

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROF^a CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E EFICIÊNCIA DE SOJA *Bt* NO
CONTROLE DE *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae)

VILMAR BUENO DOS SANTOS

BOM JESUS-PI
2016

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E EFICIÊNCIA DE SOJA *Bt* NO CONTROLE DE
Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae)

VILMAR BUENO DOS SANTOS
Biólogo

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Luciana Barboza Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Faria da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí - UFPI, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração (Produção Vegetal).

BOM JESUS-PI
2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

S237p Santos, Vilmar Bueno dos.
Parâmetros biológicos e eficiência de soja *Bt* no controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). / Vilmar Bueno dos Santos. – 2016.
49 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-graduação em Agronomia-Fitotecnia, Bom Jesus-PI, 2016.
Orientação: “Prof.^a Dr.^a Luciana Barboza Silva”.

1. Soja. 2. Plantas transgênicas. 3. Proteína CryIAc.
4. Lagartas – Preferência alimentar. 5. Oviposição. I. Título.

CDD 633.34

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E EFICIÊNCIA DE SOJA *Bt* NO CONTROLE DE
Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae)

por

VILMAR BUENO DOS SANTOS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA, Área de Concentração (Produção Vegetal)

Aprovada em:

Prof^ª. Dr^ª. Luciana Barboza Silva (Orientadora)
UFPI-CPCE

Prof. Dr. Alexandre Faria da Silva (Co- Orientador)
UFPI-CPCE

Prof^ª. Dr^ª Gleidyane Novais Lopes-Mielezrski (Membro Interno)
UFPI-CPCE

Prof^ª. Dr^ª Edivania de Araujo Lima (Membro Interno)
UFPI-CPCE

Prof^ª. Dr^ª. Jaqueline Zanon de Moura (Membro Externo)
UFPI-Teresina

DEDICO

Ao Deus, pelo maravilhoso dom da vida e sabedoria concedida;
Aos Meus pais Julio Bueno e Otilia Machiner, pelo amor incondicional, educação e
apoio durante a minha jornada até o presente momento;
A minha esposa Eliane Carneiro, pelo amor, carinho, companheirismo e atenção
em mais esta etapa da minha vida;
Aos meus filhos Gabriel Bueno e Fernando Vinicius, pela amor e carinho
incondicional.

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

Augusto Branco

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia Fitotecnia por toda a estrutura fornecida para a realização do trabalho.

À minha esposa Eliane Carneiro, por estar presente a cada dia em minha vida, pelo incentivo e paciência.

Ao meu filho Gabriel Bueno dos Santos pelo amor e carinho incondicional em todos os momentos da minha vida.

À Prof^a. Luciana Barboza Silva, pela orientação, paciência, dedicação, conselhos e especialmente pela oportunidade e confiança em mim depositada para a execução de mais uma etapa da minha vida acadêmica

Ao meu coorientador Dr. Alexandre Faria da Silva, por ter sido fundamental para a execução deste trabalho, pela amizade, paciência e disponibilidade.

Aos amigos e colegas do mestrado e do laboratório de fitotecnia pela amizade e que foram de fundamental importância para a realização do trabalho, em fim a todos vocês o meu muito obrigado!

BIOGRAFIA

VILMAR BUENO DOS SANTOS, filho de Julio Bueno dos Santos e Otilia Machiner dos Santos, nasceu em São João - PR no dia 26 de Novembro de 1970.

Em dezembro de 1989 concluiu o ensino médio pelo Colégio Agrícola Assis Brasil na cidade de Clevelandia - PR.

Em 2007 graduou-se em Ciências Biológicas pela Universidade Paranaense-UNIPAR- Campus Francisco Beltrão PR.

Em 2016 submeteu-se a defesa para a obtenção do título de mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal do Piauí - Campus Professora Cinobelina Elvas, trabalhando com a linha de pesquisa proteção de plantas e área de concentração Produção Vegetal.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS.....	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origem e importância da cultura da soja.....	3
2.2. Aspectos Biológicos de <i>Helicoverpa armigera</i>.....	4
2.3. Estratégias de controle	5
2.3.1. Controle químico	5
2.3.2. Controle Biológico	6
2.3.3. Plantas resistentes a insetos	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Local de Realização	8
3.2. Criação de insetos	8
3.3. Obtenção dos genótipos de soja.....	8
3.4. Atratividade de lagartas com chance de escolha	9
3.5. Atratividade de lagartas sem chance de escolha.....	10
3.6. Consumo com e sem chance de escolha	10
3.7. Atratividade e preferência para oviposição com chance de escolha	10
3.8. Bioensaio de toxicidade	12
4. RESULTADOS	13
4.1. Atratividade de lagartas com chance de escolha	13
4.2. Índices de atratividade de lagartas com chance de escolha	14
4.3. Atratividade de <i>Helicoverpa armigera</i> sem chance de escolha	16
4.4. Índices de atratividade de lagartas sem chance de escolha	17

4.5. Consumo com e sem chance de escolha	19
4.6. Atratividade de adultos de <i>Helicoverpa armigera</i> obtidos em teste com chance de escolha.....	20
4.7. Índice de atratividade para pouso de adultos	23
4.8. Preferência para oviposição em teste com chance de escolha	24
4.9. Índice de preferência para oviposição	25
5. Mortalidade.....	26
6. DISCUSSÃO	27
Atratividade de lagartas <i>Helicoverpa armigera</i> com e sem chance de escolha.....	27
Consumo com e sem chance de escolha	28
Atratividade e oviposição de <i>Helicoverpa armigera</i> obtidos em teste com chance de escolha.....	29
Mortalidade.....	31
7. CONCLUSÕES.....	32
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO

A soja geneticamente modificada para produção de proteínas Cry1AC é uma alternativa promissora no controle de insetos-alvo. O Brasil iniciou o plantio de soja transgênica em larga escala na safra 2015/16, tornando-se necessário mais informações a respeito do comportamento de *Helicoverpa armigera* em relação as cultivares de soja que expressam proteínas Bt. Com isso, o objetivo foi determinar a atratividade e preferência alimentar de lagartas de *H. armigera*, a atratividade e preferência de oviposição em diferentes cultivares de soja *Bt* e não-*Bt* e avaliar a toxicidade e eficiência dessas cultivares no controle de *H. armigera*. Na primeira etapa realizou-se o experimento para determinar a atratividade e preferência alimentar em teste com e sem chance de escolha para 12 cultivares de soja *Bt* e não-*Bt*, simultaneamente determinou-se o consumo. Em segunda etapa avaliou-se a atratividade e preferência para oviposição nos diferentes cultivares de soja, em testes com chance de escolha. Também verificou-se a eficiência das cultivares de soja no controle de *H. armigera* através de teste de toxicidade. Após análises dos dados foi possível verificar que lagartas de terceiro instar de *H. armigera* não apresentaram atratividade e preferência para alimentação, assim como as mariposas não apresentaram atratividade e preferência para oviposição entre folhas de soja *Bt* e não-*Bt* ao se contrastar simultaneamente as cultivares testadas. Na análise da área foliar consumida houve variação entre os tratamentos, sendo o tratamento RR2 o que apresentou maior área consumida, enquanto B1, Bt3 e Bt7 foram os tratamentos menos consumidos. Em relação a eficiência de controle de *H. armigera* através de cultivares de soja *Bt*, verificou se que todos os tratamentos contendo a proteína Cry1AC foram eficientes, com mortalidade entre 91 a 100% em 192 horas de avaliação.

Palavras chave: Proteína Cry1Ac, plantas transgênicas, preferência alimentar, oviposição.

ABSTRACT

The genetically modified to produce Cry1Ac is a promising alternative for the control of target insects. Brazil has started planting transgenic soy in large-scale crop in 2015/16, making it necessary to more information about the *Helicoverpa armigera* behavior in relation to soybean cultivars expressing Bt proteins. Thus, the objective was to determine the attractiveness and caterpillars feeding preference of *H. armigera*, the attractiveness and oviposition preference in different cultivars of soybean Bt and non-Bt and evaluate the toxicity and effectiveness of these cultivars in control of *H. armigera*. In the first stage was carried out the experiment to determine the attractiveness and food preference test with and no choice for 12 Bt soybean cultivars and non-Bt simultaneously determined the consumption. In the second step we evaluated the attractiveness and preference for oviposition in different soybean cultivars in tests free choice. It also verified the efficiency of soybean cultivars in control of *H. armigera* by toxicity test. After analysis of the data it was possible to verify that third instar caterpillars of *H. armigera* showed no attractiveness and preference for food, as well as the moths did not present attractiveness and preference for oviposition between Bt soybean leaves and non-Bt while simultaneously contrasting cultivars tested. In the analysis of leaf area consumed there was variation between treatments, and the RR2 treatment presented the highest consumption area, while B1, BT3 and BT7 were the treatments less consumed. In relation to *H. armigera* control efficiency by Bt soybean cultivars, it found that all treatments containing Cry1Ac protein were effective, with a mortality rate between 91 to 100% in 192 hours of evaluation.

