

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA  
EM SOJA E MILHO**

**Hurian Gallinari Holzhausen**

Engenheiro Agrônomo

**2017**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA  
EM SOJA E MILHO**

**Hurian Gallinari Holzhausen**

**Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola)

**2017**

H762m Holzhausen, Hurian Gallinari  
Movimentação larval de lepidópteros-praga em soja e milho /  
Hurian Gallinari Holzhausen. – – Jaboticabal, 2017  
iv, 44 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017  
Orientador: Odair Aparecido Fernandes  
Banca examinadora: Arlindo Leal Boiça Junior, Renato Assis de  
Carvalho  
Bibliografia

1. Dispersão. 2. Refúgio. 3. Mobilidade. 4. *Chrysodeixis includens*.  
5. *Helicoverpa armigera*. 6. *Diatraea saccharalis*. I. Título. II.  
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.78:633.34

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM SOJA E MILHO

**AUTOR: HURIAN GALLINARI HOLZHAUSEN**

**ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pesquisador Dr. RENATO ASSIS DE CARVALHO  
Departamento de Biotecnologia / MONSANTO DO BRASIL / São Paulo/SP

Jaboticabal, 31 de outubro de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**HURIAN GALLINARI HOLZHAUSEN** – Nascido em 9 de abril de 1992, na cidade de Araraquara, SP, filho de Luz Marina Gallinari Holzhausen e Sergio Roberto Holzhausen. Em 2010, ingressou no curso de Eng. Agrônômica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Jaboticabal – FCAV/UNESP, e recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em março de 2015. Trabalhou durante o 8º. e 9º. período da graduação com entomologia agrícola. Foi estagiário do Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, sob a orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes, onde desenvolveu seu trabalho de graduação. Posteriormente, realizou o seu estágio obrigatório nos Estados Unidos da América em duas diferentes Universidades, University of Nebraska at Kearney – UNK e Oklahoma State University – OSU, sob a orientação do Prof. Odair Aparecido Fernandes, no Brasil, e do Prof. Dr. William Wyatt Hoback nos EUA. No segundo semestre de 2015 iniciou o Mestrado na FCAV/UNESP sob a orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes e desenvolveu sua dissertação com a movimentação larval de lepidópteros praga na cultura da soja e milho.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros 10”

***George Bernard Shaw***

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

***Albert Einstein***

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”

***Martin Luther King Jr***

Aos meus pais Sergio Roberto Holzhausen e Luz Marina Gallinari Holzhausen, à minha irmã Natasha Gallinari Holzhausen, por estarem desde sempre presentes nos momentos bons e ruins e por serem a minha base e referência nessa longa jornada chamada vida.

***Dedico***

Aos amigos e professores do programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola da FCAV/UNESP Jaboticabal, especialmente à Maiara Alexandre Cruz, Thais Juliane Prado, Stéfane Carolina Quista da Silva Faria, Vanessa Fabíola Pereira de Carvalho, Natália Fernanda Vieira, Caio Cezar Truzi, Diandro Ricardo Barili, Cícero Antonio Mariano dos Santos e Tatiane Sanches Jeromini por toda a amizade e companheirismo durante todo o período de mestrado.

***Ofereço***

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me concedido a bênção da vida.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, por tudo que aprendi durante toda a minha trajetória acadêmica até o momento.

Ao programa de Entomologia Agrícola e a todos os docentes, que puderam passar todo o conhecimento essencial para a minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes pelos ensinamentos, orientação e auxílio neste trabalho.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pela assistência no preparo do solo, fornecimento das sementes de soja, capina e montagem do experimento.

À Syngenta Proteção de Cultivos pelo fornecimento das sementes de milho *Bt* e não *Bt*.

A todos os alunos, estagiários e membros do Laboratório de Ecologia Aplicada (ApEcoLab): Amanda Jardim da Silva, André Maurício Múscari, Éllen Rimkevicius Carbognin, Paolo Salvatore Salazar Mendoza, José Chamessanga Alvaro, José Ricardo Lima Pinto, Bruno Henrique da Costa Martins, Isadora Gladcheff Marim, Thomas Okumura Silva, Francisco Zucheto de Menezes, Julia Vieira de Camargo Lopes, Gabriel Brunherotti, João Paulo e Vinicius Constante da Silva por me auxiliarem desde a instalação até a conclusão dos experimentos.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. <i>Chrysodeixis includens</i> .....	3
2.2. <i>Helicoverpa armigera</i> .....	5
2.3. <i>Diatraea saccharalis</i> .....	7
2.4. A dispersão e movimentação larval de lepidópteros no campo e o uso de plantas <i>Bt</i> .....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Avaliação da mobilidade larval de <i>C. includens</i> e <i>H. armigera</i> entre plantas de soja .....	12
3.1.1. Instalação do experimento .....	12
3.1.2. Delineamento experimental .....	13
3.1.3. Infestação e avaliações no estágio vegetativo.....	13
3.1.4. Infestação e avaliações no estágio reprodutivo .....	15
3.1.5. Análise dos dados.....	15
3.2. Avaliação da mobilidade larval de <i>D. saccharalis</i> entre plantas de milho .....	15
3.2.1. Instalação do experimento .....	15
3.2.2. Delineamento experimental .....	16
3.2.3. Infestação e avaliações no milho .....	18
3.2.4. Análise dos dados.....	19
4. RESULTADOS .....	20
4.1. Mobilidade larval de <i>C. includens</i> e <i>H. armigera</i> entre plantas de soja.....	20
4.2. Mobilidade larval de <i>D. saccharalis</i> entre plantas de milho.....	24

5. DISCUSSÃO .....	28
5.1. Mobilidade larval de <i>C. includens</i> e <i>H. armigera</i> entre plantas de soja.....	28
5.2. Mobilidade larval de <i>D. saccharalis</i> entre plantas de milho.....	30
6. CONCLUSÃO .....	32
7. REFERÊNCIAS.....	33

## MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM SOJA E MILHO

**RESUMO** - *Chrysodeixis includens* (Walker) e *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) são consideradas pragas de grande importância na cultura da soja, enquanto *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) é considerada importante na cultura do milho no Brasil Central. Para o controle bem-sucedido dessas pragas usando plantas *Bt*, bem como o desenvolvimento de estratégias do manejo de resistência, é essencial conhecer a movimentação do estágio larval desses insetos. O estudo foi conduzido dentro de gaiolas teladas (3,00 x 3,00 x 1,80 m), a fim de evitar infestações naturais. As lagartas foram liberadas em uma planta localizada no centro das gaiolas. As lagartas e as injúrias foram observadas a fim de registrar a posição na planta e a localização na gaiola. Lagartas de *C. includens* e *H. armigera* apresentaram movimentação entre as plantas de soja, enquanto lagartas de *D. saccharalis* praticamente se mantiveram nas plantas onde houve a liberação. Com isso, a adoção de mistura de sementes não *Bt* e *Bt* para o estabelecimento de refúgio em cultivos *Bt* pode ser adequado apenas para *D. saccharalis*.

**Palavras-chave:** Dispersão, refúgio, mobilidade, *Chrysodeixis includens*, *Helicoverpa armigera*, *Diatraea saccharalis*

:

## LARVAL MOVEMENT OF LEPDOPTERAN PESTS IN SOYBEAN AND CORN

**ABSTRACT** - *Chrysodeixis includens* (Walker) and *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) are considered pests of great importance in soybean crop, while *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) is considered important in maize crop in the Brazilian Central region. For the successful control of these pests using *Bt* plants as well as development of resistance management strategies, it is essential to know the larval stage movement of these insects. The study was carried out inside saran cages (3.00 x 3.00 x 1.80 m), in order to avoid natural infestation. Larvae were released in a plant located in the center of the cages. Larvae and injuries were observed in order to register the position in the plant and the location in the cage. Larvae of *C. includens* e *H. armigera* moved between soybean plants, whereas *D. saccharalis* practically remained in the plants where they were released. Thus, the adoption of non-*Bt* and genetically modified seed mixture for refuge establishment in *Bt* crops may be suitable only for *D. saccharalis*.

**Key words:** Dispersal, refuge, mobility, *Chrysodeixis includens*, *Helicoverpa armigera*, *Diatraea saccharalis*

## 1. INTRODUÇÃO

A soja e o milho representam os principais grãos produzidos no Brasil. A soja é a principal cultura cultivada com produção de 114 milhões de toneladas do grão numa área de aproximadamente 34 milhões de ha na safra 2016/2017. Logo em seguida está o milho, somando a primeira e segunda safras, com 97 milhões de toneladas produzidas em 17 milhões de ha cultivados (CONAB, 2017). Para a safra 2017/2018, a projeção para a cultura da soja é de aproximadamente 35 milhões de toneladas do grão. Essa deverá ser a 12ª safra de aumento consecutivo na área de soja no país, visto que o Centro-Sul possui as regiões de maior expansão, somando 580 mil ha em relação à safra 2016/2017 (CÉLERES, 2018).

Assim como são culturas de grande importância econômica para o país, a soja e o milho também são alvos do ataque severo de insetos pragas. Os produtores que não se mobilizam para realizar o eventual controle populacional desses insetos indesejados acabam tendo prejuízos. Entretanto, isso não significa que aplicação desenfreada e exacerbada de agrotóxicos para o controle de pragas seja recomendado. Para tanto, a tomada de decisão de controle deve ser pautada no Manejo Integrado de Pragas (MIP). No MIP existem três questões muito importantes e que são levadas em consideração: os impactos ambiental, social e econômico (HOFFMANN-CAMPO et. al. 2000).

Dentro do MIP, o uso de plantas *Bt* é uma das técnicas de manejo recomendadas quando alguma praga atinge frequentemente o nível de controle. Essas plantas possuem genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner e expressam proteínas inseticidas que agem no intestino dos insetos a partir da ingestão dessas plantas. Com isso, há controle da praga. Porém, como ocorre naturalmente nas populações, existem alguns indivíduos que são resistentes a essas toxinas e conseguem sobreviver, se reproduzir e transferir para a sua prole essa característica genética de resistência.

Para tanto, o uso de refúgio no campo é uma das estratégias para se manejar a resistência desses insetos. O refúgio tem como objetivo fornecer para o ambiente, por meio do cultivo de plantas não *Bt*, indivíduos que são suscetíveis e que podem se acasalar com insetos resistentes eventualmente presentes nas áreas de cultivo de plantas *Bt*. Dessa forma, a velocidade de desenvolvimento de populações de insetos

resistentes às plantas *Bt* é reduzida. Dentro da estruturação do refúgio, existem diversas disposições para as plantas não *Bt* na área e algumas ainda levantam dúvidas sobre a sua funcionalidade para o manejo de resistência de insetos, como o refúgio na sacaria, que envolve mistura de sementes *Bt* e não *Bt*.

