

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA CAROLINA DE OLIVEIRA

PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE *Helicoverpa armigera* A DIFERENTES CULTIVARES
DE SOJA COM TECNOLOGIA BT EM LABORATÓRIO

Monte Carmelo
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
ANA CAROLINA DE OLIVEIRA

PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE *Helicoverpa armigera* A DIFERENTES CULTIVARES
DE SOJA COM TECNOLOGIA BT EM LABORATÓRIO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho.

Monte Carmelo
2019

ANA CAROLINA DE OLIVEIRA

PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE *Helicoverpa armigera* A DIFERENTES CULTIVARES
DE SOJA COM TECNOLOGIA BT EM LABORATÓRIO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Monte Carmelo, 12 de dezembro de 2019

Banca Examinadora

Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho
Orientadora

Dr. Lucas Silva de Faria
Membro da Banca

Prof. Dr. Cleyton Batista Alvarenga
Membro da Banca

Monte Carmelo
2019

RESUMO

O uso de plantas transgênicas com tecnologia Bt para controle de *Helicoverpa armigera* tem sido uma ferramenta adotada dentro do plano de manejo da praga, no entanto, é necessário verificar a presença de populações resistentes do inseto. *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) tem sido registrada causando prejuízos a diversas culturas agrícolas em função principalmente de sua alta polifagia e difícil controle. No oeste da Bahia foi relatada a primeira ocorrência do inseto no Brasil na safra 2012/2013 causando perdas de até 80% nas lavouras de soja e algodoeiro. Desta forma, teve-se por objetivo avaliar o consumo e a preferência alimentar de lagartas de *H. armigera* em cinco cultivares de soja contendo gene Bt durante cinco dias. Para a avaliação de atratividade foram liberadas lagartas de *H. armigera* em placa de Petri contendo quatro discos foliares, sendo dois discos de cultivar Bt e dois discos de cultivar não-Bt. Os dados foram submetidos ao teste de Qui Quadrado (X^2) a 0,05 de significância, e a área foliar consumida foi mensurada com auxílio do programa ImageJ[®]. Os testes foram executados pelo software R versão 3.5.0. Em ambos os testes de atratividade as lagartas de *H. armigera* foram observadas em todas as cultivares de soja testadas. No teste de atratividade verificou-se que as cultivares Desafio e LG 60162 foram consideradas atrativas para *H. armigera*, enquanto a M 7739 IPRO foi considerada pouco atrativa para alimentação de lagartas de *H. armigera*. Nenhuma mortalidade por toxina Bt foi observada.

Palavras-chave: alomônio, *Glycine max*, transgênico.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Frequência média de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em teste de atratividade no primeiro dia de avaliação.....16
- Figura 2. Frequência média de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em teste de atratividade.....17 e 18
- Figura 3. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no primeiro dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.....20
- Figura 4. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no segundo dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.....20
- Figura 5. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no terceiro dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.....21
- Figura 6. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no quarto e quinto dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.....22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem de área consumida por lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> em folhas de diferentes cultivares de soja após cinco dias de avaliação, em teste de atratividade.....	19
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVO.....	8
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
3.1 A cultura da soja.....	8
3.2 <i>Helicoverpa armigera</i>	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4.1 Características gerais	12
4.2 Criação de <i>Helicoverpa armigera</i>	13
4.3 Testes de atratividade e preferência alimentar.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
6. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

A soja pertence à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae (Faboideae), tem como centro de origem o leste asiático, sendo introduzida no Brasil em 1882, no estado da Bahia, porém somente na década de 1930 houve a expansão da cultura como produtora de grãos (BONATO; BONATO, 1987).

É uma planta anual, ereta e herbácea, sua altura varia entre 60 a 120 cm, que apresenta folhas pecioladas contendo três folíolos, flores com autofecundação, vagens contendo sementes lisas com coloração amarela, sementes sem pleurograma e raiz pivotante com nódulos radiculares (FEHR; CAVINESS, 1977 apud FARIAS, 2007).

O Brasil é o segundo maior produtor de soja, perdendo somente para os Estados Unidos, sendo na safra 2018/2019 a produção foi de 115.030 milhões de toneladas em uma área de 35.874 milhões de ha, sendo 1.574,9 ha no estado de Minas Gerais. Segundo o departamento de agricultura dos Estados Unidos (USDA), na safra 2019/2020, o Brasil pode produzir até 123.000 milhões de toneladas. Dentre os principais problemas fitossanitários para o desenvolvimento adequado da cultura é a ocorrência de *H. armigera* (BLACK, 2000; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019).

Helicoverpa armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) era uma praga quarentenária no Brasil até 2013 quando foi registrada sua ocorrência no país, tornando-se uma importante praga agrícola que ocorre em diversas culturas algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* (Hutch)), milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill), nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste. No oeste da Bahia foi relatada a primeira ocorrência do inseto na safra 2012/2013 causando perdas de até 80% nas lavouras e prejuízo de R\$140,00 reais por hectare. É um inseto de ampla distribuição mundial, ocorrendo na África, Ásia, Austrália e Europa, sendo a principal praga no tomateiro em Portugal e Espanha (CZEPAK et al., 2013).

Helicoverpa armigera é uma das principais pragas agrícolas por ter alta capacidade de dispersão (mariposas voam uma distância de até 1.000 km), adaptação às condições climáticas, alta capacidade reprodutiva e uma grande gama de espécies hospedeiras, sendo muitas espécies, culturas agrícolas (ÁVILA et al., 2013; CZEPAK et al., 2013; SOSA-GÓMEZ et al., 2016).

Estudos relatam que na cultura da soja, *H. armigera* ataca cotilédones, brotos, folhas, grãos e vagens, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), existem 49 inseticidas biológicos e químicos, registrados para o controle de *H. armigera* na cultura da soja no Brasil, inclusive moléculas como benzoato de emamectina (inseticida de contato e ingestão) e metaflumizona (inseticida de contato e ingestão) liberadas em caráter emergencial (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2019).