Key words: Cry1Ac protein, transgenic plants, food preference, oviposition.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Descrição das cultivares que foram utilizadas nos experimentos, com adequação do nome dos genótipos e principais características vegetativas observadas.....08
- Tabela 2-** Número médio (\pm EP) de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas em teste com chance de escolha com 15 e 30 minutos, 1, 2, 3, 6 e 12 horas após a liberação para as diferentes cultivares de soja. Bom Jesus – PI, 2015.....13
- Tabela 3-** Número médio (\pm EP) de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas em teste sem chance de escolha com 15 e 30 minutos, 1, 2, 3, 6 e 12 horas após a liberação para as diferentes cultivares de soja. Bom Jesus – PI, 2015.....17
- Tabela 4 -** Número médio (\pm EP) de adultos de *Helicoverpa armigera* atraídos em teste com chance de escolha com 6, 12, 24 e 48 horas após a liberação, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação, Bom Jesus – PI, 2015.....21
- Tabela 5-** Número médio (\pm EP) de ovos de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha com 72 horas após a liberação, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.....25
- Tabela 6-** Porcentagem de mortalidade do terceiro ínstar larval de *Helicoverpa armigera* obtidos em diferentes cultivares de soja Bt e não-Bt. Bom Jesus – PI, 2015.....27

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Média de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas nas 7 avaliações em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.....14
- Figura 2-** Índice de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja A) 30 min, B) 1 hora, C) 2 horas, D) 3 Horas, E) 6 horas e F) 12 horas após início da avaliação em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.....15
- Figura 3-** Índice de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja da média geral de todas as avaliações em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.....16
- Figura 4-** Média de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas nas 7 avaliações em teste sem chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.....17
- Figura 5-** Índice de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja A) 30 min, B) 1 hora, C) 2 horas, D) 3 Horas, E) 6 horas e

F) 3 horas após início da avaliação em teste sem chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.....18

Figura 6- Índice de atratividade de lagartas de 3º instar de *Helicoverpa armigera* atraídas nas 7 avaliações em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.....19

Figura 7- Área foliar consumida (cm²) por lagartas de 3º instar de *Helicoverpa armigera* obtidas em teste com chance de escolha em diferentes cultivares de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Bom Jesus – PI, 2015.....19

Figura 8- Área foliar consumida de lagartas de 3º instar de *Helicoverpa armigera* obtidas em teste sem chance de escolha em diferentes cultivares de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Bom Jesus – PI, 2015.....20

Figura 9- Número médio de adultos de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha em, A) 6 horas, B) 12 horas, C) 24 horas e D) 48 horas após a liberação, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.....22

Figura 10- Número médio de adultos de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha em quatro avaliações, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.....22

Figura 11- Índice de atratividade de adultos de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja, A) 6 horas, B) 12 horas, C) 24 horas e D) 48 horas em teste com chance de escolha em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.....23

Figura 12- Índice de atratividade de adultos de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja da média geral de teste com chance de escolha em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.24

Figura 13- Índice de preferência para de *H. armigera* e classificação de cultivares de soja na parte, A) inferior, B) mediana, C) superior e D) todas as parte da planta após 72 horas em teste com chance de escolha em casa de vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.....26

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa uma posição de destaque na produção mundial de “commodities” agrícolas, mantendo-se entre os maiores produtores de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Na safra 2014/2015, segundo dados da CONAB (2015), o país ocupou a segunda posição na produção mundial desta leguminosa, com área plantada de aproximadamente 32.092,9 milhões de hectares e produção superior a 90 milhões de toneladas, e expectativa de aumento na área plantada de 3,5% na safra 2015/2016.

A cultura é responsável pelo fornecimento da metade da demanda mundial de óleo vegetal e representa uma das principais fontes de proteína para o consumo animal (BUENO et al., 2012). Porém, existem fatores que podem comprometer a produtividade e a qualidade dos grãos produzidos, como os insetos-praga. Na cultura da soja destacam-se os percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) e o complexo de lagartas desfolhadoras, como *Spodoptera* spp., *Heliothis virescens* Fabricius, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) a qual foi registrada a ocorrência no Brasil, a partir da safra 2012/2013 (CZEPAK et al., 2013; KOTKAR et al., 2009).

A ocorrência da *H. armigera* foi registrada em vários estados brasileiros, atacando folhas, flores, vagens e grãos, principalmente nas culturas da soja e algodão (ÁVILA et al., 2013). Na região do Cerrado, a ocorrência de *H. armigera* foi observada a partir de fevereiro de 2013, causando sérios prejuízos econômicos em soja, milho, algodão, feijão e sorgo. Na Bahia, os custos decorrentes da infestação dessa praga foram estimados em cerca de US\$ 1 bilhão, em áreas de soja, algodão e milho, devido ao aumento do número de aplicações de inseticidas e redução da produtividade, os estados brasileiros mais atingidos foram Goiás, Bahia, Mato Grosso e Piauí (ÁVILA et al., 2013; CZEPAK et al., 2013).

O controle da lagarta *H. armigera* em quase todos os sistemas de cultivo no mundo é realizado, basicamente, por aplicações de inseticidas químicos (MARTIN et al., 2002; SABER et al., 2013). Assim, esta espécie-praga tem sofrido uma forte pressão de seleção e resistência aos inseticidas dos principais grupos químicos, documentados na Austrália, Ásia, África e diversos outros países (MCCAFFERY, 1998), demonstrando a necessidade de desenvolvimento e de utilização de novas técnicas de controle para auxiliar no manejo integrado de pragas. Neste contexto, as espécies de plantas transgênicas ou organismos

geneticamente modificados (OGMs), resistentes a insetos, são ferramentas importantes à serem utilizadas nas estratégias de controle.

As plantas geneticamente modificadas, que expressam as proteínas inseticidas Cry, um grupo de endotoxinas produzidas por diferentes estirpes da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) que tem toxicidade específica para insetos, capaz de solubilizar cristais proteicos no intestino médio do inseto, levando o mesmo a paralisia e a morte, atingindo apenas o inseto alvo (BRAVO et al., 2007; FLUZA, 2009; KNOWLES, 1994).

A utilização de plantas geneticamente modificadas para a implantação dos campos de produção apresenta um aumento gradativo e rápido. Em 2008, a área plantada de GM com sementes transgênicas, foi de 125 milhões de hectares, aumentando para 170 milhões de hectares em 2012, distribuídos em 28 países (JAMES, 2010; 2012).

No Brasil a primeira planta resistente a insetos liberada para plantio foi o milho em 2007, com o evento YieldGard®, que expressa a proteína Cry1Ab de *B. thuringiensis*, e em 2010 foi aprovado o primeiro evento Bt em soja tolerante a insetos. Esta tecnologia possui genes que codificam a expressão da proteína Cry1Ac de *B.thuringiensis*, comercializada como INTACTA RR2 PRO™ confere tolerância ao glifosato para manejo de ervas daninhas que competem com a cultura, e também, apresenta um controle contra as principais lagartas, sendo elas a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), lagarta-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*), lagarta-das-maçãs (*Heliothis virescens*) e a broca-das-axilas (*Crocidosema aporema*), além de supressão às lagartas do tipo Elasm (*Elasmopalpus lignosellus*) e Helicoverpa (*Helicoverpa zea* e *Helicoverpa armigera*) (BERNARDI, 2012; MATEUS; SILVA, 2013).

A soja que expressa a proteína Cry1Ac de *B.thuringiensis* e confere resistência a insetos, tem a vantagem de ser seletiva aos insetos-praga, reduzindo o uso de inseticida químico e proporcionando maior equilíbrio através dos inimigos naturais, porém, o plantio sucessivo de soja *Bt* aumenta os riscos de seleção de indivíduos resistentes. Para manter o nível de eficiência de controle e conservar a tecnologia, faz-se necessário conhecer a relação inseto-hospedeiro e manter as áreas de refúgios de forma adequada e eficiente. Resultados com *H. armigera* e *Trichoplusia ni* (Hübner) mostram que há correlação entre o desempenho da fase larval e o condicionamento prévio de adultos na preferência quanto à oviposição (CUNNINGHAM et al., 1998; SHIKANO et al., 2010).

A soja geneticamente modificada para produção de proteínas Cry1AC é uma alternativa promissora no controle de insetos-alvo. O Brasil está iniciando o plantio de soja

transgênica em larga escala na safra 2015/16, tornando-se necessário mais informações a respeito do comportamento desta espécie praga em relação as cultivares de soja que expressam proteínas Bt. Com isso, o objetivo foi determinar a atratividade e preferência alimentar de lagartas de *H. armigera*, a atratividade e preferência de oviposição em diferentes cultivares de soja Bt e não-Bt e avaliar a toxicidade e eficiência dessas cultivares no controle de *H. armigera*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origem e importância da cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma oleaginosa pertencente a família das leguminosas, originária da Ásia e com centro de origem na China. É cultivada a cerca de cinco mil anos e a sua introdução no Brasil ocorreu no século XX. Os maiores produtores mundiais desta cultura são os Estados Unidos, seguido pelo Brasil, Argentina e China que, juntos, são responsáveis por 90% da produção mundial (CALLOU, 2009). A expansão da área cultivada deu-se a partir da década de 60, motivada pela riqueza nutricional do óleo beneficiado a partir do grão, introduzido na dieta humana, e pela demanda do mercado internacional (MUNDSTOK; THOMAS, 2005).

Nas últimas décadas, a produção de soja no mundo é uma das atividades econômicas com alta demanda, fato devido ao desenvolvimento e estruturação de um sólido mercado da soja no Brasil e internacionalmente, por tratar-se de uma importante fonte de proteína vegetal e pela geração de novas tecnologias para a exploração dos grãos (HIRAKURI; LAZZAROTO, 2011). A soja tornou-se a oleaginosa mundialmente mais importante em produção sob cultivo extensivo ou rotacional, com maior produção de proteína por hectare, quando comparada as demais espécies de lavouras comerciais (ZADINELLO et al., 2012).