Alguns lepidópteros praga de grande expressão no ambiente agrícola e que possuem plantas *Bt* como forma de controle são: lagarta mede-palmo, *Chrysodeixis includens* (Walker), e *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no cultivo de soja no Brasil e a broca-do-colmo, *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae), no cultivo de milho no Brasil Central e Argentina. Entretanto, estudos que envolvem a movimentação da fase larval desses insetos entre as plantas hospedeiras são escassos ou inexistentes. Entender como as lagartas se movimentam entre as plantas hospedeiras é de extrema importância para que se possa estabelecer o manejo da resistência desses insetos corretamente, pois essa é a fase do inseto que é afetada pelas toxinas expressas por essas plantas. Assim, dentro desse contexto, o presente estudo buscou determinar a movimentação larval de três lepidópteros-praga, duas espécies de grande importância na cultura da soja e outra na cultura do milho.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Chrysodeixis includens*

*Chrysodeixis includens*, também conhecida como falsa-medideira, foi por muito tempo denominada como *Pseudoplusia includens*. Porém, Goater et al. (2003) reavaliaram o gênero *Pseudoplusia* e a espécie foi realocada para o gênero *Chrysodeixis*. Apesar da publicação, ainda é comum encontrar artigos mais recentes com o nome *P. includens* (MOSCARDI et al., 2012). Diferente dos outros noctuídeos, *C. includens* pertence à subfamília Plusiinae, que apresenta apenas dois pares de pernas abdominais na fase larval. Essa particularidade faz com que as lagartas se desloquem de maneira diferente, aparentando medir palmos (SOSA-GÓMEZ et al., 2010).

A falsa-medideira é um inseto praga que está presente no hemisfério ocidental e que ocorre desde o Norte dos Estados Unidos até o sul da América do Sul (KOGAN, 1981; ALFORD & HAMOND, 1982). Na América do Norte, este inseto possui um caráter migratório devido aos altos níveis de lipídeos encontrados no corpo dos adultos (MASON et al., 1989). *Chrysodeixis includens* é uma praga polífaga e consegue se desenvolver em 73 espécies de plantas hospedeiras encontradas no Brasil (HERZOG, 1980) e, dentre elas, muitas de importância econômica como soja, algodão, feijão, repolho, quiabo, batata-doce, fumo e tomate (BOTTIMER, 1926; FOLSOM, 1936; WOLCOTT, 1936; HENSLEY et al., 1964).

Os ovos são globulares, possuem 0,5 mm de diâmetro com coloração creme-clara e quando estão próximos da eclosão mudam de cor, apresentando a coloração marrom-escura. O período de incubação dos ovos dura cerca de 2,5 dias (PETERSON, 1964). O estágio larval é composto por seis ínstar e dura de 13 a 20 dias sob condições favoráveis (MITCHELL, 1967). Quando as lagartas eclodem, apresentam a coloração verde-clara, possuindo pontuações pretas e listras longitudinais. Quando atingem o último ínstar, as lagartas chegam a medir de 40 a 45 mm de comprimento. As lagartas que se encontram nos primeiros ínstar realizam apenas a raspagem das folhas, que é um sintoma característico de ataque desta praga na soja. À partir do terceiro ínstar, elas conseguem perfurar a lâmina foliar; entretanto não consomem as nervuras centrais e

laterais, deixando as folhas das plantas atacadas com um aspecto rendilhado (HERZOG, 1980; SOSA-GÓMEZ et al., 2010). Antes de passarem para o estágio pupal, as lagartas tecem teia e geralmente procuram a superfície abaxial das folhas para se alojarem (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). As pupas apresentam coloração entre amarelo-pálida e verde-clara inicialmente e o período pupal apresenta duração de 7 a 9 dias (VÁZQUEZ, 1988). Com o passar do tempo, as pupas adquirem uma coloração mais escura até emergirem os adultos. As mariposas apresentam 35 mm de envergadura. As asas possuem coloração escura e manchas prateadas brilhantes na região central do primeiro par. Quando estão em repouso, as asas ficam dispostas de forma inclinada. As fêmeas de *C. includens* apresentam longevidade que pode chegar a 15-18 dias e podem ovipositar cerca de 600 ovos (SOSA-GÓMEZ et al., 2010).

Quanto ao controle, o método curativo mais utilizado para *C. includens* é indubitavelmente o controle químico. Entretanto, outros métodos de controle também são relatados como eficazes para a praga. Bueno et al. (2009) demonstraram que a linhagem RV de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a mais adaptada para o uso no controle de ovos da lagarta falsa-medideira.

Em relação ao controle relacionado às proteínas inseticidas, Criallesi-Legori et al. (2014) avaliaram a susceptibilidade de *C. includens* à várias proteínas e concluíram que a Cry1Ac, Vip3Aa e Vip3Af foram as mais efetivas no controle. Outro resultado interessante que foi observado nesse mesmo trabalho foi o efeito sinérgico da combinação das proteínas Vip3A e Cry1 no controle de *C. includens*. Mushtaq et al. (2017) verificaram como resultado positivo para o controle de *C. includens* a atividade inseticida das proteínas Cry2Ac7 e Vip3Aa11. Todas essas proteínas derivadas da bactéria *B. thuringiensis* são toxinas que potencialmente podem ter sua codificação genética transferida para as plantas de importância econômica e auxiliar no controle de insetos praga. A soja *Bt* MON 87701 × MON 89788, que expressa a toxina Cry1Ac, foi recentemente registrada para o uso comercial no Brasil. Bernardi et al. (2012) realizaram pesquisas com o material e concluíram que a *Bt* proporcionou um alto nível de controle para as lagartas de *C. includens*, causando aproximadamente 96% de mortalidade com uma diluição de 25 vezes da toxina. Yano et al. (2016) utilizando a soja *Bt* MON 87701 ×

MON 89788 também concluíram que lagartas de *C. includens* demonstraram alta susceptibilidade e baixa frequência de alelos de resistência à proteína Cry1Ac.

## 2.2. *Helicoverpa armigera*

*Helicoverpa armigera* é uma espécie cosmopolita, ocorrendo na África, Ásia, Europa, Oceania (ZALUCKI et al., 1986; GUO, 1997) e recentemente no Brasil, nas regiões do Nordeste, Centro-Oeste e Sul, em culturas como algodão, milho e soja (CZEPAK et al., 2013; SPECHT et al., 2013). Além de estar presente em várias regiões do mundo, a praga também é polífaga, atacando cerca de 60 espécies de plantas silvestres e cultivadas (PAWAR et al., 1986; FITT, 1989; POGUE, 2004). Na Ásia, Europa, África e Australásia, essa espécie é a mais significativa e impactante praga na agricultura, causando danos de aproximadamente 2 bilhões de dólares anualmente às culturas, excluindo todos os custos ambientais e socioeconômicos relacionados ao seu controle (TAY et al., 2013).

O ciclo biológico de *H. armigera* é caracterizado pela fase de ovo, lagarta, pupa e adulto. Os ovos são de coloração branco-amarelada possuindo uma aparência brilhante quando depositados no substrato e se tornam marrom-escuros quando próximos da eclosão das lagartas. A região apical do ovo é lisa; entretanto as laterais apresentam nervuras longitudinais. O período de incubação dos ovos é de 3,3 dias, em média e possuem 0,42 mm a 0,60 mm de comprimento e 0,40 mm a 0,55 mm de largura (ALI et al., 2009). A oviposição realizada pelas fêmeas ocorre durante o período noturno sobre as folhas (geralmente na superfície adaxial) ou sobre flores, talos, brotações terminais e frutos de forma individual ou em pequenos grupos de ovos.

A fase de lagarta é compreendida de seis ínstaes (ÁVILA et al., 2013) e dura de 14 a 23 dias, dependendo da planta hospedeira (LIU et al., 2004). Lagartas de primeiros ínstaes se alimentam das partes e estruturas mais novas e tenras (ÁVILA et al., 2013). À medida que as lagartas se desenvolvem, elas podem sofrer mudança de coloração, que pode ser influenciada pelo tipo de alimentação (ALI et al., 2009). Quando as lagartas atingem o quarto ínstar, apresentam uma região em forma de sela composta por tubérculos escuros bem visíveis na região dorsal do primeiro segmento abdominal, que

uma característica para a identificação da fase jovem (MATTHEWS, 1999). Outra característica morfológica que se destaca nessa espécie é a textura do tegumento que apresenta aspecto coriáceo, diferente de outras espécies de Heliothinae presentes no Brasil. Quando perturbadas, as lagartas de *H. armigera* têm um comportamento peculiar de curvarem a cápsula cefálica em direção ao primeiro par de pernas abdominais, permanecendo retraídas por um curto período de tempo (CZEPAK et al., 2013). As lagartas podem chegar a medir de 30 a 40 mm de comprimento no último ínstar (EPPO, 1981). O ataque de *H. armigera* causa injúria tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva das plantas. Entretanto, quando há presença de botões, inflorescência, frutos e vagens, as lagartas tendem a migrar das folhas para estas estruturas por motivo de preferência (REED, 1965; WANG & LI, 1984).

Na fase adulta, as fêmeas apresentam as asas anteriores amareladas, enquanto que nos machos são cinza-esverdeadas. As asas posteriores de ambos são mais claras, com uma borda mais escura na extremidade apical (ÁVILA et al., 2013). Em relação à longevidade, as fêmeas vivem em média 11,7 dias, pouco mais do que os machos, cuja longevidade média é de 9,2 dias (ALI et al., 2009). Cada fêmea pode ovipositar de 2.200 até 3.000 ovos durante o período de oviposição, que compreende, em média, 5,3 dias (REED, 1965; NASERI et al., 2011). As plantas que produzem néctar são capazes de atrair os adultos, influenciando na capacidade de seleção dos hospedeiros para a sua prole e na capacidade de oviposição (CUNNINGHAM et al., 1999).

Na literatura, são relatadas diversas formas para o controle de *H. armigera*, dentre elas, o controle químico tem sido muito utilizado. Na China e Índia, 50% dos inseticidas usados para o controle de pragas são voltados para *H. armigera*, por ser uma ação econômica, rápida e confiável (CHATURVEDI, 2007). Yang et al. (2013), por meio de pesquisas realizadas nas regiões norte e noroeste da China, concluíram que o uso de benzoato de amamectina é eficiente no controle de *H. armigera*, diferente de fenvalerato, que não se mostrou eficiente no controle da praga.

Em 2013, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) aprovou uma série de inseticidas químicos de caráter emergencial para o controle da praga (ÁVILA et al., 2013), devido ao grande prejuízo que o inseto trouxe para os produtores e

que antes era considerado confundido com *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae).

Em relação ao controle biológico de *H. armigera*, na literatura internacional, Fathipour & Sedaratian (2013) relataram 36 parasitoides, 26 predadores e 9 patógenos relacionados à forma imatura da praga com controle variando de 5% a 76%. No Brasil, Corrêa-Ferreira et al. (2014) realizaram um levantamento de parasitoides naturais que ocorrem em *H. armigera* à partir de lagartas coletadas em campo. Os principais parasitoides encontrados foram Dípteros da família Tachinidae. Hymenópteros da família Ichneumonidae também foram relatados, porém em menor abundância e em lagartas de instares mais desenvolvidos.

O uso de plantas *Bt* também pode ser considerada uma das ferramentas de controle para *H. armigera*. Wu et al. (2003), através de experimentos realizados na China com algodão geneticamente modificado expressando a toxina Cry1Ac, demonstraram alto nível de controle de lagartas e produtividade superior ao algodão não *Bt*. Quanto ao Brasil, Azambuja et al. (2015) também verificaram que o uso de plantas de soja expressando a toxina Cry1Ac é eficiente no controle de *H. armigera*, apresentando 100% de mortalidade em todos os instares da praga. Outro estudo realizado por Dourado et al. (2016) demonstrou a alta susceptibilidade e baixa frequência de alelos resistentes de *H. armigera* à soja MON 87701 × MON 89788, que expressa a toxina Cry1Ac. Entretanto, em laboratório, já foram obtidas populações da praga resistentes dietas artificiais contendo cristais da proteína Cry1Ac e Cry1Ab (AKHURST et al., 2003). No Brasil, o lançamento comercial da soja que expressa a toxina Cry1Ac (INTACTA RR2 PRO) ocorreu na safra 2013/2014. Esta tecnologia tem garantido eficácia no controle desta espécie (YU et al., 2013).

