the old-world bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) populations from India to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac insecticidal protein. *Crop Prot.* 23: 53-59.
- Jallow, M.F.A., J.P. Cunningham & M.P. Zalucki. 2004.** Intra-specific variation for plant use in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae): implications for management. *Crop Prot.* 23: 955-964.
- Johnson, M.L. & M.P. Zalucki 2005.** Foraging behavior of *Helicoverpa armigera* first instar larvae on crop plants of difference developmental stages. *J. Appl. Entomol.* 5: 239-245.
- Johnson, M.L. & M.P. Zalucki. 2007.** Feeding and foraging behaviour of a generalist caterpillar: are third instars just bigger versions of firsts? *Bull. Entomol. Res.* 97: 81-88.
- Juvik, J.A. & M.A. Stevens. 1982.** Physiological mechanisms of host-plant resistance in the genus *Lycopersicon* to *Heliothis zea* and *Spodoptera exigua*, two insect of the cultivated tomato. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107: 1065-1069.
- Juvik, J.A. M.A. Stevens & C.M. Rick. 1982.** Survey of the genus *Lycopersicon* for variability in tomatine content. *Hortic. Sci.* 17: 764-766.

- Juvik, J.A., J.A. Shapiro, T.E. Young & M.A. Mutschler. 1994.** Acylglucoses from wild tomatoes alter behavior and reduce growth and survival of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econom. Entomol. 87: 482-492.
- Kashyap, R.K., M.K. Banerjee, Kalloo & A.N. Verma. 1990.** Survival and development of fruit borer, *Heliothis armigera* (Hubner). (Lepidoptera: Noctuidae) on *Lycopersicon* spp. Insect Sci. Appl. 11: 877-881.
- Kranthi, K.R., D.R. Jadhav, S. Kranthi, R.R. Wanjari, S.S. Ali & D.A. Russel, 2002.** Insecticide resistance in five major insect pests of cotton in India. Crop Prot. 21: 449-460.
- Kumar, S., V. Udayasuriyan, P. Sangeetha & M. Bharathi. 2004.** Analysis of Cry2A proteins encoded by genes cloned from indigenous isolates of *Bacillus thuringiensis* for toxicity against *Helicoverpa armigera*. Curr. Sci. 86: 566-570.
- Kumar, N.K.K., D.E. Ullman & J.J. Cho. 1995.** Resistance among *Lycopersicon* species to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). J. Econ. Entomol. 88: 1057-1065.
- Lammers, J. & A. Macleod. 2007.** Report of a pest risk analysis: *Helicoverpa armigera* (Hbn). Plant Protection Service (NL) and Central Science laboratory (UK), 18p.
- Lara, F.M. 1991.** Princípios de resistência de plantas a insetos. 2.ed. São Paulo, Ícone, 336p.
- Lara, F.M., J. Barbieri & K.G.C. Churata Masca. 1980.** Comportamento de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) em relação ao ataque da broca pequena, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Pyraustidae). An. Soc. Entomol. Brasil. 9: 53-66.
- Lebedenco, A., A.M. Auad & S.N. Kronka. 2007.** Métodos de controle de lepidópteros na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Maringá 29: 339-344.
- Leite, G.L.D. 2004.** Resistência de tomates a pragas. Unimontes Cient. 6: 129-140.
- Liao, C.h., D.G. Heckel & R. Akhurst. 2002.** Toxicity of *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins for *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa punctigera* (Lepidoptera: Noctuidae), major pests of cotton. J. Invertebr. Pathol. 80: 55-63.
- Liu, Z., D. Li, P. Gong & K. Wu. 2004.** Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. Environ. Entomol. 33: 1570-1576.
- Luckwill, L.C. 1943.** The genus *Lycopersicon*, a historical, biological and taxonomic survey of the wild and cultivated tomato. Aberdeen. Univ. Stud. 120: 5-44.
- Lyra Netto, A.M.C. & A.A.F. Lima. 1998.** Infestação de cultivares de tomateiro por *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Pesq. Agropec. Bras. 33: 221-223.

- MAPA. 2014.** Ações emergenciais propostas pela Embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Manejo-Helicoverpa%20\(2\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Manejo-Helicoverpa%20(2).pdf)>. Acesso em 2 mar 2016.
- MAPA. 2016.** Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=13526&p_tipo_janela=NEW>. Acesso 03 mai 2016.
- Martin, P.B., P.D. Lingren & G.L. Greene. 1976.** Relative abundance and host preferences of cabbage looper, soybean looper, tobacco budworm, and corn earworm on crops grown in northern Florida. *Environ. Entomol.* 5:878-882.
- Matthews, M. 1999.** Heliethinae moths of Australia: a guide to pest bollworms and related noctuid groups. Melbourne: CSIRO, 320p.
- McGahan, P., R.J. Lloyd & K.P. Rynne. 1991.** The cost of *Helicoverpa* in Queensland crops. p 11-28. In H. Twine & M.P. Zalucki (eds.), A review of *Heliothis* research in Australia. Conference and Workshop Series QC91006. Brisbane: Queensland Department of Primary Industries.
- Metcalf, C. L. & W. P. Flint. 1962.** Destructive and useful insects: their habits and control. McGraw-Hill: New York, 918p.
- Michereff-Filho, M., J.A. Guimarães, Moura, A.P. & R.S. Liz. 2012.** Pragas, p 265-294. In F.M.V.T. Clemente & L.S. Boiteux (eds.), Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 344p.
- Miranda, B.E.C., L.S. Boiteux & A. Reis. 2010.** Identificação de genótipos do gênero *Solanum* (seção *Lycopersicon*) com resistência a *Stemphylium solani* e *S. lycopersici*. *Hortic. Bras.* 28: 178-184.
- Montilla, A.E.D., M.A. Solis & T. Kondo, 2013.** The tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), an insect pest of neotropical Solanaceous fruits. p. 137-159. In J.E. Peña (ed.), Potential invasive pests of agricultural crop. USA: Hardback, 646p.
- Moreira, G.R., D.J.H. Silva, M.C. Picanço, L.A. Peternelli & F.R.B. Caliman. 2005.** Divergência genética entre acessos de tomateiro infestados por diferentes populações da traça-do-tomateiro. *Hortic. Bras.* 23: 893-898.
- Moreira, J.O.T., F.M. Lara & M.G.C.C. Masca. 1985.** Resistência de cultivares de tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill. a broca pequena dos frutos *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera - Pyralidae). *Ciê. Cult.* 37: 618-623.

- Moscardi, F. 1990.** Uso de entomopatógenos no manejo integrado de pragas da soja no Brasil, p. 207-220. In O.A. Fernandes, A.C.B. Correia & S.A. Bortoli (eds.), Manejo integrado de pragas e nematóides. Jaboticabal: FUNEP, 220p.
- Murúa, M.G., F.S. Scalora, F.R. Navarro, L.E. Cazado, A. Casmuz, M.E. Villagrán, E. Lobos & G. Gastaminza. 2014.** First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. Fla. Entomol. 97: 854- 856.
- Nascimento, A.R., M.S. Soares Júnior, M. Caliari, P.M. Fernandes, J.P.M. Rodrigues & W.T. Carvalho. 2013.** Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. Hort. Bras. 31: 628-635.
- Nasreen, A. & G. Mustafa. 2000.** Biology of *Helicoverpa armigera* (Hbn) reared in laboratory on natural diet. Pakistan J. Biol. Sci. 3: 1668-1669.
- Painter, W.H. 1951.** Insect resistance in crop plants. New York: MacMillan, 520p.
- Payne, C.C. 1986.** Insect pathogenic viruses as pest control agents. Forts. Zool. 32: 183-200.
- Pedgeley, D.E. 1985.** Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hb.) (Lepidoptera: Noctuidae) to the British Isles. Entomol. Gaz. 11: 15–20.
- Peralta, I.E., D.M. Spooner & S. Knapp. 2008.** Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). Syst. Bot. Monogr. 84: 1-186.
- Perera, O.P., K.C. Allen, D. Jain, M. Purcell, N.S. Little & R.G. Luttrell. 2015.** Rapid Identification of *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) using ribosomal RNA internal transcribed spacer 1. J. Insect Sci. 15:1-9.
- Perkins, L.E., B.W. Cribb, J. Hanan, E. Glaze, C. Beveridge & M.P. Zalucki. 2009.** Where to from here? The mechanisms enabling the movement of first instar caterpillars on whole plants using *Helicoverpa armigera* (Hübner). Arthrop. Pl. Interact. 2: 197-207.
- Pinóia, S.S.F. 2012.** Eficácia de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) e spinosade no combate a *Helicoverpa armigera* (Hbn) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiro. Dissertação de Mestrado. Lisboa, Portugal, 89p.
- Pinto, A.S., J.R.P. Parra & H.N. Oliveira. 2004.** Pragas e insetos benéficos do milho. Piracicaba: ESALQ/USP, 108p.
- Pogue, M.G. 2004.** A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae). Ann. Entomol. Soc. Am. 97: 1222-1226.

- Pratissoli, D., H.N. Oliveira, M.C. Espindula & G.C. Magevski. 2006.** Ocorrência da lagarta-da-maçã-do-algodoeiro em frutos de tomateiro no estado do Espírito Santo. *Hortic. Bras.* 24: 204-205.
- Pratissoli, D., V.L. Souza-Lima, V.D. Pirovani, V.D. & W.L. Lima. 2015.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. *Hortic. Bras.* 33: 101–105.
- Queiroz, P.R.M., E.S.M. Queiroz, C.M. Soares, L.B. Scoz, D. Thomazoni, M.F. Sosia & R.G. Monnerat. 2013.** Identificação molecular de *Helicoverpa armigera*: tecnologia a serviço dos cotonicultores de Mato Grosso. Mato Grosso, MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão-IMAmt (Instituto Mato-Grossense do Algodão-IMAmt, Circular Técnica, 6), 4p.
- Restrepo-Salazar, E.F., F.A. Vallejo & M. Lobo. 2006.** Evaluación de la resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* y caracterización morfoagronómica de germoplasma silvestre de *Lycopersicon* spp. *Acta Agron.* 55: 15-21.
- Santos, F.F.B., A. Ribeiro, W.J. Siqueira & A.M.T. Melo. 2011.** Desempenho agronômico de híbridos F1 de tomate de mesa. *Hortic. Bras.* 29: 304-310.
- Santos, W.J. 2001.** Evolução das pragas do algodoeiro no Cerrado. *Correio Agrícola* 1: 20-27.
- Sayyed, A.H. & D.J. Wright. 2006.** Genetics and evidence for an esterase-associated mechanism of resistance to indoxcarb in a field population of diamondback (Lepidoptera: Plutellidae). *Pest Manag. Sci.* 62: 1045–1051.
- Schnepf, E., N. Crickmore, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Baum, J. Feitelson, D.R. Zeigler & D.H. Dean. 1998.** *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 62: 775-806.
- Schneider, A. & C. Dutra. 2013.** A lagarta *Helicoverpa armigera*. Disponível em <http://www.monsoy.com.br/wp-content/uploads/2015/09/job_02_97_informativos_tecnicos_3_ano2_n9_atualizado_ok.pdf>. Acesso 23 de mar. 2016.
- Schoonhoven, L.M., J.J.A. Van Loon & M. Dicke. 2005.** *Insect-plant biology*. Oxford: University Press, 421p.
- SENAVE. 2013.** Disponível em <<http://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/senave-en-alerta-trasingreso-de-peligrosa-plaga-agricola-629240.html>> Acesso em 08 de nov. 2014.
- Shanower, T.G. & J. Romeis. 1999.** Insect pests of pigeonpea and their management. *Annu. Rev. Entomol.* 44: 77-96.
- Sharma, A., L. Zhang, D. Niño-Liu, H. Ashrafi & R.F. Majid. 2008.** A *Solanum lycopersicum* *Solanum pimpinellifolium* linkage map of tomato displaying genomic locations of R-Genes, RGAs, and candidate resistance/defense-response ESTs. *Int. J. Pl. Genomics* 18p.

- Sharma, H.C. 2001.** Cotton bollworm/legume pod borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Noctuidae: Lepidoptera): Biology and Management. Crop Protec. Compend. Wallingford: CAB International, 70p.
- Shelomi, M., L.E. Perkins, B.W. Cribb & M.P. Zalucki. 2010.** Effects of leaf surfaces on first-instar *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) behaviour. Australian J. Entomol. 49: 289-295.
- Silva, A.C. & G.A. Carvalho 2004.** Manejo integrado de pragas, p. 309-366. In Alvarenga M.A.R. (ed.), Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 400p.
- Silva, J.B.C, J.B. Giordano, O. Frumoto, L.S. Boiteux, F.H. França, G.L. Villas-Bôas, M.C. Branco, M.A. Medeiros. W. Marouelli, W.L.C. Silva, C.A. Lopes, A.C. Ávila, W.M. Nascimento & W. Pereira. 2006.** Cultivo de tomate para industrialização. Embrapa Hortaliças, Brasília, Sistema de Produção Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial2ed/index.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2016.
- Silva, J.B.C. & L.B. Giordano. 2000.** Tomate para processamento industrial. Brasília: DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 168 p.
- Silva, K.F.A.S., M. Michereff-Filho, M.E.N. Fonseca, J.G. Silva-Filho, A.C.A. Texeira, A.W. Moita, J.B. Torres, R. Fernández-Muñoz & L.S. Boiteux. 2013.** Resistance to *Bemisia tabaci* biotype B of *Solanum pimpinellifolium* is associated with higher densities of type IV glandular trichomes and acylsugar accumulation. Entomol. Exp. Appl. 151: 4-13.
- Silva, N.M., L.H. Carvalho, E. Cia, M.G. Fuzatto, E.J. Chiavegato & L.R.F. Alleoni. 1995.** Seja o doutor do seu algodoeiro. Potafós 8: 6-9.
- Simmons, A.T., G.M. Gurr, D. Mcgrath, P.M. Martin & H.I. Nicol. 2004.** Entrapment of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on glandular trichomes of *Lycopersicon* species. Australian J. Entomol. 43: 196-200.
- SISLEGIS. 2014.** Sistema de Consulta à Legislação. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 13 nov. 2015.
- Sivaprakasam, N. 1996.** Influence of trichomes on resistance to fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner). Madras Agric. J. 83: 474-475.
- Sosa-Gómez, D.R., A. Specht, S.V. Paula-Mores, A. Lopes-Lima, S.A.C. Yano, A. Micheli, E.G.F. Morais, P. Gallo, P.R.V.S. Pereira, J.R. Salvadori, M. Botton, M.M. Zenker & W.S. Azevedo-Filho. 2016.** Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliiothinae) in Brazil. Rev. Bras. Entomol. 60: 101-104.

- Souza, J.C. & P.R. Reis. 2003.** Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. *Inf. Agropec.* 24: 79-92.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gómez, S.V. Paula-Moraes & A.S.C. Yano SAC. 2013.** Morphological and molecular identification of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and expansion of its occurrence record in Brazil. *Pesq. Agropec. Bras.* 48: 689–692.
- Suinaga, F.A., M.C. Picanço, M.D. Moreira, A.A. Semeão, S.T.V. Magalhães. 2004.** Resistência por antibiose de *Lycopersicon peruvianum* à traça do tomateiro. *Hortic. Bras.* 22: 281-285.
- Tanada, Y. & H.K. Kaya. 1993.** Insect pathology. New York: Academic, 666p.
- Thomazini, A.P.B.W., J.D. Vendramim, R. Brunherotto & M.T.R. Lopes. 2001.** Efeito de genótipos de tomateiro sobre a biologia e oviposição de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). *Neotrop. Entomol.* 30: 283-288.
- Usman, A. & I. Ali Khan. 2012** Ovipositional response of tomato fruit worm (*Helicoverpa armigera*) (Hübner) to different tomato genotypes under agroecological conditions of Khyber Pakhtunkhw-Pakistan. *J. Agric.* 28: 277-281.
- Vendramim, J.D. & E.C. Guzzo. 2009.** Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos, p. 1055-1105. In A.R. Panizzi & J.R. Parra (eds.), *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 1164p.
- Vendramim, J.D. 1990.** A resistência de plantas e o manejo de pragas, p. 177-197. In W.B. Crocorno (eds.), *Manejo integrado de pragas*. São Paulo: UNESP, 358p.
- Vijaykumar, B., K.B. Fakrudin, M.S. Krishnareddy, M.S. Kuruvinashetti & B.V. Patil. 2008.** Genetic differentiation among cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) populations of south Indian cotton ecosystems using mitochondrial DNA markers. *Italian J. Zool.* 75: 437-443.
- Yépez, F.F., J. Clavijo & I. Romero. 1990.** Especies del complejo *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) Lepidoptera: Noctuidae) y sus plantas hospederas em Venezuela. *Revi. Fac. Agron.* 16: 169-175.
- Zanuncio, T.V., J.C. Zanuncio, M.S.S. Araújo & F.C. Evaristo. 1995.** Influência da fase lunar na coleta de lepidópteros, em plantios de Eucalipto, na região de Açailândia, Maranhão, Brasil. *Rev. Árvore* 19: 100-109.
- Zucchi, R.A., S. Silveira Neto & O. Nakano. 1993.** Guia de identificação de pragas agrícolas. Piracicaba: FEALQ, 139p.

CAPÍTULO 2

Helicoverpa armigera (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NAS PRINCIPAIS REGIÕES PRODUTORAS DE TOMATEIRO NO BRASIL¹

KARLA F.A.S. SILVA^{2,3}, MARIA ESTHER N.F. BOITEUX³, ALEXANDRE SPECHT⁴, LEONARDO S.
BOITEUX³, MIGUEL MICHREF-FILHO³ E JORGE B. TORRES¹

²Departamento de Agronomia - Entomologia, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos,
52171-900 Recife, PE, Brasil.

³Embrapa Hortaliças - Entomologia, Caixa Postal 218, 70359-970 Brasília, DF, Brasil

⁴Embrapa Cerrados - Entomologia, Caixa Postal 08223, 73310-970 Brasília, DF, Brasil

¹Silva, K.F.A.S, M.E.N.F. Boiteux, A. Specht, L.S. Boiteux, M. Michereff-Filho & J.B. Torres. *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nas principais regiões produtora de tomateiro no Brasil. A ser submetido.

RESUMO – O tomateiro é considerado hospedeiro natural de várias pragas, incluindo espécies de Heliiothinae. A constatação de *Helicoverpa armigera* no continente americano tem sido associada ao aumento de perdas na produção em tomate e em outras culturas. A falta de estudos sobre o complexo Heliiothinae do tomateiro no Brasil demanda informações sobre a importância de *H. armigera* na composição deste complexo de praga. Assim, levantamentos de Lepidoptera em plantios de tomate de mesa e para processamento industrial foram realizados mediante emprego de armadilha luminosa em 2013 e coleta direta de lagartas de *Helicoverpa* em tomateiros em 2013/2014. Os espécimes coletados em armadilhas luminosas foram submetidas a estudos morfológicos e moleculares para a confirmação das espécies. Foram coletadas 1867 mariposas em armadilhas luminosas, compreendendo 18 espécies, com predominância de *H. armigera* (14,08%), seguida de *H. zea* (12,37%). No estudo de divergência genética, 66 amostras foram sequenciadas por PCR, utilizando *primers* para subunidade I da citocromo oxidase mitocondrial (*mtCOI*), que identificou um haplótipo de *H. armigera* (*Harm 1*), *H. virescens* e três haplótipos de *H. zea*. Os resultados demonstraram que existe a ocorrência simultânea de espécies e haplótipos de Heliiothinae em tomateiro em regiões produtoras de tomate no Brasil. Além disso, a presença de *H. armigera* em tomateiro, e em culturas adjacentes, como soja e algodão aumenta o desafio para estabelecer um manejo das áreas, especialmente utilizando rotação de culturas e adoção de vazios sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Heliiothinae, lagarta do tomate, grupo emergente, *Solanum lycopersicum*, *mtDNA*

Helicoverpa armigera (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN TOMATO CROPS IN
BRAZIL

ABSTRACT – Tomato has been considered a natural host of various pests including species of Heliiothinae. The recent invasion of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in the American continent has been associated to the increase in yield losses in tomato and in other important crops. The lack of information regarding the complex of Heliiothinae in tomato and the recent establishment of *H. armigera* requires data about the relative importance of the species belonging to *Helicoverpa* complex in tomatoes. Surveys of lepidopteran species in fields of freshmarket tomato and of processing tomato were conducted with light trap (year 2013), and collections of larvae damaging fruits were carried out during 2013/2014. The samples were subjected to morphological studies and/or DNA extraction to species confirmation. A total of 1867 moths collected in light traps comprising 18 species, with predominance of *H. armigera* (14.08%), followed by *Helicoverpa zea* (Bod.) (12.37%). A total of 66 samples of Heliiothinae were analyzed by PCR using primer for mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (*mtCOI*). The results showed the occurrence of the haplotype *Harm1* of *H. armigera*, three haplotypes of *H. zea* and *H. virescens*. The results indicate the simultaneous occurrence of species and haplotypes de Heliiothinae in tomato fields. Furthermore, the presence of *H. armigera* in tomato and in soybean and cotton crates a challenge to establish crop rotation and empty sanitary practices.