Além do controle químico, outra forma de controle é o uso de cultivares resistentes contendo gene Bt, porém já existem relatos de infestação da praga nessas cultivares, segundo a Embrapa (2017) a soja Bt possui ação apenas em lagartas em instares iniciais e na cultura do algodão as lagartas causam maiores danos em cultivares não Bt, embora as cultivares de algodão Bt, apresentem menor controle quando comparado a soja Bt (KRANTHI et al., 2002; TEESE et al., 2013; CZEPAK et al., 2018). Assim, o presente trabalho visa responder as seguintes questões: existem diferenças no nível de atratividade nas cultivares com gene Bt? As cultivares Bt comerciais possuem eficiência no controle das lagartas? Qual a área foliar consumida por lagartas de *H. armigera*?

2 OBJETIVO

Avaliar a preferência alimentar e consumo foliar de *H. armigera* em cultivares de soja com diferentes tecnologias Bt.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura da soja

Originária do leste asiático, a soja é a principal matéria prima na produção do farelo devido ao alto teor proteico, óleo vegetal, de tintas e biocombustível, além disso,

constitui como base alimentar dos chineses há mais de 5000 anos. O Brasil é o segundo maior produtor de soja, perdendo somente para os Estados Unidos (BLACK, 2000; CONAB, 2019).

O estágio de desenvolvimento da soja divide-se em estágio vegetativo representado pela letra V e estágio reprodutivo representado pela letra R seguida de índices numéricos (V1, V2, V3, V4, V5, V6, Vn) onde n corresponde a quantidade de nós desenvolvidos acima dos cotilédones e o estágio R de 1 ao 8, descreve as seguintes etapas: florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8). Os estádios de emergência (VE) e cotiledonar (VC) não apresentam índice numérico, sendo o VE corresponde a uma plântula recém-emergida e o VC representado pelos cotilédones. O ciclo da cultura pode variar de 70 a 200 dias, dependendo do manejo, cultivar utilizada e condições locais (FEHR; CAVINESS, 1977 apud FARIAS, 2007; SILVA, et al., 2017).

A soja foi introduzida no Brasil em 1882, no estado da Bahia, porém não teve êxito devido à baixa altitude. Após uma década, a soja foi testada no Rio Grande do Sul onde as condições climáticas se assemelham a região sul dos Estados Unidos, local proveniente do germoplasma utilizado, até então, a cultura era cultivada como forrageira e/ou uma opção de sucessão com trigo, somente na década de 1930 houve a expansão da cultura como produtora de grãos (FARIAS, 2007).

O melhoramento genético iniciado na década de 70 pelo Centro Nacional de Pesquisa de Soja (atual Embrapa Soja) e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), aliado ao desenvolvimento de pacotes tecnológicos possibilitou o cultivo da soja nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e na fronteira agrícola MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), aumentando a participação da soja na economia brasileira e com destaque no cenário internacional (FARIAS, 2007).

Os organismos geneticamente modificados (OGM), ou simplesmente transgênicos, são organismos que receberam um gene de uma planta, micro-organismo ou até mesmo de um animal. Na agricultura a transgenia é utilizada para obter plantas resistentes a herbicidas, plantas resistentes ao ataque de insetos-pragas, onde foi introduzido o gene Cry, obtido da bactéria *B. thuringiensis* e resistente a doenças, como o milho resistente ao vírus do mosaico (COELHO, 2008). As cultivares Bt tem como objetivo diminuir os custos com aplicações, facilitar o manejo, menor exposição aos produtos fitossanitários, proporcionar uma alta produtividade de forma sustentável,

porem o não respeito às áreas de refugio, fez com que populações de insetos pragas se tornam resistentes, colocando a tecnologia em risco.

A primeira soja Bt via biotecnologia brasileira foi o evento MON 87701 X MON 89788 (Intacta RR PRO), desenvolvida pela empresa Monsanto, aprovada em 2010, foi proveniente da inserção dos genes: cp4 epsps, codificador da enzima 5-enolpiruvatoshiquimato- 3-fosfato sintase (EPSPS) obtido na bactéria *Agrobacterium tumefaciens* conferindo à planta resistência ao herbicida glifosato e o gene cry 1Ac obtido da bactéria *B. thuringiensis*, codificador da proteína Cry 1Ac, que paralisa as células epiteliais do mesêntero dos insetos, fazendo com que estes cessem a alimentação em poucas horas após a ingestão (ÂNGELO et al., 2010; SILVA et al., 2017).

A ocorrência de insetos-praga na soja tem sido um dos fatores limitantes à obtenção de alta produtividade, tendo maior ocorrência insetos das ordens Coleoptera, Hemiptera e Lepidoptera, que tem como características comuns o hábito polífago e as injúrias causadas aos órgãos vegetativos e/ou reprodutivos da cultura. As principais pragas da cultura são: *Euschistus heros*, *Nezara viridula* (Linnaeus) (Hemiptera: Pentatomidae), *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae), *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Scaptocoris castanea* Perty (Hemiptera: Cydnidae), *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae), *Edessa meditabunda* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), *Sternechus subsignatus* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae), *A. gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e *H. armigera*, sendo esta última, causadora de prejuízo de US\$ 4 bilhões na safra brasileira de 2012/2013 e com relatos de ocorrência em cultivares transgênicas de soja, contendo o gene Bt (CZEPAK et al., 2013; CZEPAK et al., 2018; GALLO et al., 2002).

3.2 *Helicoverpa armigera*

Helicoverpa armigera é um inseto holometábolo, ou seja, sofre metamorfose completa, tendo ciclo de vida com duração de trinta dias, dependendo das condições

ambientais. Os ovos possuem formato oval e cor amarela, a incubação dura em média 3,3 dias com comprimento de 0,42 a 0,60 mm e largura de 0,40 a 0,55 mm. O período larval é composto por cinco a seis instares, durante os primeiros instares as larvas se alimentam das partes mais macias da planta e possui coloração entre branco-amarelada a marrom-avermelhado com cápsula cefálica em tons escuros (ÁVILA et al., 2013; VILELA; ZUCCHI, 2009). A variação de cores na fase larval, de acordo com Ali e Choudhury (2009), está relacionada ao tipo de alimentação.