### **2.3. *Diatraea saccharalis***

*Diatraea saccharalis*, broca do colmo ou também conhecida como a broca da cana-de-açúcar, é uma praga que ataca várias espécies de plantas da família Poacea. O inseto já foi relatado em diversas culturas, entre elas a cana-de-açúcar, milho, arroz, sorgo e algumas ciperáceas (MENDONÇA, 1996).

A broca-da-cana-de-açúcar passa pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. Quando a fêmea termina a cópula com o macho e os ovos começam a ser fertilizados, ela então inicia a busca de folhas ainda verdes, tanto a face abaxial quanto adaxial para realizar a oviposição. Há casos em que foram encontradas posturas na bainha das folhas, mas isso não é comum. A postura é formada geralmente por um conjunto de 12 ovos ovais e achatados, com coloração inicial amarelo-clara e posteriormente marrom-escuro quando próximos de serem eclodidos pelas lagartas. Cada fêmea pode ovipositar de 200 a 400 ovos e o período de desenvolvimento embrionário varia de uma a duas semanas, dependendo da temperatura do ambiente (TERÁN et al., 1983; BOTELHO & MACEDO, 2002).

Segundo Dinardo-Miranda (2008), a lagarta possui cápsula cefálica marrom, pequenas manchas marrons dispostas em linha ao longo do dorso, quatro pares de falsas pernas abdominais, três pares de pernas torácicas e um par de falsas pernas anais. Após a eclosão, a lagarta procura abrigo e migra para a região do cartucho da planta, onde permanece por até duas semanas, se alimentando por meio da raspagem das folhas e ou também da casca do entrenó que se encontra em formação. Depois de realizar uma ou duas ecdises no interior do cartucho, a lagarta broqueia e começa a formar galerias no interior do colmo. O inseto geralmente passa por seis ínstaes na sua fase larval, sendo esse o período no qual a praga causa danos na planta. Esta fase do inseto pode atingir até 70 dias no campo. Quando próxima da pupação, a lagarta abre um orifício no colmo e o fecha parcialmente, para permitir a saída do adulto após a emergência.

A pupa é inicialmente de coloração marrom-clara, passando a marrom-escuro ao final do período pupal. As pupas de machos são, geralmente, menores do que as de fêmeas. A fase de pupa dura em torno de 10 dias. O adulto, quando emerge, possui coloração amarelo-palha com pequenas manchas escuras nas asas anteriores e asas posteriores de coloração branca. O macho é geralmente menor do que a fêmea, porém suas asas são mais pigmentadas. Outra característica de dimorfismo sexual é que o macho possui cerdas no último par de pernas enquanto a fêmea não as possui. Ambos vivem em torno de 7 dias nessa fase (DINARDO-MIRANDA, 2008)

O número de gerações que a praga apresenta no campo de cultivo da cana-de-açúcar é distribuído em 4 períodos, sendo o primeiro de outubro a novembro, quando os adultos recém-emergidos procuram perfilhos novos para ovipositarem. A segunda geração ocorre de janeiro a fevereiro, a terceira verifica-se entre fevereiro e abril e a última de maio a junho, que por conta da seca e baixa temperatura, se prolonga de 5 a 6 meses (DINARDO-MIRANDA, 2008). No cultivo de milho, a broca-da-cana-de-açúcar também se aloja e causa injúria no colmo da planta, mas diferentemente da cana, a produção do milho não sofre tantos danos com a presença do inseto (CRUZ, 2007). O maior problema da praga no milho está associado ao acamamento e quebra dos colmos pelos ventos fortes em decorrência da fragilidade do colmo atacado (CRUZ, 2007).

A forma de controle mais difundida e utilizada no Brasil para *D. saccharalis* é o controle biológico por meio do parasitoide larval *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae); porém o parasitismo do agente é mais comum em lagartas de instares mais desenvolvidos, quando elas se encontram no terceiro ao sexto instar (WIEDENMANN et al., 1992). O programa de controle biológico utilizando a vespa para controle de *D. saccharalis* em cana foi tão eficiente que se tornou uma referência quando o assunto é controle biológico no Brasil (PARRA, 2014). Além do controle biológico por meio de *C. flavipes*, há também a utilização do parasitoide de ovos *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae). A utilização deste parasitoide é muito eficiente quando a predação e parasitismo naturais de ovos da praga encontra-se baixa, de forma que o uso conjunto destes dois parasitoides passa a ser uma interessante ferramenta de controle (BOTELHO et al., 1999; DINARDO-MIRANDA, 2008). Há também a alternativa do controle químico; entretanto seu uso pode afetar os parasitoides e predadores naturais dos ovos da praga, os quais são responsáveis por aproximadamente 80% do controle (BOTELHO, 1985; DINARDO-MIRANDA, 2008).

Em relação a estudos realizados para auxiliar no controle da praga por meio de entomopatógenos, uma pesquisa conduzida em laboratório por Macedo et al. (2012) demonstrou que em testes realizados com 106 estirpes de *B. thuringiensis*, 16 apresentaram 100% de mortalidade em *D. saccharalis* no período de 24 horas. Essas estirpes apresentavam a presença de genes do tipo cry1Aa, cry1Ab, cry1Ac e cry2Aa. Entretanto, Huang et al. (2012) encontraram indivíduos resistentes à toxinas *Bt* por meio

de testes em laboratório. Além disso, foi constatado que um número maior indivíduos de *D. saccharalis* coletados nos campos de milho em Louisiana nos Estados Unidos em 2009 já possuíam um alelo de resistência ao cristal de proteína Cry1Ab quando comparados aos indivíduos coletados em 2007 e 2008. O uso de plantas *Bt*, em geral, tem sido um sucesso; entretanto na Argentina foi relatada a presença de populações de *D. saccharalis* resistentes à plantas de milho *Bt* (BLANCO et al., 2016).

#### **2.4. A dispersão e movimentação larval de lepidópteros no campo e o uso de plantas *Bt***

Desde o início do século XX tem havido interesse pelo estudo da movimentação dos insetos, embora isto não fosse interpretado como necessário por diversos cientistas (ELTON, 1927). Todavia essa falta de interesse não foi mantida e na década de 1970, pesquisadores já faziam menção acerca da importância dos estudos com a movimentação dos insetos e muitos simpósios e revisões de diversos aspectos sobre o assunto foram realizados (STINNER et al., 1983).

A dispersão larval é caracterizada como um comportamento adaptativo que exerce um papel fundamental na sobrevivência da fase jovem do inseto quando o recurso alimentar é escasso no ambiente em que ele se encontra (BELLANDA & ZUCOLOTO, 2009). Lagartas maiores, como de quinto ínstar, apresentam uma rápida e constante movimentação quando comparadas com lagartas menores, mesmo sem alimento (BERGER, 1992). Isso não significa que a alta taxa de dispersão das lagartas maiores garante o total sucesso na sobrevivência, mas sim que as chances são maiores (BELLANDA & ZUCOLOTO, 2009). Para os insetos no estágio larval, o maior perigo de mortalidade está relacionado aos inimigos naturais (FEENY et al., 1985; DAMMAN, 1987). Entretanto, a mortalidade por meio de fatores ambientais também pode ocorrer como afogamento ou lavagem das lagartas neonatas por meio de chuvas, altas e baixas temperaturas. Esses fatores são frequentemente considerados como associados ou correlacionados com a mortalidade (ZALUCKI et al., 2002).

Grande parte dos estudos que envolvem movimentação de insetos está voltada para a fase adulta, devido à alta taxa de dispersão. Os poucos estudos que envolvem a movimentação de lagartas pragas estão voltados para culturas que expressam toxinas

*Bt*. Isso é devido ao fato de que a mobilidade do inseto, seja ela na planta ou entre plantas, poderia causar um impacto na exposição da lagarta às diferentes concentrações de toxinas expressas em diferentes partes da planta, influenciando na seleção de insetos resistentes por meio de doses letais e sub-letais (PAULA-MORAES et al., 2012). Insetos que apresentam baixa mobilidade são considerados como mais adequados na implementação do refúgio na sacaria (MALLET & PORTER, 1992), ou seja, com mistura de sementes *Bt* e não *Bt*, e insetos que possuem alta mobilidade seriam considerados os menos indicados para o uso de misturas de sementes (DAVIS & ONSTAD, 2000). Assim, cada espécie deve ser considerada independentemente e o manejo de resistência de insetos não deve seguir apenas um modelo que englobe todos os insetos-praga (ONSTAD, 2011). Assim, em algumas situações, a mistura de sementes pode ser uma tática viável no manejo de resistência (CARROLL et al, 2012; CARRIÈRE et al, 2016).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em uma área de aproximadamente 0,8 ha (21°14'23.1"S e 48°17'26.3"W), localizada junto ao Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

#### 3.1. Avaliação da mobilidade larval de *C. includens* e *H. armigera* entre plantas de soja

##### 3.1.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido dentro de gaiolas possuindo aproximadamente 3,00 m x 3,00 m, sustentada por mourões de eucalipto tratado com 1,80 m de altura. As gaiolas foram confeccionadas com tela anti-afídeo de 25 mesh, a fim de evitar a entrada de insetos provenientes do ambiente externo (Figura 1). As partes externas das gaiolas foram vistoriadas diariamente para a retirada de eventuais posturas de insetos, uma vez que lagartas neonatas poderiam passar através da tela e atacar as plantas contidas no interior das gaiolas. Capina foi realizada no interior das gaiolas durante o crescimento e desenvolvimento da soja, de forma a manter o cultivo sem plantas invasoras.

A soja (POTÊNCIA RR, BRASMAX) foi plantada manualmente no dia 9 de janeiro de 2017. Realizou-se adubação de plantio no sulco utilizando adubo da fórmula 04-20-20 (300 kg/ha). Cada parcela foi constituída de 6 linhas com espaçamento entre linhas de 45 cm e aproximadamente de 5,5 cm entre plantas, conforme as recomendações técnicas do fabricante, permitindo um estande de 400 mil plantas/ha. Nas parcelas foram semeadas o dobro do número de plantas utilizadas no experimento, para evitar falhas. Posteriormente, quando as plantas apresentavam o primeiro trifólio desenvolvido, foi realizado desbaste para manter o estande conforme as recomendações técnicas.



**Figura 1.** Gaiola de tela anti-afídeo utilizada no experimento para avaliação da movimentação larval de lepidópteros-praga em soja.

### 3.1.2. Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram nas infestações por lagartas de primeiro e terceiro ínstar de *C. includens* e de primeiro e terceiro ínstar de *H. armigera*. A movimentação larval foi estudada tanto no período vegetativo como reprodutivo. Em todos os casos, foi realizada a infestação de uma planta central com 5 lagartas em cada parcela.

### 3.1.3. Infestação e avaliações no estágio vegetativo

A liberação das lagartas foi realizada no dia 7 de fevereiro de 2017, quando as plantas de soja estavam no estágio V5 (FEHR et al., 1971). As lagartas foram liberadas no terço superior da planta, Para tanto, um tubo eppendorf foi fixado a uma estaca plástica e mantido em contato com folíolos de soja para facilitar a saída dos insetos. Para a infestação no período vegetativo da soja, ambas as lagartas de *C. includens* e *H. armigera* foram obtidas junto ao laboratório de criação de insetos da DuPont do Brasil, Paulínia, SP. A criação de *C. includens* foi iniciada em 2001 com insetos originados de

criação mantida no laboratório de biologia dos insetos, Departamento de Entomologia e Acarologia, Esalq, USP, Piracicaba, SP, enquanto a de *H. armigera* foi iniciada em 2013 a partir de insetos coletados na Bahia. Para a infestação no período reprodutivo da soja, as lagartas de *C. includens* foram obtidas junto à Bug Agentes Biológicos, Charqueada, SP, e as lagartas de *H. armigera* junto à Dupont do Brasil, Paulínia. Em nenhum momento houve a reintrodução de indivíduos selvagens na criação dos insetos. As lagartas foram transferidas para tubos eppendorf (1,5 ml) com auxílio de pincel fino, para facilitar a liberação dos insetos a campo (Figura 2).