No Brasil, a soja se tornou uma das mais importantes culturas de exploração comercial nas últimas décadas, graças a infinidade de utilidade na indústria (KOLCHINSKI et al., 2006). Esse crescimento levou o país ao posto de segundo maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, com área plantada de 32 milhões de hectares e uma produção superior a 90 milhões de toneladas na safra de 2014/2015 (CONAB, 2015).

O cultivo da soja nos Cerrados proporcionou o aumento das áreas de produção e o rendimento da cultura pelo plantio de variedades que se adaptaram às condições desse bioma.

Esta leguminosa é uma das mais importantes culturas na economia mundial, responsável pelo avanço das fronteiras agrícolas, que hoje abrange o Cerrado e outras regiões brasileiras (ALVES et al., 2011).

No entanto, plantios sucessivos da cultura favorece o aumento de problemas fitossanitários afetando diretamente a produtividade. Dentre os problemas, destaca-se os insetos-praga capazes de limitar a produção de grãos, como os percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) e o complexo de lagartas desfolhadoras ex. *Spodoptera* spp, *Heliothis virescens* (Fabricius), *Anticarsia gemmatalis* Hubner, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) e o complexo *Plusia*. Posteriormente, o registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), nos sistemas agrícolas brasileiro culminou no expressivo aumento de perdas na produção de grãos, incluindo a cultura da soja no Brasil (CZEPAK et al., 2013). Estima-se que a perda mundial causada por estas chega a U\$\$ 5 bilhões por ano, também há relatos de que a perda anual causada pela praga supera U\$\$ 2 bilhões apenas na região dos trópicos e semi-áridos, o custo anual da aplicação de inseticidas nas lavouras, para o controle dessa praga, é de U\$ 500 milhões (EMBRAPA, 2013).

2.2. Aspectos Biológicos de *Helicoverpa armigera*

A espécie *Helicoverpa armigera* Hübner pertence à Ordem Lepidoptera e à Família Noctuidae é um inseto de metamorfose completa, em que o seu desenvolvimento biológico passa pelas fases de ovo, lagarta, pré-pupa, pupa e adulta. A porção apical do ovo é lisa, porém o restante da sua superfície é esculpida em forma de nervuras longitudinais. O período de incubação dos ovos é, em média, de 3,3 dias, com o seu comprimento variando de 0,42 mm a 0,60 mm e a largura de 0,40 mm a 0,55 mm (ÁVILA et al., 2013).

O período larval de *H. armigera* é completado após o desenvolvimento de seis distintos ínstares. Nos primeiros três instares as lagartas apresentam coloração variando de branco-amarelada a marrom-avermelhada, e cápsula cefálica entre marrom-escuro a preto, alimentam-se inicialmente das partes mais tenras das plantas, onde podem produzir um tipo de teia ou até mesmo formar um pequeno casulo. A partir do quarto instar as lagartas mudam de coloração, passando do amarelo-palha ao verde, com listras de coloração marrom na lateral do tórax, abdome e cabeça (ALI; CHOUDHURY, 2009; MATTHEWS, 1999).

No final do período larval entra na fase de pré-pupa a qual compreende o período entre o momento em que a lagarta cessa a sua alimentação, até a fase de pupa. O desenvolvimento

da pupa ocorre no solo e, dependendo das condições climáticas, principalmente do foto período e temperatura, podem entrar em diapausa (facultativa), permanecendo neste estado até encontrar condições favoráveis para sua reprodução, passando então para a fase adulta (MIRONIDIS et al., 2010; WILSON et al., 1979).

Durante a fase adulta a mariposa cerca de 5,3 dias, pode ovipositar de 2.200 a 3.000 ovos sobre as plantas hospedeiras, caracterizando o elevado potencial reprodutivo desta espécie (KARIM, 2000; NASERI et al., 2011). A oviposição é normalmente realizada durante o período noturno, com o posicionamento dos ovos de forma isolada ou em pequenos agrupamentos, preferencialmente na face adaxial das folhas ou sobre os talos, flores, frutos e brotações terminais com superfícies pubescentes (MENSAH, 1996).

2.3. Estratégias de controle

2.3.1. Controle químico

O emprego de inseticidas químicos para controle de *Helicoverpa armigera* tem sido largamente utilizado nos ambientes agrícolas nos locais de ocorrência da praga, em razão de ser muitas vezes, uma alternativa de controle de ação rápida, confiável e econômica (ÁVILA et al., 2013).

A utilização de produtos sintéticos na agricultura cresce anualmente com a exploração agrícola intensiva, pois os mesmos contribuem para aumento da produção animal e vegetal em razão da redução de pragas que podem causar doenças e/ou prejuízos econômicos. Entre os diversos compostos utilizados estão os carbamatos (ésteres do ácido carbâmico), organofosforados, espinosinas, piretróides, *Bacillus thuringiensis*, Diamidas e Indoxacarb, entre outros. Em geral, estes praguicidas causam rompimento de membrana, inibição de nutrientes e transporte de íons, inibição do metabolismo ou o rompimento do controle hormonal dos processos fisiológicos do inseto-praga (HECKEL, 2012).

As espinosinas atuam no estímulo do receptor colinérgico, induzindo persistente ativação alostérica dos receptores nicotínicos de acetilcolina, acarretando a morte dos insetos (PERRY et al., 2011). As diamidas atuam como moduladores de receptores de rianodina (WAKIL, et al., 2012). A ação do Indoxacarb está ligada ao bloqueio de canais de sódio dependentes da voltagem (IRAC, 2011).

Os piretróides são uma importante classe de inseticidas que responde por cerca de um quarto do mercado de inseticidas do mundo devido a sua ação rápida, de amplo espectro e baixas propriedades de toxicidade para os mamíferos (HOUGARD et al., 2003; SODERLUND; KNIPPLE, 2003). Eles têm sido extensivamente utilizados no controle de pragas e vetores de doenças humanas e animais em todo o mundo (SODERLUND; KNIPPLE, 2003). No entanto, o uso indiscriminado desses produtos podem causar danos ao meio ambiente, riscos a saúde humana, além da pressão de seleção causada aos insetos praga e consequentemente a resistência.

2.3.2. Controle Biológico

O controle biológico consiste na regulação populacional, seja de plantas ou animais, por inimigos naturais, que são os agentes bióticos de mortalidade. Envolve o mecanismo da densidade recíproca (ou densidade-dependente), o qual atua de tal forma que uma população é regulada por outra população (PARRA et al., 2002).

É uma importante estratégia que, através da liberação, incremento e conservação de inimigos naturais (parasitoides, predadores e microrganismos), impede que os insetos-praga atinjam níveis capazes de causar dano econômico, tendo como principais vantagens, não deixar resíduo no ambiente, ser atóxico para o homem e ser específico (OLIVEIRA; ÁVILA, 2010).

A cultura da soja é um exemplo clássico de um dos maiores programas de controle biológico do mundo. O MIP-Soja, desenvolvido pela Embrapa Soja (CNPSo) e outras instituições parceiras, desenvolveu e estimulou o uso de *Baculovirus anticarsia* para o controle da lagarta da soja. Para exemplificar a dimensão do MIP-Soja, na safra 1997/1998 *B. anticarsia* foi utilizado em 2 milhões de hectares de soja no Brasil (MOSCARDI et al., 2011), tornando-se o maior programa de controle biológico no mundo naquela ocasião. Atualmente, com a ocorrência de *Helicoverpa armigera*, uma nova praga que foi recentemente detectada em nosso país, mas que vem causando perdas significativas no sistema de produção, o controle biológico tem sido relatado como uma das alternativas promissoras para o manejo desta praga (ÁVILA et al., 2013).

Além disso, o controle biológico aplicado apresenta um grande potencial na cultura da soja com o uso de parasitoides, como *Trichogramma pretiosum*, um importante agente de controle biológico capaz de parasitar ovos de diversas espécies de lepidópteros, como

Anticarsia gemmatalis, *Heliothis virescens*, *Chrysodeixis includens* e da espécie *H. armigera* (BUENO et al., 2012).

2.3.3. Plantas resistentes a insetos

O uso de plantas geneticamente modificadas ou transgênicas, considerado base para o manejo de pragas. As plantas transgênicas que expressam proteínas derivadas de *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*), especialmente as que expressam mais de uma proteína *Bt*, tem sido eficientes no controle de espécies-alvos, representando uma alternativa de redução do uso de controle químico e seu impacto no meio ambiente, demonstrando-se como promissora para o manejo de *Helicoverpa armigera*. O transgênico mais utilizado no controle de pragas é aquele que expressa o produto do gene *Cry* de *B. thuringiensis*, que pode ser observado em diversas culturas, como milho, batata, canola, algodão, soja e arroz (NARANJO, 2009).

O *Bacillus thuringiensis* atua através das toxinas *Cry*, detentoras do poder tóxico para controle dos insetos, que são sintetizadas na forma de prótoxinas. O mecanismo de ação ocorre através da ingestão de *B. thuringiensis*, solubilização e ativação da toxina no intestino médio do inseto, oligomerização, inserção de oligômeros na membrana do intestino médio do inseto, formação de poros, desregulação osmótica e morte das células. Este mecanismo também ocorre em plantas resistentes a insetos que contém a proteína *Cry* (ÂNGELO et al., 2010).