No quarto instar a lagarta apresenta tubérculos escuros na região dorsal do primeiro urômero, com formato de sela e disposto em semicírculo, esta característica é fundamental para a identificação da espécie. A lagarta no último instar mede 30 a 40 mm de comprimento com coloração que varia do verde ao amarelo claro ou marrom avermelhado. No final desse período e início da fase de pupa a lagarta cessa sua alimentação e sofre o processo de esclerotização. A pupa é obtecta, tem duração de 10 a 14 dias, ocorre no solo, tem cor marrom mogno, comprimento de 12 a 20 mm e formato fusiforme. Pode permanecer em diapausa, conforme as condições de temperatura e fotoperíodo, passando a seguir para a fase adulta (CZEPAK et al., 2013; SOSA-GÓMEZ et al., 2016).

Os adultos são atraídos por flores que produzem néctar, sendo um fator importante na seleção do hospedeiro. As fêmeas que emergem dois dias antes do macho produzem cerca de 2000 a 3000 ovos (elevada capacidade reprodutiva), o acasalamento ocorre com maior frequência, em horas próximas à meia noite e a oviposição tem duração média de 5,3 dias e é realizada no período noturno. A deposição dos ovos é de forma isolada ou em pequenos agrupamentos, preferencialmente na face adaxial das folhas ou no caule, flores e frutos (VILELA; ZUCCHI, 2009; SUZANA, 2015). Segundo Ali e Choudhury (2009) a longevidade média para os machos é 9,7 dias e para fêmeas 11,7 dias. Possui capacidade de voo de até 1.000 km, sendo que a migração ocorre à noite, conferindo-lhe ampla distribuição geográfica, alta taxa de dispersão e sobrevivência a condições adversas.

Na cultura da soja, lagartas de *H. armigera*, causam danos em folhas, vagens e grãos, Suzana (2018) em seus estudos verificou que lagartas de primeiro instar possuem preferência alimentar por folhas novas, enquanto as lagartas de quarto e sexto instar não possuem preferência por um órgão específico, podendo se alimentar de folhas novas, velhas, vagens e grãos. Além disso, o consumo do órgão vegetativo e/ou reprodutivo pode influenciar no desempenho da espécie.

O manejo integrado de pragas (MIP) consiste no uso de diversas formas de controle para controlar um inseto-praga que atingiu o nível de controle, dentre as alternativas de controle para *H. armigera*, pode-se citar o uso do parasitoide *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), que parasita exclusivamente os ovos dos hospedeiros, impedindo que o inseto atinja a fase de lagarta, estágio que causa prejuízos à cultura. Na China foi constatada redução na população de lagartas em até 60% nos cultivos de algodoeiro utilizando esse parasitoide como agente de controle (DIAS, 2005; GUERRA et al., 2014 apud PEREIRA, 2016).

A primeira etapa do MIP é o monitoramento de praga que consiste em ir ao campo e verificar a presença de ovos, lagartas, pupas e adultos, tendo o objetivo de determinar a população da praga e o método de controle. Na cultura da soja o nível de controle de *H. armigera* no estágio vegetativo é quatro lagartas por metro e duas lagartas por metro no estágio reprodutivo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2017).

O controle químico com inseticidas químicos e biológicos, sendo os princípios ativos mais utilizados: carbamatos, clorpirifós, piretroides, benzoato de emamectina organofosforados e bioinsetidas contendo *B. thuringiensis* na formulação. E o controle genético representado por cultivares Bt, porém já existe relatos de resistência (PEREIRA, 2016; TEESE et al., 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características gerais

O experimento foi conduzido no município de Monte Carmelo, MG, na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, coordenadas geográficas 18°43'31,75''S, 47°31'32,06''W, altitude 890 metros. Localizada no domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, no sudoeste do bioma Cerrado.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é temperado úmido com inverno seco e verão quente (Cwa), com temperatura média anual de 22°C e

precipitação média anual de 1.500 mm, sendo as chuvas concentradas em seis meses, principalmente no período do verão. O tipo de solo predominante é LATOSSOLO VERMELHO argiloso.

Para execução dos experimentos foram utilizadas seis cultivares de soja, sendo cinco contendo o gene Bt, SYN 15640 IPRO (cultivar 1), SYN 1366 C IPRO (cultivar 2), Desafio IPRO (cultivar 3), LG 60162 IPRO (cultivar 4) e M 7739 IPRO (cultivar 5), e uma sem o gene Bt, RK 6813 RR (testemunha). As cultivares foram semeadas em vasos plásticos com capacidade de 11 L, colocando-se 3 sementes/vaso, que foram mantidos em casa de vegetação, seguindo os tratamentos culturais determinados para a cultura da soja. No estágio V3, foi realizado o desbaste restando apenas uma planta por vaso.

Em função da disponibilidade da soja no campo, foram executados dois experimentos utilizando as folhas da soja no estágio V5, que foram retiradas da planta e levadas ao laboratório para os testes de atratividade e preferência alimentar de *H. armigera*. As folhas foram recortadas no formato de moedas de cinquenta centavos.

4.2. Criação de *Helicoverpa armigera*

As lagartas de *Helicoverpa armigera* foram obtidas do laboratório de criação da Empresa PROMIP e criadas segundo a metodologia adaptada de Pinóia (2012) com dieta artificial descrita por Vilela et al. (2014).

As lagartas neonatas foram individualizadas e dispostas em potes plásticos e tubos de ensaio de vidro de fundo chato contendo dieta. A dieta foi trocada a cada dois dias até o estágio de pupa. A criação foi mantida em BOD na temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 h.

As pupas foram transferidas para as gaiolas de PVC (25 pupas por tubo) e mantidas em câmara climatizada a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ até a emergência dos adultos. Foi colocada dentro de cada tubo PVC uma solução de mel e água para alimentação dos adultos, que foi substituída a cada dois dias. Os adultos mortos foram periodicamente retirados dos tubos.

Os tubos de PVC foram revestidos por folhas de papel toalha para possibilitar a oviposição das mariposas e foram cobertas por tecido tipo tule. Cerca de 3-4 dias após a emergência dos adultos, as fêmeas iniciaram a postura, principalmente na parte superior

do tubo, onde foi colocado o tecido. De acordo com a quantidade de ovos, as folhas de papel e o tule com os ovos foram recolhidos e substituídos por novos. O papel e tecido com os ovos foram dispostos em vasilhas plásticas para eclosão das lagartas.