**Figura 2.** Método utilizado para liberação das lagartas de *Chrysodeixis includens* e *Helicoverpa armigera* em plantas de soja.

A avaliação da movimentação dos insetos foi realizada no primeiro, segundo, quarto, sexto, oitavo e décimo dia após a liberação das lagartas. Essa avaliação foi constituída de observação de todas as plantas e determinação do local onde as lagartas foram encontradas. Ainda, a injúria causada nas plantas pelas lagartas auxiliou na localização, porém só o encontro da lagarta foi contabilizado. Informações sobre a região da planta (terço superior, médio ou inferior) e superfície da folha (abaxial ou adaxial) onde as lagartas foram encontradas também foram devidamente registradas.

### **3.1.4. Infestação e avaliações no estágio reprodutivo**

A infestação e avaliações no estágio reprodutivo foram realizadas nas mesmas parcelas adotadas para o período vegetativo. Todavia, foi estabelecido um intervalo de 15 dias para a recuperação da parte aérea das plantas de soja para as avaliações no estágio reprodutivo e todas as plantas foram cuidadosamente vistoriadas para retirada de eventuais insetos. No momento da liberação das lagartas, as plantas estavam no estágio R5 (FEHR et al., 1971).

A metodologia de avaliação para o estágio reprodutivo foi o mesmo adotado para o vegetativo (item 3.1.3). Todavia, houve alteração no número de avaliações. Devido às chuvas, a avaliação do segundo dia após a liberação das lagartas não foi realizada. Assim, as avaliações foram realizadas no primeiro, terceiro, quinto, sétimo e nono dia após a liberação das lagartas.

### **3.1.5. Análise dos dados**

A análise da movimentação das lagartas de *C. includens* e *H. armigera* foi realizada por meio de regressão polinomial utilizando o procedimento PROC REG (SAS Institute 2011). A distância foi representada pelo número de plantas percorridas pelos insetos durante a movimentação.

## **3.2. Avaliação da mobilidade larval de *D. saccharalis* entre plantas de milho**

### **3.2.1. Instalação do experimento**

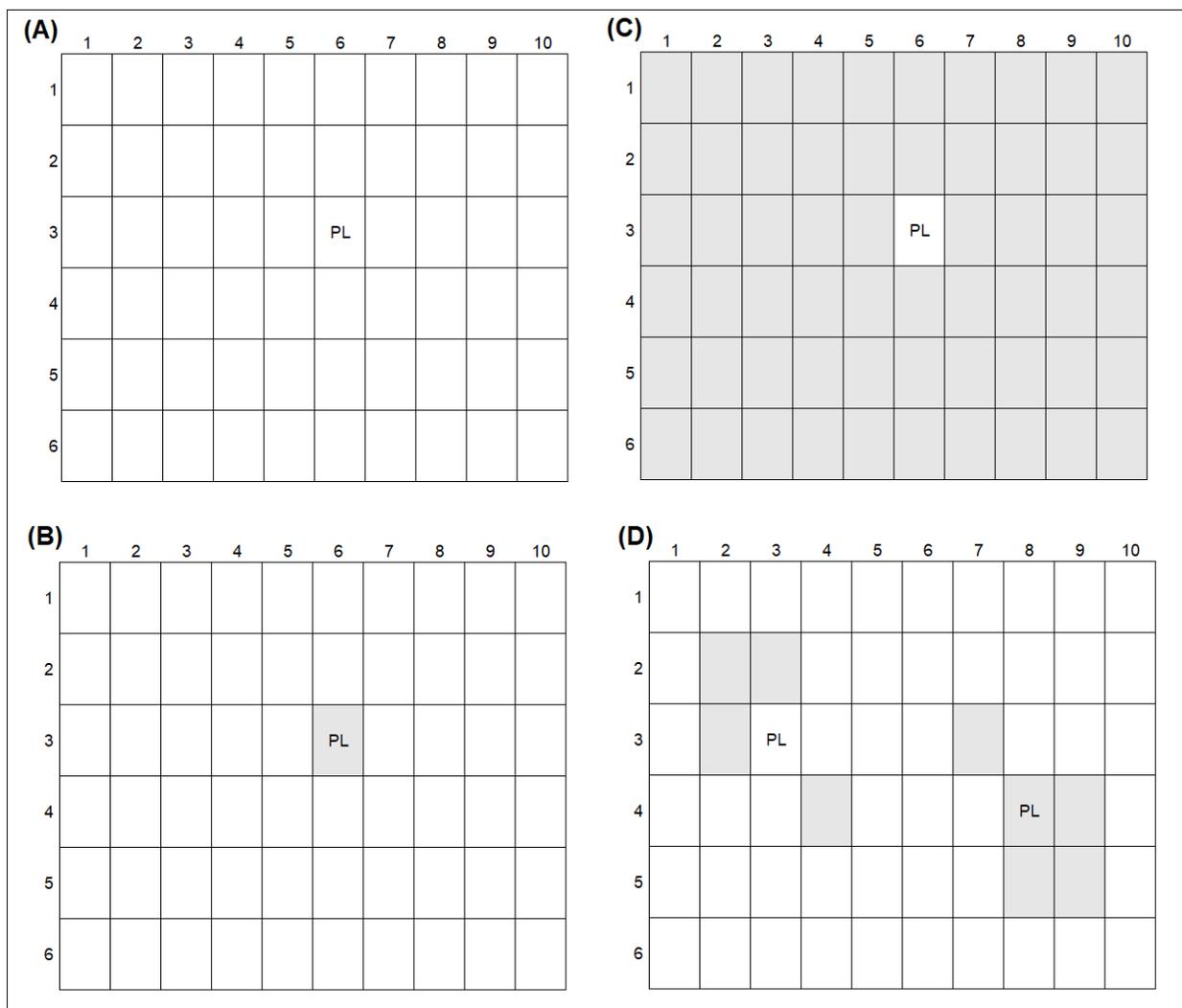
Assim como no experimento realizado com *C. includens* e *H. armigera* em plantas de soja, o experimento envolvendo *D. saccharalis* em plantas de milho foi conduzido utilizando as mesmas gaiolas teladas (item 3.1.1), seguindo os mesmos cuidados com posturas colocadas no telado por insetos provenientes do ambiente externo, além da capina realizada durante o desenvolvimento das plantas de milho.

Nas gaiolas, o milho não *Bt* (STATUS, Syngenta Proteção de Cultivos) e *Bt* (STATUS VIP3, Syngenta Proteção de Cultivos) foram plantados manualmente no dia 1

de abril de 2017. Foi realizada adubação de plantio no sulco utilizando o adubo da fórmula 08-28-16 (350 kg/ha). Cada parcela foi constituída de 6 linhas com espaçamento entre linhas de 45 cm e aproximadamente de 28 cm entre plantas, totalizando um estande próximo de 70.000 plantas/ha, conforme recomendação técnica da empresa.

### **3.2.2. Delineamento experimental**

O delineamento experimental adotado foi idêntico àquele utilizado no estudo realizado na soja (item 3.1.2.). Os tratamentos foram constituídos por parcelas com a) 100% de plantas não *Bt*, sendo que a liberação de lagartas ocorreu na planta central; b) plantas não *Bt* com apenas uma planta central *Bt*, onde ocorreu a liberação de lagartas; c) plantas *Bt* com apenas uma planta central não *Bt*, onde ocorreu a liberação de lagartas (tratamento que simula a mistura de sementes) e d) plantas não *Bt* com algumas plantas *Bt*, simulando barreiras de plantas *Bt* (Figura 3). Uma cartela com uma postura contendo 40 ovos de *D. saccharalis* (LIMA FILHO & LIMA, 2001) próximos à eclosão das lagartas foi disposta em cada planta de liberação (PL). Na planta de milho, as cartelas foram sempre presas por um clipe na segunda folha desenvolvida localizada abaixo da folha bandeira (Figura 4). As plantas de milho estavam no estágio VT (MAGALHÃES et al., 2002). As massas de ovos utilizadas foram provenientes da criação massal de *D. saccharalis* da usina São Martinho, Pradópolis, SP.



**Figura 3.** Representação das parcelas contendo os tipos de distribuição de plantas de milho a serem avaliados. Parcela somente de plantas não *Bt* (A), parcela somente com uma planta central sendo *Bt* e as outras não *Bt* (B), parcela somente de plantas *Bt* e uma central não *Bt* (C) e parcela com plantas não *Bt* misturadas com *Bt*, formando barreiras (D). Cada retângulo representa uma planta; os retângulos que possuem a sigla “PL” representam as plantas que serviram para liberação de *D. saccharalis*. Os retângulos em coloração branca representam plantas não *Bt*, enquanto os demais (cinza) representam plantas *Bt*.



**Figura 4.** Infestação de *D. saccharalis* na segunda folha abaixo da folha bandeira em milho (A) e detalhe da fixação da cartela contendo a postura próxima à eclosão das lagartas (B).

### 3.2.3. Infestação e avaliações no milho

As cartelas foram fixadas nas folhas das plantas de milho no dia 2 de junho de 2017, durante o período da tarde. A partir desse momento, as cartelas foram vistoriadas duas vezes por dia para confirmar a eclosão das lagartas. A eclosão ocorreu no dia 4 de junho. As cartelas foram retiradas dois dias depois da eclosão para a contagem dos ovos remanescentes e cálculo da viabilidade dos ovos. As massas de ovos de *D. saccharalis* foram obtidas junto ao laboratório de criação de insetos do Grupo São Matinho, Pradópolis, SP.

Diferente da soja, que apresentou várias avaliações em aproximadamente 10 dias, foi realizada apenas uma única avaliação no milho, pois adotou-se amostragem destrutiva das plantas uma vez que as lagartas penetram no colmo. A avaliação foi realizada entre os dias 3 e 6 de julho de 2017. Todas as plantas de milho foram avaliadas.

A avaliação foi constituída no corte basal da planta (rente ao solo), retirada de todas as folhas e baínhas para a observação de orifícios nos entrenós provocados pelas lagartas. As espigas também foram verificadas. As informações coletadas foram: localização da planta com presença de insetos, estrutura da planta atacada, tamanho das lagartas e internódio atacado.