A eficiência do *Bt* varia com as espécies de plantas transgênicas e os insetos praga, as toxinas mais ativas e tóxicas para lagartas de *H. armigera* são as *Cry1Ac* e *Cry2Aa*. Lagartas neonatas de *H. armigera* coletadas em milho foram duas vezes mais tolerantes ao *Bt* do que aquelas coletadas em algodão e girassol (GUJAR et al., 2001). Lagartas de *H. armigera* criadas em dietas contendo repolho, couve-flor e milho foram mais suscetíveis ao *Bt* do que aquelas alimentadas com dietas a base de grão-de-bico, ervilha verde e feijão-guandu, sugerindo que a planta hospedeira tem uma grande influência sobre a atividade biológica de *Bt* para *H. armigera* (PARAMASIVA et al., 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de Realização

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fitotecnia e em casa de vegetação – Campus Prof^a Cinobelina Elvas – UFPI, Bom Jesus, PI, no período de julho a dezembro de 2014.

3.2. Criação de insetos

As populações de *H. armigera* utilizadas foram provenientes da criação de insetos da própria instituição, mantidas em dieta artificial adaptada de Karsten Jr. et al. (1978). Lagartas neonatas (<24h de idade) foram individualizadas e transferidas para recipientes plásticos de 100 mL, com tampa, contendo dieta artificial até atingirem a fase de pupa. Os adultos foram transferidos para gaiolas de PVC (40 cm h x 30 cm Ø), recoberta internamente com folhas de papel sulfite para oviposição, alimentados com uma solução a base de água e mel (9:1), mantidos em condições de laboratório (25±5°C, 60±10% UR, 12:12 LD). Os ovos foram coletados e armazenados em sacos plásticos mantidos em condições de laboratório até a eclosão das lagartas, mantendo-se assim o ciclo completo e constante oferta de indivíduos na idade correta para serem utilizados nos experimentos.

3.3. Obtenção dos genótipos de soja

Foram utilizados 12 cultivares de soja, sendo 8 cultivares de soja Bt, geneticamente modificadas, contendo o gene Bt Cry e 4 não-Bt (Tabela 1). Para a obtenção das folhas utilizadas nos experimentos, as cultivares foram semeadas em vasos plásticos com capacidade de 5 litros, colocando-se 6 sementes/vaso, mantidos em casa de vegetação com adubação de acordo com a taxa de extração da cultura, estágio V5 foi realizado desbaste deixando apenas 3 plantas por vaso.

Tabela 1- Descrição das cultivares que foram utilizadas nos experimentos, com adequação do nome dos genótipos e principais características vegetativas observadas.

Tratamento	Cultivar	Tecnologia	Maturação Relativa	Tipo de crescimento	Cor da Flor	Exigência fertilidade	Acamamento
Bt1	MG 2183	I PRO	8.3	Determinado	Roxa	Alta	Tolerante
Bt2	M8210	I PRO	8.2	Determinado	Branca	Alta	Resistente
Bt3	M 8644	I PRO	8.6	Determinado	Roxa	Alta	Resistente
Bt4	M 8372	I PRO	8.3	Determinado	Branca	Alta	Resistente
Bt5	AS 3820	I PRO	8.2	Determinado	Roxa	Alto	Moderado
Bt6	M 8330	I PRO	8.3	Determinado	Roxa	Alta	Resistente
Bt7	HK 8314	I PRO	8.3	Determinado	Branca	Alta	Moderado
Bt8	HK 8514	I PRO	8.5	Determinado	Branca	Alta	Moderado
RR1	M 9144	RR	9.1	Determinado	Roxa	Média	Moderado
RR2	FTS Campo novo	RR	8.3	Indeterminado	Branca	Alta	Resistente
RR3	FTS Paragominas	RR	9.3	Determinado	Roxa	Média	Moderado
CONV	M 9350	Convencional	9.3	Determinado	Roxa	Média	Moderado

CONV= Convencional: Não possui nenhum evento

RR= RR Possui evento de tolerância ao herbicida Glifosato

Bt= I PRO: Possui os dois eventos, tolerância ao Glifosato e proteção contra lagartas

3.4. Atratividade de lagartas com chance de escolha

Visando avaliar a atratividade de lagartas de terceiro instar de *H. armigera* pelas cultivares de soja Bt e não-Bt sob condições de livre escolha, 2 indivíduos por cultivar foram liberados no interior de arenas circulares plásticas (50 cm de diâmetro x 10 cm de altura), contendo discos foliares (5 cm Ø) dos diferentes tratamentos. Antes da instalação dos ensaios as lagartas foram submetidas a 12 horas de jejum. As lagartas presentes nos discos foram avaliadas, 15 e 30 min. e 1, 2, 3, 6 e 12 horas após a liberação. Ao término da contagem foi estimado o índice de atratividade, (BALDIN; LARA, 2001; BALDIN et al., 2005; LIN et al., 1990), através da fórmula:

$$IA = 2T / (T + P)$$

Onde:

IA = Índice de atratividade

T= nº de insetos atraídos para a cultivar avaliada

P= nº de insetos atraídos para a cultivar padrão

Os valores de IA variam entre zero e dois, sendo que:

IA = 1 indica atração semelhante entre a cultivar avaliada e o padrão

IA < 1 corresponde a uma menor atração pela cultivar

IA > 1 indica maior atração pela cultivar avaliada em relação ao padrão

As cultivares foram classificadas comparando-se os índices obtidos na cultivar avaliada com a padrão dotando-se o erro padrão (EP) da média do ensaio para sua diferenciação. Esse ensaio foi realizado sob condições de laboratório ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ UR, 12:12 LD), seguindo o delineamento em blocos ao acaso com 10 repetições.

3.5. Atratividade de lagartas sem chance de escolha

Neste caso, discos de cada cultivar foram colocados isoladamente no centro de placas de Petri (8 x 2 cm), juntamente com 2 lagartas. Avaliou-se o número de lagartas presentes nos discos aos 15 e 30 min e 1, 2, 3, 6 e 12 horas após a liberação. Ao término da contagem foi calculado o índice de atratividade descrito para o teste com chance de escolha. Cada placa representa uma parcela, efetuando 10 repetições por cultivar em um delineamento inteiramente casualizado. Esse ensaio foi realizado sob condições de laboratório ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ UR, 12:12 LD). Seguindo os mesmos critérios de avaliação utilizados no teste com chance de escolha.

3.6. Consumo com e sem chance de escolha

Simultaneamente ao teste de atratividade, também foi avaliado consumo dos discos foliares por lagartas de terceiro instar de *H. armigera*. A avaliação foi realizada quando o consumo em um dos discos de soja apresentou área consumida próximo a 90%, quando os discos foram medidos com auxílio do medidor de área foliar (LI-COR (LAI-3000 A), para determinar a área consumida pelas lagartas. Este teste seguiu o mesmo delineamento e repetições conforme avaliação de atratividade. O consumo foliar também foi observado em teste sem chance de escolha.

3.7. Atratividade e preferência para oviposição com chance de escolha

A atratividade e a preferência para oviposição foram avaliadas em testes de chance de escolha em casa de vegetação, revestida com tela antiafídica, foram posicionados 4 vasos/cultivar com 3 plantas de soja cada, nos estádios R3 a R5, das diferentes cultivares em espaçamento de 30 cm entre vasos e 40 cm entre linhas de vasos. No centro da casa de

vegetação, a 50 cm acima das plantas, foi liberado um casal de mariposas de *H. armigera* por vaso de soja. Os insetos foram liberados às 6 h da manhã, e as avaliações de atratividade foram realizadas 6, 12, 24 e 48 horas após a liberação.

Ao término do teste de atratividade foi calculado o índice de atratividade (BALDIN; LARA, 2001; BALDIN et al., 2005; LIN et al., 1990), através da fórmula:

$$IA=2T/(T+P)$$

Onde:

IA = Índice de atratividade

T= n° de insetos atraídos para a variedade avaliada

P= n° de insetos atraídos para a variedade convencional

Os valores de IA variam entre zero e dois, sendo que:

IA = 1 indica atração semelhante entre a cultivar avaliada e o padrão suscetível

IA < 1 corresponde a uma menor atração pelo genótipo

IA > 1 indica maior atração pela cultivar avaliada em relação ao padrão.

As cultivares foram classificadas comparando-se os índices obtidos na cultivar avaliada com a cultivar padrão, adotando-se o erro padrão (EP) da média do ensaio para sua diferenciação.

A oviposição foi avaliada 72 horas após a liberação dos insetos, contando-se o número de ovos por cultivares de soja. Também foi calculado o índice de preferência para oviposição (FENEMORE, 1980; BALDIN et al., 2005; BALDIN et al., 2007), através da fórmula:

$$IPO= [(T-P)/(T+P)]*100$$

Onde:

IPO= Índice de preferência para oviposição

T=n° de ovos contados nas cultivares avaliadas

P= n° de ovos contados nas cultivares convencionais

O índice varia de:

+ 100 (muito estimulante)

-100 (total deterrência)

0 o indicativo de neutralidade

A cultivar utilizada como padrão nos bioensaios foi a que apresentou maior atratividade e consumo no teste com chance de escolha.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com 12 tratamentos, com quatro repetições. Cada repetição constituída por um vaso com três plantas de soja. Após a avaliação foi realizado a análise de variância e quando houve diferença significativa entre as cultivares foi realizado o teste de Tukey ($P < 0,05$) para a comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2002).

3.8. Bioensaio de toxicidade

Discos foliares com 5 centímetros de diâmetro foram cortados e um disco de cada cultivar, colocado individualmente em pote plástico de 100 mL. Para o bioensaio, uma larva de *Helicoverpa armigera* de terceiro instar foi colocada em cada pote, tampados e mantidos em condições de laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ UR, 12:12 LD). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 11 tratamentos, com seis repetições por tratamento; cada parcela foi constituída de 10 lagartas em terceiro instar para um total de 60 lagartas. A mortalidade das lagartas foi avaliada a cada 48 horas durante oito dias. Quando houve diferença significativa entre as cultivares foi realizado o teste de Tukey ($P < 0,05$) para a comparação das médias, utilizando-se os programas estatístico SAS (SAS Institute, 2002).