4.3. Testes de atratividade e preferência alimentar

Para a avaliação de atratividade foram liberadas duas lagartas de *H. armigera* em terceiro instar em placas de Petri (50 cm de diâmetro x 10 cm de altura) contendo quatro discos foliares (com área média de 3,34 mm²), sendo dois discos de uma das cultivares de soja Bt e dois discos da cultivar não-Bt, sendo liberadas duas lagartas por placa. Foi adicionado ágar para evitar a perda da turgência das folhas.

Foram realizadas cinco repetições por tratamento. Antes da instalação dos ensaios as lagartas de terceiro instar foram submetidas às 48 h de jejum. Foram avaliadas as lagartas presentes nos discos foliares durante cinco dias, a cada duas horas, iniciando às 10 h e finalizando às 18 h. Com o auxílio de uma câmera de celular foram registrados os momentos de cada avaliação e com programa ImageJ[®], foi mensurada a área foliar dos discos consumida pelas lagartas em cada uma das avaliações, para isso o programa foi calibrado para a unidade mm e utilizada a ferramenta polígono.

Na avaliação da preferência alimentar pelas cultivares de soja, duas lagartas foram dispostas na área central da placa de Petri (50 cm de diâmetro x 10 cm de altura) juntamente com dois discos de cada cultivar, dispostos de forma equidistante, resultando em doze discos foliares por placa. Durante cinco dias foi avaliada a presença das lagartas presentes nos discos após a liberação. Ambos os experimentos foram mantidos em B.O.D. a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 h.

Para o primeiro teste, onde cada cultivar transgênica foi colocada junto com a testemunha, os possíveis comportamentos de alimentação da lagarta foram avaliados: 1) alimentação da cultivar transgênica; 2) alimentação da testemunha; 3) alimentação da cultivar transgênica e testemunha; 4) sem alimentação. Para cada horário analisado foi avaliada a preferência alimentar e consumo foliar de cinquenta lagartas.

No segundo teste, as cinco cultivares e a testemunha foram oferecidas para as lagartas, e os seguintes comportamentos de alimentação foram observados: 1) alimentação de uma cultivar transgênica; 2) alimentação de duas cultivares transgênicas;

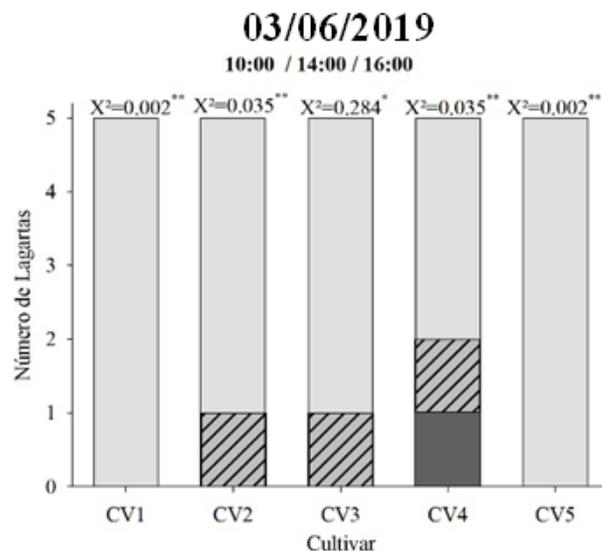
3) alimentação de três cultivares transgênicas; 4) alimentação de quatro cultivares transgênicas; 5) alimentação de cinco cultivares transgênicas; 6) alimentação da testemunha; 7) alimentação da testemunha e transgênico; 8) alimentação de todas cultivares; 9) sem alimentação. A avaliação realizada foi independente das cultivares transgênicas utilizadas, objetivando-se observar o padrão de preferência da lagarta entre cultivares transgênicas *versus* não transgênica. Para cada horário analisado foi avaliada a preferência alimentar e o consumo foliar de cinquenta lagartas.

Os padrões observados em cada horário foram submetidos ao teste de Qui Quadrado (X^2) a 0,05 de significância, comparando-os com o padrão aleatório, com o objetivo de se avaliar se há preferência da lagarta em alimentar da cultivar transgênica, ou não, se o comportamento de alimentação da lagarta é aleatório e independe do evento Bt da cultivar. Com relação ao consumo foliar, os dados foram submetidos ao teste de t com nível de significância de 5%. Os testes foram executados pelo software R versão 3.5.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à atratividade de lagartas as cultivares de soja verificou-se que houve a presença de lagartas de *H. armigera* nas cultivares Bt e na testemunha variando ao longo das avaliações (tempo), ou seja, as lagartas visitaram todos os discos presentes na placa (Figuras 1 e 2). Para todos os dias de avaliação, quando houve baixa ou nenhuma presença de lagartas nos discos foliares nos tempos de avaliação foi feita a média da frequência.

No primeiro dia de avaliação obteve-se que não houve presença de lagartas em nenhum disco foliar nos tratamentos com as cultivares 1 e 5, porém houve presença na testemunha nos tratamentos com as cultivares 2, 3 e 4 e apenas no tratamento com a cultivar 4 houve presença no disco foliar da cultivar transgênica (Figura 1).



Legenda: ■ - Ambas; ■ - Cultivar; ▨ - Testemunha; ■ - Nenhuma.

Figura 1. Frequência média de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em teste de atratividade no primeiro dia de avaliação.