#### **3.2.4. Análise dos dados**

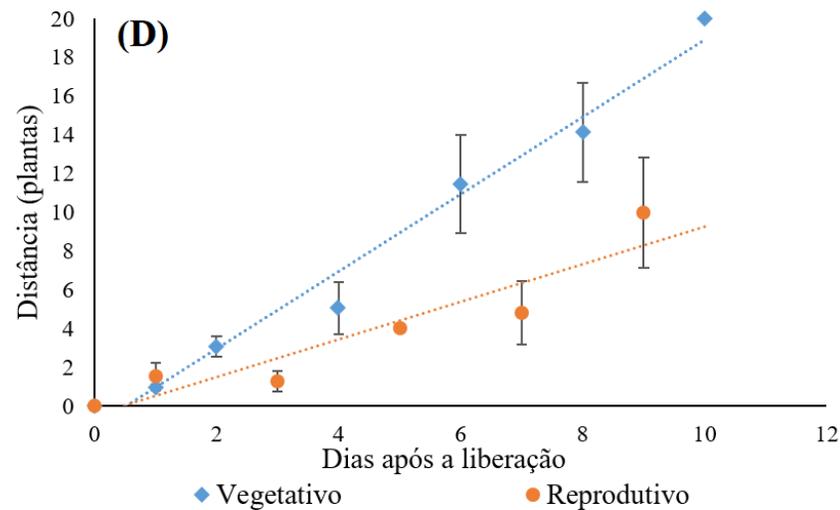
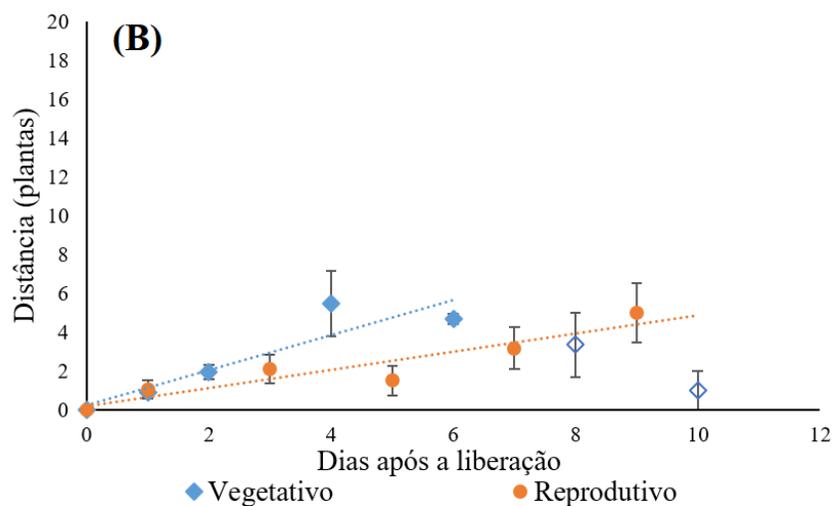
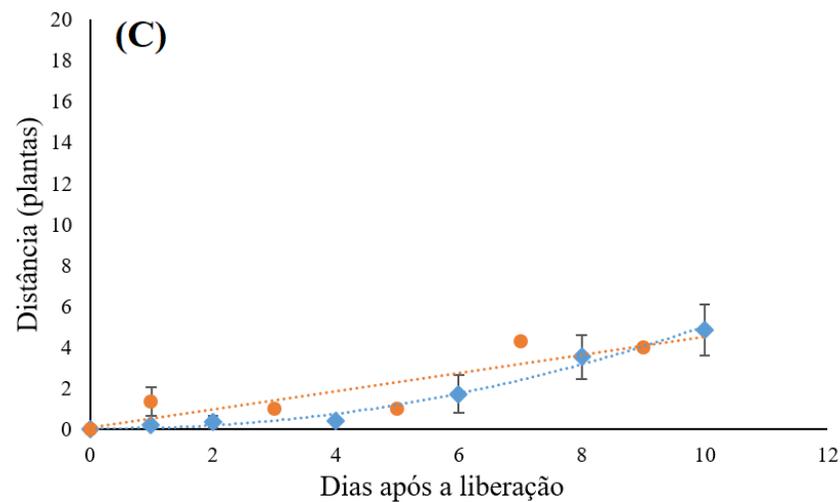
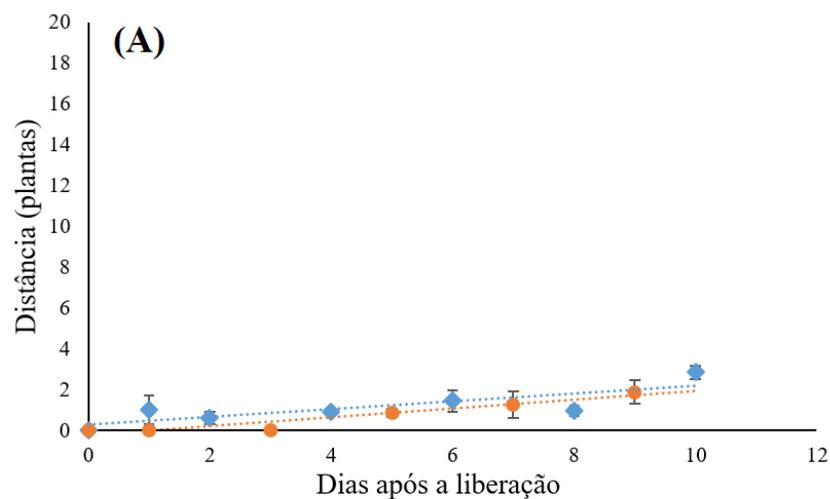
A análise dos dados de movimentação das lagartas de *D. saccharalis* foi a mesma utilizada para os lepidópteros-praga estudados na cultura da soja (item 3.1.5.).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Mobilidade larval de *C. includens* e *H. armigera* entre plantas de soja

Houve maior movimentação entre plantas de lagartas liberadas no primeiro e terceiro ínstars de *C. includens* e terceiro instar de *H. armigera* no período vegetativo da soja. Por outro lado, lagartas de *H. armigera* liberadas no primeiro instar apresentaram maior movimentação entre plantas no período reprodutivo (Figura 5). Com exceção de poucas ocasiões (lagartas nos últimos ínstars), em que houve a movimentação para plantas das linhas adjacentes, de modo geral, a movimentação das lagartas ocorreu apenas na linha de cultivo onde estava localizada a planta (central) que foi infestada.

As lagartas de *C. includens* liberadas no primeiro instar se movimentaram até  $2,83 \pm 0,33$  plantas e  $1,88 \pm 0,59$  plantas, enquanto as de terceiro instar se movimentaram até  $5,45 \pm 1,70$  plantas e  $5,00 \pm 1,53$  plantas, em média, nos períodos vegetativo e reprodutivo, respectivamente. Por outro lado, lagartas de *H. armigera* liberadas no primeiro instar se movimentaram  $4,88 \pm 1,25$  plantas e 4,33 plantas enquanto as de terceiro instar se movimentaram 20 e  $10 \pm 2,85$  plantas, em média, nos períodos vegetativo e reprodutivo. Notadamente, a movimentação de lagartas de *H. armigera* é maior que as de *C. includens* e as lagartas de terceiro instar se movimentam pelo menos 2 vezes mais que as de primeiro instar, independente da espécie.



**Figura 5.** Distância média (EPM) percorrida por lagartas de *C. includens* de primeiro ínstar (A) e terceiro ínstar (B), bem como de *H. armigera* de primeiro ínstar (C) e terceiro ínstar (D) à partir do ponto de liberação no período vegetativo e reprodutivo da soja (losango aberto se refere a insetos que não foram incluídos na análise de regressão).

Análise de regressão polinomial permitiu verificar que a movimentação das lagartas no tempo segue padrão linear ou quadrático, porém sempre positivo. Assim, o deslocamento das lagartas progride de forma linear com o tempo para lagartas de *C. includens* tanto no primeiro ínstar ( $y = 0,1926x + 0,2546$ ,  $R^2 = 0,6692$ ,  $P = 0,0245$  para o estágio vegetativo e  $y = 0,2188x - 0,2493$ ,  $R^2 = 0,9198$ ,  $P = 0,0025$  para o estágio reprodutivo) como no terceiro ínstar ( $y = 0,8421x + 0,1254$ ,  $R^2 = 0,4342$ ,  $P < 0,0001$  para o estágio vegetativo e  $y = 0,4707x + 0,1722$ ,  $R^2 = 0,8744$ ,  $P = 0,0062$  para o estágio reprodutivo), bem como para lagartas de *H. armigera* de primeiro ínstar ( $y = 0,4426x + 0,1073$ ,  $R^2 = 0,7532$ ,  $P = 0,0250$  para o estágio reprodutivo) e *H. armigera* de terceiro ínstar ( $y = 1,9944x - 1,0174$ ,  $R^2 = 0,9802$ ,  $P < 0,0001$  para o estágio vegetativo e  $y = 0,9964x - 0,4882$ ,  $R^2 = 0,8677$ ,  $P = 0,0069$  para o estágio reprodutivo). Todavia, para as lagartas de *H. armigera* de primeiro ínstar no período vegetativo, a movimentação seguiu padrão quadrático ( $y = 0,0538x^2 - 0,0413x + 0,0749$ ,  $R^2 = 0,9853$ ,  $P = 0,0002$ ). No caso de *C. includens* de terceiro ínstar no estágio vegetativo, aos 8 e 10 dias após liberação houve a observação de pupas e lagartas que, aparentemente, inverteram o sentido de deslocamento, razão pela qual não foram incluídas nas análises de regressão (Figura 5B).

Em relação à distribuição vertical de *C. includens* em plantas de soja verificou-se que as lagartas, independente do ínstar liberado e estágio fenológico da planta foram encontradas principalmente no terço superior da planta. No período vegetativo, 65,5% das lagartas de *C. includens* liberadas no primeiro ínstar foram encontradas no terço superior das plantas, 20,7% no terço médio e 13,8% no terço inferior, enquanto que nas folhas foram encontradas 98,3% na superfície abaxial e 1,7% na adaxial. No estágio reprodutivo, 52,8% das lagartas foram encontradas no terço superior da planta, 30,6% no terço médio e 16,7% no terço inferior, enquanto que nas folhas, 100% das lagartas foram encontradas na superfície abaxial. Para as lagartas de *C. includens* liberadas no terceiro ínstar no estágio vegetativo da soja, 84,9% foram encontradas no terço superior das plantas, 13,6% no terço médio e 1,5% no terço inferior, enquanto que nas folhas, 95,5% das lagartas foram encontradas na superfície abaxial, 3% na superfície adaxial e 1,5% na haste central das plantas. No estágio reprodutivo, 77,1% das lagartas foram

encontradas no terço superior das plantas, 20% no terço médio e 2,9% no terço inferior, enquanto que nas folhas, 100% das lagartas foram encontradas na superfície abaxial.