KEY WORDS: Heliiothinae, fruitworm, emerging group, *Solanum lycopersicum*, *mtDNA*

Introdução

O cultivo do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é realizado em todo o mundo, seja em plantios para consumo “*in natura*” dos frutos ou fabricação de produtos com a sua polpa, na forma de molho, pasta, desidratada, doce, entre outros (FAO 2012). No Brasil, o tomateiro é uma das hortaliças com elevada importância econômica e social, pois independente do tipo de produto, sempre está presente na alimentação humana. Entretanto, é uma cultura de alto risco, pois está sujeita a ocorrência de vários problemas, destacando-se o ataque de insetos-praga (Loo *et al.* 2004).

Entre os insetos praga que infestam a cultura do tomateiro, as lagartas possuem destaque pela importância econômica, pois podem atacar todas as partes da planta de tomate, em especial, os frutos, tornando-os sem valor econômico (Souza & Reis 2003, Silva & Carvalho 2004, Pratissole *et al.* 2006). Em Lepidoptera, a família Noctuidae possui grande número de espécies de pragas com importância agrícola, com destaque para as espécies do complexo *Helicoverpa-Heliothis* (Cho *et al.* 2008).

Estudos mostram que existem várias espécies pertencentes ao complexo *Helicoverpa-Heliothis*, que também causam inúmeros prejuízos aos cultivos de tomate em muitas regiões do mundo (Fitt 1989, Leite *et al.* 2014, Kriticos *et al.* 2015). A partir do monitoramento da cultura pode se ter uma estimativa populacional da praga e, conseqüentemente, o potencial das perdas (Silveira Neto 1990).

Várias ferramentas são utilizadas em monitoramento, dentre elas a utilização de armadilha luminosa para a captura desses insetos (Oliveira *et al.* 2008). A armadilha luminosa, além de permitir o levantamento de insetos de hábito noturno (estudo faunístico) e o conhecimento da variação populacional da espécie-alvo ao longo do ano, também pode ser utilizada como método

de controle mediante coleta massal de adultos da praga (Silveira Neto *et al.* 1973, Oliveira *et al.* 208).

O tomate é descrito como um hospedeiro natural de várias pragas, entre elas a *Heliothis virescens* (Fabr.) (Brito *et al.* 2001), que é amplamente distribuída no Novo Mundo, sendo considerada a maior praga em fumo e outras culturas como o tomate (Fitt 1989, Brito *et al.* 2001). Outra praga de importância nesse complexo é a *Chloridea subflexa* [= *Heliothis subflexa* (Guen.)], uma praga endêmica no Novo Mundo (Pogue 2013, Souza *et al.* 2015), que causa prejuízos em várias culturas, assim como em tomateiro (Souza *et al.* 2015).

A família Heliothinae compreende 18 espécies cosmopolitas pertencente ao gênero *Helicoverpa*, que são oligófagas e consideradas como pragas secundárias (Hardwick 1965, Mitter *et al.* 1993). No entanto, neste gênero, existem espécies de lepidópteros polífagos, capazes de provocar graves danos em uma ampla gama de culturas (Daly & Gregg 1985, Mitter *et al.* 1993, Behere *et al.* 2008). Dentre as espécies de *Helicoverpa* estão as mais importantes economicamente no Velho Mundo: *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Helicoverpa assulta* (Guen.), *Helicoverpa punctigera* (Wall.), bem como a *Helicoverpa zea* (Bod.) (Kennedy 2003, Behere *et al.* 2007), que originalmente é encontrada no Novo Mundo. No entanto, no Brasil, *H. zea* tem sido relatada como uma praga secundária em tomate (Leite *et al.* 2014). Outra espécie que apresenta relatos atacando frutos de tomate é a *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar), que ocorre na Argentina e sul do Brasil (Czepak *et al.* 2013b, Specht *et al.* 2004), porém esta espécie é encontrada principalmente em associação com milho, algodão e leguminosas (Velasco *et al.* 1969, Angulo & Weigert 1975, Lobos *et al.* 1997, Cork & Lobos 2003). Este cenário, no entanto, está em mudança, pois *H. armigera* foi relatada no continente americano, a qual tem sido associada a perdas em cultivos de algodão, sorgo, milho, soja, feijão, tomate e outras (Czepak *et al.* 2013a,

2013b, Specht *et al.* 2013, Tay *et al.* 2013, Leite *et al.* 2014, Mastrangelo *et al.* 2014, Murúa *et al.* 2014, Arneodo *et al.* 2015, Pratisoli *et al.* 2015, Sosa-Gómez *et al.* 2016).

A presença concomitante das diferentes espécies do complexo *Helicoverpa-Heliothis* em diversas culturas exige identificação, pois as espécies, *H. armigera*, *H. zea* e *H. gelotopoeon* são morfologicamente similares e podem apenas ser descritas com precisão pela dissecação da genitália dos machos adultos (Hardwick 1965, Pogue 2004, Czepak *et al.* 2013b) ou por marcadores moleculares (Arneodo *et al.* 2015).

Com o número limitado de características morfológicas confiáveis empregadas na discriminação de espécies de *Helicoverpa*, as análises moleculares passam a ser uma alternativa para a diferenciação taxonômica, permitindo a definição de uma estratégia eficaz para realizar amplos estudos de divergência a nível intraespecífico e interespecífico, independentemente do estágio de vida da praga (Behere *et al.* 2007). De fato, o sistema bioquímico e marcadores moleculares estão sendo utilizados em pesquisas, bem como em estudos de divergência populacional com o gênero *Helicoverpa* (Nibouche *et al.* 1998, Behere *et al.* 2007, 2013). Os segmentos do genoma mitocondrial (*mtDNA*) utilizados correspondem ao gene que codificam a subunidade I da citocromo oxidase (*mtCOI*) e o gene do citocromo *b* (*Cyt b*). Estes genes têm sido empregados como sistema universal de marcador molecular para a delimitação taxonômica de uma grande variedade de espécies de insetos (Simon *et al.* 1994), incluindo os gêneros pertencentes à ordem de Lepidoptera, para o qual uma base de dados de sequência está disponível (Behere *et al.* 2007, 2008, Li *et al.* 2011, Tay *et al.* 2013).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento populacional de lepidópteros em cultivos de tomate utilizando armadilha luminosa, bem como o monitoramento de *H. armigera* através de coletas diretas, além disso, realizar um levantamento da divergência genética do complexo *Helicoverpa-Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) associada

com danos em frutos de tomate nos sistemas de produção para tomate de mesa e tomate para processamento industrial, considerando as distinções das regiões ecológicas e geográficas do Brasil. O estudo está fundamentado na escassez de informações sobre a presença de *H. armigera* e sua a variabilidade genética em cultivos de tomateiro, o que dificulta o estabelecimento de programas eficazes de manejo deste complexo de pragas. A definição da espécie predominante impacta os métodos de controle como o uso de agentes de controle biológico, rotação de cultura e recomendação de inseticidas, podendo levar a inúmeras consequências negativas.

Material e Métodos

Áreas de Monitoramento por Armadilha Luminosa. O estudo foi realizado no município de Cristalina, Goiás (16° 21'S; 47° 32'O e 16° 18'S; 47° 37' O), em cinco áreas de cultivo de tomate das variedades AP533 e TY2006, na Fazenda Larga Grande, de propriedade do grupo Sorgatto Agroindustrial no período de junho a setembro de 2013, compreendendo dois terços do período da safra da cultura de tomate. As áreas de tomate estavam separadas por plantio de eucaliptos, milho (produção de semente) e feijão.

Em cada área de cultivo de tomate foi colocada uma armadilha luminosa tipo “Luiz de Queiroz” (Biocontrole Ltda, São Paulo, Brasil) adaptada com lâmpadas fluorescentes de luz negra. As armadilhas eram acionadas ao entardecer e desligadas ao amanhecer do dia seguinte e foram instaladas a uma altura de 1,30m do solo. As mariposas foram coletadas semanalmente e colocadas em sacos plásticos transparentes de polietileno (20 x 30 cm) com etiquetas contendo informações da área e a data de coleta e, em seguida, os sacos foram armazenados em freezer a -20°C.

Nas mesmas áreas de cultivo de tomate foram demarcados sete pontos com haste de ferro e fitilho de TNT, com um total de 35 pontos. Em cada ponto, plantas de tomate dentro de dois

metros linear foram inspecionadas, para contagem de lagartas presentes na planta. As lagartas encontradas foram coletadas e mantidas em dieta artificial até tornarem adultos para identificação. No laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, as lagartas coletadas foram individualizadas em copo plástico de 50mL com tampa de acrílico transparente contendo dieta artificial para noctuídeos descrita por Greene *et al.* (1976) com modificações, onde permaneceram até atingirem a fase de pupa. As pupas foram retiradas dos copos plásticos e sexadas de acordo com Butt & Cantu (1962). Após a sexagem, as pupas foram colocadas em caixas tipo Gerbox[®], contendo papel filtro levemente umedecido com água destilada, onde permaneceram até a emergência dos adultos. O experimento constou de coletas sistematizadas feitas semanalmente no período de junho a setembro de 2013.

Identificação de Espécies Capturadas em Armadilha Luminosa. As mariposas capturadas nas armadilhas luminosas foram identificadas através de análise das características morfológicas. A identificação foi realizada com base na coleção de referência da Embrapa Cerrados, Brasília, DF, formada por estudos de levantamento de Lepidoptera. As mariposas de *Helicoverpa* foram identificadas por meio de características morfológicas e ferramentas moleculares.

A identificação das mariposas de *Helicoverpa*, a partir das lagartas coletadas nos pontos demarcados nos plantios de tomate, foi realizada através de características morfológicas da genitália dos machos utilizando o protocolo de Brambila (2009), que consiste em manter os abdomens em solução aquosa aquecida de KOH (10%) por 45 minutos, em seguida remove-se o KOH com álcool utilizando uma piceta. As genitálias foram dissecadas e os edeagos foram removidos com auxílio de pinças entomológicas. Com uma seringa de insulina (agulha de 6 mm de comprimento e 0,25 mm de diâmetro) (BD, Nova Jersey, USA) contendo álcool isopropílico 99% fez-se a eversão da vesícula. Quanto às mariposas fêmeas, estas foram identificadas através de ferramentas moleculares descritas a seguir.

Coleta de Amostras para Estudo de Divergência Genética. No experimento de divergência genética, um total de 66 lagartas foi coletado diretamente de frutos danificados em campos de cultivo de tomate de mesa e tomate para processamento industrial durante os períodos de junho de 2013 a novembro de 2014. Estas amostras foram oriundas de condições variadas, abrangendo 14 localidades dos estados de Goiás e Distrito Federal (região Centro-Oeste) e duas localidades nos estados de Espírito Santo e uma em São Paulo (região Sudeste) e duas localidades no estado de Santa Catarina (região Sul), estas localidades foram georreferenciadas através do programa computacional ArcGis 9.3, que geram mapas de distribuição espacial (Fig. 1).

Identificação de *Helicoverpa* Capturadas para o Estudo de Divergência Genética. Neste experimento, as coletas em tomateiro foram de lagartas. No entanto, as amostras utilizadas na identificação seguiram em diferentes estágios de desenvolvimento do inseto, pois as amostras de DNA foram extraídas tanto de lagartas recém-coletadas em campo, com de pupas ou adultos depois de mantidos em dieta artificial no laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças.

Extração de DNA. As amostras de DNA foram extraídas e em seguida foram preservadas em etanol 100% e estocadas em freezer -20°C. Todas as amostras de DNA receberam um código BRH (“*Brazilian Heliothinae*”). Todo o DNA foi extraído das amostras usando protocolo de Boiteux *et al.* (1990) com modificações.

Primers do PCR e Perfis de Amplificação - Os ensaios de PCR foram realizados utilizando o par de *primers* **COI-F01** (5'-TTA-TTT-CAC-ATC-AGC-TAC-TAT-3') e **COI-R01** (5'-CTT-TAT-AAA-TGG-GGT-TTA-AAT-3') com as seguintes condições: 94°C por quatro minutos (um ciclo); um minuto para cada temperatura 94 °C, 50 °C e 72 °C (35 ciclos), sendo que no último ciclo, a temperatura de 72°C foi de cinco minutos (Li *et al.* 2011). As amplificações de PCR das amostras de DNA foram realizadas em uma reação com volume total de 25 µL, que continha 25ng de DNA da amostra, 0.2 µM de cada primer, 0.2 mM de dNTPs, 1× de tampão de reação de PCR

(Promega), 1.5 mM Mg²⁺ e uma unidade de DNA *Taq* polymerase (Promega). Na amplificação foram obtidas 680 pb do gene mitocondrial COI, este gene subsequentemente foi cortado para uma região altamente informativa de 511 pb, região esta que descreve os haplótipos representativos de *H. zea* e *H. armigera*, bem como outras espécies de *Helicoverpa* e outros gêneros dentro de Heliothinae (Lepidoptera: Noctuidae) associadas à cultura de tomate em todo o mundo (Hajibabaei *et al.* 2006, Behere *et al.* 2007, Behere *et al.* 2008, Li *et al.* 2011, Albernaz *et al.* 2012). As amplificações das amostras de DNA foram individuais e o kit de purificação utilizado foi da PureLink[®] (Invitrogen, Life Technologies, Carlsbad, CA, EUA).

Sequenciamento. O sequenciamento foi realizado utilizando o protocolo para o kit de reação de sequenciamento “*BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit*” versão 3.1 (Biosistemas Aplicados, São Paulo, Brasil), utilizado a mesma descrição do par de primer do PCR. O DNA foi analisado em um sequenciador automático modelo 3100 (Biosistemas Aplicados, Foster City, CA, EUA) no Laboratório de Análises Genômicas da Embrapa Hortaliças (CNPq). As sequências de cadeia dupla foram obtidas para todas as amostras.

As sequências de nucleotídeos foram comparadas e classificadas pelos haplótipos. As sequências que apresentaram de um a três nucleotídeos diferentes foram classificadas como haplótipos diferentes, enquanto que as sequências com disposição idêntica nas posições dos nucleotídeos informativos (SNP's) foram classificadas como mesmo haplótipo. Para confirmar a classificação dos haplótipos, um subconjunto das amostras foi sequenciado (pelo menos duas vezes), utilizando produtos diferentes da amplificação de reações de PCR. As sequências foram montadas e a qualidade dos dados de rastreamento foi realizado com o programa SeqMan (pacote Lasergene; DNASTar, Madison, WI, EUA) (Allex 1999).

Análises de Divergência. As análises de divergência foram realizadas através de comparações feitas, a partir das sequências obtidas do banco de dados global de haplótipos para o gene do DNA

mitocondrial COI (Behere *et al.* 2007, Cho *et al.* 2008, Li *et al.* 2011), depositadas no GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) e *International Barcode of Life* (iBOL) (<http://www.ibol.org/>), e foram utilizadas ferramentas de análise de divergência genética.

Os acessos do GenBank das sequências de referência foram utilizados para a construção da árvore: *H. armigera* haplótipo 1 (EF116226), *H. zea* haplótipo 5 (EF116263), *H. zea* haplótipo 8 (EF116266), *H. zea* haplótipo 10 (EF116268), *H. assulta* haplótipo 1 (EF116270) e 2 (EF116271), *H. punctigera* haplótipo 1 (EF116272) e 2 (EF116273), e *H. virescens* (JN799038). O banco de dados disponível de *mtCOI* não permitiu a identificação de haplótipos para *H. virescens* e *C. subflexa* e; portanto, não houve comparações com as amostras coletadas. As sequências do gene *mtCOI* da espécie *H. gelotopoeon* também não foram encontradas para esta região, por isso não foi possível incluir nas análises

As sequências foram alinhadas usando o programa de alinhamento de sequências Clustal W, sob as configurações padrão do pacote de programa Genius (EMBL, Heidelberg, Alemanha). Os alinhamentos foram inspecionados visualmente e editados manualmente. As análises de máxima verossimilhança foram conduzidas utilizando o programa PAUP versão 4.0 (Swofford 2002).

As análises para árvore foram realizadas utilizando busca heurística com método simples de adição de sequência passo a passo. Os níveis de confiança das relações inferidas foram determinados através da análise 1000 repetições de bootstraps. As análises foram realizadas junto com sequências de espécies de *Spodoptera exigua* (Hübner) (HQ857475) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (HQ177329), sendo estas consideradas como grupos externos.

Resultados

Espécies Capturadas em Armadilha Luminosa. O monitoramento resultou na captura de 1867 indivíduos sendo 95% pertencentes à Noctuidae, e representados por 18 espécies identificadas e distribuídas em seis subfamílias (Tabela 1). Em relação à abundância, a subfamília Amphipyrinae apresentou a maior proporção de indivíduos (567), e que estavam distribuídos nos seguintes gêneros *Spodoptera*, *Elaphria* e *Condica*. Dentro dessa subfamília, as espécies coletadas com as maiores abundâncias foram a *Spodoptera eridania* (Cramer) e *Spodoptera albula* (Walker), com 181 e 173 indivíduos, respectivamente (Tabela 1).

A segunda subfamília mais abundante foi Heliiothinae (507), com predominância do gênero *Helicoverpa*. A espécie *H. armigera* foi representada por 263 indivíduos (14,08%) e a segunda espécie mais abundante foi *H. zea* (12,37%), com 231 indivíduos coletados. Outra espécie de Heliiothinae coletada foi a *H. virescens*. Esta espécie foi a menos abundante com apenas 13 indivíduos coletados (Tabela 1).

A frequência de captura entre as espécies de Heliiothinae mostrou, que tanto a *H. armigera* e como a *H. zea* esteve presente em todas as coletas. Enquanto que, a *H. virescens* apresentou indivíduos em somente 64% das coletas. As fases da lua também foram relacionadas com as coletas dessas três espécies e foi observado que não houve influência significativa (Fig. 2).

O número médio de lagartas coletadas durante o monitoramento nos tomateiros foi de 5,30 lagartas/metro linear/ semana, com maior média na última coleta com 8,52 lagartas/metro linear (Fig. 3). Todas as lagartas coletadas, e que atingiram a fase adulta foram identificadas morfológicamente e geneticamente como *H. armigera*.

Estudo de Divergência Genética. As análises das sequências dos segmentos do gene *mtCOI* com informações de polimorfismo de nucleotídeo único (SNP's) permitiram a identificação de espécies do complexo *Helicoverpa-Heliothis* associadas aos frutos danificados em tomateiros. A

identificação resultou em *H. virescens*, um haplótipo de *H. armigera* e três haplótipos de *H. zea* (Tabela 2). O haplótipo de *H. armigera* foi encontrado em todas as localidades de coletas. E as duas amostras de *H. virescens* foram coletadas no Goiás e no Distrito Federal. Enquanto que todos os três haplótipos de *H. zea* foram coletados na mesma localidade, no município de Cristalina, no estado de Goiás (Tabela 2).

Todas as amostras de DNA deste estudo tiveram as informações genéticas depositadas no banco de dados do GenBank (Tabela 2).

As análises de divergência mostraram a ocorrência de um grupo monofilético para *H. armigera*, sendo que todas as amostras tiveram 100% de identidade com as sequências do haplótipo 1 (*Harm 1*) do banco de dados do GenBank, sendo representado por 100% dos bootstrap (Fig. 4). Este resultado mostrou que ocorreu uma predominância deste haplótipo entre as amostras de *H. armigera* coletadas, independente do sistema de cultivo do tomate, com 36 amostras em cultivos de tomate de mesa e 20 amostras em cultivos de tomate para processamento industrial.

As amostras de *H. zea*, também, resultaram em grupo monofilético com valor elevado de bootstraps (100%). Contrariamente ao cenário observado para *H. armigera*, observou divergência de nucleotídeos entre as populações de *H. zea* infestando tomate no Brasil. Com as comparações das sequências das populações de *H. zea* foi possível identificar o haplótipo 5 (EF116263) em cinco amostras, o haplótipo 8 (EF116266) em duas amostras e o haplótipo 10 (EF116268), em uma amostra. (Fig. 4).

Duas amostras populacionais dentre os BRH's, também, foram agrupados como *H. virescens* em um grupo monofilético com valor alto de bootstrap (Fig. 4). No entanto, o espécime de *H. virescens* utilizado como referência de sequência (GenBank JN799038) e as duas amostras de BRH agrupadas como *H. virescens* não mostraram identidade nucleotídica completa, pois

variou de um a três SNPs. Os acessos depositados no banco de dados de *mtCOI* disponíveis, também, não permitiram a identificação de haplótipos para *H. virescens*. No entanto, as duas populações de *H. virescens* que infestam o tomateiro não mostraram polimorfismos com a sequência do segmento de gene *mtCOI*, indicando que são haplótipos distintos para este gene.

Discussão

Diante da grande incidência de pragas nas culturas, sejam elas, pragas conhecidas ou invasoras, a adoção de práticas voltadas ao manejo integrado tem sido a principal filosofia de controle, mas pouco é utilizado devido o uso excessivo do controle químico. Embora não haja um método de amostragem universal, mesmo considerando que, um método empregado a uma praga não se aplique a outras, é preciso considerar que a amostragem é a maneira mais eficiente de efetuar o levantamento e determinar a incidência das pragas na cultura (Silveira Neto *et al.* 1976).