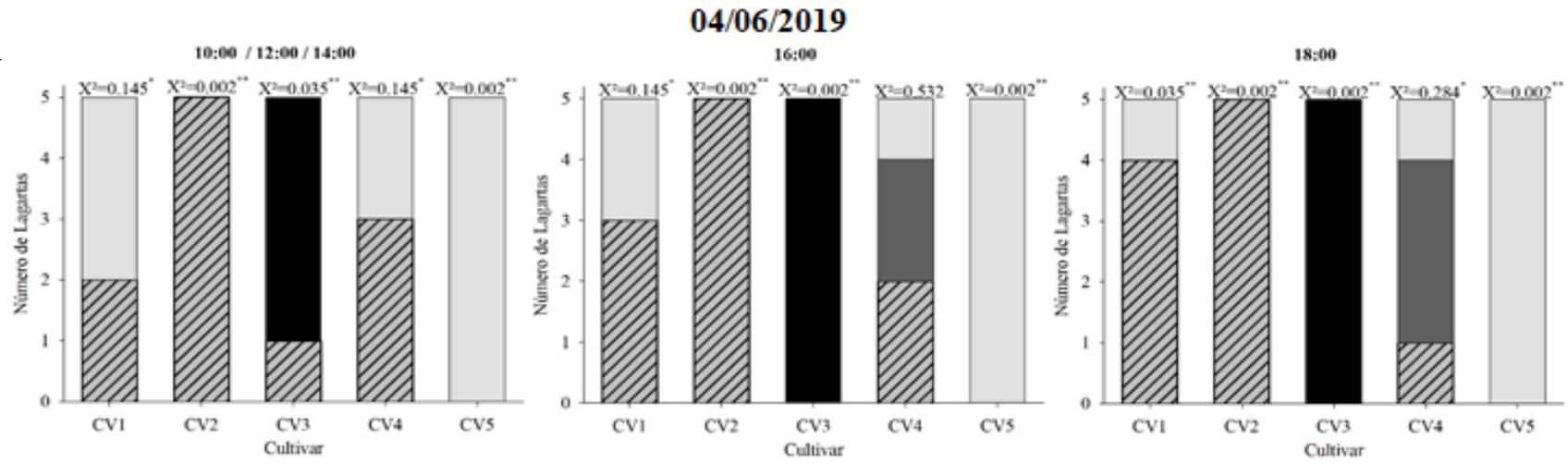
No segundo dia de avaliação na cultivar 2 somente os discos da testemunha foram encontradas lagartas, porém no tratamento com a cultivar 3 as lagartas também estavam presentes nos discos da cultivar Bt, além da testemunha. Na cultivar 4 a partir da quarta avaliação verificou-se presença na cultivar Bt. Somente no tratamento com a cultivar 5 não houve presença em nenhum dos discos (Figura 2A).

No terceiro dia de avaliação, houve presença em todos os discos do tratamento cultivar 3 (disco foliar Bt e testemunha) e na cultivar 2 a presença ocorreu apenas da testemunha. Verificou-se também o primeiro registro de ocorrência de lagartas na cultivar 5 (Figura 2B), o que ocorreu apenas nesse dia durante toda a avaliação.

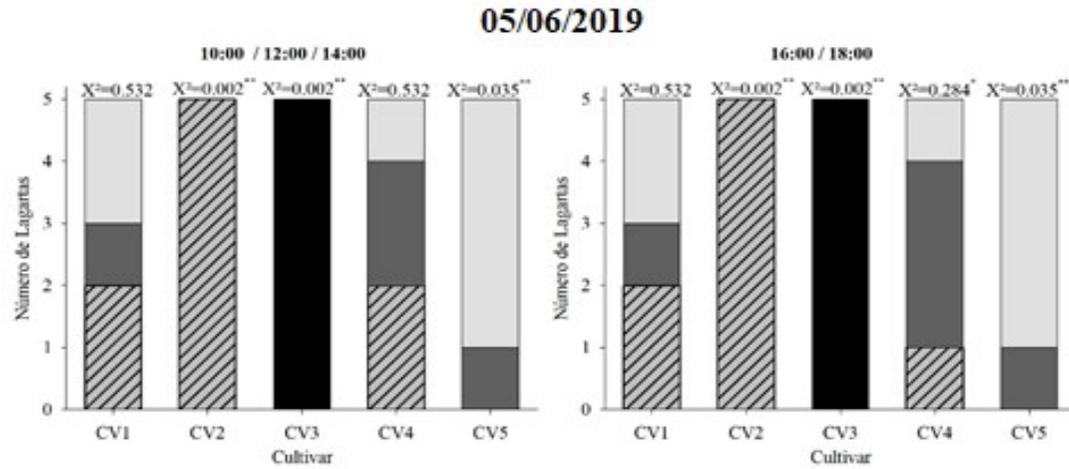
No quarto dia de avaliação, no tratamento cultivar 5 houve presença apenas nos discos da cultivar testemunha, enquanto outras não se direcionaram aos discos foliares. No tratamento cultivar 2 as lagartas estavam presentes em todos os discos da testemunha. No tratamento com a cultivar 3 foi observada a presença na cultivar transgênica e na testemunha (Figura 2C).

No último dia de avaliação houve presença nas cultivares Bt 1 e 4, enquanto na cultivar 3 as lagartas estavam em ambos os discos (testemunha e Bt), nos demais tratamentos, 2 e 5, não houve lagartas presentes ou estas se alimentaram apenas da testemunha (Figura 2D).

A



B



Legenda: - Ambas; - Cultivar; - Testemunha; - Nenhuma

Continuação...