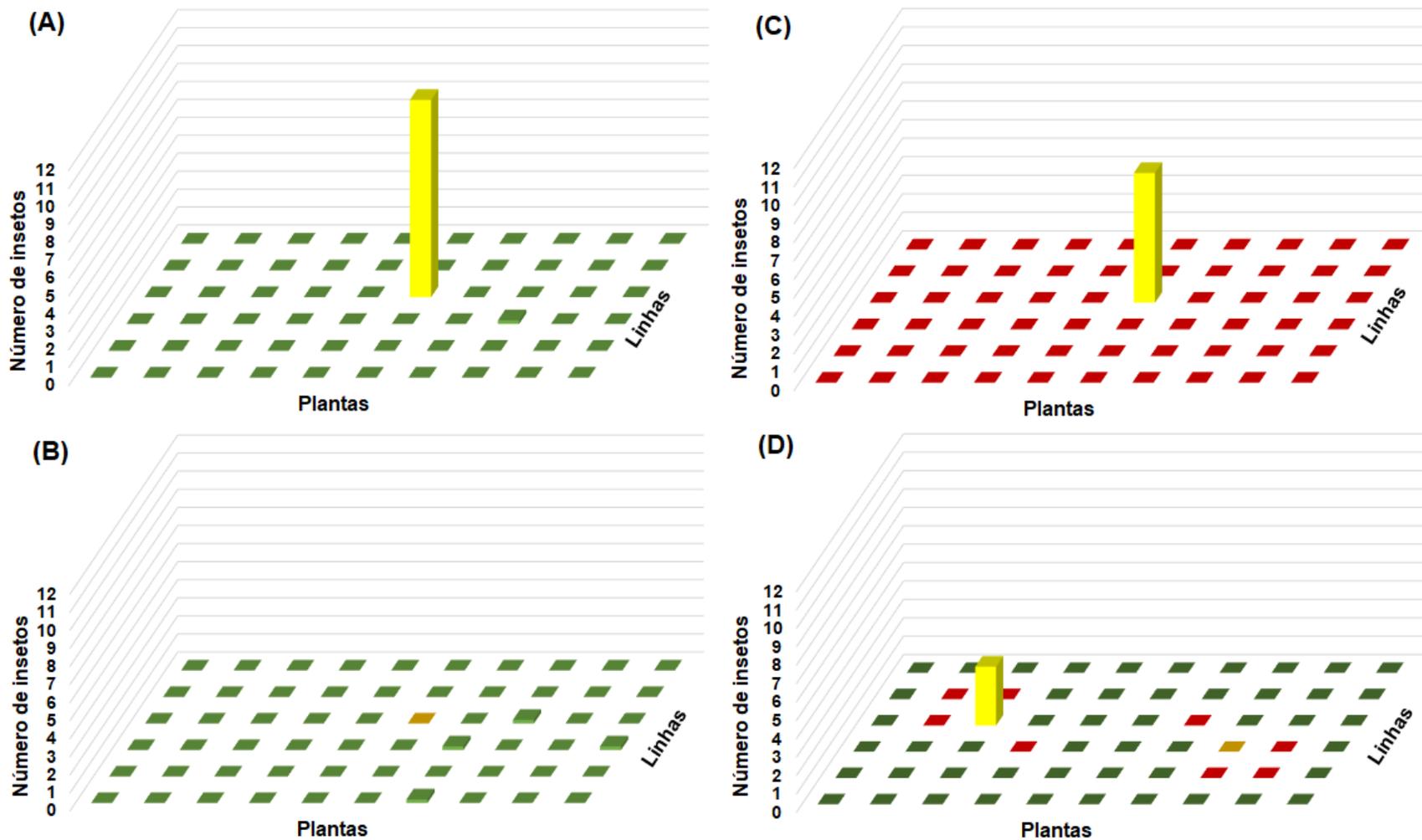
Em relação à distribuição vertical de *H. armigera* em plantas de soja, verificou-se que a maior parte das lagartas, independente do instar liberado e estágio fenológico da planta, foi encontrada no terço superior da planta. No período vegetativo, 94% das lagartas de *H. armigera* liberadas no primeiro instar foram encontradas no terço superior das plantas, 4,5% no terço médio e 1,5% no terço inferior, enquanto que nas folhas 9,1% das lagartas foram encontradas na superfície abaxial, 87,9% na superfície adaxial e 3% na haste central das plantas. No estágio reprodutivo, 76,9% das lagartas foram encontradas no terço superior das plantas, 15,4% no terço médio e 7,7% no terço inferior, enquanto que nas folhas, 30,8% das lagartas foram encontradas na superfície abaxial, 38,4 na superfície adaxial e 30,8% nas vagens. Para as lagartas de *H. armigera* liberadas no terceiro instar no estágio vegetativo da soja, 92,4% foram encontradas no terço superior das plantas, 3,8% no terço médio e 3,8% no terço inferior, enquanto que nas folhas, 15,4% das lagartas foram encontradas na superfície abaxial, 80,8% na superfície adaxial, 3,8% na haste central das plantas. No estágio reprodutivo, 66,7% das lagartas foram encontradas no terço superior das plantas, 30,3% no terço médio e 3% no terço inferior, enquanto que nas folhas, 3% das lagartas foram encontradas na superfície abaxial, 57,6% na superfície adaxial, 3% na haste central das plantas, 3% suspensa pelo seu próprio fio de seda e 33,3% nas vagens.

Ao final do período de avaliação no estágio vegetativo da soja (10 dias após a infestação), apenas 24% (n=6) e 8% (n=2) das lagartas de primeiro instar e terceiro instar de *C. includens* foram detectadas, respectivamente, enquanto que para *H. armigera*, esses percentuais foram de 32% (n=8) e 4% (n=1) para as lagartas de primeiro instar e terceiro instar, respectivamente. Já no estágio reprodutivo da soja, o percentual de lagartas encontradas no final do período de avaliação para *C. includens* foi de 28% (n=7) e 16% (n=4) para primeiro instar e terceiro instar, respectivamente, enquanto que para *H. armigera* foi 12% tanto para as lagartas de primeiro instar como de terceiro instar.

#### 4.2. Mobilidade larval de *D. saccharalis* entre plantas de milho

De modo geral, as lagartas de *D. saccharalis* não apresentaram mobilidade entre plantas de milho (Figura 6). Entretanto, verificou-se alguma movimentação de *D. saccharalis* entre plantas de milho nos tratamentos compostos exclusivamente por plantas não *Bt* (Figura 6A) e por uma planta central *Bt* circundada por plantas não *Bt* (Figura 6B). No tratamento composto apenas por plantas não *Bt*, observou-se que apenas uma lagarta se movimentou três plantas. Nos demais tratamentos, as lagartas se mantiveram na mesma planta onde foi realizada a infestação (Figura 6C e D).

No tratamento com plantas não *Bt*, 98,3% (n=55) das lagartas foram encontradas na planta de liberação e 1,7% (n=1) encontradas em plantas que não eram a de liberação. Para o tratamento composto por uma planta central *Bt* circundada por plantas não *Bt*, 100% das lagartas foram encontradas nas plantas não *Bt*. Nos outros dois tratamentos, um composto por uma planta central não *Bt* circundada por plantas *Bt* e o outro simulando barreiras de plantas *Bt*, 100% das lagartas foram encontradas nas plantas de liberação não *Bt*.



**Figura 6.** Número médio de lagartas por planta encontradas no tratamento formado exclusivamente por plantas não *Bt* (A), uma planta central *Bt* circundada por plantas não *Bt* (B), uma planta central não *Bt* circundada por plantas *Bt* (C) e simulando barreiras de plantas *Bt* (D). Barras verdes representam as plantas não *Bt*, barras vermelhas as *Bt*, barras amarelas as não *Bt* com liberação de insetos e as barras laranjas, as plantas *Bt* com liberação dos insetos.

A taxa de viabilidade dos ovos no experimento foi de 89,4%. A taxa de mortalidade das lagartas de cada tratamento está descrita na tabela 1.

**Tabela 1.** Taxa de mortalidade de cada um dos tratamentos avaliados no experimento com lagartas de *Diatraea saccharalis* em plantas de milho.

Tratamento	Planta de Liberação*	Mortalidade (%)
Plantas não <i>Bt</i>	Não <i>Bt</i>	64,2
Planta central <i>Bt</i> e as demais não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	98,0
Planta central não <i>Bt</i> e as demais <i>Bt</i>	Não <i>Bt</i>	81,1
Plantas não <i>Bt</i> misturadas com <i>Bt</i> , formando barreiras	Não <i>Bt</i>	91,0
	<i>Bt</i>	100,0

\*Planta em que as lagartas foram liberadas

Em relação à distribuição na planta, 71,4% das lagartas foram encontradas nas espigas, 10,7% nas bainhas, 14,3% em galerias e 3,6% nas hastes da panícula para as para o tratamento formado exclusivamente por plantas não *Bt*. No tratamento em que apenas a planta central *Bt* circundada por plantas não *Bt*, 50% das lagartas foram encontradas nas bainhas e 50% em galerias, porém somente em plantas não *Bt*. Não observou-se qualquer lagarta viva na planta central (GM). Para o tratamento composto por uma planta central não *Bt* circundada por plantas *Bt*, 51,4% das lagartas foram encontradas nas espigas, 20% nas bainhas e 28,6% em galerias. No tratamento composto por barreiras de plantas *Bt*, 56,3% das lagartas foram encontradas nas espigas, 12,5% nas bainhas e 31,2% em galerias.

Os internódios atacados, a partir do colo da planta, foram o quinto (3,6%), sétimo (3,6%), oitavo (25%), nono (57,1%), décimo (3,6%), décimo primeiro (1,8%), décimo segundo (1,8%) e décimo terceiro (3,6%) para o tratamento formado exclusivamente por

plantas não *Bt*. Para o tratamento composto por uma planta central *Bt* circundada por plantas não *Bt*, os internódios atacados foram o quarto (25%), sexto (25%), sétimo (25%) e oitavo (25%). No tratamento composto por uma planta central não *Bt* circundada por plantas *Bt*, os internódios atacados foram o oitavo (11,4%), nono (40%), décimo (45,7%) e décimo primeiro (2,9%). Para o tratamento composto por barreiras de plantas *Bt*, os internódios atacados foram o quinto (37,5%), oitavo (56,3%) e nono (6,3%).

O comprimento médio das lagartas para o tratamento composto por uma planta central *Bt* circundada por plantas não *Bt* foi de 11,3 mm. No tratamento composto por uma planta central *Bt* circundada por plantas não *Bt*, o comprimento médio das lagartas foi de 8,0 mm. Para o tratamento composto por uma planta central não *Bt* circundada por plantas *Bt*, o comprimento médio das lagartas foi de 10,0 mm. No tratamento composto por barreiras de plantas *Bt*, o comprimento médio das lagartas foi de 8,5 mm. As lagartas mais desenvolvidas encontravam-se no quarto ínstar conforme Melo & Parra (1988).

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Mobilidade larval de *C. includens* e *H. armigera* entre plantas de soja

As fases larvais mais desenvolvidas apresentaram maior movimentação entre plantas de soja do que as mais jovens, tanto para *C. includens* quanto para *H. armigera*. A movimentação de lagartas neonatas ocorre por caminhamento, mas também pode ocorrer por meio de balonismo (“*ballooning*”), ou seja, elas se utilizam de fio de seda produzido para ficarem dependuradas nas plantas facilitando o carregamento para outras plantas pela ação do vento. Esse comportamento é observado em várias famílias de lepidópteros, incluindo Noctuidae (COMMON, 1990). Com o desenvolvimento das lagartas, o balonismo não é comum devido provavelmente ao aumento de peso e, assim, a dispersão ocorre por caminhamento (ZALUCKI et al., 2002). Em nosso estudo não foi observado balonismo, mas apenas movimentação por caminhamento. É possível que a utilização de proteção com tela anti-afídeo das gaiolas para evitar infestação natural tenha interferido na velocidade do vento dentro das gaiolas e eventualmente prejudicado a movimentação das lagartas de primeiro ínstar por balonismo.

A movimentação das lagartas foi maior no estágio vegetativo da soja em comparação com o reprodutivo, independente do estágio dos insetos. Embora as plantas não tenham sido completamente consumidas, a quantidade de recurso alimentar disponível para as lagartas pode ter favorecido tal movimentação. No período vegetativo, as plantas (estádio V5 no momento de liberação das lagartas) apresentavam menor quantidade de folhas do que no estágio reprodutivo (estádio R5 no momento de liberação das lagartas). Desse modo, no estágio reprodutivo, as plantas estavam mais desenvolvidas e ofereciam maior quantidade de alimento para as lagartas. Segundo Bellanda & Zucoloto (2009), as lagartas se movimentam devido à limitação da fonte de alimento e é caracterizado como um comportamento adaptativo. Além disto, esta maior quantidade de recurso alimentar permite redução da competição intra-específica, levando, conseqüentemente, a menor necessidade de movimentação entre as plantas. Ainda, *H. armigera* possui hábito canibal, de modo semelhante ao encontrado em

*Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (CHAPMAN et al., 1999) e isto pode também ter contribuído para aumentar a dispersão dos insetos.