Em estudos de lepidópteros noturnos, o método de amostragem mais empregados em campo conta com o uso de armadilha luminosa. Mesmo havendo outras armadilhas, que possuem funcionalidade, a armadilha luminosa é considerada altamente eficiente para levantamento de pragas e ajuda na tomada de decisões para adoção de ações de controle (Barcello 2014). Além das coletas de insetos, a sua utilização contempla a distribuição e flutuação dos insetos, pois devido à característica fototrópica positiva das mariposas (voam no crepúsculo ou à noite) é possível monitorar a presença dessas de forma precisa.

As espécies de Noctuidae capturadas estão diretamente associadas às perdas econômicas na cultura do tomateiro. Os noctuídeos constituem a maior proporção de lepidópteros amostrados com armadilhas luminosas e os dados obtidos têm sido usados para amostragem de populações de espécies-praga, estudos de dinâmica, ecologia de populações, migrações, aspectos comportamentais de voo e relacionamento com as plantas hospedeiras (Specht & Corseuil 2002).

Dentre essas espécies coletadas neste estudo, o complexo *Spodoptera* teve elevada captura confirmando que sua ocorrência em tomateiro é preocupante. Entre as espécies de *Spodoptera*, há o registro de nove espécies com ocorrência no Brasil (Pogue 2002), neste monitoramento foram identificados quatro espécies, que são consideradas destaque nos cultivos de tomateiro, especialmente no cerrado brasileiro (Embrapa 2006, Czepak *et al.* 2011, Michereff-Filho *et al.* 2012, Souza *et al.* 2013), bem como em culturas de algodão, milho, trigo, arroz e soja (Luginbill 1928, Latorre 1990, Pogue 2002, Capinera 2002, Bastos & Torres 2004, Barros *et al.* 2010).

O outro complexo expressivo neste estudo, complexo *Helicoverpa-Heliothis*, concordou com estudos que destacam resultados favoráveis utilizando armadilhas luminosas em cultivos de tomate nas capturas de *H. zea* (Campbell *et al.* 1992) e *H. armigera* (Kumar *et al.* 2006, Shah *et al.* 2011). Quanto à captura de *H. armigera*, que é considerada no Brasil uma espécie invasora, e que são reconhecidas como uma grande ameaça para a biodiversidade, pois podem provocar alterações ambientais e deslocar naturalmente espécies endêmicas (Lee 2002, Pimentel *et al.* 2005). As espécies invasoras são as mais nocivas para agricultura, pois para o seu controle é adotado principalmente o controle químico (Achaleke & Brévault 2010), que resulta em aumento dos custos com a produção, além de aumentar os riscos ao meio ambiente e ainda causar efeitos negativos sobre organismo não alvo e a saúde humana (Pimentel *et al.* 2005).

O monitoramento de populações de espécies invasoras torna-se indispensável, e o uso de armadilhas luminosas é importante para pesquisar o movimento populacional de grande número de espécies de insetos (Matioli & Silva 1990). Embora seja difícil comparar o desempenho dos tipos de armadilha, baseado no número de mariposas capturadas, o que é relativa de ano para outro, segundo Campbell *et al.* (1992), a armadilha luminosa captura mais mariposa, em estágio mais tardio da cultura, pois é o período quando a população da praga está mais elevada. No entanto, a eficácia desse tipo de armadilha está sob influência de muitos fatores ambientais.

Dentre os fatores ambientais, existe grande número de estudos dedicado à relação entre as fases de lua com a captura de mariposas pela armadilha luminosa, mas estes tipos de estudos ainda possuem conclusões contraditórias (Nowinszky & Puskás 2012). No presente estudo o menor número de Heliothinae coletadas na armadilha ocorreu na fase de lua nova, e as maiores na lua cheia, logo a influência da lua em relação à captura não foi possível ser verificada, diferindo de relatos em estudos, que afirmam que a forte luz da lua na fase cheia resulta em menor captura, o que são claramente fenômenos físicos (Vaishampayan & Shrivastava 1978, Vaishampayan & Verma 1982, Nag & Nath 1991).

O uso de armadilhas também pode ser utilizado para relacionar o potencial entre o número de adultos capturados em armadilhas e a densidade de ovos, lagartas e os danos encontrados em frutos (Leonard *et al.* 1989). Contudo, a densidade de lagartas nas plantas de tomate esteve inversamente proporcional à captura mariposas de *H. armigera* pelas armadilhas. Houve maior número de lagartas no final do período de coletas, enquanto que as coletas de mariposas diminuíram o que foi correspondente também com o período de colheita do tomate.

Em levantamentos, seja por armadilhas ou coleta direta, em campos de tomate, tanto em tomate de mesa quanto tomate para processamento, podem ser amostradas várias espécies que são polífagas, como *H. virescens*, *H. zea* e *H. gelotopoeon*, que tem sido considerada as maiores pragas do complexo *Helicoverpa-Heliothis* do Novo Mundo (Cork & Lobos 2003, Specht *et al.* 2013, Murúa *et al.* 2014, Arneodo *et al.* 2015). Com a invasão de *H. armigera* no Novo Mundo, esta relação tem sido modificado como observada em nosso estudo. Atualmente, *H. armigera* está sendo responsável por consideráveis perdas em culturas como da soja, algodão, sorgo e milho (Kriticos *et al.* 2015, Pomari-Fernandes *et al.* 2015). Além disso, a espécie *H. armigera* é a principal praga em área de tomate no Velho Mundo (Daboul *et al.* 2011). Uma espécie relatada como invasora em países europeus e do mediterrâneo e, que em poucos anos, passou a ser a

principal praga tanto em cultivos de tomate em casa de vegetação como em campo (Torres-Vila *et al.* 2002).

O tomate também é um hospedeiro natural de espécies do gênero *Helicoverpa*, incluindo as espécies *H. zea* e *H. gelotopoeon* do Novo Mundo, bem como da espécie *H. assulta*. No entanto, a falta de estudos sobre a variabilidade genética de Heliothinae em tomate no Brasil e o estabelecimento de *H. armigera* na América do Sul, mostra que é necessário buscar ferramentas que permitam a uma investigação da verdadeira importância dessas espécies em grandes áreas de cultivo. Estudos relatam que as primeiras ocorrências de *H. armigera* aconteceram no estado de Goiás e Bahia, mas nestas amostras revelam a ocorrência em outras localidades do país.

Em comparações genéticas a presença de apenas um haplótipo para *H. armigera* nos cultivos de tomate do Brasil é surpreendente, pois estudos anteriores demonstraram a presença de uma grande variedade de haplótipos de *H. armigera* infestando os cultivos de soja, milho, algodão e feijão na América do Sul (Specht *et al.* 2013, Tay *et al.* 2013, Leite *et al.* 2014, Mastrangelo *et al.* 2014, Murúa *et al.* 2014, Arneodo *et al.* 2015).

Apesar das amostras populacionais de *H. zea* terem sido agrupadas em três haplótipos diferentes, estas foram encontradas infestando apenas campos de tomate para processamento industrial em Cristalina, Goiás (Centro-Oeste). A ocorrência de haplótipos diferentes na mesma região merece atenção, visto que é comum encontrar plantios de milho doce simultaneamente e/ou até mesmo compartilhando o mesmo pivô com cultivo de tomate. Nessa situação, o risco de infestação das culturas e o favorecimento da permanência da praga sempre no campo é alta devido à contínua disponibilidade de alimento (Picanço 2010).

As diferenças entre a *H. armigera* e os três haplótipos de *H. zea* foram de 18 nucleotídeos para os haplótipos 5 e 10, e de 21 nucleotídeos para o haplótipo 8, o que está de acordo com a divergência genética esperada para a maioria das espécies de Lepidoptera (Hajibabaei *et al.* 2006).

De acordo com Behere *et al.* (2007), os níveis da distância genética entre *H. armigera* e *H. zea* foram elevados, o que provavelmente foi devida a semelhança evolutiva, que ocorreu aproximadamente 1,5 milhões de anos atrás. Até o momento, não existem estudos sobre a compatibilidade sexual entre as populações dessas duas espécies na América do Sul. Por isso, estudos mais detalhados devem ser realizados em populações de tomate com o objetivo de analisar possível introgressão dos segmentos do genoma mitocondrial entre estas duas espécies.

As espécies *H. virescens* e *H. zea* são consideradas pragas-chave no Novo Mundo (Cunningham & Zalucki 2014), são pragas que infestam espécies de Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Solanaceae (Leite 2004), Convolvulaceae e Scrophulariaceae (Cunningham & Zalucki 2014). A *H. virescens* é considerada atualmente uma das principais pragas em algodão e soja no Brasil, exibindo uma ampla gama de haplótipos com base na divergência de um conjunto distinto de marcadores de *mtDNA* (CoxI, coxII e nad6) (Albernaz *et al.* 2012). Contudo, neste estudo não foi possível caracterizar os haplótipos correspondentes aos descritos por Albernaz *et al.* (2012), por se tratar de outra região genômica. A não identificação dessas populações de *H. virescens*, na região Centro-Oeste do país, sugere maior cautela com o manejo cultural, principalmente com os sistemas de rotação de cultura, considerando a infestação em cultivos de soja e algodão.

Com base nas informações disponíveis até o momento, este trabalho apresenta o primeiro conjunto de resultados referente à diversidade de espécies da Heliiothinae (Lepidoptera: Noctuidae) associadas à cultura do tomate no Brasil. A presença de espécies e haplótipos do complexo *Helicoverpa-Heliothis*, mostram que a região do genoma correspondente para o segmento do gene mtCOI pode ser utilizado como ferramenta de precisão para minimizar amostras de *H. armigera*, das amostras de *H. zea* e amostras de *H. virescens*. Distinguindo as espécies pragas dentro da cultura passa-se a estabelecer novas estratégias de manejo nas culturas,

visando minimizar as perdas ocasionadas por estas pragas. Neste cenário, as medidas de controle a serem recomendadas no cultivo de tomate devem possuir aspecto de ação contra o complexo de espécies e não apenas uma espécie específica. Entre elas, práticas de controle cultural, o uso de parasitoide de ovos generalistas, coleta com armadilha luminosa, barreiras físicas, inseticidas biológicos e reguladores de crescimento em dosagens eficazes para as diferentes espécies, e etc.

Agradecimentos

A todos estagiários e bolsistas do Laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, que contribuíram nas atividades de campo e laboratório. Aos funcionários Moises Lopes Fernandes e Antônio Francisco Costa, da Embrapa Hortaliças, pelo auxílio nos trabalhos desenvolvidos. À EMBRAPA pela infraestrutura e logística disponibilizadas. A CAPES pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

Literatura Citada

- Achaleke, J. & T. Brévault. 2010.** Inheritance and stability of pyrethroid resistance in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in central Africa. *Pest Manag. Sci.* 66: 137–141.
- Albernaz, K.C., K.L. Silva-Brandão, P. Fresia, F.L. Cônsoli & C. Omoto. 2012.** Genetic variability and demographic history of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) populations from Brazil inferred by mtDNA sequences. *Bull. Entomol. Res.* 102: 333–343.
- Alex, C.F. 1999.** Computational methods for fast and accurate DNA fragment assembly. Ph.D. Thesis, University of Wisconsin, Madison, Madison, WI, USA. 211p.
- Angulo, A.O. & G.T.H. Weigert. 1975.** Estados imaturos de lepidopteros noctúdeos. *Bol. Soc. Biol. Concepc.* 2: 1–154.
- Arneodo, J.D., E.I. Balbi, F.M. Flores & A. Sciocco-Cap. 2015.** Molecular identification of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) in Argentina and development of a novel PCR-RFLP method for its rapid differentiation from *H. zea* and *H. gelotopoeon*. *J. Econ. Entomol.* 108: 2505-2510.

- Barcello, L.A.R. 2014.** Armadilhas luminosas auxiliam no controle da *Helicoverpa* na região central do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/armadilhas-luminosas-auxiliam-controle-helicoverpa-regiao-central-rio-grande-sul-25248>>. Acesso em: 22 mar 2016.
- Barros, E.M., J.B. Torres & A.F. Bueno. 2010.** Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. Neotrop. Entomol. 39: 996-1001.
- Bastos, C.S. & J.B. Torres. 2004.** Os perigos às escondidas. Rev. Cultivar 60: 10-13.
- Behere, G.T., W.T. Tay, D.A. Russell & P. Batterham. 2008.** Molecular markers to discriminate among four pest species of *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae). Bull. Entomol. Res 98: 599–603.
- Behere, G.T., W.T. Tay, D.A. Russell, D.G. Heckel, B.R. Appleton, K.R. Kranthi & P. Batterham. 2007.** Mitochondrial DNA analysis of field populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and of its relationship to *H. zea*. BMC Evol. Biol.7: 117–127.
- Behere, G.T., W.T. Tay, D.A. Russell, K.R. Kranthi & P. Batterham. 2013.** Population genetic structure of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in India as inferred from EPIC-PCR DNA markers. PloS One 8: e53448.
- Boiteux, L.S., M.E.N. Fonseca & P.W. Simon. 1999.** Effects of plant tissue and DNA purification method on randomly amplified polymorphic DNA-based genetic fingerprinting analysis in carrot. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 124: 32–38.
- Brambila, J. 2009.** Instructions for dissecting male genitalia of *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) to separate *H. zea* from *H. armigera*. Disponível em: <https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/owb-screeningaid_s2.pdf>. Acesso em: 21 dez 2013.
- Brito, L.O., A.R. Lopes, J.R.P. Parra, W.R. Terra & M.C. Silva-Filho. 2001.** Adaptation of tobacco budworm *Heliothis virescens* to proteinase inhibitors may be mediated by the synthesis of new proteinases. Comp. Biochem. Physiol. B 128: 365–375.
- Butt, B.A. & E. Cantu. 1962.** Sex determination of lepidopterous pupae. Washington: USDA, 7p.
- Campbell, C.D., J.F. Walgenbach & G.G. Kennedy. 1992.** Comparison of black light and pheromone traps for monitoring *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato. J. Agric. Entomol. 9: 17-24.
- Capinera, J.L. 2002.** Handbook of vegetable pests. San Diego, Academic Press, 2700p.
- Cho, S., A. Mitchell, C. Mitter, J. Regier, M. Matthews & R.O.N. Robertson. 2008.** Molecular phylogenetics of heliothine moths (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae), with comments on the evolution of host range and pest status. Syst. Entomol. 33: 581–594.

- Cork, A. & E.A. Lobos. 2003.** Female sex pheromone components of *Helicoverpa gelotopoeon*: First heliothine pheromone without (Z)-11-hexadecenal. Entomol. Exp. Appl. 107: 201–206.
- Cunningham, J.P. & M.P. Zalucki. 2014.** Understanding Heliothine (Lepidoptera: Heliothinae) pests: What is a host plant? J. Econ. Entomol. 107: 881–896.
- Czepak, C., A. Silva, M. Mouzinho & M. Bernardino. 2011.** *Spodoptera* no tomate industrial. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24939&secao=Sanidade%20Vegetal>>. Acesso em: 23 mar. 2016.
- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivan, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013a.** Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesq. Agropec. Trop. 43: 110-113.
- Czepak, C., L.M. Vivan & K.C. Albernaz. 2013b.** Praga da vez. Ver. Cultivar 176: 4-11.
- Daboul, S.Y., A.E.N.M. Bsheer & I. Y. Al Baseet. 2011.** Relative Susceptibility of some tomato cultivars to *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) infestation in Daraá Syria. J. Agric. Sci. 7: 617-623.
- Daly, J.C. & P. Gregg. 1985.** Genetic variation in *Heliothis* in Australia: species identification and gene flow in the two pest species *H. armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae). Bull. Entomol. Res. 75: 169-184.
- Embrapa. 2006.** Disponível em: <sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/tomate/tomateindustrial_2ed/pragas.htm>. Acesso: 03 mar. 2016.
- FAO 2012.** Disponível em <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em 01 fev. 2016.
- Fitt, G.P. 1989.** The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. Annu. Rev. Entomol. 34: 17–52.
- Greene, G.L., N.C. Leppla & W.A. Dickerson. 1976.** Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. J. Econ. Entomol. 69: 487-488.
- Hajibabaei, M., D.H. Janzen, J.M. Burns, W. Hallwachs & P.D. Hebert. 2006.** DNA barcodes distinguish species of tropical Lepidoptera. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 103: 968–971.
- Hardwick, D.F. 1965.** The corn earworm complex. Mem. Entomol. Soc. Canada 97: 5–247.
- Kennedy, G.G. 2003.** Tomato, pests, parasitoids, and predators: Tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. Annu. Rev. Entomol. 48: 51–72.

- Kriticos, D.J., N. Ota, W.D. Hutchison, J. Beddow, T. Walsh, W.T. Tay, D.M. Borchert, S.V. Paula-Moraes, C. Czapak & M.P. Zalucki M.P. 2015.** The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: Is it just a matter of time? PLoS One 10: e0119618
- Kumar, A., S.P. Kurl & Ramkishore. 2006.** Light trap for monitoring fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner) infesting tomato in Meerut. Pl. Arch. 6: 601-602.
- Latorre, B.A. 1990.** Plagas de las hortalizas. Santiago, FAO, 520p.
- Lee, C.E. 2002.** Evolutionary genetics of invasive species. Trends Ecol. Evol. 17: 386–391.
- Leite, G.L.D. 2004.** Resistência de tomates a pragas. Unimontes Científica. 6: 129-140.
- Leite, N.A., A. Alves-Pereira, A.S. Corrêa, M.I. Zucchi & C. Omoto. 2014.** Demographics and genetic variability of the New World bollworm (*Helicoverpa zea*) and the Old World bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Brazil. PLoS One 9: e113286.
- Leonard, B.R., J.B. Gravea, E. Burris, A.M. Pavloff & G. Church. 1989.** *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) captures in pheromone traps: species composition and relationship to oviposition in cotton. J. Econ. Entomol. 82: 574- 579.
- Li, Q.Q., D.Y. Li, H. Ye, F.X. Liu, W. Shi, N. Cao & Y.Q. Duan. 2011.** Using COI gene sequence to barcode two morphologically alike species: The cotton bollworm and the oriental tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). Mol. Biol. Reports 38: 5107-5113.
- Lobos, E.A., E. Tamer & A.E. Darchuk. 1997.** Aspectos bionômicos de *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar, ‘capullera del algodón’, en el área de riego del Río Dulce de Santiago del Estero. VI Reunión de la Asociación Latinoamericana para la Investigación y e Desarrollo Algodonero. Saenz PeNa-Chaco. 1–5 December. Resúmenes: 25–28.
- Loos, R.A., D.J.H. Silva, P.C.R. Fontes, M.C. Picanço, L.M. Gontijo, E.M. Silva & A.A. Semeão. 2004.** Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção do tomateiro. Hortic. Bras. 22: 238-242.
- Luginbill, P. 1928.** The fall armyworm. Tech. Bull. US Depart. Agric. 34: 1-91.
- Mastrangelo, T., D.F. Paulo, L.W. Bergamo, E.G.F. Morais, M. Silva, G. Bezerra-Silva & A.M.L. Azeredo-Espin. 2014.** Detection and genetic diversity of a Heliothine invader (Lepidoptera: Noctuidae) from North and Northeast of Brazil. J. Econ. Entomol. 107: 970-980.
- Matioli, J.C. & R.A. Silva. 1990.** Efeitos de fatores climáticos sobre a captura de *Alabama argillacea* (Hueb.) (Lepidoptera: Noctuidae) com armadilhas luminosas equipadas com lâmpadas BLB e GL, em Janaúba - MG. An. Soc. Entomol. Brasil 191: 101-110.