A mortalidade natural ocorrida no controle abaixo de 10%, previamente, os valores da mortalidade foram corrigidos utilizando a fórmula de Abbott (1925), descrita a seguir:

$$Mc(\%) = \frac{\%Mo - \%Mt}{100 - \%Mt} \times 100$$

Onde:

Mc = Mortalidade corrigida

Mo = Mortalidade observada

Mt = Mortalidade na testemunha

4. RESULTADOS

4.1. Atratividade de lagartas com chance de escolha

O efeito tempo foi significativo demonstrando que nas avaliações de 15, 30 min, 1, 3 e 12 horas ocorreram maiores médias de atratividade larval. As avaliações de 2 e 6 horas foram as que apresentaram menores médias (Tabela 2). Também houve diferença para atratividade das lagartas entre as cultivares, sendo que maiores médias ocorreram nas cultivares Bt1, Bt5 e Bt7, os cultivares que apresentaram menores médias de indivíduos atraídos foram Bt8 e Conv (Figura 1).

Tabela 2- Número médio (\pm EP) de lagartas de 3^o ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas em teste com chance de escolha com 15 e 30 minutos, 1, 2, 3, 6 e 12 horas após a liberação para as diferentes cultivares de soja. Bom Jesus – PI, 2015.

Cultivar	Tempo						
	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h
Bt1	1 \pm 0 Aa	0,7 \pm 0,1 ABCab	1 \pm 0 Aa	0,7 \pm 0,1 ABab	0,4 \pm 0,1 BCbc	0,2 \pm 0,01 Cc	0,6 \pm 0,07 ABCb
Bt2	0,6 \pm 0,16 ABbc	0,6 \pm 0,1 ABCbc	0,7 \pm 0,1 ABCab	0,4 \pm 0,07 ABCbc	0,3 \pm 0,04 Cc	0,3 \pm 0,03 BCc	1 \pm 0,1 Aa
Bt3	0,7 \pm 0,08 ABab	0,7 \pm 0,1 ABCab	0,5 \pm 0,01 BCDab	0,4 \pm 0,06 ABCb	0,8 \pm 0,09 ABa	0,5 \pm 0,07 ABCab	0,5 \pm 0,09 BCab
Bt4	0,9 \pm 0,07 ABa	0,5 \pm 0,04 BCb	0,5 \pm 0,04 BCDb	0,4 \pm 0,06 ABCb	0,4 \pm 0,04 BCb	0,2 \pm 0,03 Cb	0,5 \pm 0,02 BCb
Bt5	0,8 \pm 0,1 ABab	0,9 \pm 0,7 ABab	0,8 \pm 0,1 ABab	0,8 \pm 0,1 Aab	1 \pm 0,03 Aa	0,7 \pm 0,1 ABab	0,6 \pm 0,2 ABCb
Bt6	0,6 \pm 0,07 ABab	0,4 \pm 0,08 Cbc	0,5 \pm 0,09 BCDab	0,6 \pm 0,1 ABab	0,8 \pm 0,08 ABa	0,1 \pm 0,01 Cc	0,3 \pm 0,03 Cbc
Bt7	0,6 \pm 0,1 ABab	0,6 \pm 0,1 ABCab	0,6 \pm 0,1 ABCDab	0,7 \pm 0,1 ABab	0,9 \pm 0,07 Aa	0,5 \pm 0,09 ABCb	0,7 \pm 0,1 ABCab
Bt8	0,5 \pm 0,1 Bab	0,6 \pm 0,07 ABCa	0,2 \pm 0,03 Db	0,4 \pm 0,03 ABCab	0,6 \pm 0,1 ABCa	0,4 \pm 0,06 ABCab	0,5 \pm 0,07 BCab
RR1	0,5 \pm 0,06 Babc	0,4 \pm 0,1 Cbc	0,3 \pm 0,03 CDc	0,4 \pm 0,1 ABCbc	0,7 \pm 0,1 ABCab	0,8 \pm 0,1 Aa	0,8 \pm 0,1 ABa
RR2	0,5 \pm 0,1 Babc	0,4 \pm 0,08 Cbc	0,5 \pm 0,1 BCDabc	0,5 \pm 0,1 ABCbc	0,3 \pm 0,04 Cc	0,7 \pm 0,1 ABab	0,8 \pm 0,1 ABa
RR3	0,6 \pm 0,07 ABbc	1 \pm 0,07 Aa	0,8 \pm 0,08 ABab	0,5 \pm 0,07 ABCc	0,4 \pm 0,08 BCc	0,4 \pm 0,04 ABCc	0,3 \pm 0,03 Cc
Conv	0,6 \pm 0,1 ABa	0,3 \pm 0,03 Cab	0,6 \pm 0,07 ABCDa	0,4 \pm 0,08 BCab	0,3 \pm 0,04 Cab	0,5 \pm 0,06 ABCab	0,5 \pm 0,08 BCab
CV(%)							50,7
F							4,8

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

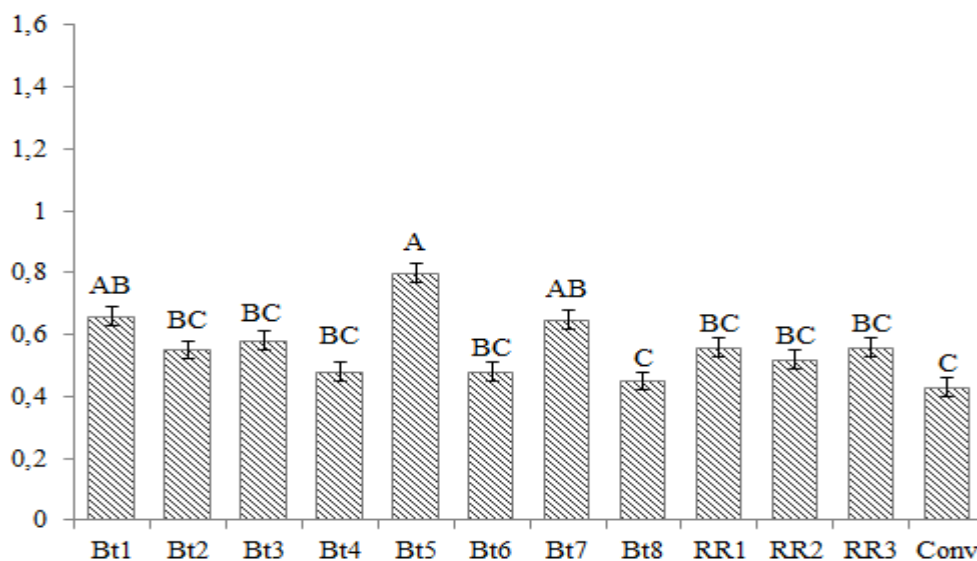


Figura 1- Média de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas nas 7 avaliações em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.

4.2. Índices de atratividade de lagartas com chance de escolha

Os índices de atratividade variaram entre os tempos de avaliação, na avaliação aos 30 min os tratamentos Bt2 e Conv foram neutras e os demais tratamentos foram atrativos, porém, nas avaliações de 6 e 12 horas apenas os tratamentos Bt2 e RR1 foram atrativos (Figura 2). Os índices variaram entre os tratamentos, onde no índice médio os tratamentos Bt1, Bt3, Bt5 e Bt apresentaram-se mais atrativos em quase todas as avaliações, enquanto Bt4, Bt6, Bt8 e Conv foram mais repelentes (Figura 3).