Diferentemente de *C. includens* que foi encontrada exclusivamente nas folhas, onde realizou alimentação do tecido vegetal, *H. armigera* apresentou comportamento distinto nos dois estágios de desenvolvimento das plantas de soja. No estágio vegetativo, as lagartas se alimentaram exclusivamente das folhas. Já no estágio reprodutivo, as lagartas se encontravam inicialmente nas folhas e depois migraram para as vagens das plantas, utilizando-as como recurso alimentar. Lagartas de *H. armigera* são importantes pragas de órgãos reprodutivos de plantas hospedeiras (REED, 1965; WANG & LI, 1984).

Outro resultado interessante que foi observado é a distribuição vertical de *C. includens*. A maioria das lagartas é encontrada no terço inferior e médio das plantas (HERZOG, 1980). Entretanto, no experimento a maioria das lagartas foi encontrada no terço superior. Isso pode ter ocorrido porque as lagartas foram liberadas nos últimos trifólios desenvolvidos, localizados no terço superior da planta. Por outro lado, um fator que pode ter contribuído para esse resultado foi a proteção da tela anti-afídeo utilizada nas gaiolas, que deve eventualmente ter reduzido o vento e exposição à radiação solar, e, dessa forma, evitado que as lagartas fossem derrubadas ou procurassem abrigo nas partes mais baixas das plantas. Outro motivo que possivelmente influenciou na presença de lagartas no terço superior das plantas foi o crescimento do tipo indeterminado das plantas de soja. Assim, as plantas, mesmo no período reprodutivo, apresentam folhas tenras para as lagartas naquela região.

Devido à mobilidade larval entre plantas apresentada por essas duas espécies, esses resultados sugerem que o refúgio na sacaria não é uma alternativa adequada de refúgio para a soja. O refúgio na sacaria, conforme sugerido por Gould & Anderson (1991) resultaria no plantio de mistura de sementes *Bt* e não *Bt*. Estes autores mencionaram que esta tática pode ser utilizada para retardar o desenvolvimento de populações de insetos resistentes às toxinas *Bt* expressas por plantas *Bt*. Davis & Onstad (2000) também concordaram que o uso de refúgio na sacaria não deveria ser recomendado para insetos que demonstram alta mobilidade entre plantas, pois eles não se alimentam somente de um tipo de planta. Dessa forma, nesses casos de alta

mobilidade larval, o uso de refúgio estruturado, ou seja, plantado separadamente na área de cultivo, deve ser preconizado.

## 5.2. Mobilidade larval de *D. saccharalis* entre plantas de milho

As lagartas de *D. saccharalis* não demonstraram mobilidade entre as plantas de milho, diferentemente do resultado apresentado por *C. includens* e *H. armigera* em plantas de soja. Isso ocorreu porque as lagartas recém-eclodidas de *D. saccharalis* possuem o hábito de se abrigarem durante o primeiro ou segundo ínstar antes de penetrarem no colmo (CRUZ, 2007). Uma vez no interior do colmo, essa espécie abre galerias na planta. Comportamento semelhante também foi observado para *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae) (ROSS & OSTLIE, 1990)

Segundo Wangila et al. (2013), foi observado que as lagartas de *D. saccharalis* possuem duas formas de dispersão: caminhamento e balonismo utilizando fios de seda. Em alguns casos, a lagarta permanece suspensa por um fio de seda e fica exposta às correntes de vento que as carregam para as plantas adjacentes em campo aberto. Em relação ao presente estudo, a proteção proporcionada das telas anti-afídeo pode ter interferido na velocidade do vento dentro das gaiolas e eventualmente reduzido a movimentação das lagartas, resultando em uma menor dispersão quando comparadas às lagartas em campo aberto.

Nos tratamentos em que a liberação ocorreu em plantas *Bt*, houve movimentação de lagartas apenas naquele em que a planta *Bt* estava circundada por plantas não *Bt*. Não observou-se lagartas nas plantas *Bt* que estavam ao lado da planta também *Bt* em que houve liberação. Assim, embora possa se especular que eventualmente tenha havido movimentação, o nível de expressão de proteína *Bt* nas plantas *Bt* causou mortalidade e, portanto, não permitiu confirmar a movimentação dos insetos.

No presente estudo, devido à temperatura diária média de 18,6°C desde a eclosão das lagartas até a avaliação (aproximadamente 30 dias), verificou-se que os insetos mais desenvolvidos encontravam-se no quarto ínstar. Melo & Parra (1988) já haviam demonstrado que as lagartas expostas à temperatura de 32 °C apresentam um período larval bem reduzido, cerca de 23 dias, e quando submetidas a temperatura de 20°C um

período mais longo, em torno de 45 dias. Assim, no presente estudo, embora as lagartas já estivessem no interior dos colmos, o desenvolvimento deve ter sido mais lento e, portanto, a injúria causada foi menor.

O ataque de *D. saccharalis* em plantas de milho aumenta a suscetibilidade ao acamamento devido às galerias formadas nos colmos (CRUZ, 2007). Entretanto, foi observado neste estudo que mais de 50% das lagartas encontradas em todos os tratamentos, exceto nas plantas *Bt*, estavam presentes nas espigas. Houve situações em que foram encontradas somente 4 lagartas numa planta e todas estavam atacando a espiga. Embora esta praga não seja considerada praga chave do milho na maioria das regiões produtoras no Brasil, trata-se de praga chave na Argentina (TRUMPER et al., 2004).

Em virtude das lagartas de *D. saccharalis* não demonstrarem mobilidade entre as plantas de milho, a mistura de sementes não *Bt* e *Bt* pode ser recomendada para esta espécie. Wangila et al. (2013), pela mesma razão, também sugeriram que o refúgio na sacaria pode ser viável para desacelerar o desenvolvimento de populações resistentes de *D. saccharalis* na cultura de milho geneticamente modificado. Logo, o refúgio na sacaria é eficaz e recomendado somente para pragas que possuem um hábito imóvel ou pouco móvel (MALLET & PORTER, 1992), o que não ocorre com *C. includens* e *H. armigera* em soja. Todavia, é importante ressaltar que como os plantios de milho são atacados por diversos lepidópteros, a estratégia de plantio de mistura de sementes deverá considerar todas as pragas alvo da proteína (ou proteínas) expressas pelas plantas cultivadas e não apenas a espécie estudada.

## 6.CONCLUSÃO

Lagartas de *C. includens* e *H. armigera* apresentam movimentação entre as plantas de soja, enquanto lagartas de *D. saccharalis* praticamente se mantêm nas plantas onde houve a oviposição. Com isso, a adoção de mistura de sementes não *Bt* e *Bt* para o estabelecimento de refúgio em cultivos *Bt* pode ser adequado apenas para *D. saccharalis*.

## 7. REFERÊNCIAS

AKHURST, R. J.; JAMES, W.; BIRD, L. J.; BEARD, C. Resistance to the Cry1Ac delta-endotoxin of *Bacillus thuringiensis* in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 4, p. 1290–1299.

ALFORD, A.R.; HAMMOND JUNIOR, A.M. Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Louisiana soybeans ecosystems as determined with looplure-baited traps. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, n. 4, p. 647-650, 1982.

ALI, A.; CHOUDHURY, R. A.; AHMAD, Z.; RAHMAN, F.; KHAN, F. R.; AHMAD, S. K. Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. **Tunisian Journal of Plant Protection**, v.4, n. 1, p. 99-106, 2009.

ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. **Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 12 p.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E.; DOS SANTOS, R. O.; DE SOUZA, E. P.; GOMES, C. E.C. Effect of *Bt* soybean on larvae of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 8, p. 90-94, 2015.

BELLANDA, H. C. H. B.; ZUCOLOTO, F. S. Lagartas desfolhadoras (Lepidoptera). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa, 2009, p. 425-464.

BERGER, A. Larval movements of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae) within and between plants: timing, density responses and survival. **Bulletin of Entomological Research**, v. 82, n. 4, p. 441-448, 1992.

BERNARDI, O.; MALVESTITI, G. S.; DOURADO, P. M.; OLIVEIRA, W. S.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701x MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatalis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, v. 68, n. 7, p. 1083-1091, 2012.

BLANCO, C. A.; CHIARAVALLE, W.; DALLA-RIZZA, M.; FARIAS, J. R.; GARCÍA-DEGANO, M. F.; GASTAMINZA, G.; MOTA-SÁNCHEZ, D.; MURÚA, M. G.; OMOTO, C.; PIERALISI, B. K.; RODRÍGUEZ, J.; RODRÍGUEZ-MACIEL, J. C.; TERÁN-SANTOFIMIO, H.; TERÁN-VARGAS, A. P.; VALENCIA, S. J.; WILLINK, E. Current situation of pests targeted by *Bt* crops in Latin America. **Current opinion in insect science**, v. 15, p. 131-138, 2016.

BOTELHO, P. S. M. **Tabela de vida ecológica e simulação da fase larval de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae)**. Piracicaba, 1985. 110f. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP, Piracicaba, 1985.

BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-425.

BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P.; CHAGAS NETO, J. F.; OLIVEIRA, C. P. B. Associação do parasitóide de ovos *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e do parasitóide larval *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae) no controle de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepdoptera: Crambidae), em cana-de-açúcar. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 3, p. 491-496, 1999.

BOTTIMER, L. J. Notes on some Lepidoptera from eastern Texas. **Journal of Agricultural Research**, v. 33, p. 797-819, 1926.

BUENO, R. C.; PARRA, J. R.; BUENO, A. D. F.; HADDAD, M. L. Performance of Trichogrammatids as biocontrol agents of *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical entomology**, v. 38, n. 3, p. 389-394, 2009.

CARRIÈRE, Y.; FABRICK, J. A.; TABASHNIK, B. E. Can pyramids and seed mixture delay resistance to *Bt* crops?. **Trends in biotechnology**, v. 34, n. 4, p. 291-302, 2016.

CARROLL, M. W.; HEAD, G.; CAPRIO, M. When and where a seed mix refuge makes sense for managing insect resistance to *Bt* plants. **Crop Protection**, v. 38, p. 74-79, 2012

CÉLERES – Your Agribusiness Intelligence. **Projeção de safra** - Soja - outubro 2017. Disponível em: <<http://www.celeres.com.br/ic17-10-projecao-de-safra-soja-outubro-2017/>>. Acesso em: 02 jan. 2018.

CHAPMAN, J. W.; WILLIAMS, T.; ESCRIBANO, A.; CABALLERO, P.; CAVE, R. D.; GOULSON, D. Age-related cannibalism and horizontal transmission of a nuclear polyhedrosis virus in larval *Spodoptera frugiperda*. **Ecological Entomology**, v. 24, n. 3, p. 268-275, 1999.

CHATURVEDI, I. Status of insecticide resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner). **Journal of Central European Agriculture**, v. 8, n. 2, p. 171–182, 2007.

COMMON, I. F. B. **Moths of Australia**. Melbourne University Press, 1990. 544p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, safra 2016/2017, décimo segundo levantamento, setembro de 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_09\\_12\\_10\\_14\\_36\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2017.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMAN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R. **Inimigos naturais de *Helicoverpa armigera* em soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014, 12 p.

CRIALESI-LEGORI, P. C. B.; DAVOLOS, C. C.; LEMES, A. R. N.; MARUCCI, S. C.; LEMOS, M. V. F.; FERNANDES, O. A.; DESIDÉRIO, J. A. Interaction of Cry1 and Vip3A proteins of *Bacillus thuringiensis* for the control of lepidopteran insect pests. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 2, p. 79-87, 2014.