- Michereff-Filho, M., J.A. Guimarães, A.P. Moura & R.S. Liz. 2012.** Pragas. p 265-294. In F.M.V.T. Clemente & L.S. Boiteux (eds.), Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 344p.
- Mitter, C., R.W. Poole, M. Matthews. 1993.** Biosystematics of the Heliiothinae (Lepidoptera: Noctuidae). *Annu. Rev. Entomol.* 38: 207-225.
- Murúa, M.G., F.S. Scalora, F.R. Navarro, L.E. Cazado, A. Casmuz, M.E. Villagrán, E. Lobos & G. Gastaminza. 2014.** First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. *Fla. Entomol.* 97: 854-856.
- Nag, A. & P. Nath. 1991.** Effect of moon light and lunar periodicity on the light trap catches of cutworm *Agrotis ipsilon*. *J. Appl. Entomol.* 111: 358-360.
- Nibouche, S., R. Buès, J.F. Toubon & S. Poitout. 1998.** Allozyme polymorphism in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): Comparison of African and European populations. *Heredity* 80: 438-445.
- Nowinszky, L. & J. Puskás. 2012.** Light-Trap Catch of the harmful moths depending of moonlight in North Carolina and Nebraska States of USA. *ISRN Zool.* 6p.
- Oliveira, A.C.R., V.R.S. Veloso, R.G. Barros, P.M. Fernandes & E.R.B. Souza. 2008.** Captura de *Tuta absoluta* (Meryrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) com armadilha luminosa na cultura do tomateiro tutorado. *Pesq. Agropec. Trop.* 38: 153-157.
- Picanço, M.C. 2010.** Manejo integrado de pragas. Viçosa: UFV, 310p.
- Pimentel, D., R. Zuniga & D. Morrison. 2005.** Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol. Econ.* 52: 273-288.
- Pogue, G.M. 2002.** A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). *Mem. Am. Entomol. Soc.* 43: 1-202.
- Pogue, M.G. 2004.** A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97: 1222-1226.
- Pogue, M.G. 2013.** Revised status of Chloridea Duncan and (Westwood), 1841, for the *Heliothis virescens* species group (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae) based on morphology and three genes. *Syst. Entomol.* 38: 523-42.
- Pomari-Fernandes, A., A. Freitas-Bueno & D.R. Sosa-Gómez. 2015.** *Helicoverpa armigera*: Current status and future perspectives in Brazil. *Cur. Agric. Sci. Technol.* 21: 1-7.
- Pratissoli, D., H.N. Oliveira, M.C. Espindula & G.C. Magevski. 2006.** Ocorrência da lagarta-da-maçã-do-algodoeiro em frutos de tomateiro no estado do Espírito Santo. *Hortic. Bras.* 24: 204-205.

- Pratissoli, D., V.L. Souza-Lima, V.D. Pirovani & W.L. Lima. 2015.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. Hort. Bras. 33: 101-105.
- Shah, M.A., N. Memon & A. A. Baloch. 2011.** Use of sex pheromones and light traps for monitoring the population of adult moths of cotton bollworms in Hyderabad, Sindh, Pakistan. Sarhad J. Agric. 27: 435-442.
- Silva, A.C. & G.A. Carvalho 2004.** Manejo integrado de pragas, p. 309-366. In M.A.R. Alvarenga (ed.), Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras, Editora UFLA, 400p.
- Silveira Neto, S., E. Ferreira & M.F.S. Tarrago. 1973.** Estimativa da densidade populacional de *Helicoverpa zea* (Bod.). An. Soc. Entomol. Brasil. 2: 37-44
- Silveira Neto, S. 1990.** Monitoramento e decisão no controle de pragas, p. 71-86. In W.B. Crocomo (ed.), Manejo integrado de pragas. São Paulo: Editora UNESP, 358p.
- Silveira Neto, S., O. Nakano, O. Bardin & N.A Villa Nova. 1976.** Manual de ecologia de insetos. São Paulo: Ceres, 419p.
- Simon, C., F. Frati, A. Beckembach, B. Crespi, H. Liu & P. Flook. 1994.** Evolution, weighting and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 651-701.
- Sosa-Gómez, D.R., A. Specht, S.V. Paula-Mores, A. Lopes-Lima, S.A.C. Yano, A. Micheli, E.G.F. Morais, P. Gallo, P.R.V.S. Pereira, J.R. Salvadori, M. Botton, M.M. Zenker & W.S. Azevedo-Filho. 2016.** Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliothinae) in Brazil. Rev. Bras. Entomol. 60: 101-104.
- Souza, J.C. & P.R. Reis. 2003.** Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. Inf. Agropec. 24: 79-92.
- Souza, B.H.S., D.B. Bottega, A.G. Silva & A.L. Boiça-Júnior. 2013.** Feeding non-preference by *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera eridania* on tomato genotypes. Rev. Ceres 60: 21-29.
- Souza, BR., W.T. Tay, C. Czepak, S. Elfekih & T.K. Walsh. 2015.** The complete mitochondrial DNA genome of a *Chloridea (Heliothis) subflexa* (Lepidoptera: Noctuidae) morpho-species. Mitochondrial DNA DOI: 10.3109/ 19401736.2015.1101549.
- Specht, A., E.J.E. Silva & D. Link. 2004.** Noctuídeos (Lepidoptera, Noctuidae) do Museu Entomológico Ceslau Biezanko, departamento de fitossanidade, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, RS. Rev. Bras. Agroec. 10: 389-409.
- Specht, A. & E. Corseuil. 2002.** Diversidade dos noctuídeos (Lepidoptera: Noctuidae) em Salvador do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Rev. Bras. Zool. 19: 281-298.

- Specht, A., D.R. Sosa-Gómez, S.V. Paula-Moraes & A.S.C. Yano. 2013.** Morphological and molecular identification of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and expansion of its occurrence record in Brazil. *Pesq. Agropec. Bras.* 48: 689-692.
- Swofford, D.L. 2002.** PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and other methods). Version 4.0b 10. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Tay, W.T., M.F. Soria, T. Walsh, D. Thomazoni, P. Silvie, G.T. Behere, C. Anderson & S. Downes. 2013.** A brave new world for an Old World pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *PLoS ONE* 8: e80134.
- Torres-Vila, LM., M.C. Rodríguez-Molina, A. Lacasa-Plasencia, P. Bielza-Lino & Á. Rodríguez-del-Rincón. 2002.** Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* in Spain: Current status and agroecological perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.* 93: 55-66.
- Vaishampayan, S.M. & R. Verma. 1982.** Influence of moon light and lunar periodicity on the light trap catches of gram podborer, *Heliothis armigera* (Hubner) moths. *Indian J. Entomol.* 44: 206-212.
- Vaishampayan, S.M. & S.K. Shrivastava. 1978.** Effect of moon phase and lunar cycle on the light trap catch of tobacco caterpillar *Spodoptera litura* (Fabr.) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Bomb. Nat. Hist. Soc.* 75: 83-87.
- Velasco, D.E., M. Estacul, J.M. Barral & R.M. Orfila. 1969.** Taxonomía, especificidad y caracteres biológicos diferenciados del complejo de especies denominadas 'oruga del capullo' del algodón, 'oruga de la espiga' del maíz, 'oruga del brote' del tabaco y 'bolillera' del lino. *Rev. Invest. Agropec.* 2: 1-68.

Tabela 1. Levantamento de Noctuídeos coletados com armadilha luminosa, em cinco cultivos de tomateiros em 14 semanas, durante o período de junho a setembro de 2013, no município de Cristalina, GO.

Subfamílias	Espécies identificadas	Abundância	Frequência Relativa (%)
Amphipyridae	<i>Condica sutor</i>	33	1,76
	<i>Elaphria agrotina</i>	16	0,85
	<i>Spodoptera albula</i>	173	9,22
	<i>Spodoptera cosmioides</i>	48	2,56
	<i>Spodoptera eridania</i>	181	9,64
	<i>Spodoptera frugiperda</i>	116	6,18
Hadeninae	<i>Leucania humidicola</i>	142	7,57
	<i>Leucania jaliscana</i>	36	1,92
	<i>Leucania sp.1</i>	16	0,85
	<i>Pseudoletia sequax</i>	116	6,18
Heliothinae	<i>Helicoverpa armigera</i>	263	14,08
	<i>Helicoverpa zea</i>	231	12,37
	<i>Heliothis virescens</i>	13	0,69
Noctuinae	<i>Agrotis ípsilon</i>	141	7,51
	<i>Agrotis subterrânea</i>	26	1,39
	<i>Anicla infecta</i>	112	5,97
Ophiderinae	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	57	3,04
Plusiinae	<i>Chrysodeixis includens</i>	65	3,46
	Outras	82	4,37
Total	18	1867	99,61

Tabela 2. Amostras de Heliothinae de cultivos de tomate indicando o código BRH (Brazilian Heliothinae) conforme a amostra, localidade da coleta no Brasil, data de coleta, sistema de produção de tomate, número do acesso no Genbank e as espécies/haplótipos.

Código da amostra	Local da coleta ¹	Data da coleta (mês/ano)	Sistema de produção de tomate ²	Número do acesso no GenBank	Espécies/Haplótipos
BRH 002	Gama-DF	07/2013	Mesa	KU170526	<i>H. virescens</i>
BRH 004	Gama-DF	09/2013	Mesa	KT380995	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 005	Gama-DF	06/2013	Mesa	KT380968	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 007	Cristalina-GO	06/2013	Indústria	KT380996	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 008	Brazlândia-DF	08/2013	Mesa	KT380975	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 009	Gama-DF	08/2013	Mesa	KT380976	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 014	Cristalina-GO	07/2013	Indústria	KT380989	<i>H. zea</i> (H5)
BRH 015	Cristalina-GO	07/2013	Indústria	KT380969	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 016	Cristalina-GO	07/2013	Indústria	KT380997	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 018	Cristalina-GO	06/2013	Indústria	KT380967	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 019	Cristalina-GO	06/2013	Indústria	KU170527	<i>H. virescens</i>
BRH 020	Cristalina-GO	06/2013	Indústria	KT380993	<i>H. zea</i> (H8)
BRH 021	Cristalina-GO	07/2013	Indústria	KT381003	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 022	Cristalina-GO	07/2013	Indústria	KT381012	<i>H. zea</i> (H10)
BRH 024	Cristalina-GO	07/2013	Indústria	KT380990	<i>H. zea</i> (H5)
BRH 025	Cristalina-GO	07/2013	Indústria	KT381009	<i>H. zea</i> (H5)
BRH 026	Cristalina-GO	08/2013	Indústria	KT380991	<i>H. zea</i> (H5)
BRH 027	Cristalina-GO	08/2013	Indústria	KT380992	<i>H. zea</i> (H5)
BRH 029	Cristalina-GO	09/2013	Indústria	KT380994	<i>H. zea</i> (H8)
BRH 030	Brazlândia-DF	09/2013	Mesa	KT380970	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 031	Brazlândia-DF	09/2013	Mesa	KT381010	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 033	Cristalina-GO	09/2013	Indústria	KT380977	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 035	Cristalina-GO	09/2013	Indústria	KT380978	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 036	Cristalina-GO	09/2013	Indústria	KT380986	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 039	Cristalina-GO	09/2013	Indústria	KT380957	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 040	Cristalina-GO	12/2013	Indústria	KT380958	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 041	Cristalina-GO	09/2013	Indústria	KT380998	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 042	Gama-DF	12/2013	Mesa	KT380959	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 043	Gama-DF	12/2013	Mesa	KT380987	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 052	Gama-DF	12/2013	Mesa	KT380971	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 053	Gama-DF	12/2013	Mesa	KT380956	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 054	Cristalina-GO	12/2013	Indústria	KT380960	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 055	Cristalina-GO	12/2013	Indústria	KT380961	<i>H. armigera</i> (H1)

Continuação Tabela 2

BRH 064	Cristalina-GO	12/2013	Indústria	KT380972	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 065	Cristalina-GO	01/2014	Indústria	KT380962	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 066	Castelo-ES	01/2014	Mesa	KT380999	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 067	Venda Nova-ES	01/2014	Mesa	KT380963	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 068	Venda Nova-ES	01/2014	Mesa	KT381004	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 069	Venda Nova-ES	03/2014	Mesa	KT380964	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 071	Gama-DF	03/2014	Mesa	KT381000	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 072	Gama-DF	01/2014	Mesa	KT380988	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 073	Gama-DF	01/2014	Mesa	KT381011	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 078	Caçador-SC	02/2014	Mesa	KT381001	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 081	Urubici-SC	12/2013	Mesa	KT381002	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 082	Urubici-SC	06/2014	Mesa	KT380966	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 089	Morrinhos-GO	09/2014	Indústria	KT380979	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 090	Morrinhos-GO	10/2013	Indústria	KT380980	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 091	Morrinhos-GO	10/2013	Indústria	KT380981	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 092	Planaltina-DF	05/2013	Mesa	KT380982	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 093	Planaltina-DF	10/2013	Mesa	KU170530	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 094	Gama-DF	05/2013	Mesa	KT380973	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 096	Hidrolândia-GO	05/2013	Indústria	KT380974	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 097	Hidrolândia-GO	05/2013	Indústria	KT380965	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 099	Rajadinha-DF	06/2013	Mesa	KT380983	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 102	Planaltina-DF	04/2014	Mesa	KT380984	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 103	Planaltina-DF	04/2014	Mesa	KT381005	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 104	Planaltina-DF	04/2014	Mesa	KT380985	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 105	Planaltina-DF	06/2013	Mesa	KT381006	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 106	Planaltina-DF	10/2014	Mesa	KT381007	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 107	Planaltina-DF	10/2014	Mesa	KT381008	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 108	Formosa-GO	10/2014	Mesa	KU170528	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 109	Formosa-GO	10/2014	Mesa	KU176133	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 111	Formosa-GO	10/2014	Mesa	KU176134	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 112	Formosa-GO	10/2014	Mesa	KU176135	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 114	Formosa-GO	10/2014	Mesa	KU170529	<i>H. armigera</i> (H1)
BRH 115	São Antônio da Posse-SP	11/2014	Mesa	KU176136	<i>H. armigera</i> (H1)

As informações genômicas do sequenciamento de 511pb do gene *mtCOI* foram usadas para determinar espécimes de *Heliothis virescens*, assim como para determinar haplótipos de amostras de *Helicoverpa armigera* e *Helicoverpa zea*. Os números dos haplótipos estão demonstrados entre parênteses.



Figura 1. Origem das amostras de *Helicoverpa* analisadas neste estudo.

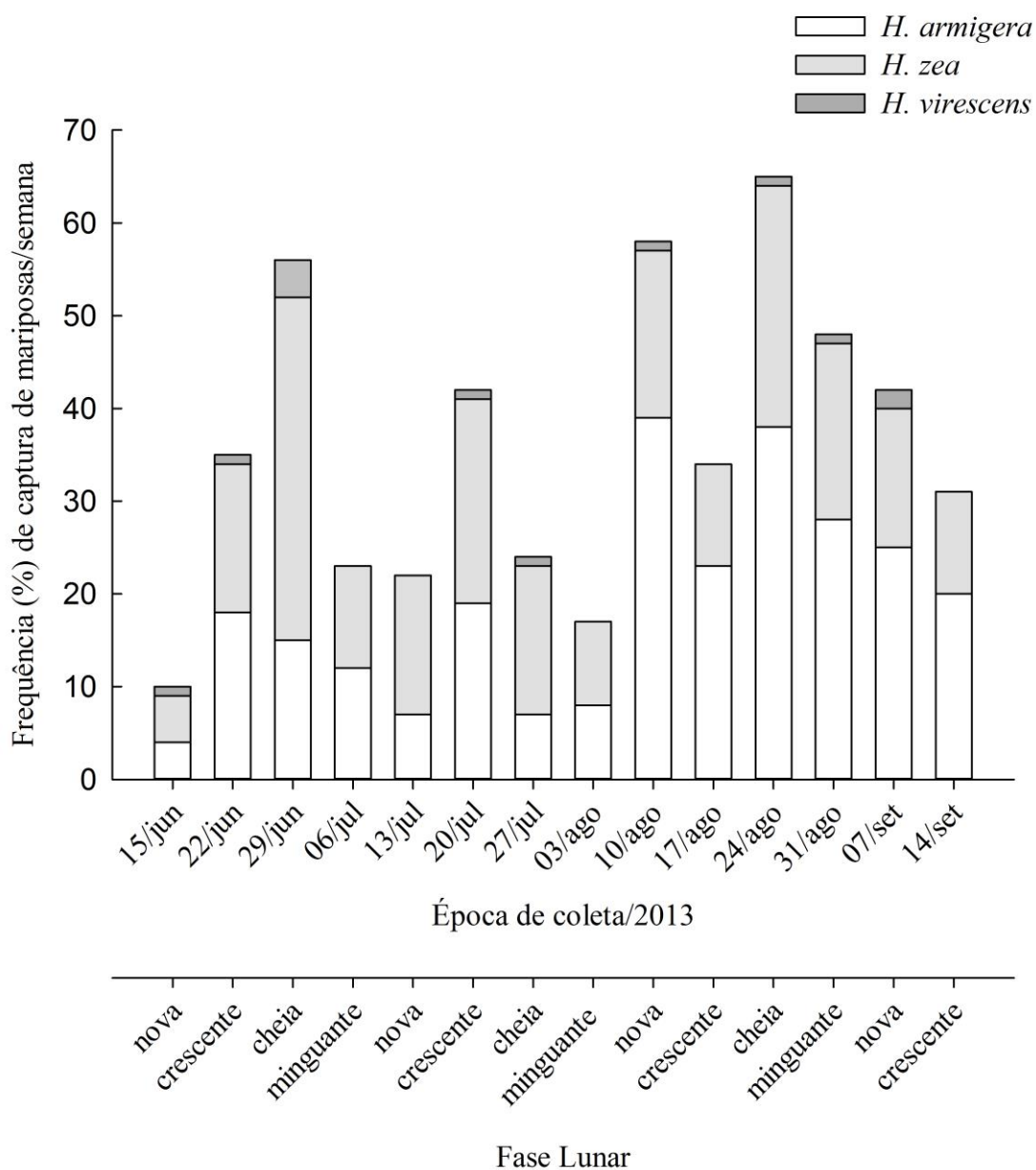


Figura 2. Frequência (%) de captura de espécies de mariposas da subfamília Heliiothinae em cinco armadilhas luminosas instaladas em cultivos de tomateiro para processamento industrial e as fases da lua no período de coleta (junho a setembro de 2013), no município de Cristalina, GO.

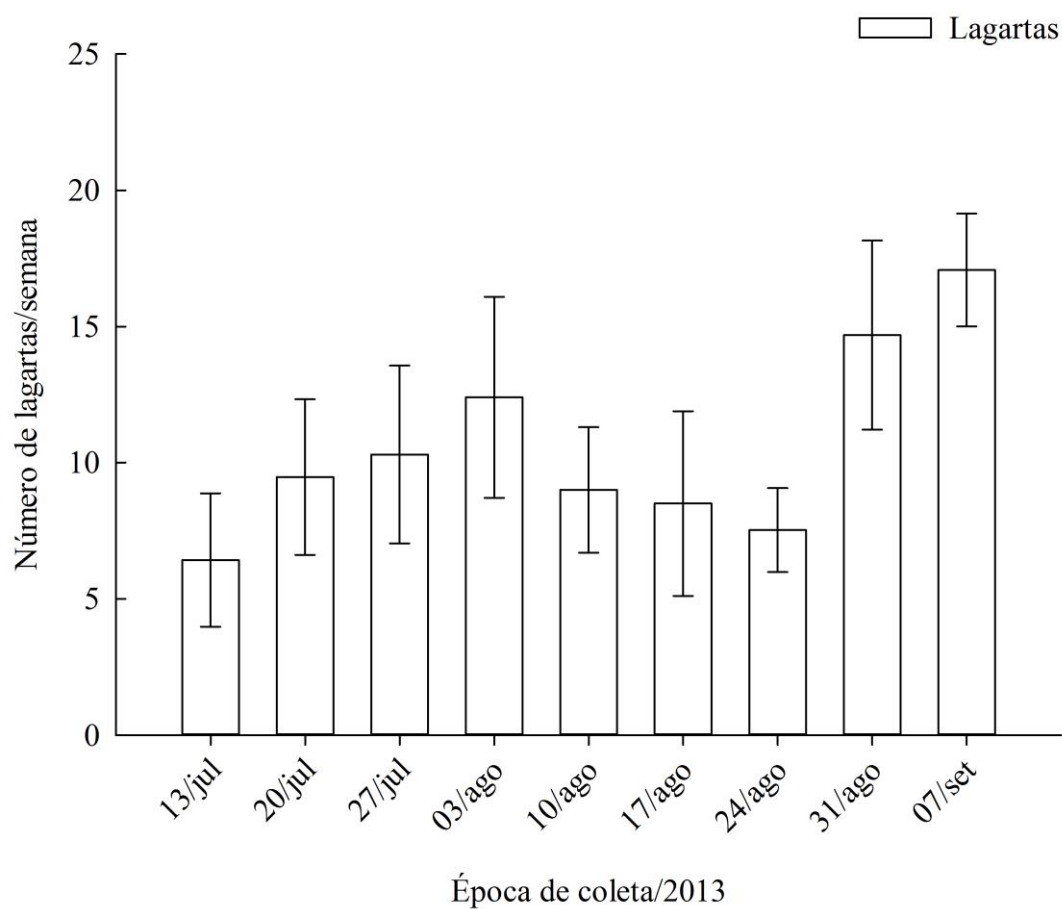


Figura 3. Variação do número de lagartas de *Helicoverpa armigera* (média \pm EP) coletadas em frutos de tomate de lavouras monitoradas com armadilhas luminosas, no período de junho a setembro de 2013, no município de Cristalina, GO.