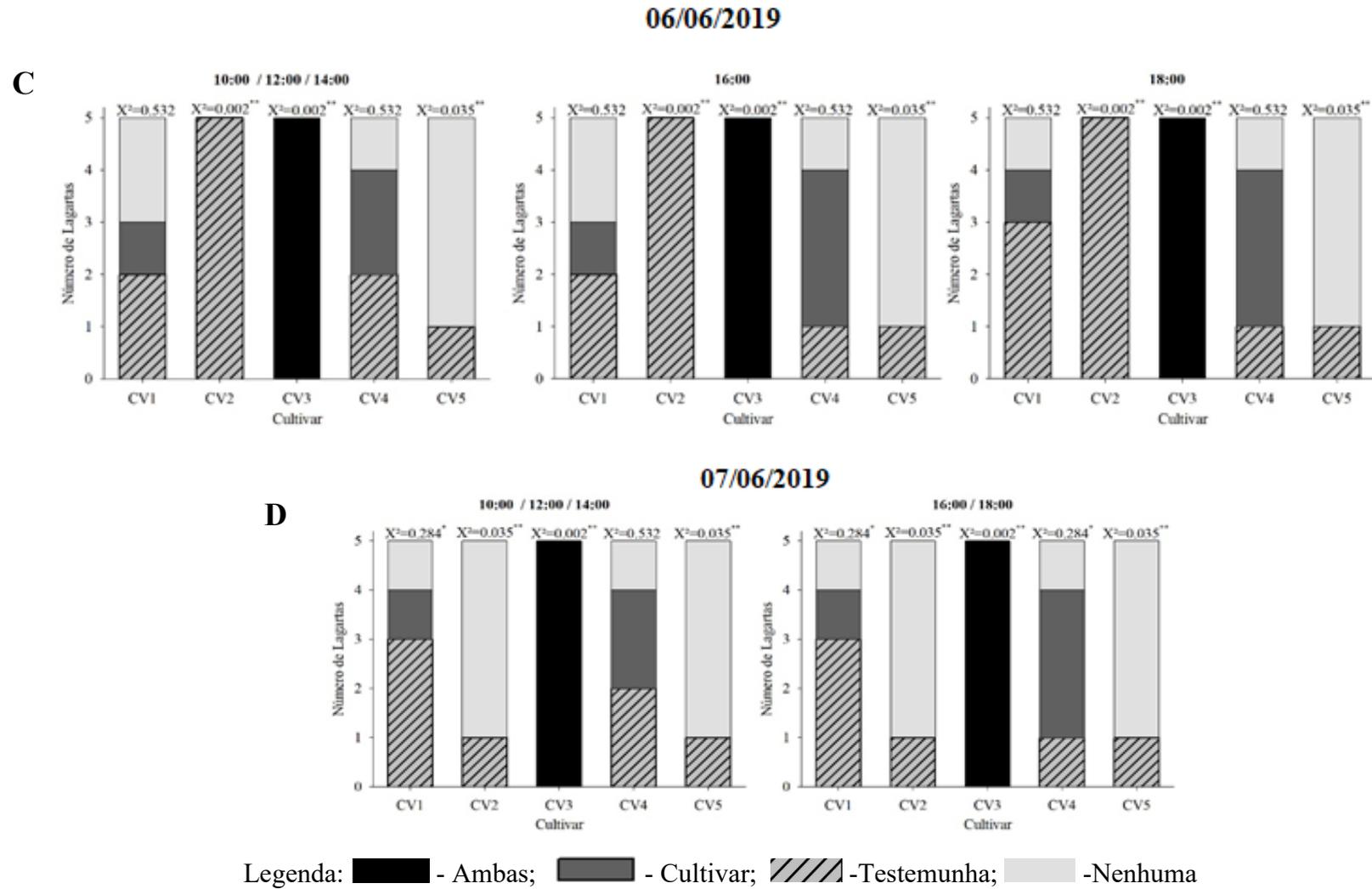


Figura 2. Frequência média de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em teste de atratividade. A. Segundo dia de avaliação. B. Terceiro dia de avaliação. C. Quarto dia de avaliação. D. Quinto dia de avaliação.

Com relação ao consumo de área foliar no teste de atratividade, apenas as cultivares 1 e 2 foram menos consumidas que as testemunhas. Não houve diferença no consumo da cultivar 3 em relação à testemunha. Para a cultivar 4 apesar do baixo consumo da cultivar Bt, este não diferiu da testemunha em função da elevada variação que ocorreu entre as repetições desse tratamento (Tabela 1). Na cultivar 5, apesar de ter sido registrada a presença de lagartas nos discos foliares (Figura 2B) não houve consumo (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de área consumida por lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja após cinco dias de avaliação, em teste de atratividade.

Tratamento	Área foliar consumida (%)
Cultivar 1	25,13 ± 13,47 b
Testemunha	53,02 ± 15,19 a
Cultivar 2	13,66 ± 7,30 b
Testemunha	98,75 ± 1,26 a
Cultivar 3	86,37 ± 7,20 a
Testemunha	78,75 ± 10,88 a
Cultivar 4	25,60 ± 30,62 a
Testemunha	60,27 ± 34,52 a
Cultivar 5	0,00 ± 0,00 a
Testemunha	3,09 ± 3,09 a

Médias com respectivos erros-padrões seguidos por letras distintas diferenciam-se entre si pelo teste de *t* a 0,05 de significância.

No experimento de preferência no primeiro dia de avaliação foi observado que a maioria das lagartas não se direcionou para nenhuma cultivar (Figura 3).

No segundo dia, no primeiro horário de avaliação foi observada presença de lagartas na testemunha e em pelo menos uma cultivar Bt. Não foi verificada a presença de lagartas nos discos foliares das cultivares 4 e 5 (Figura 4). No terceiro dia de avaliação foi verificada presença de lagartas na cultivar 5 apenas na última avaliação do dia. Além disso, na última avaliação verificou-se a presença de lagartas em todas as cultivares (Figura 5).

Foi feita a média da presença de lagartas nos dois últimos dias de avaliação (quarto e quinto dias), verificando-se que a maioria das lagartas estava presente em pelo menos uma cultivar transgênica e a testemunha, além de não ocorrer presença na cultivar 1 (Figura 6). Vale ressaltar que após esse período algumas lagartas cessaram o consumo e entraram nas fases de pré-pupa e pupa.

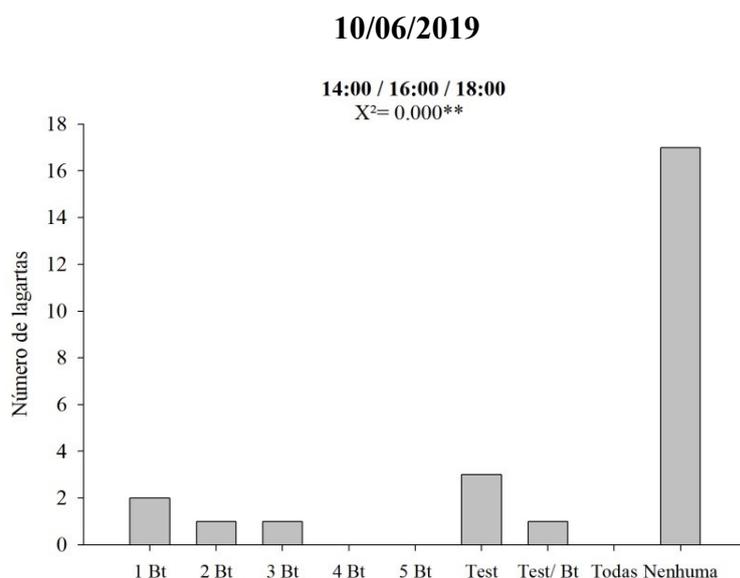


Figura 3. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no primeiro dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.