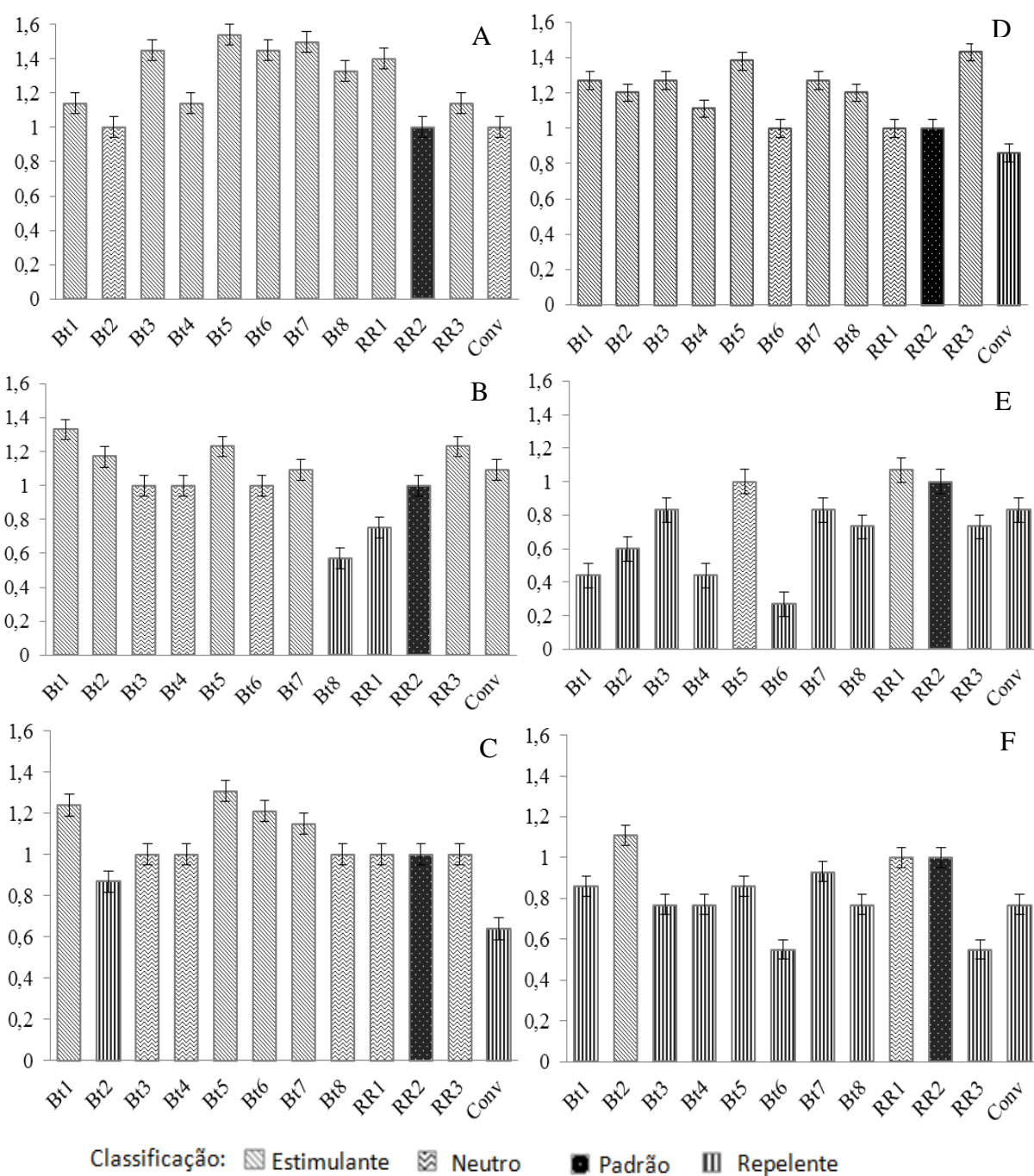


Figura 2- Índice de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja A) 30 min, B) 1 hora, C) 2 horas, D) 3 Horas, E) 6 horas e F) 12 horas após início da avaliação em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.

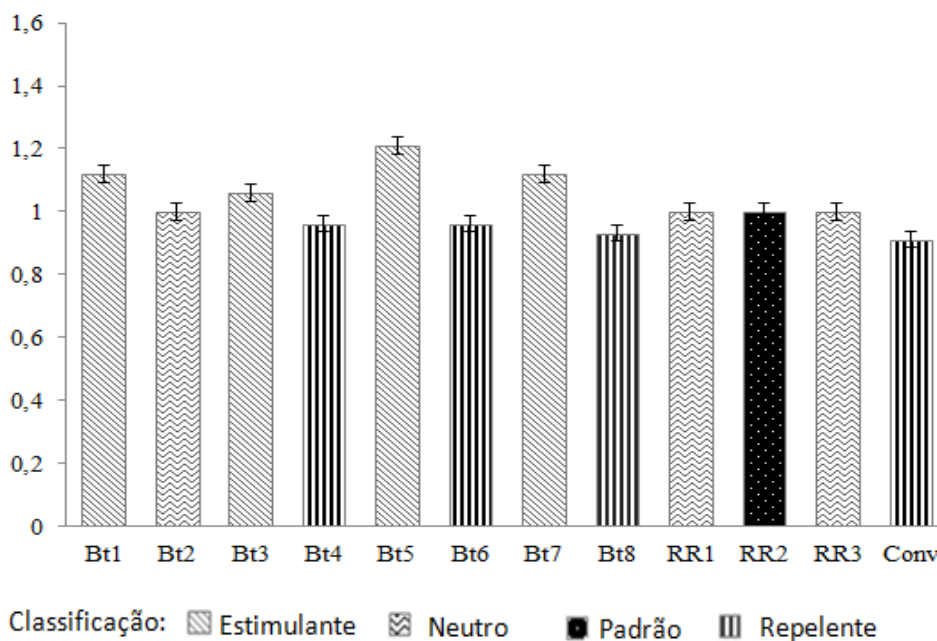


Figura 3- Índice de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja da média geral de todas as avaliações em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.

4.3. Atratividade de *Helicoverpa armigera* sem chance de escolha

Houve variação entre os tempos de avaliação, demonstrando que esse efeito foi mais significativo nas primeiras avaliações aos 15, 30 min e 1 h (Tabela 3). Também houve variação entre os tratamentos, onde Bt3 e Bt8 apresentaram maiores médias de lagartas atraídas, em contraste RR1 e RR3 apresentaram menores médias de lagartas atraídas (Figura 4).

Tabela 3- Número médio (\pm EP) de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas em teste sem chance de escolha com 15 e 30 minutos, 1, 2, 3, 6 e 12 horas após a liberação para as diferentes cultivares de soja. Bom Jesus – PI, 2015.

Cultivares	Tempo							
	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	
Bt1	0,6 \pm 0,09 CDab	0,7 \pm 0,1 BCa	0,3 \pm 0,07 DEb	0,5 \pm 0,09 Aab	0,6 \pm 0,08 ABab	0,4 \pm 0,05ABab	0,5 \pm 0,09 ABab	
Bt2	0,7 \pm 0,08 BCbc	1,1 \pm 0,6 Aa	0,8 \pm 0,08 ABab	0,5 \pm 0,09 Abcd	0,3 \pm 0,06 Bd	0,4 \pm 0,08 ABcd	0,6 \pm 0,1ABbcd	
Bt3	0,7 \pm 0,08 BCbc	1 \pm 0,02 ABab	1,1 \pm 0,07 Aa	0,6 \pm 0,07 Ac	0,6 \pm 0,09 ABc	0,6 \pm 0,05 Ac	0,4 \pm 0,07 ABCc	
Bt4	0,3 \pm 0,04 DEFb	0,6 \pm 0,07 Cab	0,8 \pm 0,08 ABa	0,7 \pm 0,09 Aa	0,3 \pm 0,06 Bb	0,6 \pm 0,1 Aab	0,6 \pm 0,1 ABab	
Bt5	0,5 \pm 0,09 CDEa	0,6 \pm 0,1 Ca	0,7 \pm 0,1 BCa	0,5 \pm 0,1 Aa	0,5 \pm 0,1 ABa	0,5 \pm 0,09 ABa	0,1 \pm 0,02 Cb	
Bt6	1 \pm 0,07 Ba	0,7 \pm 0,08 BCab	0,6 \pm 0,1 BCDbc	0,5 \pm 0,09 Abc	0,4 \pm 0,07 Bbc	0,6 \pm 0,07 Abc	0,3 \pm 0,07 BCc	
Bt7	0,6 \pm 0,6 CDab	0,7 \pm 0,1 BCa	0,7 \pm 0,1 BCa	0,6 \pm 0,1 Aab	0,8 \pm 0,08 Aa	0,5 \pm 0,09 ABab	0,3 \pm 0,04 BCb	
Bt8	1,4 \pm 0,1 Aa	0,8 \pm 0,08 ABCb	0,7 \pm 0,1 BCb	0,6 \pm 0,2 Abc	0,3 \pm 0,08 Bc	0,7 \pm 0,08 Ab	0,5 \pm 0,07 ABbc	
RR1	0,2 \pm 0,03 EFb	0,2 \pm 0,05 DEb	0,1 \pm 0,02 Eb	0,4 \pm 0,08 Aab	0,6 \pm 0,1 ABa	0,7 \pm 0,08 Aa	0,7 \pm 0,1 Aa	
RR2	0,6 \pm 0,09 CDa	0,6 \pm 0,07 Ca	0,4 \pm 0,04 CDEa	0,5 \pm 0,09 Aa	0,5 \pm 0,09 ABa	0,6 \pm 0,1 Aa	0,7 \pm 0,08 Aa	
RR3	0,1 \pm 0,01 Fb	0,1 \pm 0,2 Eb	0,3 \pm 0,02 DEab	0,5 \pm 0,07Aa	0,3 \pm 0,05 Bab	0,2 \pm 0,03 Bab	0,3 \pm 0,04 BCab	
Conv	0,7 \pm 0,08 BCa	0,5 \pm 0,1 CDab	0,4 \pm 0,1 CDEab	0,7 \pm 0,1 Aa	0,5 \pm 0,1 ABab	0,4 \pm 0,1 ABab	0,3 \pm 0,03 BCb	
CV (%)								49,6
F								5,9

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

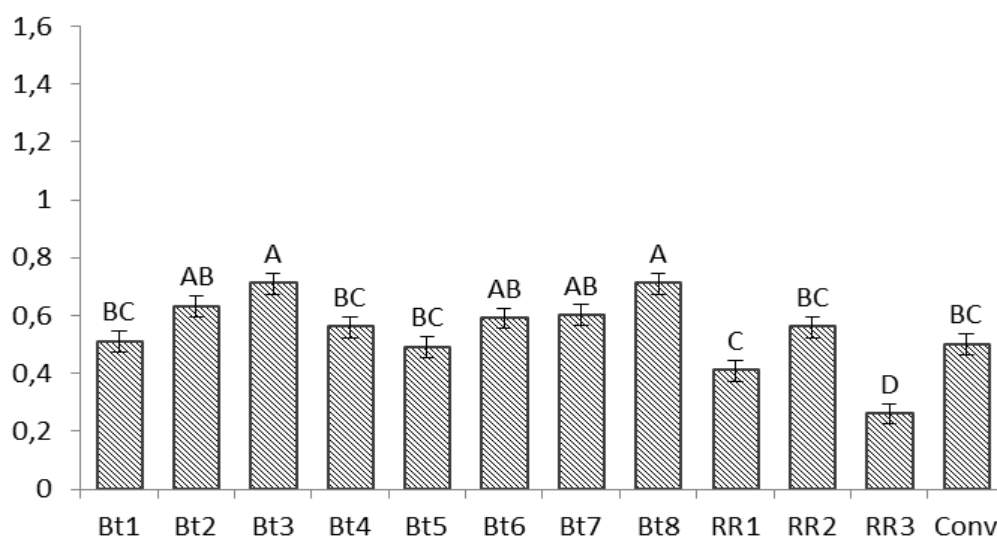


Figura 4- Média de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* atraídas nas 7 avaliações em teste sem chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.