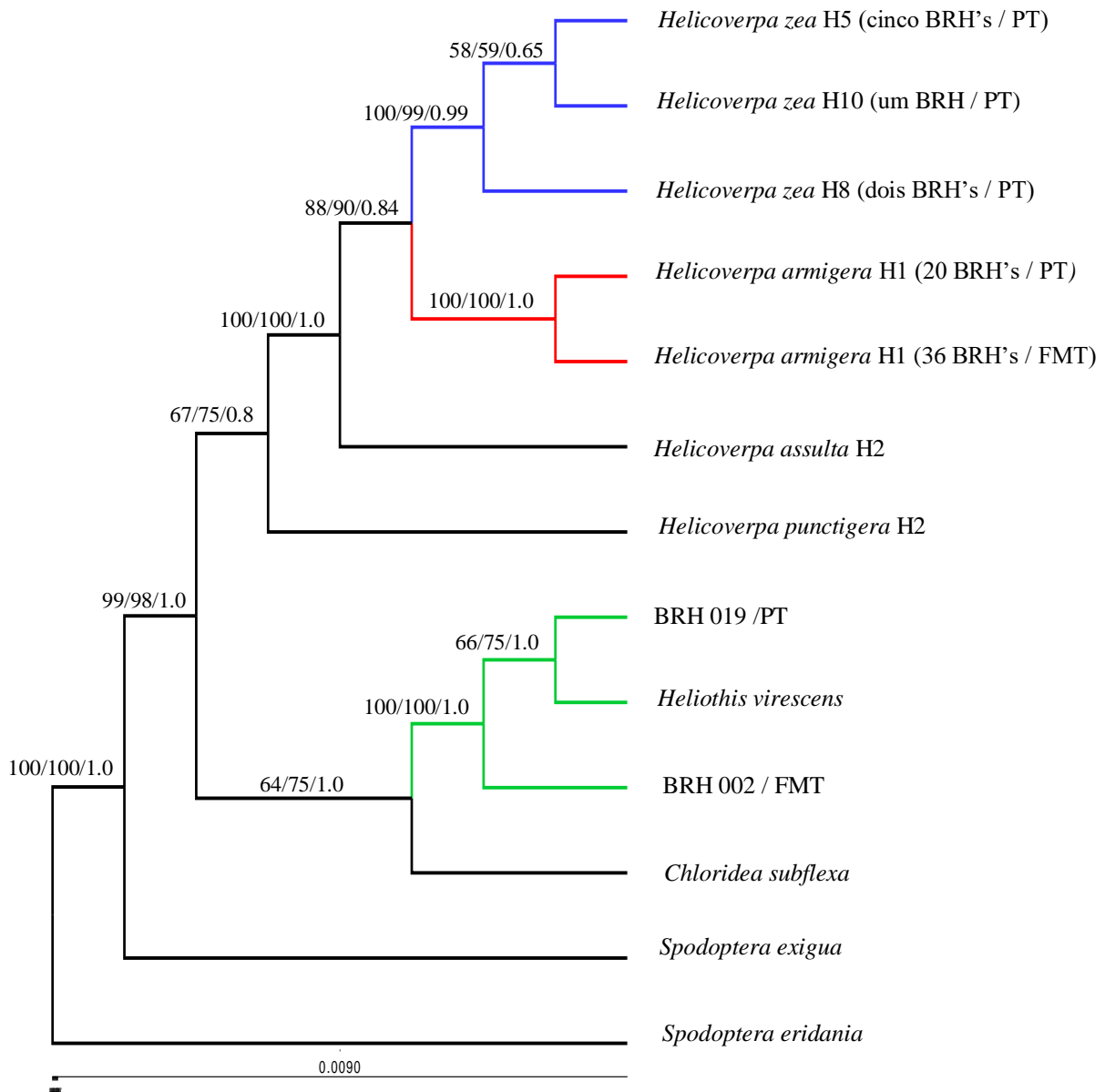


Figura 4. Divergência genética baseada na máxima verossimilhança (MV) e máxima parcimônia (MP) do relacionamento genético entre 66 amostras de *Helicoverpa-Heliothis* (ver Tabela 2) coletadas em tomate para processamento industrial (PT) e tomate de mesa (FMT) com base em um segmento de 511 bp do gene *mtCOI* tendo como referência as sequências de *Helicoverpa* haplótipo 1 (EF116226), *Helicoverpa zea* haplótipo 5 (EF116263), *H. zea* haplótipo 8 (EF116266), *H. zea* haplótipo 10 (EF116268), *Helicoverpa assulta* haplótipo 1 (EF116270) e 2 (EF116271), *Helicoverpa punctigera* haplótipo 1 (EF116272) e 2 (EF116273), *Heliothis virescens* (JN799038), e *Chloridea subflexa* (KT598688). Como grupos-externos empregou-se *Spodoptera exigua* (HQ857475) e *Spodoptera eridania* (HQ177329). Os números em cada nó da árvore representam os valores da porcentagem referente à máxima verossimilhança, a máxima parcimônia e análise Bayesiana gerada a partir de 1.000 tentativas de Bootstrap.

CAPÍTULO 3

PREFERÊNCIA HOSPEDEIRA E IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA EM TOMATEIRO PARA *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)¹

KARLA F. A. S. SILVA^{2,3}, LEONARDO S. BOITEUX³, MIGUEL MICHEREFF-FILHO³

E JORGE B. TORRES²

²Departamento de Agronomia - Entomologia, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

³Embrapa Hortaliças - Entomologia, Caixa Postal 218, 70359-970 Brasília, DF, Brasil

¹Silva, K.F.A.S., L.S. Boiteux, M. Michereff-Filho & J.B. Torres. Preferência hospedeira e identificação de fontes de resistência em tomateiro para *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). A ser submetido.

RESUMO – A cultura do tomateiro tem sofrido perdas consideráveis devido a infestações de *Helicoverpa armigera* (Hübner), em diversas regiões, inclusive no Brasil atualmente. Este trabalho avaliou a preferência de *H. armigera* relativa a oito culturas que compõem a paisagem agrícola com o tomate no Centro-Oeste e 15 espécies/genótipos de tomateiro. Além disso, a resposta as cultivares de tomate foi avaliada quanto à densidade de tricomas glandulares e não glandulares em folíolos e flores. Plantas de berinjela, feijão-vagem, grão-de-bico, jiló, melancia, pimentão, quiabo e soja e dos 15 tomateiros foram submetidas ao teste com chance de escolha. A densidade de lagartas/planta, número de plantas com desfolha e porcentagem de frutos danificados foram quantificados 15 dias após a liberação das mariposas. O quiabo, feijão-vagem, soja e *Solanum lycopersicum* (cv. TY 2006) exibiram as maiores densidades de lagartas, porcentagens de plantas com desfolha e frutos broqueados, enquanto que a melancia foi a menos atacada. Entre os 15 tomateiros, o genótipo *Solanum habrochaites* (CNP 424) apresentou baixa densidade de lagartas e frutos broqueados, assim como CNP 416, CNP 423 e CNP 421 que tiveram as menores densidades de ovos/flor e produziram as maiores densidades de tricoma glandular do tipo VI, enquanto o tricoma tipo IV foi encontrado em maior quantidade no *Solanum pennellii* (CNP 409). Baseado nesses resultados, *H. armigera* tem preferência pelo tomateiro e soja, em relação às potenciais culturas compondo a paisagem com o tomateiro no Centro-Oeste e os genótipos de *S. habrochaites* tem potencial como fonte de material resistente para esta praga.

PALAVRAS-CHAVE: Preferência hospedeira, genótipos de tomate, tricoma, *Solanum habrochaites*

HOST PREFERENCE AND IDENTIFICATION OF SOURCE FOR RESISTANCE IN
TOMATO TO *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

ABSTRACT – Infestation of *Helicoverpa armigera* (Hübner) on tomato crops has caused considerable lost on production worldwide, likewise in Brazil. This work evaluated host selection by *H. armigera* relative to eight crop species sharing the tomato crop landscape in the Midwest of Brazil (i), and to 15 species/genotypes of tomato (ii). Furthermore, the response to the studied tomatoes was correlated to the densities of glandular and non-glandular trichomes in leaflets and flowers. Plants of tomato, egg plant, green bean, pigeon pea, jilo, okra, watermelon, green pepper and soybean and from 15 studied tomatoes were submitted to the choice test. Densities of larvae per plant, percentage of plants with defoliation, and percentage of damaged fruits were determined 15 days after releasing the moths. The results showed preference of *H. armigera* to tomato (cv. TY 2006) with greater densities of larvae per plant, percentage of plants defoliated and damaged fruits followed by soybean plants; while, watermelon was the least preferred host. Among the 15 tomatoes, the genotype *Solanum habrochaites* CNPH 424 attained lower means of larvae per plant and percentage of damaged fruits, as well as CNPH 416, CNPH 423, and CNPH 421 exhibited high densities of eggs/flower and produced high densities of type VI glandular trichomes, while the trichomes type IV is found in greater quantities in the *Solanum pennellii* (CPNH 409). Based on these findings, *H. armigera* has preference to tomato and soybean relative to other potential crops sharing the tomato landscape in the Midwest and the tomato genotypes originated from *S. habrochaites* have potential for obtaining material resistance to this pest.

KEY WORDS: Host preference, tomato genotypes, trichomes, *Solanum habrochaites*

Introdução

Infestações de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) tem sido responsável por perdas econômicas significativas em diversas culturas no mundo (Zalucki *et al.* 1986,1994). Seu sucesso como praga decorre de características como polifagia, ciclo de vida relativamente curto, grande capacidade reprodutiva, alta mobilidade, adaptabilidade a condições ambientais adversas e resistência a inseticidas (Zalucki *et al.* 1986, 1994, King 1994, Selvam & Ramakrishnan 2014).

As lagartas de *H. armigera* podem alimentar de caule, brotos e folhas, mas apresentam preferência pelas estruturas reprodutivas das plantas hospedeiras, como flores, inflorescências, vagens e os frutos (Zalucki *et al.* 1986, Selvam & Ramakrishnan 2014). Na cultura do tomate, esta praga tem causado grande prejuízo por atacar as flores e os frutos em diferentes estágios de desenvolvimento (Pratissoli *et al.* 2015).

A ocorrência de perdas registradas entre 2012 e 2013 para várias culturas no Brasil, estima-se que *H. armigera* tenha ocasionado prejuízos para o agronegócio na ordem de R\$ 2 bilhões (Fernandes 2013). Sua ocorrência já foi registrada em quase todos os estados do Brasil, usando como hospedeiros o algodão, milho, soja, feijão, sorgo, café, frutíferas perenes e diversas hortaliças (Czepak *et al.* 2013, Ávila *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013, Pratissoli *et al.* 2015, Sosa-Gómez *et al.* 2016). No entanto, ainda há pouca informação sobre a preferência de *H. armigera* entre culturas nas condições brasileiras, bem como de medidas de controle adaptadas às nossas condições. Esta lacuna do conhecimento pode se tornar um dos pontos críticos para o estabelecimento do manejo integrado da praga em escala de paisagem agrícola, cujas táticas de controle incluem o planejamento da sucessão de cultivos de uma microrregião, a rotação de culturas, a adoção de vazio sanitário e o manejo na entressafra.

Embora o tomateiro seja uma das hortaliças mais importantes no Brasil (Luz *et al.* 2007), há poucos inseticidas registrados para o controle de *H. armigera* nesta cultura. Diante disso, alternativas de controle dessa praga têm sido muito encorajadas, dentre elas, a resistência varietal, principalmente pela sua compatibilidade com outras táticas de controle, facilidade de adoção pelos agricultores, e ainda podendo contribuir para a redução do uso dos agrotóxicos (Gallo *et al.* 2002). Este último sendo muito importante quando o produto é destinado ao consumo *in natura* como no caso do tomate.

Espécies silvestres (selvagens) de tomateiro (gênero *Solanum* sect. *Lycopersicon*; Solanaceae) têm sido estudadas como fontes de resistência do tipo antixenose (não-preferência) e antibiose a várias pragas (Williams *et al.* 1980, Dimock & Kennedy 1983, Weston *et al.* 1989, Eigenbrode *et al.* 1996, Simmons *et al.* 2003, Silva *et al.* 2013). Uma série de compostos secundários (aleloquímicos) e a presença de tricomas glandulares que os produzem e armazenam estão entre as principais causas de resistência nos genótipos de tomateiro a pragas (Simmons *et al.* 2003, Silva *et al.* 2013).

Os tricomas em tomateiros são subdivididos em glandulares (tipos I, IV, VI e VII) e não glandulares (tipos II, III, V e VIII) (Luckwill 1943, Channarayappa *et al.* 1992). Estudos de resistência em espécies de *Solanum* a insetos, especialmente *Solanum habrochaites* S. Knapp, *Solanum pennellii* (Cor.) e *Solanum pimpinellifolium* L. Miller revelaram que a resistência está associada, em grande parte, à densidade dos tricomas glandulares dos tipos IV e VI (Williams *et al.* 1980, Dimock & Kennedy 1983, Weston *et al.* 1989, Eigenbrode *et al.* 1996, Simmons *et al.* 2003, Khederi *et al.* 2014). Fato que estudos na Ásia têm sido conduzidos visando o desenvolvimento de cultivares de tomateiro com resistência à *H. armigera* (Ashfaq *et al.* 2012).

Diante do exposto, este trabalho objetivou: i) avaliar a preferência hospedeira de *H. armigera* entre diferentes hortaliças e a soja; ii) determinar a preferência hospedeira da praga

entre diferentes espécies e genótipos de tomateiro; e iii) determinar a importância da densidade de tricomas glandulares em folíolos e flores para os níveis de resistência alcançados.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casas de vegetação e no Laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil, no período de maio a dezembro de 2013.

Criação do Inseto. A criação de *H. armigera* foi estabelecida no Laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, a partir de lagartas oriundas de cultivos de tomate para processamento industrial coletadas na região de Cristalina, Goiás. Para garantir a pureza da criação, amostras de mariposas da primeira geração em laboratório foram submetidas à análise molecular (sequenciamento de DNA) para confirmação da espécie. Lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em copos plásticos de 50mL, com tampa de acrílico transparente, contendo dieta artificial para *Anticarsia gemmatalis* Hübner descrita por Greene *et al.* (1976), com modificações. As lagartas permaneceram nestes recipientes até a fase de pupa. As pupas foram retiradas dos potes plásticos e tiveram o sexo identificado de acordo com Butt & Cantu (1962). Posteriormente, as pupas foram desinfetadas com uma solução de formol 5% por cinco minutos, seguido por imersão em água destilada por dois minutos e solução de cobre 1% por dois minutos. Após a desinfecção, as pupas foram distribuídas em caixas de acrílico do tipo Gerbox, contendo papel filtro umidificado com água destilada, permanecendo até a emergência dos adultos. Estes, por sua vez, foram agrupados em casais dentro de gaiolas de polietileno (50 x 30 x 30 cm) e alimentados por dieta líquida de mel 10% em copos plásticos (50mL). Após três dias da formação de casais, as mariposas foram utilizadas nos experimentos realizados em casas de vegetação.

Produção das Plantas. Oito espécies de plantas cultivadas foram utilizadas neste estudo, as quais dividem o agroecossistema com o tomateiro, bem como 15 genótipos de tomate mais a cultivar TY 2006 (Tabela 1).

As espécies de plantas estudadas foram berinjela (*Solanum melongena* L.) cv. Ciça, feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Macarrão Trepador, grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cv. Cicero, jiló (*Solanum aethiopicum* L.) cv. Tinguá Verde Claro, melancia (*Citrullus lanatus* L.) cv. Top Gun, pimentão (*Capsicum annum* L.) cv. Tico, quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) cv. Santa Cruz, soja [*Glycine max* (L.) Merrill] cv. BRSGO Luziânia. Plantas dessas espécies foram cultivadas em vasos plásticos de 5 L de volume, contendo solo fertilizado para a produção de planta com proporções iguais de solo, casca de arroz e cama de frango.

As sementes de tomate foram primeiramente semeadas em bandejas de poliestireno de 128 células, com substrato comercial para produção de mudas (Bioplant, Nova Ponte, MG). O transplântio das mudas de tomate para os vasos plásticos de 5 L de volume foi realizado aos 35 dias de idade das plantas (4-5 folhas definitivas).

Todas as espécies vegetais foram cultivadas em casas de vegetação (5 m x 3,5 m x 4,2 m), livres de infestação de pragas, até serem utilizadas nos estudos. Todos os tratamentos culturais foram adotados conforme recomendado para a espécie vegetal (Filgueira 2003, Alvarenga 2004), porém, sem a aplicação de inseticidas.

Teste de Chance de Escolha. Dois experimentos foram conduzidos com chance de escolha em casa de vegetação e, um terceiro em laboratório.

(i) *Preferência hospedeira entre espécies de hortaliças e soja em casa de vegetação.* O experimento avaliou a seleção hospedeira por *H. armigera* entre oito espécies de hortaliças e a soja. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos de 5L de volume no período de junho a setembro de 2013. Este estudo consistiu em 12 plantas de cada cultura com 70 dias após a

emergência. Os vasos com as respectivas plantas foram distribuídos em 12 bancadas em casa de vegetação (5 m x 4 m x 4,5 m), e o espaçamento foi de 0,40 m entre os vasos. Um total de 144 plantas foi aleatoriamente distribuído em 12 blocos ao longo da casa de vegetação, sendo uma planta de cada cultura por bloco. Todos os vasos foram identificados referentes à espécie e bloco. A condução das plantas foi feita em haste única, com a planta tutorada individualmente por estaca de bambu. As plantas foram irrigadas diariamente manualmente com mangueira aplicando água sobre o solo no vaso.

As mariposas de *H. armigera* foram liberadas na casa de vegetação que continha às plantas em duas datas aos 70 e 75 dias após a emergência das plantas. A liberação das mariposas consistiu de 60 casais em cada liberação. Seis casais foram contidos em 10 potes de plástico com tampa e abertos entre as bancadas. Após 15 dias da liberação das mariposas, as plantas foram inspecionadas para a quantificação do número de lagartas, o número de plantas com desfolha e porcentagem de broqueamento em frutos e vagens. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com nove tratamentos (espécies de plantas), 12 repetições por espécies e uma planta por repetição. A temperatura média e a umidade relativa do ar na casa de vegetação foram de $27,3 \pm 2,5$ °C e $72,5 \pm 11\%$, respectivamente.

(ii) *Preferência hospedeira entre 15 genótipos de tomateiro em casa de vegetação.* O segundo experimento, foi conduzido no período de julho a novembro de 2013 e avaliou a preferência hospedeira entre 15 genótipos de tomateiro, incluindo espécies selvagens, uma cultivar híbrida e uma variedade de tomateiro *S. lycopersicum* e híbridos interespecíficos entre *S. lycopersicum* e *S. pimpinellifolium* (Tabela1).

O estudo foi conduzido em blocos casualizados, consistindo de 15 tratamentos com 10 repetições por genótipo e quatro plantas por repetição, totalizando 40 plantas por genótipo. A temperatura média e a umidade relativa no telado foram 27 ± 2 °C e $73,0 \pm 10\%$, respectivamente.

As plantas de tomate ao atingirem 20 dias após o transplântio foram levadas para uma casa de vegetação tipo ‘capela’ com cobertura e cortinamento de vidro (23 m x 7 m x 4,2m). Os vasos contendo as plantas foram dispostos em 10 fileiras ao longo do comprimento da casa de vegetação, com espaçamento de 0,55 m entre as plantas de cada genótipo na fileira. Um total de 600 plantas foi aleatoriamente distribuído em 10 blocos demarcados transversalmente. Etiquetas de identificação individuais foram fixadas em cada vaso. A condução das plantas foi feita em haste única, com cada planta tutorada individualmente por fitilho e foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento.

A primeira liberação de mariposas na casa de vegetação foi realizada com 100 casais quinze dias após a disposição das plantas no local e a segunda liberação, também, com 100 casais que foi realizada dez dias após a primeira liberação. Para a liberação das mariposas foram utilizadas gaiolas plásticas cilíndricas, com 10 casais em cada gaiola. Estas gaiolas foram colocadas entre as fileiras e distanciadas quatro metros entre si. As mariposas foram liberadas mediante remoção do tecido de organza que cobria cada gaiola. Após 15 dias da liberação das mariposas, a terceira folha completamente expandida a partir do ápice de cada planta foi coletada para efetuar a contagem de tricomas. A partir desta avaliação (15 dias de exposição) foram realizadas oito avaliações subsequentes em intervalos semanais anotando o número de lagartas por planta e as injúrias nos frutos.

(iii) *Preferência para oviposição em flores.* O experimento foi conduzido em condições de laboratório e determinou a preferência da mariposa para ovipositar em flores dos 15 genótipos de tomate empregados no estudo anteriormente descrito. Foram avaliados 16 buquês (três flores/buquê) por genótipo. As flores foram retiradas de plantas com 20 a 30 dias após o transplântio. Os buquês foram previamente colocados em frasco de vidro (tipo Penicilina[®]) contendo água e algodão e, em seguida foram acondicionados em uma arena construída com

gaiola de polietileno (50 x 30 x 30 cm). Em cada arena, correspondente a um bloco, recebeu 45 buquês, sendo três buquês de cada genótipo, e na arena foram liberados 30 casais para oviposição. Os frascos de vidro contendo os buquês de flores foram distribuídos aleatoriamente em quatro arenas. As avaliações foram realizadas 24 e 48h após a exposição das flores as mariposas, contando-se o número de ovos de *H. armigera* na superfície abaxial das sépalas e pétalas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 15 tratamentos e 16 repetições. As médias de temperatura e umidade relativa do ar registradas dentro das caixas foram $25,5 \pm 1,5$ °C e $80 \pm 5\%$ de U.R., respectivamente.