CRUZ, I. **A Broca da Cana-de-Açúcar, *Diatraea saccharalis*, em Milho, no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 12 p.

CUNNINGHAM, J. P.; ZALUCKI, M. P.; WEST, S. A. Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): A new look at the behaviour and control of a polyphagous pest. **Bulletin of Entomological Research**, v. 89, n. 3, p. 201–207, 1999.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; OLIVEIRA, H. O.; CARVALHAIS, T. First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 1, n. 43, p. 4, 2013.

DAMMAN, H. Leaf quality and enemy avoidance by the larvae of a pyralid moth. **Ecology**, v. 68, n.1, p. 88-97, 1987.

DAVIS, P. M.; ONSTAD, D. W. Seed mixtures as a resistance management strategy for European corn borers (Lepidoptera: Crambidae) infesting transgenic corn expressing Cry1Ab protein. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 3, p. 937-948, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragás. In: DINARDO- MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p.349-404.

DOURADO, P. M.; BACALHAU, F. B.; AMADO, D.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. High susceptibility to Cry1Ac and low resistance allele frequency reduce the risk of resistance of *Helicoverpa armigera* to *Bt* soybean in Brazil. **PLoS ONE**, v. 11, n. 8, p. e0161388, 2016.

ELTON, C. S. **Animal ecology**. London: Sidgwick and Jackson, 192, 207p.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION (EPPO). **Data sheets on quarantine organisms n° 110: *Helicoverpa armigera***. Paris: EPPO, 1981 (Bulletin 11).

FATHIPOUR, Y.; SEDARATIAN, A. Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems. In: EL-SHEMY, H. A. **Soybean - Pest Resistance**. Cairo: InTech, 2013. p. 231-280.

FEENY, P.; BLAU, W. S.; KAREIVA, P. M. Larval growth and survivorship of the black swallowtail butterfly in central New York. **Ecological Monographs**, v. 55, n. 2, p. 167-187, 1985.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FITT, G. P. The ecology of *Heliiothis* species in relation to agroecosystems. **Annual review of entomology**, v. 34, n. 1, p. 17-53, 1989.

FOLSOM, J. W. Notes on little-known cotton insects. **Journal of Economic Entomology**, v. 29, n. 2, p. 282-285, 1936.

GOULD, F.; ANDERSON, A. Effects of *Bacillus thuringiensis* and HD-73 delta-endotoxin on growth, behavior, and fitness of susceptible and toxin-adapted strains of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v. 20, n. 1, p. 30-38, 1991.

GUO, Y. Progress in the researches on migration regulatory of cotton bollworm and relationships between the pest and its host plants. **Acta Entomologica Sinica**, v. 40, p. 1-6, 1997.

HENSLEY, S. D.; NEWSOM, L. D.; CHAPIN, J. Observations on the looper complex of the noctuid subfamily Plusiinae. **Journal of Economic Entomology**, v. 57, n. 6, p. 1006-1007, 1964.

HERZOG, D.C. Sampling soybean looper on soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980. p. 141-168.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B. S.; SOSAGOMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70 p.

HUANG, F.; GHIMIRE, M. N. LEONARD, B. R.; DAVES, C.; LEVY, R. BALDWIN, J. Extended monitoring of resistance to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab maize in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **GM crops & food**, v. 3, n. 3, p. 245-254, 2012.

KOGAN, M. Dynamics of insect adaptations to soybean: Impact of integrated pest management. **Environmental Entomology**, v. 10, n. 3, p. 363-371, 1981.

LIMA FILHO, M.; LIMA, J. O. G. Massas de ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) em cana-de-açúcar: Número de ovos e porcentagem de parasitismo por *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições naturais. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 3, p. 483-488, 2001.

LIU, Z. D.; LI, D. M.; GONG, P. Y.; WU, K. J. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. **Environmental Entomology**, v. 33, n. 6, p. 1570–1576, 2004.

MACEDO, C. L.; MARTINS, E. S.; MACEDO, L. L. P.; SANTOS, A. C.; PRAÇA, L. B.; GÓIS, L. A. B.; MONNERAT, R. G. Seleção e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* eficientes contra a *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 12, p. 1759-1780, 2012.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, P. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23 p.

MALLET, J.; PORTER, P. Preventing insect adaptation to insect-resistant crops: are seed mixtures or refugia the best strategy? **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 250, n. 1328, p. 165-169, 1992.

MASON, L.J.; JOHNSON, S.J.; WOODRING, J. Seasonal and ontogenetic examination of the reproductive biology of *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v. 18, n. 6, p. 980-985, 1989.

MATTHEWS, M. **Heliothinae moths of Australia. A guide to pest bollworms and related noctuid groups**. Melbourne: CSIRO, 1999. 320 p.

MELO, A. B. P.; PARRA, J. R. P. Biologia de *Diatraea saccharalis* em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 7, p. 663-680, 1988.

MENDONÇA, A. F. Distribuição de *Diatraea* spp. (Lep.: Pyralidae) e seus principais parasitoides larvais no continente americano. In: MENDONÇA A. F. **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Insetos & Cia., 1996. p. 83-121.

MITCHELL, E. R. Life history of *Pseudoplusia includens* (Walker)(Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of the Georgia Entomological Society**, v. 2, n. 2, p. 53-57, 1967.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. de F.; SOSA-GOMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORREA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. **SOJA: Manejo Integrado e Insetos e outros Artrópodes-Praga**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 4, p. 213-334.

MUSHTAQ, R., BEHLE, R.; LIU, R.; NIU, L.; SONG, P.; SHAKOORI, A. R.; JURAT-FUENTES, J. L. Activity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ie2, Cry2Ac7, Vip3Aa11 and Cry7Ab3 proteins against *Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* and *Ceratoma trifurcata*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 150, p. 70-72, 2017.

NASERI, B.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; HOSSEININAVEH, V. Comparative reproductive performance of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on thirteen soybean varieties. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 17-26, 2011.

ONSTAD, D. W.; MITCHELL, P. D.; HURLEY, T. M.; LUNDGREN, J. G.; PORTER, R. P.; KRUPKE, C. H.; SPENCER, J. L.; DIFONZO, C. D.; BAUTE, T. S.; HELLMICH, R. L.; BUSCHMAN, L. L.; HUTCHISON, W. D.; TOOKER, J. F. Seeds of change: corn seed mixtures for resistance management and integrated pest management. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n. 2, p. 343-352, 2011.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

PAULA-MORAES, S. V.; HUNT, T. E.; WRIGHT, R. J.; HEIN, G. L.; BLANKENSHIP, E. E. On-Plant movement and feeding of western bean cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) early instars on corn. **Environmental Entomology**. Entomological Society of America, v. 41, p. 1494-1500, 2012.

PAWAR, C. S.; BHATNAGAR, V. S.; JADHAV, D. R. *Heliothis* species and their natural enemies, with their potential for biological control. **PROC. INDIAN ACAD. SCI., ANIM. SCI.**, v. 95, n. 6, p. 695-703, 1986.

PETERSON, A. Egg types among moths of the Noctuidae (Lepidoptera). **The Florida Entomologist**, v. 47, n. 2, p. 71-91, 1964.

POGUE, M. G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *Helicoverpa zea* and *Helicoverpa armigera* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 97, n. 6, p. 1222-1226, 2004.

REED, W. *Heliothis armigera* (Hb.) (Noctuidae) in western Tanganyika: II. Ecology and natural and chemical control. **Bulletin of Entomological Research**, v. 56, n. 1, p. 127-140, 1965.

SAS Institute. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L.J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A.R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 2010. 90 p.

SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V.; YANO, S. A. C. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação do seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p.689-692, 2013.

STINNER, R. E.; BARFIELD, C. S.; STIMAC, J. L.; DOHSE, L. Dispersal and movement of insect pests. **Annual review of entomology**, v. 28, n. 1, p. 319-335, 1983.

TAY, W. T.; SORIA, M. F.; WALSH, T.; THOMAZONI, D.; SILVIE, P.; BEHERE, G. T.; ANDERSON, C.; DOWNES, S. A brave new world for an old world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **PLoS ONE**, v. 8, n. 11, 2013.

TERÁN F. O.; PRECETTI, A. A. C. M.; DERNEIKA, O. Broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis*. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA: PRAGAS DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1, 1983, Piracicaba, **Anais....** Piracicaba: Copersucar, 1983. p. 4-15

TRUMPER, E. V.; PORELLO, L.; SERRA, G. **Relación entre posición de desoves del barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*) y distribución de daños en plantas de maíz.** (Serie: Modelos bioeconómicos para la toma de decisiones de manejo de plagas). INTA, Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, Información Técnica, v.1, n. 4. 2004.

VÁZQUEZ, W.C. **Biologia comparada de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidóptera: Noctuidae) em dietas naturais e artificiais e efeito de um vírus de poliedrose nuclear na sua mortalidade e no consumo da área foliar da soja.** 1988. 164f. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, 1988.

WANG, N. C.; LI, Z. H. Studies on the biology of cotton bollworm (*Heliothis armigera* Hübner) and tobacco budworm (*Heliothis assulta* Quenee). **Journal of the Shandong Agricultural University**, v. 1-2, n. 1, p. 13-25, 1984.

WANGILA, D. S.; LEONARD, B. R.; GHIMIRE, M. N.; BAI, Y.; ZHANG, L.; YANG, Y.; EMFINGER, K. D.; HEAD, G. P.; YANG, F.; NIU, YING; HUANG, F. Occurrence and larval movement of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in seed mixes of non-*Bt* and *Bt* pyramid corn. **Pest management Science**, v. 69, p. 1163-1172, 2013.

WIEDENMANN, R. N.; SMITH, J. W.; DARNELL, P. O. Laboratory rearing and biology of the parasite *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) using *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) as a host. **Environmental Entomology**. Entomological Society of America, v. 21, p. 1160-1167, 1992.

WOLCOTT, G.N. Insectae Borinquenses. **Journal Agriculture University**, v. 20, p. 1-627, 1936.

WU, K.; GUO, Y.; LV, N.; GREENPLATE, J. T.; DEATON, R. Efficacy of transgenic cotton containing a *cry1Ac* gene from *Bacillus thuringiensis* against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in northern China. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 4, p. 1322-1328, 2003.

YANG, Y.; Li, Y.; WU, Y. Current status of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* after 15 years of *Bt* cotton planting in China. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 1, p. 375-381, 2013.

YANO, S. A. C.; SPECHT, A.; MOSCARDI, F.; CARVALHO, R. A.; DOURADO, P. M.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; SOSA-GÓMEZ, D. R. High susceptibility and low resistance allele frequency of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) field populations to Cry1Ac in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, n. 8, p. 1578-1584, 2016.

Yu, H.; Li, Y.; Li, X.; R., J.; Wu, K. Expression of Cry1Ac in transgenic *Bt* soybean lines and their efficiency in controlling lepidopteran pests. **Pest management science**, v. 69, n. 12, p. 1326-1333, 2013.

ZALUCKI, M. P.; CLARKE, A. R.; MALCOLM, S. B. Ecology and behaviour of first instar larval Lepidoptera. **Annual review of Entomology**, v. 47, n. 1, p. 361-393, 2002.

ZALUCKI, M. P.; DAGLISH, G.; FIREMPONG, S.; TWINE, P. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *Heliothis punctigera* Wallengren (Lepidoptera, Noctuidae) in Australia - What do we know. **Australian Journal of Zoology**, v. 34, n. 6, p. 779–814, 1986.