4.4. Índices de atratividade de lagartas sem chance de escolha

Os índices diferiram entre os tempos de avaliação, sendo mais atrativas nas primeiras avaliações (30 min, 1 e 2 h) (Figura 5-A, B e C) e mais repelente nas ultimas avaliações (3, 6

e 12 h) (Figura 5- D, E e F). Entre os tratamentos Bt1, Bt5, RR1, RR3 e Conv apresentaram maior índice de repelência, enquanto Bt2, Bt3, Bt7 e Bt8 foram mais atrativos (Figura 6).

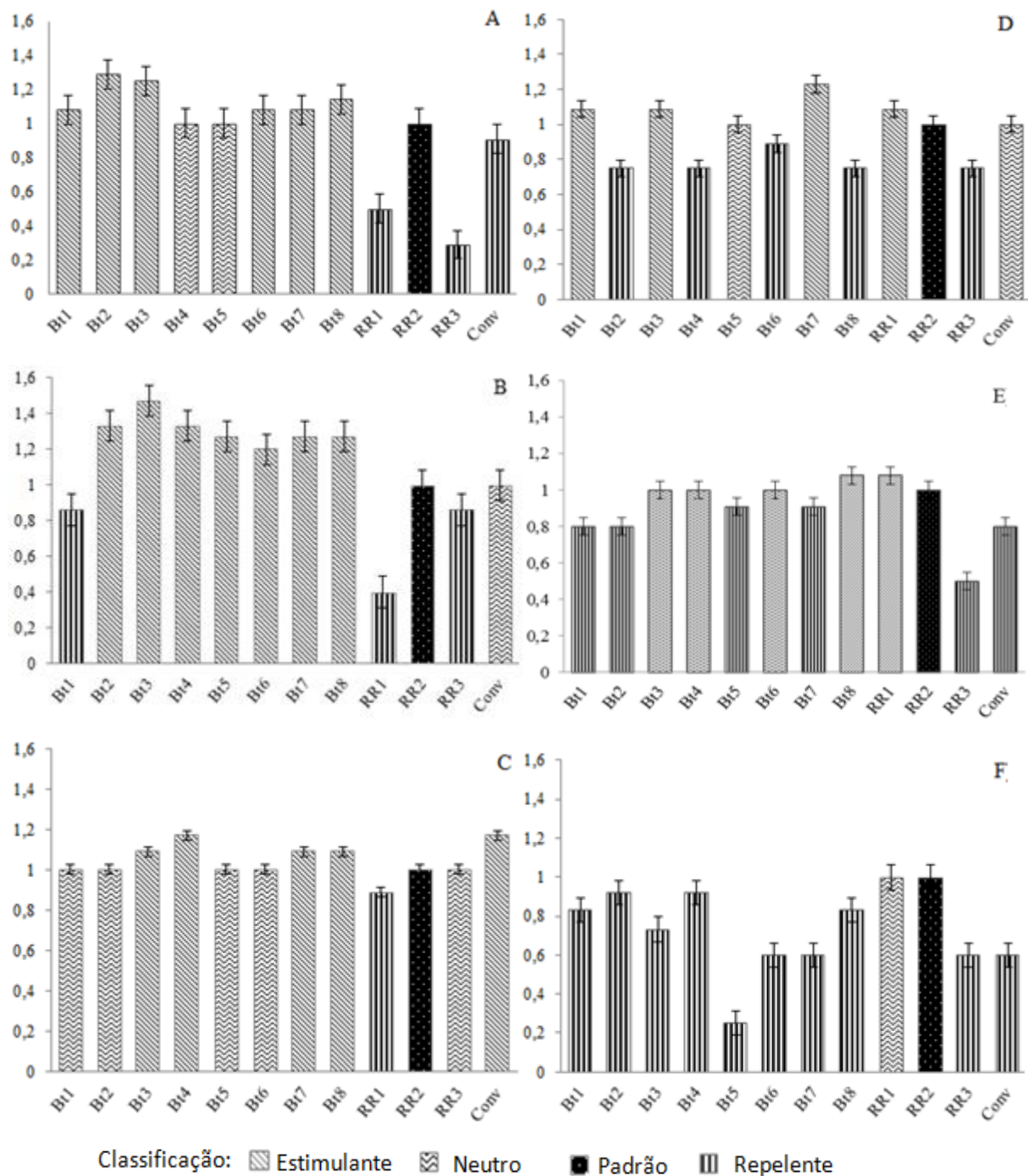


Figura 5- Índice de atratividade de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja A) 30 min, B) 1 hora, C) 2 horas, D) 3 Horas, E) 6 horas e F) 3 horas após início da avaliação em teste sem chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.

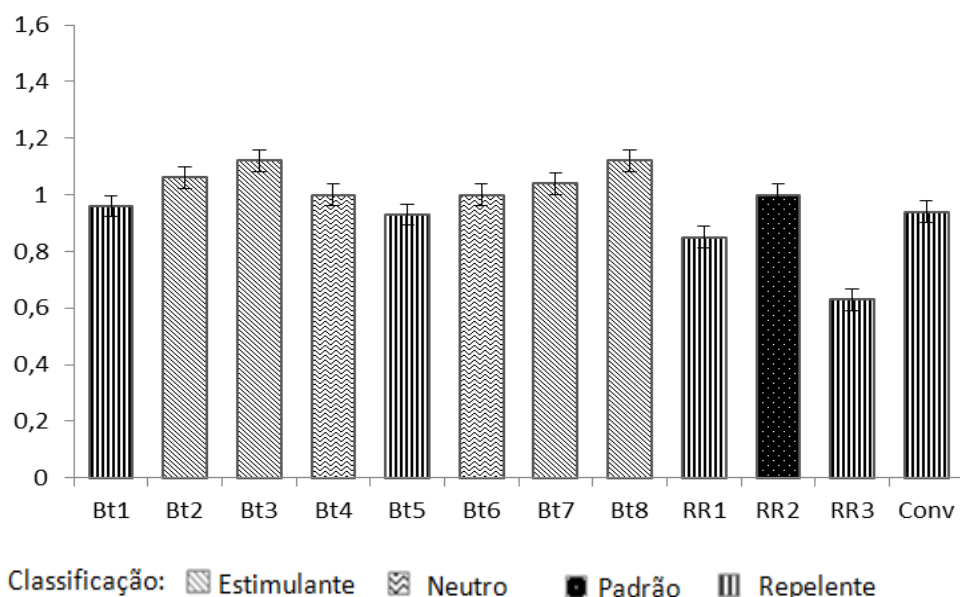


Figura 6- Índice de atratividade de lagartas de 3º instar de *Helicoverpa armigera* atraídas nas 7 avaliações em teste com chance de escolha. Bom Jesus – PI, 2015.

4.5. Consumo com e sem chance de escolha

A área foliar consumida variou entre os tratamentos, sendo o tratamento RR2 o que apresentou maior área consumida, enquanto B1, Bt3 e Bt7 foram os tratamentos com menores áreas consumidas em teste com chance de escolha(Figura 7).

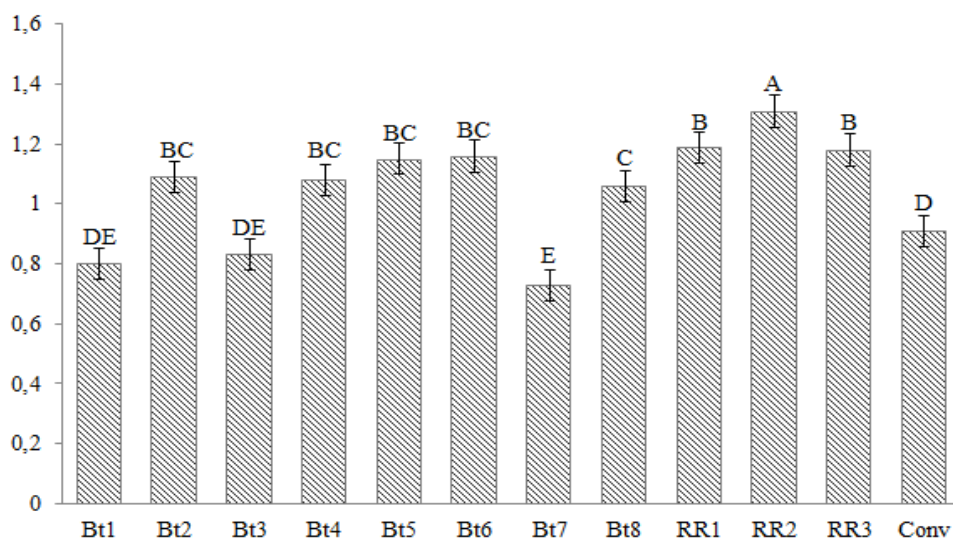


Figura 7- Área foliar consumida (cm²) por lagartas de 3º instar de *Helicoverpa armigera* obtidas em teste com chance de escolha em diferentes cultivares de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Bom Jesus – PI, 2015.