Densidade de Tricomas em Foliolos e Flores. Os mesmos genótipos e plantas de tomateiro empregadas no estudo de preferência foram avaliados quanto à densidade de tricomas em folíolos e flores, e estas estruturas foram retiradas das plantas de tomateiro com 30 dias após o transplântio.

(i) *Tricomas em folíolos.* De cada planta foram coletados dois folíolos da porção mediana da terceira folha completamente expandida a partir do ápice da folha. A densidade de tricomas (tricomas/mm²) foi estimada a partir da identificação e contagem de tricomas glandulares (tipos I, IV, VI e VII) e não glandulares (tipos II, III, V e VIII) de amostras de folíolos coletados de 16 plantas de cada genótipo. A contagem dos diferentes tipos de tricomas foi efetuada em campos de 0,60 mm² na porção mediana do limbo foliar, nas faces adaxial e abaxial de cada folíolo, mediante uso de um microscópio estereoscópico com aumento de 40x, conforme Alba *et al.* (2009). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 16 repetições por genótipo.

(ii) *Tricomas em flores.* A densidade de tricomas em flores foi quantificada a partir de sépalas e pétalas das flores de cada genótipo. De cada flor foram coletadas três sépalas e cinco pétalas. A densidade de tricomas (tricomas/cm²) foi estimada a partir da identificação e contagem dos tricomas glandulares (tipos I, IV, VI e VII) e não glandulares (tipos II, III, V e VIII) de amostras

de três flores coletadas de 16 plantas de cada genótipo. A contagem dos diferentes tipos de tricomas foi efetuada nas faces adaxial e abaxial das sépalas e pétalas, mediante uso de um microscópio estereoscópico com aumento de 40x. A área total das estruturas das flores foi quantificada através de medidor de área foliar (Modelo LI 3100c, marca Li-Cor, Lincoln, NE, EUA). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 16 repetições por genótipo.

Análises Estatísticas. Em razão da falta de independência entre tratamentos no experimento com chance de escolha, as nove espécies vegetais (oito de hortaliças e a soja) e os 15 genótipos de tomateiro testados, respectivamente, foram ordenados em postos ('ranking') dentro de cada bloco/repetição, de 01 (o menos preferido) ao mais preferido, com base na densidade de lagartas e na porcentagem de frutos e vagens broqueados, dependendo do número tratamentos avaliados (Menezes Junior *et al.* 2005). Em seguida foi calculada a soma dos postos (*rank sums*) para cada tratamento (espécie vegetal ou genótipo de tomateiro) e estes dados foram submetidos ao teste de Friedman para delineamento em blocos (Conover 1999). Posteriormente, foram efetuadas comparações múltiplas entre pares de tratamentos baseadas nas diferenças de soma de postos, adotando-se o ajuste sequencial de Holm para o nível de significância (Holm 1979).

Os dados de densidade de tricomas em folíolos e flores dos genótipos de tomateiro foram previamente transformados em $\log(x+1)$ para contemplar os pressupostos de distribuição normal e homogeneidade de variâncias e submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Os dados relativos à densidade de lagartas e à porcentagem de frutos broqueados foram correlacionados (correlação de Pearson) com a densidade de diferentes tipos de tricomas nos folíolos e nas flores.

Para a integração dos resultados de preferência hospedeira entre genótipos de tomateiro, nos diferentes experimentos, utilizou-se a Análise de Variáveis Canônicas (AVC). Esta técnica

multivariada de ordenação indireta permitiu classificar os genótipos de tomateiro conforme sua dissimilaridade, utilizando como variáveis os dados de densidade de lagartas por planta, porcentagem de frutos broqueados e ovos por flor.

A análise de variáveis canônicas reduz a dimensionalidade do conjunto original de variáveis e pode ser utilizada para ilustrar graficamente as posições relativas dos tratamentos (Cruz & Regazzi 1997). A importância relativa das variáveis para a distinção entre os tratamentos é determinada pelos seus coeficientes de ponderação associados às variáveis originais padronizadas, gerados em cada variável canônica.

Neste estudo, a AVC permitiu identificar a dissimilaridade entre acessos e arranjar-los em grupos pela dispersão das médias canônicas no diagrama de ordenação. Quanto mais próximos os acessos estiverem, maior é a similaridade entre os mesmos. A significância na separação entre grupos de acessos, como indicado pela ordenação, foi determinada por comparações pareadas de tratamentos, mediante teste F aproximado a 5% de significância, com base nas distâncias generalizadas de Mahalanobis entre as respectivas classes de médias das variáveis canônicas. Estas distâncias foram baseadas na matriz de covariância intra-classe agrupada dos tratamentos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SAS versão 9.1 (SAS Institute 2002) ou SAEG versão 9.1 (SAEG 2007).

Resultados

A densidade de lagartas de *H. armigera* variou significativamente entre as diferentes espécies vegetais cultivadas (Teste de Friedman = 26,341; P = 0,0009) sendo que as maiores infestações foram constatadas em tomate, quiabo, soja e feijão-vagem (Fig. 1). Também, constatou-se diferença significativa na porcentagem de plantas com desfolha (Teste de Friedman

= 26,967; $P = 0,0007$), com as plantas de tomate, quiabo, soja e feijão-vagem apresentando 100% de desfolha (Fig. 2).

Houve diferença significativa em relação à porcentagem de frutos broqueados entre as espécies vegetais (Teste de Friedman = 18,3571; $P = 0,0025$) com as maiores porcentagens de broqueamento de frutos foram registradas em tomate e quiabo (Fig. 3). Quanto às plantas com vagens broqueadas não houve diferença significativa (Teste de Friedman = 4,5000; $P = 0,1054$) entre as espécies vegetais cultivadas (Fig. 3).

As maiores densidades de lagartas na planta, quanto à preferência hospedeira entre genótipos de tomate, foram encontradas nos genótipos BTR 331, TO 937-15P15, TY 2006, CNPH 421 e LAM 321 (2,0 – 2,8 lagartas/planta) (Teste de Friedman = 41,930; $P = 0,00012$), os quais não diferiram entre si (Tabela 2). Por outro lado, as menores densidades de lagartas ocorreram nos genótipos CNPH 424, BC5-13-9-8-1, CNPH 1496 e CNPH 410 (0,5 – 0,7 lagartas/planta).

Quanto ao broqueamento de frutos, também, diferiu entre os genótipos de tomate (Teste de Friedman = 83,086; $P = 0,00001$), com a maior porcentagem encontrada no genótipo TY 2006 (84,4 %), enquanto que as menores porcentagens de frutos broqueados (0,0 – 13,7%) ocorreram nos genótipos CNPH 409 (*S. pennellii*), CNPH 423 e CNPH 424 (ambos *S. habrochaites*) (Tabela 2).

A preferência para oviposição entre genótipos de tomateiro foi dependente da estrutura da planta considerada na avaliação (Tabela 3). A oviposição nas pétalas foi muito baixa em todos os genótipos, fato que resultou em apenas efeito parcial de diferença (Teste de Friedman = 3,074; $P = 0,0673$). Por outro lado, constatou-se diferença entre os genótipos para a densidade de ovos nas sépalas (Teste de Friedman = 39,678; $P = 0,00019$) e na flor inteira (Teste de Friedman = 36,544; $P = 0,00023$). As menores densidades de ovos em sépalas ocorreram nos genótipos CNPH 423, CNPH 409 e CNPH 424 (1,3 – 1,8 ovos/sépala). Considerando toda a flor, os menores valores de

ovos por flor foram verificados em CNPH 424, CNPH 416, CNPH 421 e CNPH 423, todos de *S. habrochaites* (Tabela 3).

A densidade de tricomas glandulares do tipo IV foi mais abundante no genótipo CNPH 409 (32,1 tricomas/mm²) ($F_{14, 210} = 885,47$; $P < 0,00001$), enquanto que este tipo de tricoma não foi encontrado em CNPH 1496, CNPH 410, LAM 321 e TY 2006 (Tabela 4). O tricoma glandular tipo VI apresentou diferença significativa entre genótipos ($F_{14, 210} = 114,30$; $P < 0,0001$), com a maior densidade no genótipo CNPH 416. Nos genótipos de *S. habrochaites* CNPH 416 e CNPH 421, os tricomas glandulares tipo IV e VI ocorreram na mesma proporção. Também, constatou-se diferença significativa entre genótipos ($F_{14, 210} = 351,37$; $P = 0,0001$), quando a densidade dos tricomas glandulares dos tipos IV e VI foram somados (Tabela 4). Estes tricomas conjuntamente foram os mais abundantes em CNPH 409, BTR 331, TO 937-15P15 e CNPH 416. Já os demais tricomas glandulares (I e VII) ocorreram em BTR 302, BTR 331, TO 937-15P15, LAM 321 e CNPH 421 em densidades inferiores a 0,5 tricoma/mm².

Com relação aos tricomas não glandulares, foram encontrados os tipos II, III e V, sem predominância entre eles, embora tenha sido verificada diferença entre os genótipos ($F_{14, 210} = 796,05$; $P < 0,0001$). As maiores densidades de tricomas não glandulares foram registradas em CNPH 410, LAM 321 e CNPH 1496 (31,8 – 27,5 tricomas/mm²). Apenas cinco genótipos apresentaram o tricoma não glandular do tipo VIII, sendo que a maior densidade ocorreu na cultivar TY 2006 (*S. lycopersicum*) (Tabela 4).

Nas flores, a maioria dos tricomas encontrados ocorreu nas sépalas. Com relação ao tricoma glandular tipo IV, houve diferença entre genótipos ($F_{14, 210} = 903,06$; $P < 0,0001$), predominando em BTR 331 (híbrido interespecífico de *S. lycopersicum* x *S. pimpinellifolium*) (Tabela 5). O tricoma glandular tipo VI foi abundante na maioria dos genótipos, sendo superior em BTR 331, CNPH 409, CNPH 416 e CNPH 423 ($F_{14, 210} = 174,99$; $P < 0,0001$), e baixa

densidade em dois genótipos de *S. lycopersicum* (TX-468-RG e TY 2006). Quanto à densidade de tricomas glandulares o BTR 331 foi o genótipo que mais se destacou com 112 tricomas/mm². A densidade de tricomas não glandular mais expressiva foi encontrada nos genótipos *S. chilense* e *S. lycopersicum*, CNPH 410 e LAM 321, respectivamente, com aproximadamente 155 tricomas/mm² (Tabela 5).

Considerando todos os genótipos de tomateiro avaliados, a porcentagem de frutos broqueados correlacionou-se positivamente com a densidade de tricomas não glandulares (II, III, V e VIII) nos folíolos ($r = 0,27$; $P = 0,0002$), assim como a densidade de tricomas totais (pilosidade) nos folíolos ($r = 0,23$; $P = 0,0018$) e a densidade de tricomas não glandulares nas sépalas ($r = 0,32$; $P < 0,0001$). Também, constatou-se correlação positiva, porém fraca, entre a densidade de ovos nas flores e a densidade de tricomas não glandulares nas sépalas ($r = 0,12$; $P = 0,0313$). Por outro lado, a densidade de ovos por flor foi correlacionada negativamente com a densidade de tricomas glandulares do tipo IV e VI nas sépalas ($r = -0,15$; $P = 0,0087$).

A análise de variáveis canônicas resultou em dois eixos canônicos significativos (Tabela 6), os quais foram responsáveis por 90,02% e 96,24% da variância total explicada do conjunto de dados. As variáveis com os maiores coeficientes de ponderação padronizados (valores absolutos) e que contribuíram para a maior divergência entre os acessos de tomateiros foram, respectivamente, a porcentagem de frutos broqueados (0,983) no primeiro eixo canônico e densidade de ovos por flor (0,926), no segundo eixo canônico.

No diagrama de ordenação (Fig. 4), o primeiro eixo canônico separou as médias de classe ou centróides de genótipos em vários pequenos agrupamentos. Os genótipos dispostos mais à direita do diagrama estiveram associados a maior nível de broqueamento de frutos (Tabela 2). A dispersão entre estes acessos mostrou que há diferenças na suscetibilidade tanto entre genótipos pertencentes a *S. pimpinellifolium*, como a *S. lycopersicum* e entre seus híbridos interespecíficos.

No quadrante esquerdo do diagrama ficaram dispostos os genótipos com menor broqueamento de frutos (Tabela 2), com destaque para os genótipos de *S. habrochaites* e *S. pennellii* (CNPH 409). Também, dentro de *S. habrochaites* verificou-se aparente dissimilaridade entre genótipos. No segundo eixo canônico, todos os genótipos de *S. habrochaites* ocorreram no quadrante inferior diagrama, assim como *S. chilense* (CNPH 410) e alguns genótipos de *S. lycopersicum* e os dois híbridos interespecíficos de *S. lycopersicum* x *S. pimpinellifolium*. Por outro lado, no quadrante superior ficaram dispostos os genótipos de *S. pennellii*, vários membros de *S. lycopersicum* e *S. pimpinellifolium* (TO 937-15P15), os quais estiveram associados às maiores densidades de ovos na flor (Tabela 3).

Pela a análise baseada nas distâncias generalizadas de Mahalanobis entre pares de médias canônicas, foram identificados quatro diferentes grupos de genótipos, sendo que dois destes se sobrepuseram e incluíram 11 acessos em sua maioria dispostos no quadrante direito do diagrama e apresentaram alta suscetibilidade à *H. armigera*. Os genótipos de *S. pennellii* (CNPH 409) ficaram isolados dos demais genótipos, enquanto quatro genótipos de *S. habrochaites* formaram outro grupo, que se destacou por menor broqueamento de frutos e menor densidade de ovos na flor (quadrante inferior à esquerda), sendo os menos suscetíveis à praga. Dentre os genótipos de *S. habrochaites*, o genótipo CNPH 423 é o mais promissor como fonte de resistência a *H. armigera*.

Discussão

Entre todas as espécies vegetais avaliadas, a densidade de lagarta de *H. armigera*, o número de plantas que apresentaram desfolha e o broqueamento de frutos foram superiores em soja, quiabo e tomateiro, evidenciando-se alta preferência desta praga por essas culturas. Em oposição, não foi constatada preferência hospedeira e nem alimentar pela melancia, embora haja relatos de infestação por produtores e confirmação de sua ocorrência na cultura (Fragoso 2014).

A soja apresentou 100% das plantas com desfolha, entre as culturas estudadas, e foi agrupada junto ao tomateiro quando considerada a densidade de lagartas por planta. No Brasil, os primeiros surtos de lagartas de *H. armigera* foram registrados simultaneamente em cultivos de soja no estado de Goiás, Mato Grosso e na Bahia (Czepak *et al.* 2013, Ávila *et al.* 2013).

Entre as culturas que apresentaram baixa preferência hospedeira, tivemos o grão de bico, considerado importante como estratégia de manejo em área com presença de *H. armigera*. Em regiões da Austrália, o cultivo de grão de bico foi implementado para suprimir as densidades populacionais locais de *H. armigera*, como cultura armadilha, essa cultura apresenta um papel importante na estratégia de controle. Segundo Sharma *et al.* (2005) a safra de grão de bico é plantada como armadilha após as culturas comerciais, com objetivo de atrair *H. armigera* emergindo logo após a diapausa de inverno.

As culturas armadilha são eficazes em interferir no desenvolvimento das lagartas antes que atinja a fase de pupa (Sharma *et al.* 2005). Para tanto, torna-se necessário considerar a paisagem agrícola da região de cultivo, é importante o conhecimento da interação espacial e temporal de plantas hospedeiras e o papel de culturas “armadilha” ou culturas “foco” de infestação desta praga (Moraes *et al.* 2013). A atratividade de uma espécie vegetal para as pragas pode ser extremamente útil se for relacionada em concentrar as pragas ou vetores de doenças em um lugar onde eles causam menos danos ou podem ser mais facilmente eliminados (Altieri & Nicholls 2004). E ainda resulta em uma ótima oportunidade para a adoção de opções de controle suaves, o que reduz o uso de inseticidas, garante a maior atividade dos inimigos naturais (Moraes *et al.* 2013).

Na Ásia e Europa, a cultura de tomate é apontada como hospedeira de alta qualidade para lagartas de *H. armigera*, sendo ela considerada praga chave da cultura (Damle *et al.* 2005). Fato

que elege a resistência do tomateiro como importante método de controle a ser investigado contra esta praga, pois irá reduzir este alto grau de suscetibilidade.

Entre os genótipos de tomateiros verificou-se grande variabilidade na suscetibilidade à *H. armigera*, com altas infestações e injúrias em frutos de *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium* (TO 937-15P15) e de um híbrido interespecífico de *S. lycopersicum* x *S. pimpinellifolium* (BTR 331), que em outro estudo foi considerado como resistente à *Bemisia tabaci* (Silva *et al.* 2013). Apenas *S. pennellii* (CNPH 409) não apresentou broqueamento de frutos, embora lagartas tenham sido encontradas nas plantas. Vários estudos com *S. pennellii* têm demonstrado alta resistência a diversos insetos-pragas, como a mosca-branca (Berlinger & Dahan 1984, Ponti *et al.* 1975, Resende 2006, Resende *et al.* 2009), ácaros (Resende *et al.* 2002, Saeidi *et al.* 2007, Pereira *et al.* 2008, Resende *et al.* 2009), traça do tomateiro (Mutschler *et al.* 1996, Resende 2003, Resende *et al.* 2006, Pereira *et al.* 2008, Gonçalves Neto *et al.* 2010, Moreira *et al.* 2013). Essa resistência tem sido associada à presença de compostos químicos, como os acilalúcares (Resende *et al.* 2009, Gonçalves Neto *et al.* 2010).

Nesse estudo, o genótipo CNPH 409 apresentou a maior densidade de tricomas glandular do tipo IV, diferindo dos demais genótipos. Estudos, também, têm relacionado *S. pennellii* com compostos químicos associados à resistência mediada por tricoma glandular tipo IV, com efeito de repelência e deterrência para alimentação e oviposição de várias espécies de insetos fitófagos (Toscano *et al.* 2001). Segundo Talekar *et al.* (2005), o acesso LA-716 de *S. pennellii* (no caso, CNPH 409) possui características de resistência que afetam tanto o desenvolvimento como a sobrevivência de lagartas de *H. armigera*.

A cultivar mais suscetível à *H. armigera* foi o genótipo TY 2006 (*S. lycopersicum*), apresentando uma dos maiores níveis de desfolha, densidade de lagartas por planta, ovos por sépala e frutos broqueados. Isto poderia ser explicado, pelo menos em parte, pela ausência de

tricoma glandular tipo IV, nas folhas e flores. Por outro lado, a baixa densidade de ovos em flores de *S. habrochaites* (CNPB 423, CNPB 416, CNPB 424 e CNPB 421) está associada à alta densidade de tricoma glandular tipo VI, nas folhas e sépalas. Estudos comprovam essa relação, segundo Khederi *et al* (2014), a presença de tricoma glandular do tipo IV e VI em *S. habrochaites* acaba desempenhando um papel importante em relação à preferência por lagartas.

Também foi constatadas diferenças quanto ao broqueamento de frutos por *H. armigera* entre genótipos de *S. habrochaites*. Embora vários genótipos possam apresentar densidades de tricomas glandulares em folhas e flores muito similares entre si, os resultados deste estudo indicam que há variabilidade na produção e armazenamento de compostos químicos que conferem resistência à *H. armigera* entre os genótipos de *S. habrochaites*. Genótipos de *L. hirsutum* (= *S. habrochaites*) foram relatados por possuir resistência a *H. armigera* (Kashyap *et al.* 1990) e Juvik *et al.* (1982) exploraram a hipótese de que a resistência a essa praga exibida pela *L. hirsutum* e *L. pennellii* foi o resultado de aprisionamento pelo tricoma. No entanto, este aprisionamento de *H. armigera* por tricomas glandulares em *Lycopersicon spp.* não foi observado anteriormente ou apontado como a causa de mortalidade (Simmons *et al.* 2004).

Além disso, outros compostos que não acumulam em tricomas glandulares, também podem estar envolvidos na resistência dessa espécie. Isto explicaria, em parte, as correlações fracas observadas entre a densidade de tricomas glandulares e os níveis de ataque observados em genótipos inicialmente considerados como ótimas fontes de resistência à *H. armigera*.

No conjunto dos resultados, conforme indicado pela análise de variáveis canônicas, os genótipos mais promissores para uso em programa de melhoramento de tomateiro visando resistência à *H. armigera* são CNPB 423 (*S. habrochaites*) e CNPB 409 (*S. pennellii*), o que corrobora com outros estudos, segundo Simmons *et al.* (2004), ao avaliar genótipos de *Lycopersicon spp.* para utilizar em programa de melhoramento, que tem como objetivo controlar

uma variedade de pragas de artrópodes, a densidade de tricoma tipo IV pode indicar a capacidade de uma adesão para contribuir para o manejo de lagartas de *H. armigera*.