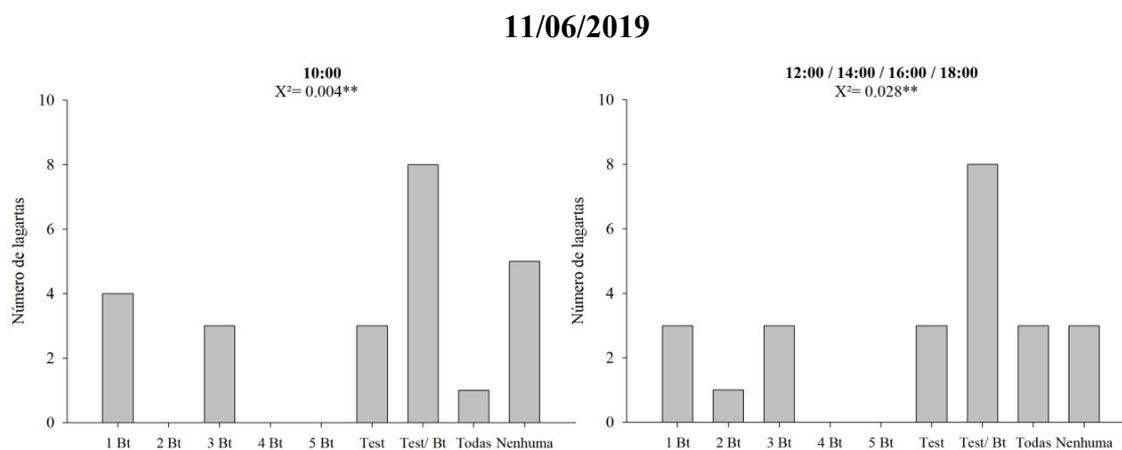


Figura 4. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no segundo dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.

12/06/2019

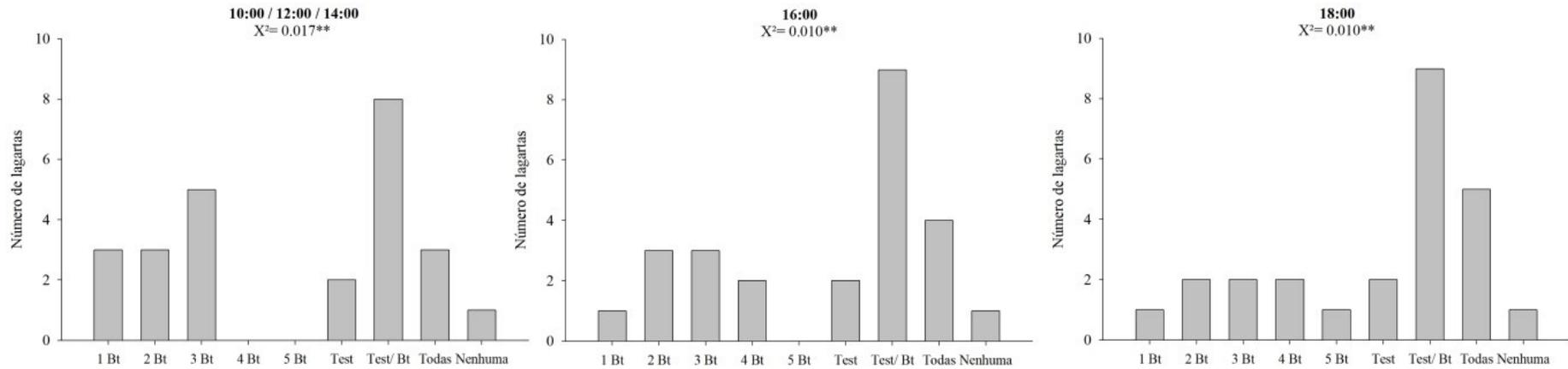


Figura 5. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no terceiro dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.

13/06/2019 e 14/06/2019

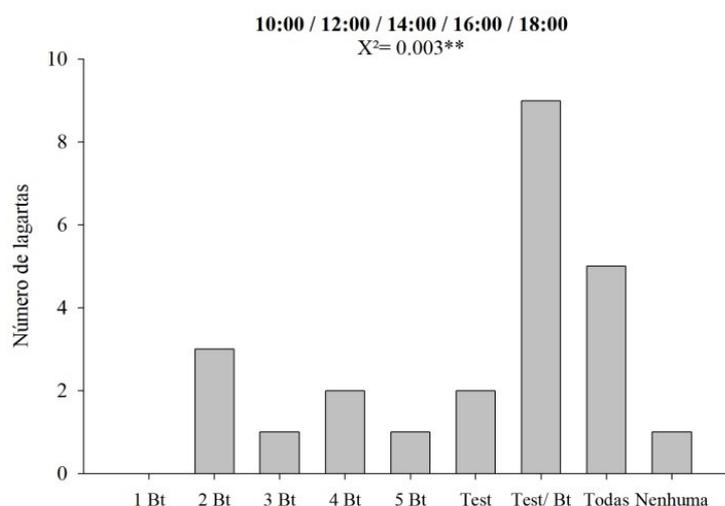


Figura 6. Frequência de lagartas de *Helicoverpa armigera* em folhas de diferentes cultivares de soja em diferentes intervalos de tempo no quarto e quinto dia de avaliação, em teste de preferência alimentar.

As variações observadas no consumo das cultivares por *H. armigera* do presente estudo podem estar relacionadas a dois fatores: qualidade nutricional de cada cultivar e a presença ou ausência de compostos aleloquímicos.

Os aleloquímicos são substâncias voláteis que influenciam no comportamento dos organismos, sendo subdivididos em alomônios e cairomônios. Os alomônios são substâncias voláteis produzidas pela planta que atuam no comportamento do inseto favorecendo a planta. O gossipol, por exemplo, presente no algodoeiro, inibe o consumo das lagartas *Helicoverpa zea* (Boddie) e *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) (GALLO et al., 2002). Morais et al. (2005) verificaram que a soja sob o ataque do percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), produz um composto volátil que atrai o parasitoide de ovo *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae) inimigo natural do percevejo-marrom.

Estudos mostram que a soja sob o ataque de insetos-praga, produz flavonoides, principal metabólito secundário que atua na defesa da planta, prejudicando o desempenho biológico do inseto (HOFFMANN-CAMPO, 1995 apud SUZANA, 2018). No entanto, a presença e a concentração de alomônios são variáveis em diferentes cultivares, além disso, os insetos pragas podem modificar sua estrutura, ficando invulneráveis a essas substâncias e até mesmo as proteínas produzidas pelo gene Bt. Esse processo é percebido em *H. armigera* que produz proteínas capazes de

desintoxicação quando se alimenta com o gossipol (CELORIO–MANCERA et al., 2011 apud SUZANA, 2018).