A confirmação futura desses resultados poderá auxiliar na definição da melhor estratégia para a introgressão/incorporação em *S. lycopersicum* de genes de resistência presentes em *S. habrochaites* e *S. pennellii* e apontar o potencial de emprego da densidade de tricomas glandulares dos tipos IV e VI como ferramenta para seleção assistida (indireta), visando o desenvolvimento de cultivares de tomateiro com resistência à *H. armigera*.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a composição de tricomas em plantas de tomateiros pode interferir significativamente na seleção de hospedeiro por *H. armigera* hospedeira. Também, que a presença de tricomas glandulares do tipo IV e VI, tanto em folíolos, quanto em flores interferem negativamente na presença de lagartas na planta e na oviposição das mariposas, tendo reflexos no broqueamento de frutos de tomate pela praga.

Agradecimentos

A todos estagiários e bolsistas do Laboratório de Entomologia, aos funcionários da Embrapa Hortaliças, que contribuíram com as atividades de campo e laboratório nos trabalhos desenvolvidos. À EMBRAPA pela infraestrutura e logística disponibilizadas. A CAPES pela concessão de bolsa ao primeiro autor

Literatura Citada

- Alba, J.M., M. Montserrat & R. Fernández-Muñoz. 2009.** Resistance to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by acylsucroses of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*) trichomes studied in a recombinant inbred line population. *Exp. Appl. Acarol.* 47: 35-47.
- Altieri, M.A. & C.I. Nicholls. 2004.** Effects of agroforestry systems on the ecology and management of insect pest populations, p. 143-154. In G.M. Gurr, S.D. Wratten & M.A. Altieri (eds.), *Ecological Engineering for pest management*. Collingwood: CSIRO, 225p.

- Alvarenga, M.A.R. 2004.** Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 400p
- Ashfaq, M., M. Sajjad, M. Noor ul Ane & N. Rana. 2012.** Morphological and chemical characteristics of tomato foliage as mechanisms of resistance to *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. African J. Biotechnol. 11: 7744-7750.
- Ávila, J.C., L.M. Vivan & G.V. Tomquelski. 2013.** Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, (Embrapa Agropecuária Oeste, Circular Técnica, 23), 12p.
- Berlinger, M. J. & R. Dahan. 1984.** Resistance to the tobacco whitefly. *Bemisia tabaci*, in tomato and related species: a quick screening method. Bull. IOBC/WPRS 7: 39-40.
- Butt, B.A. & E. Cantu. 1962.** Sex determination of lepidopterous pupae. Washington: USDA, 7p.
- Channarayappa, A., G. Shivashankar, V. Muniyappa & R. H. Frist. 1992.** Resistance of *Lycopersicon* species to *Bemisia tabaci*, a tomato leaf curl virus vector. Can. J. Bot. 70: 2184-2192.
- Conover, W.J. 1999.** Practical Nonparametric Statistics. New York: John Wiley and Sons, 584p.
- Cruz, C.D. & A.J. Regazzi. 1997.** Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 390p.
- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivan, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013.** Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesq. Agropec. Trop. 43: 110-113.
- Damle, M.S., A.P. Giri, M.N. Sainani & V.S. Gupta. 2005.** Higher accumulation of proteinase inhibitors in flower than leaves and fruits as a possible basis for differential feeding preference of *Helicoverpa armigera* on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, Cv. Dhanashree). Phytochemistry 66: 2659-2667.
- Dimock, M.B. & G.G. Kennedy. 1983.** The role of glandular trichomes in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to *Heliothis zea*. Entomol. Exp. Appl. 33:263-268.
- Eigenbrode, S.D., J.T. Trumble & K.K. White. 1996.** Trichome exudates and resistance to beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in *Lycopersicon hirsutum* f. *typicum* accessions. Environ. Entomol. 25: 90-95.
- Fernandes, O.A. 2013.** *Helicoverpa armigera*: nova praga preocupa produtores brasileiros devido ao poder de destruição. Rev. Coplana Produtor 82: 14-16.

- Filgueira, F.A.R. 2003.** Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA, 331p.
- Fragoso, D.B. 2014.** *Helicoverpa armigera*: conhecer para combater. Fronteira Agrícola. Infor. Téc. 1:1-2.
- Gallo D., O. Nakano, S. Silveira-Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E. Berti Filho, J.R.P.Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 920p.
- Gonçalves Neto, A.C., V.F. Silva, W.R. Maluf, G.M. Maciel, D.A.C. Nizio, L.A.A. Gomes & S.M. Azevedo. 2010.** Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de acilglicosídeos nas folhas. Hort. Bras. 28: 203-208.
- Greene, G.L., N.C. Lepla & W.A. Dickerson. 1976.** Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. J. Econ. Entomol. 69: 488-497.
- Holm, S. 1979.** A simple sequentially rejective Bonferroni test procedure. Scand. J. Stat. 6: 65–70.
- Juvik, J.A., M.J. Berlinger, T. Ben-David & J. Rudich J. 1982.** Resistance among accessions of the genera *Lycopersicon* and *Solanum* to four of the main insect pests of tomato in Israel. Phytoparasitica 10: 145-156.
- Kashyap, R.K., M.K. Banerjee, G. Kalloo & A.N. Verma. 1990.** Survival and development of fruit borer, *Heliothis armigera* (Hubner). (Lepidoptera: Noctuidae) on *Lycopersicon* spp. Insect Sci. Appl. 11: 877–881.
- Khederi, S.J., M. Khanjani & M.A. Hosseini. 2014.** Role of diferente trichome style in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* genotypes to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Ecol. Mont. 1: 55-63.
- King A.B.S. 1994.** *Heliothis/Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae), p. 39-106. In C.A. Matthews & J.P. Tunstall (eds.), Insect pests of cotton. Wallingford: CAB International, 593p.
- Luckwill, L.C. 1943.** The genus *Lycopersicon*, a historical, biological and taxonomic survey of the wild and cultivated tomato. Aberdeen Univ. Stud. 120: 5-44.
- Luz, J.M.Q., A.V. Shinzato & M.A.D. Silva. 2007.** Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. BioScience 23: 7-15.
- Menezes Junior. A.O., A.Y. Mikami, A.K. Ide & M.U. Ventura. 2005.** Feeding preferences of *Microtheba punctigera* (Achard) (Coleoptera: Chrysomelidae) for some Brassicaceae plants in multiple-choice assays. Sci. Agric. 62: 72-75.
- Moraes, S.V.P., A. Specht & D. Sosa-Gómez. 2013.** Lagarta da maçã do velho mundo. *Helicoverpa armigera* no Brasil. Rev. Abrasem 16-18.

- Moreira, G.R., D.J.H. Silva, P.C.S. Carneiro, M.C. Picanço, A.A. Vasconcelos & C.M.F. Pinto. 2013.** Herança de caracteres de resistência por antixenose de *Solanum pennellii* à traça-do-tomateiro em cruzamento com 'Santa Clara'. Hortic. Bras. 31: 574-581.
- Mutschler, M.A., R.W. Doerge, S.C. Liu, J.P. Kuai, B.E. Liedl & J.A. Shapiro. 1996.** QTL analysis of pest resistance in the wild tomato *Lycopersicon pennellii*: QTLs controlling acylsugar level and composition. Theor. Appl. Genet. 92: 709-718.
- Pereira, G.V.N., W.R. Maluf, L.D. Gonçalves, I.R. Nascimento, L.A.A. Gomes & V. Licursi. 2008.** Seleção para alto teor de acilacúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com a resistência ao ácaro vermelho (*Tetranychus evansi*) e à traça (*Tuta absoluta*). Ciênc. Agrotec. 32: 996-1004.
- Ponti, O.M.B., G. Pet & N.G. Hogenboom. 1975.** Resistance to the glasshouse silverleaf whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* West) in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and related species. Euphytica 24: 645-649.
- Pratissoli, D., V.L. Souza-Lima, V.D. Pirovani & W.L. Lima. 2015.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. Hortic. Bras. 33: 101-105.
- Resende, J.T.V. 2003.** Resistência a artrópodes pragas, mediada por acilacúcares em tomateiros obtidos do cruzamento interespecífico de *Lycopersicon esculentum* Mill 'TOM-584' x *L. Pennellii* 'LA-716'. Lavras: UFLA, 91p.
- Resende, J.T.V., M.G. Cardoso, W.R. Maluf, C.D. Santos, L.D. Gonçalves, L.V. Resende & F.O. Naves. 2002.** Método colorimétrico para quantificação de acilacúcar em genótipos de tomateiro. Ciênc. Agrotec. 26: 1204-1208.
- Resende, J.T.V., W.R. Maluf, M.G. Cardoso, L.D. Gonçalves, M.V. Faria & I.R. Nascimento. 2009.** Resistance of tomato genotypes to the silverleaf whitefly mediated by acylsugars. Hortic. Bras. 27: 345-348.
- Resende, J.T.V., W.R. Maluf, M.V. Faria, I.R. Nascimento & A.Z. Pfann. 2006.** Acylsugars in tomato leaflets confer resistance to the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* Meyr. Sci. Agric. 63: 20-25.
- SAEG. 2007.** SAEG - Sistema para Análises Estatísticas. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- Saeidi, Z., B. Mallik & R.S. Kulkarni. 2007.** Inheritance of glandular trichomes and two-spotted spider mite resistance in cross *Lycopersicon esculentum* 'Nandi' and *L. pennellii* 'LA2963'. Euphytica 154: 231-238.
- SAS Institute. 2002.** The SAS System. Version 9.00. Cary: SAS Institute.

- Selvam, K. & N. Ramakrishnan. 2014.** Antifeedant and ovicidal activity of *tinospora cardifolia* willd (Menispermaceae) against *Spodoptera litura* (Fab.) and *Helicoverpa armigera* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae). Int. J. Recent Sci. Res. 5: 1955-1959.
- Sharma, H.C. 2005.** *Heliothis/Helicoverpa* management: emerging trends and strategies for future research. New Delhi: Oxford and IBH Publishers, 469p.
- Silva, K.F.A.S., M. Michereff-Filho, M.E.N. Fonseca, J.G. Silva-Filho, A.C.A. Texeira, A.W. Moita, J.B. Torres, R. Fernández-Muñoz & L.S. Boiteux. 2013.** Resistance to *Bemisia tabaci* biotype B of *Solanum pimpinellifolium* is associated with higher densities of type IV glandular trichome and acylsugar accumulation. Entomol. Exp. Appl. 151: 4-13.
- Simmons, A.T., G.M. Gurr, D. Mcgrath, H.I. Nicol & P.M. Martin. 2003.** Trichomes of *Lycopersicon* spp. and their effect on *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). Aust. J. Entomol. 42: 373-378.
- Simmons, A.T., G.M. Gurr, D. Mcgrath, P.M. Martin & H.I. Nicol. 2004.** Entrapment of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on glandular trichomes of *Lycopersicon* species. Aust. J. Entomol. 43: 196–200.
- Sosa-Gómez, D.R., A. Specht, S.V. Paula-Mores, A. Lopes-Lima, S.A.C. Yano, A. Micheli, E.G.F. Morais, P. Gallo, P.R.V.S. Pereira, J.R. Salvadori, M. Botton, M.M. Zenker & W.S. Azevedo-Filho. 2016.** Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliiothinae) in Brazil. Rev. Bras. Entomol 60: 101-104.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gómez, S.V. Paula-Moraes & A.S.C. Yano SAC. 2013.** Morphological and molecular identification of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and expansion of its occurrence record in Brazil. Pesq. Agropec. Bras. 48: 689–692.
- Talekar, N.S., R.T. Opena & P. Hanson. 2005.** Tomato expressing Cry1A(b) insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis* protected against tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) damage in the laboratory, greenhouse and field. Crop Prot. 23: 135-139.
- Toscano, L.C., A.L. Boiça JR, J.M. Santos & J.B.S.A. Almeida. 2001.** Tipos de tricomas em genótipos de *Lycopersicon*. Hortic. Bras. 19: 204-206.
- Weston, P.A., D.A. Johnson, H.T. Burton & J.C. Snyder. 1989.** Trichomes secretion composition, trichome densities, and spider mite resistance of ten accessions of *Lycopersicon hirsutum*. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 114:492-498.
- Williams, W. G., Kennedy G. G., Yamamoto R.T., J.D. Thacker & Bordner. J. 1980.** 2-tridecanone: A naturally occurring insecticide from the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. Science 207: 888-889.

Zalucki, M.P., D.A.H. Murray, P.C. Gregg, G.P. Fitt, P.H. Twine & C. Jones. 1994. Ecology of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *H. punctigera* (Wallengren) in the inland of Australia: larval sampling and host plant relationships during winter and spring. Aust. J. Zool. 42: 329-346.

Zalucki, M.P., G. DGLISH, S. Firempong & P.H. Twine, 1986. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? Aust. J. Zool. 34: 779–814.

Tabela 1. Genótipos de tomateiro avaliados em teste com chance de escolha, nas condições de casa de vegetação. Embrapa Hortaliças. Brasília-DF, 2013.

Genótipos	Espécie do gênero <i>Solanum</i>
CNPH 410	<i>Solanum chilense</i> (= 'LA-1967')
CNPH 421	<i>Solanum habrochaites</i> (= 'PI 127827')
CNPH 423	<i>Solanum habrochaites</i> (= 'PI 134417')
CNPH 416	<i>Solanum habrochaites</i> (= 'PI 126445')
CNPH 424	<i>Solanum habrochaites</i> (= 'PI 134418')
CNPH 409	<i>Solanum pennellii</i> 'LA-716'
TO 937-15P15	<i>Solanum pimpinellifolium</i>
BTR 302	<i>S. lycopersicum</i> x <i>S. pimpinellifolium</i> 'Santa Clara' x 'TO 937-15P15'
BTR 331	<i>S. lycopersicum</i> x <i>S. pimpinellifolium</i> 'Santa Clara' x 'TO 937-15P15'
BC5-13-9-8-1	<i>Solanum lycopersicum</i> 'Moneymaker' com introgressão de tricomas tipo IV e acilaçúcar de <i>S. pimpinellifolium</i> 'TO 937-15P15'
BC3-14-8-7	<i>Solanum lycopersicum</i> 'Moneymaker' com introgressão de tricomas tipo IV e acilaçúcar de <i>S. pimpinellifolium</i> 'TO 937-15P15'
CNPH 1496	<i>Solanum lycopersicum</i> (= 'Santa Clara')
LAM 321	<i>Solanum lycopersicum</i>
TY 2006	<i>Solanum lycopersicum</i>
TX-468-RG	<i>Solanum lycopersicum</i>

Tabela 2. Valores médios (\pm EP) de densidade de lagartas de *Helicoverpa armigera* e de porcentagem de frutos broqueados em 15 genótipos de tomateiro. Embrapa Hortaliças. Brasília-DF, 2013.

Genótipos	Lagartas/planta ¹	Porcentagem de frutos broqueados
BTR 331	2,8 \pm 0,45 (110,0) a	57,4 \pm 1,64 (104,5) b
TO 937-15P15	2,6 \pm 0,62 (101,5) a	62,1 \pm 1,90 (113,5) b
TY 2006	2,4 \pm 0,23 (127,5) a	84,4 \pm 1,84 (138,5) a
CNPH 421	2,1 \pm 0,19 (103,5) a	40,4 \pm 2,30 (78,5) c
LAM 321	2,0 \pm 0,21 (98,5) a	50,9 \pm 2,22 (92,0) b
BC3-14-8-7	1,3 \pm 0,35 (75,0) b	39,9 \pm 1,64 (73,0) c
BTR 302	1,2 \pm 0,18 (78,5) b	31,0 \pm 1,76 (61,0) c
CNPH 416	1,2 \pm 0,17 (75,0) b	24,3 \pm 2,26 (55,5) c
CNPH 423	1,2 \pm 0,21 (74,0) b	13,7 \pm 1,03 (39,5) d
TX-468-RG	1,1 \pm 0,14 (76,5) b	67,7 \pm 1,58 (120,5) b
CNPH 409	1,1 \pm 0,13 (65,0) b	0,0 \pm 0,00 (16,0) e
CNPH 424	0,7 \pm 0,18 (63,5) c	11,2 \pm 1,19 (33,5) d
BC5-13-9-8-1	0,7 \pm 0,10 (65,5) c	36,3 \pm 1,95 (77,0) c
CNPH 1496	0,6 \pm 0,10 (45,5) c	52,6 \pm 1,81 (96,0) b
CNPH410	0,5 \pm 0,15 (40,5) c	56,5 \pm 1,98 (101,5) b

¹Valores dentro de parênteses representam a soma de postos (*rank sums*) das características de infestação da praga nas diferentes espécies vegetais e quando seguidos pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si (comparações múltiplas pelo teste de Friedman, com ajuste de Holm, $P > 0,05$).

Tabela 3. Densidade média (\pm EP) de ovos de *Helicoverpa armigera* nas faces abaxial e adaxial de pétalas e sépalas e da flor inteira de 15 genótipos de tomateiro. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013.

Genótipos	Densidade de ovos/estrutura ¹		
	Pétalas	Sépalas	Flor Inteira
LAM 321	0,7 \pm 0,33 a	1,9 \pm 0,67 a	2,6 \pm 0,89 a
CNPH 409	0,6 \pm 0,19 a	1,4 \pm 0,19 c	1,9 \pm 0,25 b
CNPH 1496	0,6 \pm 0,16 a	2,5 \pm 0,34 a	3,3 \pm 0,46 a
TY 2006	0,5 \pm 0,16 a	2,0 \pm 0,32 b	2,7 \pm 0,43 a
TX-468-RG	0,5 \pm 0,15 a	1,6 \pm 0,24 a	2,2 \pm 0,33 a
BC3-14-8-7	0,4 \pm 0,15 a	1,4 \pm 0,24 b	1,8 \pm 0,32 b
TO 937-15P15	0,4 \pm 0,10 a	1,9 \pm 0,26 a	2,5 \pm 0,35 a
CNPH 423	0,4 \pm 0,11 a	1,3 \pm 0,20 c	1,7 \pm 0,27 c
CNPH 416	0,3 \pm 0,14 a	1,5 \pm 0,28 b	2,0 \pm 0,38 c
BTR 331	0,3 \pm 0,09 a	1,7 \pm 0,24 b	2,3 \pm 0,33 b
CNPH 410	0,3 \pm 0,12 a	2,2 \pm 0,35 a	3,0 \pm 0,47 a
CNPH 424	0,3 \pm 0,10 a	1,8 \pm 0,26 c	2,3 \pm 0,35 c
BC5-13-9-8-1	0,3 \pm 0,12 a	1,6 \pm 0,32 b	2,2 \pm 0,42 b
BTR 302	0,2 \pm 0,08 a	1,5 \pm 0,29 b	2,0 \pm 0,38 b
CNPH 421	0,2 \pm 0,07 a	1,2 \pm 0,24 b	1,6 \pm 0,32 c

¹Valores seguidos pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si (comparações múltiplas pelo teste de Friedman, com ajuste de Holm, $P > 0,05$).

Tabela 4. Densidade média (número/mm²) de tricomas glandulares e tricomas não glandulares nas faces abaxial e adaxial de folíolos de 15 genótipos de tomateiro. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013.

Genótipos	Tricomas glandulares ¹				Tricomas não glandulares
	IV	VI	IV+VI	I+IV+VI+VII	II+III+V+VIII
CNPH 409	32,1 ± 0,29 a	2,2 ± 0,43 e	34,4 ± 0,41 a	34,4 ± 0,41 a	0,0 ± 0,00 j
BTR 331	20,7 ± 2,43 b	5,5 ± 1,23 c	26,2 ± 3,30 b	30,9 ± 2,82 b	0,5 ± 0,10 i
TO 937-15P15	19,1 ± 1,12 b	2,2 ± 0,35 e	21,3 ± 1,35 b	21,5 ± 1,33 c	8,0 ± 0,72 e
CNPH 416	10,9 ± 1,25 c	10,7 ± 0,38 a	21,6 ± 1,43 b	21,6 ± 1,43 c	1,9 ± 0,23 g
BTR 302	8,2 ± 1,40 d	0,7 ± 0,10 g	9,5 ± 1,46 c	10,1 ± 1,41 e	4,4 ± 0,72 f
CNPH 421	5,4 ± 0,99 e	5,2 ± 0,27 c	10,7 ± 0,74 c	11,0 ± 0,68 d	1,3 ± 0,05 h
CNPH 423	2,9 ± 0,53 f	8,7 ± 0,58 b	11,6 ± 0,19 c	11,6 ± 0,19 d	1,3 ± 0,23 h
CNPH 424	1,5 ± 0,09 g	4,9 ± 0,29 c	6,3 ± 0,32 d	6,3 ± 0,32 g	1,4 ± 0,08 h
BC5-13-9-8-1	0,9 ± 0,22 h	8,2 ± 1,07 b	9,1 ± 1,20 c	9,1 ± 1,20 f	24,1 ± 1,29 b
TX-468-RG	0,4 ± 0,09 i	1,5 ± 0,30 f	1,9 ± 0,24 g	1,9 ± 0,24 j	13,0 ± 1,31 d
BC3-14-8-7	0,4 ± 0,09 i	5,8 ± 0,93 c	6,2 ± 0,87 d	6,2 ± 0,87 g	20,9 ± 1,40 c
CNPH 1496	0,0 ± 0,00 j	4,1 ± 0,37 d	4,1 ± 0,37 e	4,1 ± 0,37 h	27,5 ± 1,11 a
CNPH 410	0,0 ± 0,00 j	0,5 ± 0,09 h	0,5 ± 0,09 h	0,6 ± 0,08 k	31,8 ± 0,86 a
LAM 321	0,0 ± 0,00 j	3,8 ± 0,28 d	3,8 ± 0,28 e	4,3 ± 0,34 h	29,8 ± 1,64 a
TY 2006	0,0 ± 0,00 j	2,5 ± 0,25 e	2,5 ± 0,25 f	2,5 ± 0,25 i	20,9 ± 1,87 c

¹Médias (± EP) seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Tabela 5. Densidade média (número/mm²) de tricomas glandulares e tricomas não glandulares em sépalas de flores de 15 genótipos de tomateiro. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013.

Genótipos	Tricomas glandulares ¹			Tricomas não glandulares	
	IV	VI	IV+VI	I+IV+VI+VII	II+III+V+VIII
BTR 331	43,7 ± 4,05 a	31,7 ± 1,96 a	75,5 ± 6,01 a	112,9 ± 9,20 a	1,8 ± 0,39 f
BTR 302	24,2 ± 2,53 b	12,4 ± 0,95 b	36,6 ± 3,48 c	32,5 ± 3,14 d	37,5 ± 6,15 c
CNPH 409	23,5 ± 1,46 b	32,5 ± 3,14 a	56,0 ± 4,61 b	50,4 ± 5,00 c	18,1 ± 1,70 d
CNPH 416	21,6 ± 1,65 b	53,1 ± 2,99 a	74,7 ± 4,65 a	77,8 ± 6,71 b	37,0 ± 4,49 c
CNPH 423	20,8 ± 2,12 b	49,5 ± 4,65 a	70,4 ± 6,78 a	83,2 ± 4,52 b	33,3 ± 2,65 c
TO 937-15P15	7,96 ± 1,23 c	14,0 ± 1,33 b	21,9 ± 2,56 d	77,4 ± 4,99 b	39,8 ± 4,14 c
CNPH 421	0,0 ± 0,00 d	37,9 ± 3,86 a	37,9 ± 3,87 b	44,6 ± 7,82 c	12,6 ± 1,33 e
CNPH 424	0,0 ± 0,00 d	44,6 ± 7,82 a	44,6 ± 7,82 b	71,7 ± 4,21 b	20,2 ± 2,39 d
BC3-14-8-7	0,0 ± 0,00 d	34,5 ± 3,46 a	34,5 ± 3,46 c	22,3 ± 1,66 e	60,6 ± 4,23 b
BC5-13-9-8-1	0,0 ± 0,00 d	37,0 ± 4,15 a	37,0 ± 4,15 c	28,0 ± 1,66 d	60,4 ± 6,82 b
CNPH 410	0,0 ± 0,00 d	10,3 ± 1,26 b	10,3 ± 1,26 d	10,5 ± 2,03 g	157,0 ± 12,56 a
CNPH 1496	0,0 ± 0,00 d	11,5 ± 1,45 b	11,5 ± 1,45 d	21,1 ± 2,17 e	35,14 ± 1,70 c
LAM 321	0,0 ± 0,00 d	10,5 ± 2,03 b	10,5 ± 2,03 d	17,6 ± 1,53 e	153,8 ± 9,20 a
TX-468-RG	0,0 ± 0,00 d	0,7 ± 0,19 c	0,7 ± 0,19 e	12,4 ± 0,95 f	60,2 ± 9,24 b
TY 2006	0,0 ± 0,00 d	0,0 ± 0,00 d	0,0 ± 0,00 f	13,7 ± 1,42 f	49,4 ± 5,57 b

¹Médias (± EP) seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Tabela 6. Estimativas de autovalores (variâncias), significância dos eixos canônicos, variância explicada e coeficientes de ponderação padronizados gerados pela análise de variáveis canônicas baseadas em variáveis de infestação de *Helicoverpa armigera* em 15 genótipos de tomateiro, em teste com chance de escolha, realizado em telado ($27,3 \pm 2,7$ °C, $35 \pm 1,3\%$ de UR). Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013.

Variáveis ¹	Coeficientes de ponderação das variáveis canônicas ²		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Ovos/flor	0,269	0,983	-0,051
Lagartas/planta	0,332	0,141	0,952
Frutos broqueados (%)	0,926	-0,174	-0,356
Autovalores	1,95	0,13	0,08
Variância acumulada explicada (%)	90,02	96,24	100
Significância dos eixos ³	< 0,0001	0,0029	0,0829

¹Dados transformados para análise: ovos/flor e lagartas/planta em $\log_{10}(x+1)$ e porcentagem de frutos broqueados em $\sqrt{x+1}$, respectivamente.

²Variáveis originais padronizadas pelo desvio padrão dentro de classe.

³Baseado no teste F aproximado, com dados transformados.

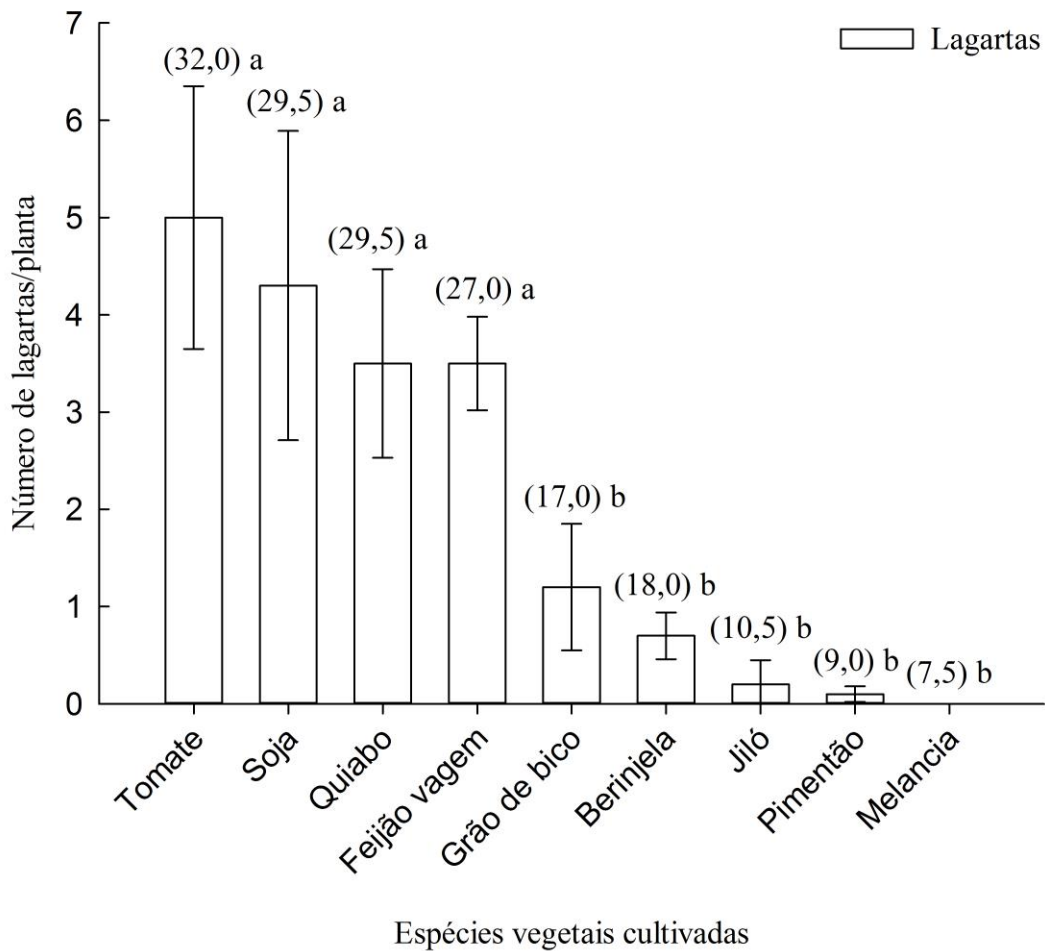


Figura 1. Valores médios (\pm EP) de densidade de lagartas de *Helicoverpa armigera* em diferentes espécies vegetais cultivadas. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013. Os valores dentro de parênteses representam a soma de postos (*rank sums*) das características de infestação da praga nas diferentes espécies vegetais e quando seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si (comparações múltiplas pelo teste de Friedman, com ajuste de Holm, $P > 0,05$).

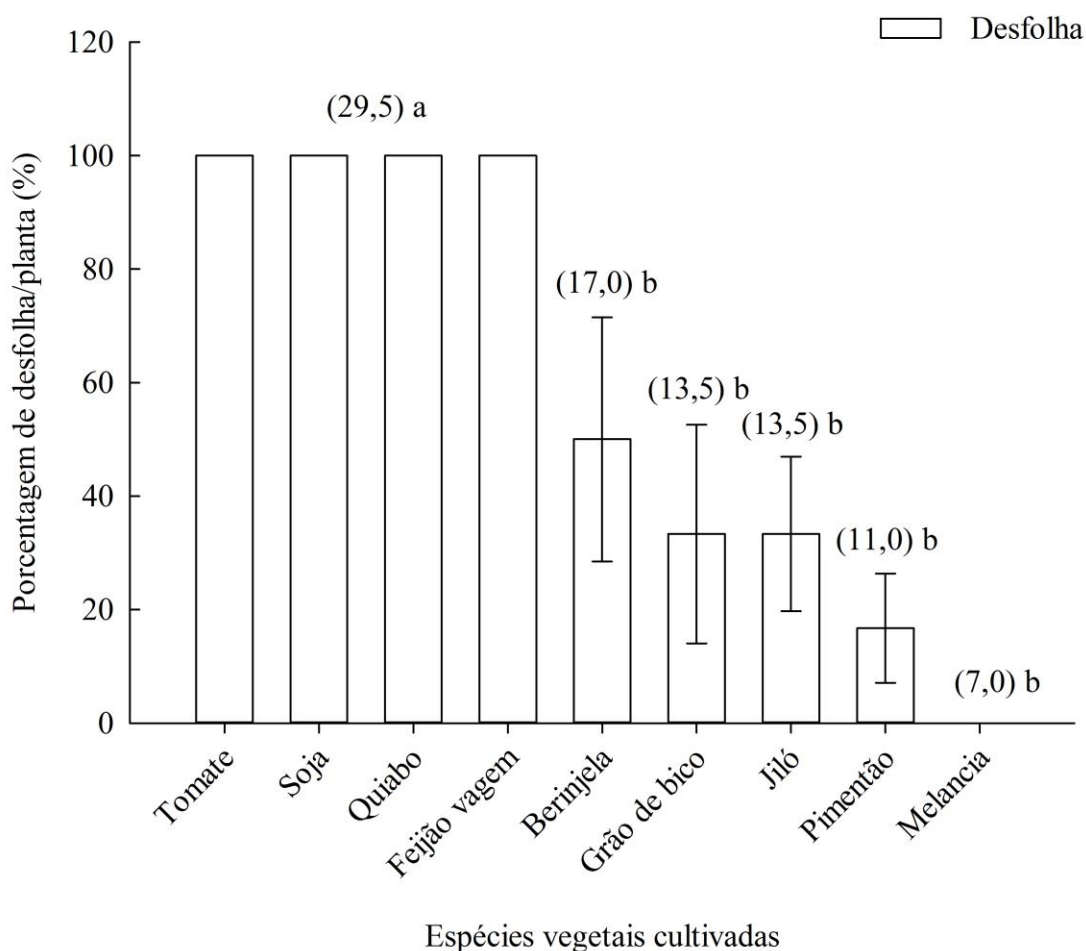


Figura 2. Valores médios (\pm EP) de porcentagem de plantas com desfolha causada por lagartas de *Helicoverpa armigera* em diferentes espécies vegetais cultivadas. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013. Os valores dentro de parênteses representam a soma de postos (*rank sums*) das características de infestação da praga nas diferentes espécies vegetais e quando seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si (comparações múltiplas pelo teste de Friedman, com ajuste de Holm, $P > 0,05$).

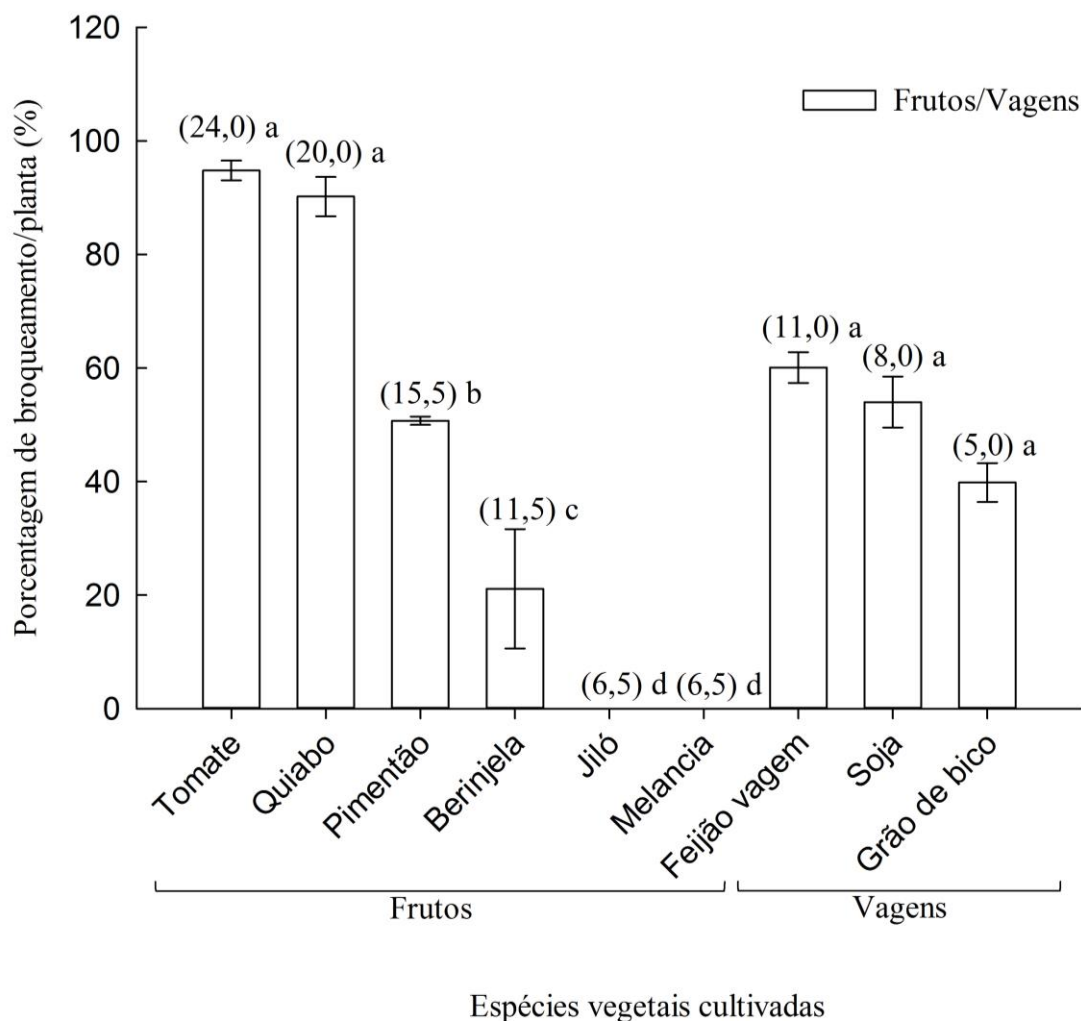


Figura 3. Valores médios (\pm EP) da porcentagem de frutos e vagens broqueados em diferentes espécies vegetais cultivadas. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013. Os valores dentro de parênteses representam a soma de postos (*rank sums*) das características de infestação da praga nas diferentes espécies vegetais e quando seguidos pela mesma letra, dentro do grupo de plantas (frutos ou vagens), não diferem significativamente entre si (comparações múltiplas pelo teste de Friedman, com ajuste de Holm, $P > 0,05$).

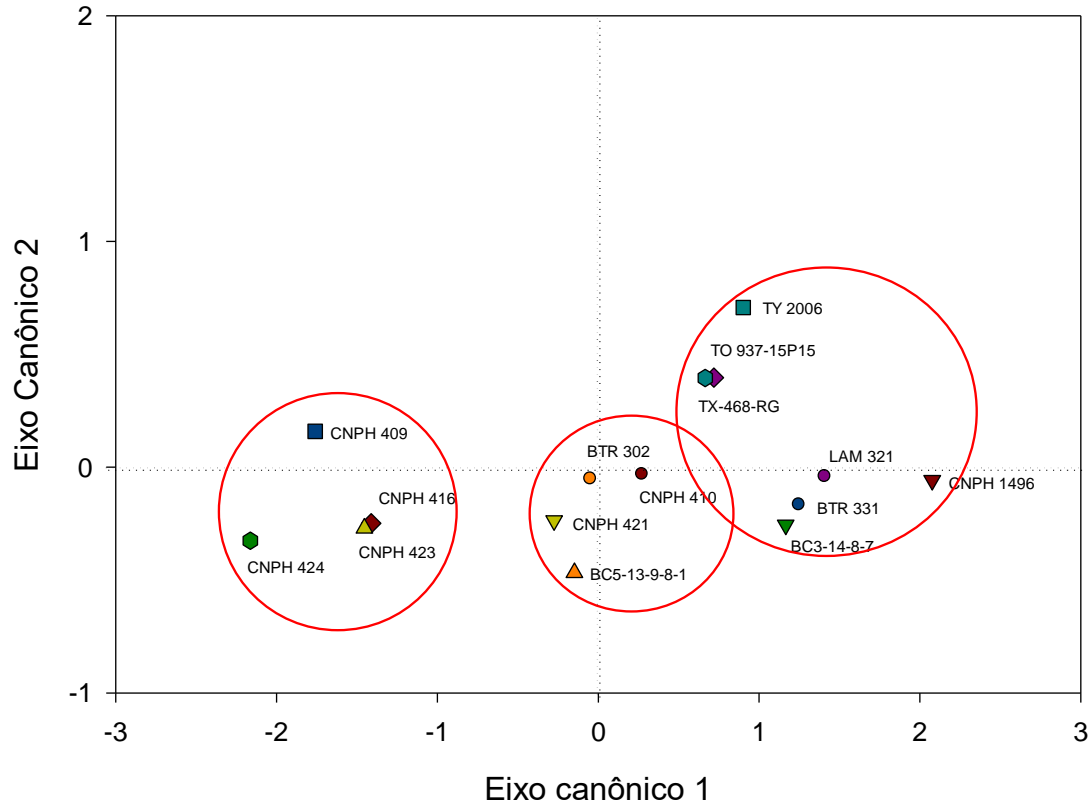


Figura 4. Diagrama de ordenação da análise de variáveis canônicas (AVC) mostrando a similaridade dos acessos de tomateiros, com base nas características de densidade de ovos por flor, densidade de lagartas por planta e porcentagem de frutos broqueados ocasionados por *Helicoverpa armigera* em teste com chance de escolha, realizado em telado. Os símbolos são os centróides (médias canônicas de classe) dos genótipos de tomateiro. Os círculos indicam agrupamentos de genótipos que não diferiram significativamente entre si pelo teste F aproximado ($P < 0,05$), baseado nas distâncias generalizadas de Mahalanobis entre médias de classes canônicas.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento de espécies de lepidópteros presentes na cultura do tomateiro possui grande relevância, principalmente porque a recente praga *H. armigera* encontrada no país, apresenta elevada semelhança morfológica àquelas espécies já conhecidas na cultura. A identificação de *H. armigera* facilita e garante um manejo da cultura mais direcionado e adequado. No entanto, a falta de informações sobre identificação para ser utilizada em campo, resulta em atraso na adoção rápida de táticas de controle.

Embora estudos relacionados à amostragem e perdas ocasionadas por *H. armigera* em tomateiro tenham sido realizados, ainda há grande dificuldade para a tomada de decisão de controle. Isto justifica este trabalho e futuros estudos para determinar o momento certo de controle considerando a densidade populacional tolerável antes que alguma perda econômica seja gerada.

O estudo faunístico com armadilha luminosa, empregado nesta pesquisa, revelou a presença de importantes espécies pragas de Noctuidae na paisagem agrícola da região de Cristalina-GO, com predominância de *H. armigera*. O monitoramento junto à análise de divergência genética mostrou que existe um complexo de Heliiothinae capaz de causar grande prejuízo na cultura do tomateiro.

Devido aos problemas ocasionados por *H. armigera* na cultura do tomateiro e à procura por métodos de controle alternativos ao emprego de inseticidas químicos, os resultados obtidos nesta pesquisa revelaram genótipos de tomateiros muito promissores como fonte de resistência a essa praga para programas de melhoramento vegetal. Por esta razão, novos estudos são necessários para elucidar as causas (morfológica, física e química) da resistência por antixenose, o

controle genético e a herança das características de resistência em genótipos de *S. habrochaites*, *S. pennellii* e de seus híbridos interespecíficos com *S. lycopersicum*.