Já os cairomônios são substâncias presentes nas plantas que favorecem o inseto praga, ou seja, torna a planta atrativa ao ataque de um inseto, um exemplo disso, são os insetos polinizadores que são atraídos pelo cheiro e/ou cor de pétalas (GALLO et al., 2002).

A composição nutricional dos órgãos vegetativos e reprodutivos interfere no desenvolvimento dos insetos, Suzana (2015) verificou que lagartas de *H. armigera* alimentadas com folhas e panícula de azevém (*Lolium multiflorum*) não completaram a fase larval, pois a duração dos instares determina se a planta é um bom ou mal hospedeiro, visto que a fase larval dos lepidópteros é mais rápida quando as lagartas consomem alimentos com alto valor nutricional.

6. CONCLUSÃO

- Em ambos os testes as lagartas de *H. armigera* foram observadas em todas as cultivares de soja testadas.
- A cultivar Desafio IPRO (cultivar 3) e LG 60162 IPRO (cultivar 4) foram consideradas atrativas para *H. armigera*, enquanto a cultivar M 7739 IPRO (cultivar 5) foi considerada pouco atrativa.
- Na avaliação de consumo foliar, as cultivares 3 e 4 foram consideradas atrativas para o consumo.
- Em relação ao teste de preferência alimentar verificou-se que a cultivar 5 foi a que teve menor preferência para alimentação de lagartas de *H. armigera*.
- Nenhuma mortalidade por toxina Bt foi observada nos testes realizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, A.; CHOUDHURY, R. A. Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. **Tunisian Journal of Plant Protection**, v. 4, p. 99-106, 2009.
- ANGELO, E. A.; VILAS-BOAS, G. T.; HERNAN CASTRO-GOMEZ, R. J. *Bacillus thuringiensis*: general characteristics and fermentation. **Seminário de Ciências Agrárias**, v. 31, p. 945-958, 2010.
- AVILA, J. A.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. **Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados, p. 1-12, 2013.
- BERNARDI, O. **Avaliação do risco de resistência de lepidópteros-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 x MON 89788 no Brasil**. 2012. 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- BLACK, R. J. **Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva**. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ, p.1-18, 2000.
- BONATO, E. R., BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina; EMBRAPA- CNPSO, 1987. 61 p. (Documentos, 21.)
- COELHO, P. C. T. G. **Obtenção de milho transgênico por RNAi resistente ao vírus do mosaico**. 2008. 83f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 7. Brasília: CONAB, 2019.
- CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.
- CZEPAK, C.; TAY, W. T.; GUIMARAES, H. O.; CARVALHAIS, T.; SENECHAL, M. L.; SILVÉRIO, R. F. Duas em uma. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 229, p. 30-33, 2018.
- DIAS, R. **Limitação natural de *Helicoverpa armigera* (Hbn) em tomate indústria no Ribatejo: parasitoides e predadores**. Relatório (Trabalho de Graduação em Engenharia Agrônoma) - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2005. 70 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Ações emergenciais propostas pela Embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas.** Disponível em <https://www.embrapa.br/documents/10180/1602515/A%C3%A7%C3%B5es+emergenciais+propostas+pela+Embrapa+-+Documento+oficial/3a569ce1-c132-4bfa-8314-bc993ce8b920>, acesso em 05 dez. 2019.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 8 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 48).

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development.** Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, n. 80).

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S. CARVALHO, L.P.R.; BAPTISTA, C.G.; FILHO, B.E.; PARRA, P.R.J.; ZUCCHI, A.R.; ALVES, B.S.; VENDRAMIM, D.J.; MARCHINI, C.L.; LOPES, S.R.J.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola.** São Paulo: FEALQ, 2002. 920p.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Consulta de produtos formulados.** Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso 04 out. 2019

MORAES, M. C. B.; LAUMANN, R.; SUJII, E. R.; PIRES, C.; BORGES, M. Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 115, n. 1, p. 227-237, 2005.

PEREIRA, P. F. **Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) no controle de *Helicoverpa armigera* Hubner, 1809 (Lepidoptera: Noctuidea) em soja.** 2016. 97p. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade de São Paulo, 2016.

PINÓIA, S. S. F. **Eficácia de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) e spinosade no combate a *Helicoverpa armigera* (Hbn) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiro.** 2012. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica), Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; LUDKE, W. **Melhoramento da soja.** Viçosa: UFV, 2017. 563 p.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S. V.; LOPES-LIMA, A.; YANO, S. A. C.; MICHELI, A.; MORAIS, E. G. F.; GALLO, P.; PEREIRA, P. R.V.S.; SALVADORI, J. R.; BOTTON, M.; ZENKER, M. M.; AZEVEDO-FILHO, W. S. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliothinae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, p. 101-104, 2016.

SUZANA, C. S. **Desempenho biológico em função do alimento e sensibilidade a inseticidas em tratamento de sementes de soja da lagarta *Helicoverpa armigera***. 2015. 134f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

SUZANA; S. C. **Qualidade nutricional e metabólitos de folhas e legumes de soja: preferência alimentar e desempenho biológico de *Helicoverpa armigera***. 2018. 115 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

TEESE, M. G.; FARMSWOETH, C. A.; LI, Y.; COPPIN, C. W.; DEVONSHIRE, A. L.; SCOTT, C.; EAST, P.; RUSSELL, R. J.; OAKESHOTT, J. G. Heterologous expression and biochemical characterisation of fourteen esterases from *Helicoverpa armigera*. **PLoS One**, v. 8, p. e65951, 2013.

VILELA, M.; MENDES, S. M.; VALICENTE, F. H.; CARVALHO, S. S. S.; SANTOS, A. E.; SANTOS, C. A.; BARBOSA, T. A. N.; CARVALHO, E. A. R.; COSTA, V. H. **D. Metodologia para criação e manutenção de *Helicoverpa armigera* em laboratório**. Sete Lagoas, Circular técnica 203. 2014.

VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2015, 908 p.