A área consumida das cultivares em teste sem chance de escolha variou entre os tratamentos, destacando se com maior consumo RR1 e com menores áreas consumidas os tratamentos Bt2, Bt4, Bt5, Bt6, Bt7, Bt8 e Conv (Figura 8).

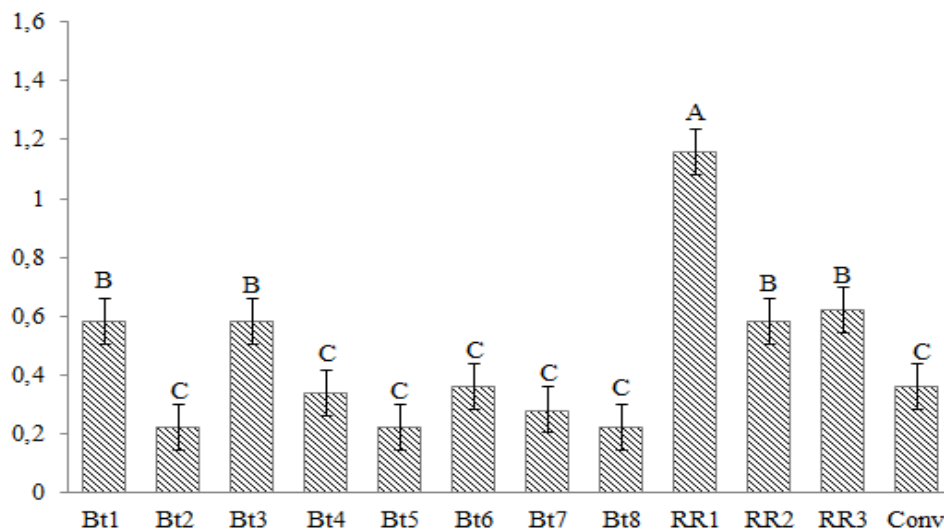


Figura 8- Área foliar consumida de lagartas de 3º ínstar de *Helicoverpa armigera* obtidas em teste sem chance de escolha em diferentes cultivares de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Bom Jesus – PI, 2015.

4.6. Atratividade de adultos de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha

O efeito tempo foi significativo demonstrando que as mariposas possuem comportamento diferenciado nos tempos de exposição. Houve diferença para preferência de pouso das mariposas entre os cultivares dependendo do tempo de avaliação (Tabela 4). As maiores médias de pouso estão entre 12 e 24 horas. Portanto, avaliações entre 12 e 24 horas de exposição apresentaram maior preferência para pouso de mariposas de *H. armigera*.

Os cultivares que se diferenciaram foram Bt7, Bt8 e Conv sendo que os dois primeiros se destacaram por apresentarem menores médias de indivíduos atraídos, enquanto a Bt6 foi que apresentou maior preferência de pouso (Figura 10).

Tabela 4 - Número médio (\pm EP) de adultos de *Helicoverpa armigera* atraídos em teste com chance de escolha com 6, 12, 24 e 48 horas após a liberação, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação, Bom Jesus – PI, 2015.

CULTIVAR	Tempo (horas)				MÉDIA
	6	12	24	48	
Bt 1	1 \pm 0 CD _b	1,5 \pm 0,04 BC _a	0,5 \pm 0,1 EF _c	0,5 \pm 0,04 B _c	0,88 \pm 0,11 CD
Bt 2	1 \pm 0 CD _a	0,75 \pm 0,14 D _a	0,25 \pm 0,05 FG _b	0,25 \pm 0,03 BC _b	0,56 \pm 0,09 E
Bt 3	1,75 \pm 0,14 A _a	1,25 \pm 0,1 BC _D _b	0 \pm 0 G _c	1,25 \pm 0,1 A _b	1,06 \pm 0,17 BC
Bt 4	0,25 \pm 0,02 E _b	1 \pm 0 CD _a	0,5 \pm 0,1 EF _b	0,5 \pm 0,06 B _b	0,56 \pm 0,08 E
Bt 5	0,75 \pm 0,1 D _b	1,25 \pm 0,10 BC _D _a	1 \pm 0 CD _a _b	0,25 \pm 0,05 BC _c	0,81 \pm 0,1 D
Bt 6	1,25 \pm 0,03 BC _c	2,5 \pm 0,29 A _a	1,75 \pm 0,14 A _b	0,25 \pm 0,03 BC _d	1,44 \pm 0,22 A
Bt 7	0,25 \pm 0,03 E _b	0,75 \pm 0,14 D _a	0 \pm 0 G _b	0 \pm 0 C _b	0,25 \pm 0,09 F
Bt 8	0,25 \pm 0,02 E _a _b	0,25 \pm 0,05 E _a _b	0,5 \pm 0,1 EF _a	0 \pm 0 C _b	0,25 \pm 0,05 F
RR 1	1,25 \pm 0,03 BC _b	1,75 \pm 0,25 B _a	1,5 \pm 0,10 AB _a _b	0,25 \pm 0,05 BC _c	1,19 \pm 0,16 B
RR 2	0,75 \pm 0,10 D _b	1,75 \pm 0,14 B _a	0,75 \pm 0,14 DE _b	0 \pm 0 C _c	0,81 \pm 0,17 D
RR 3	1,25 \pm 0,03 BC _a	1,25 \pm 0,14 BC _D _a	1 \pm 0,1 CD _a	0,25 \pm 0,05 BC _b	0,94 \pm 0,11 CD
CONV	1,5 \pm 0,04 A _b _a	1 \pm 0,2 CD _b	1,25 \pm 0,14 BC _a _b	0 \pm 0 C _c	0,94 \pm 0,16 CD
CV(%)	13,57	25,12	26,34	31,04	25,05
F	62	13	32	60	49,3

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao se comparar as 4 avaliações, observou-se que ocorreram maiores médias de pouso nas avaliações de 6 e 12 horas (Figuras 9A e 9B). Na avaliação de 12 horas houve redução para alguns tratamentos como nos Bt3 e Bt7 que não tiveram nenhum inseto atraído (Figura 9C). Para as 48 horas ocorreram as menores médias de mariposas por tratamento, apenas no Bt3 com média 1,25 de adultos atraídos, ficou igual na avaliação de 12 horas. Os tratamentos Bt1, Bt5, Bt6, Bt8, RR1, RR2, RR3 e Conv, tiveram as menores médias das 4 avaliações (Figura 9D).

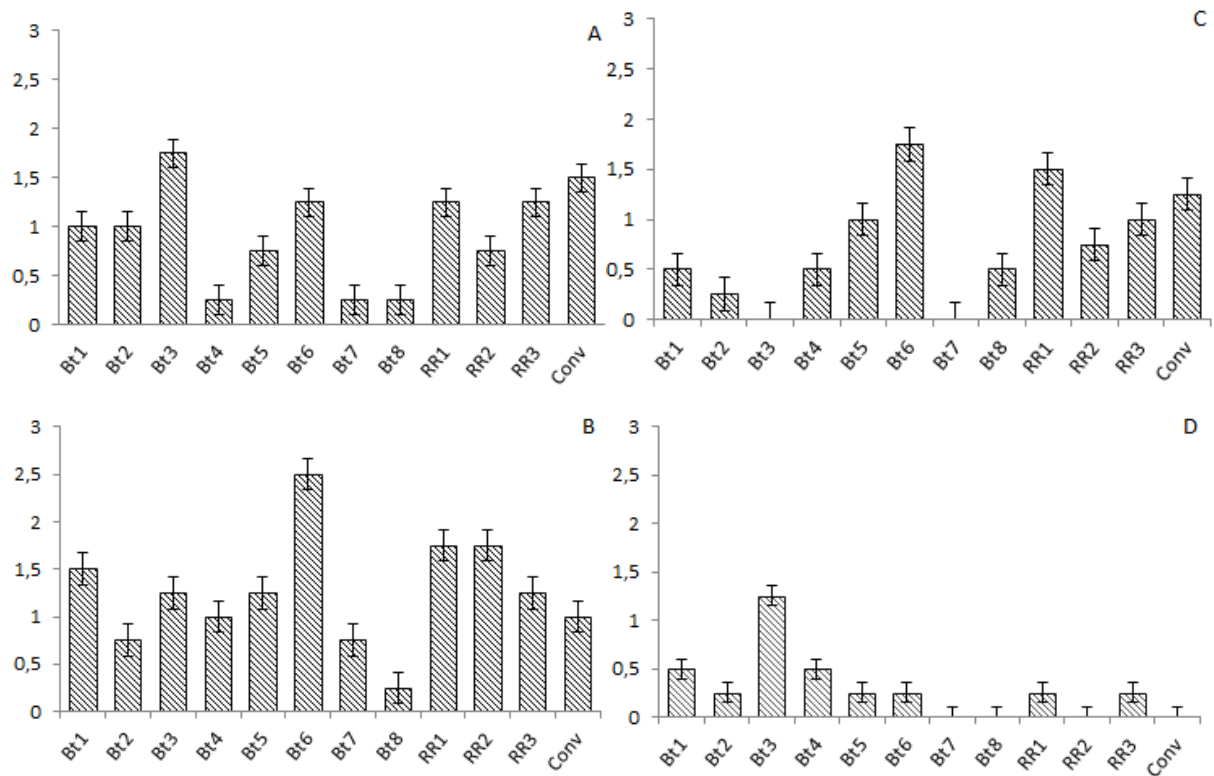


Figura 9- Número médio de adultos de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha em, A) 6 horas, B) 12 horas, C) 24 horas e D) 48 horas após a liberação, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.

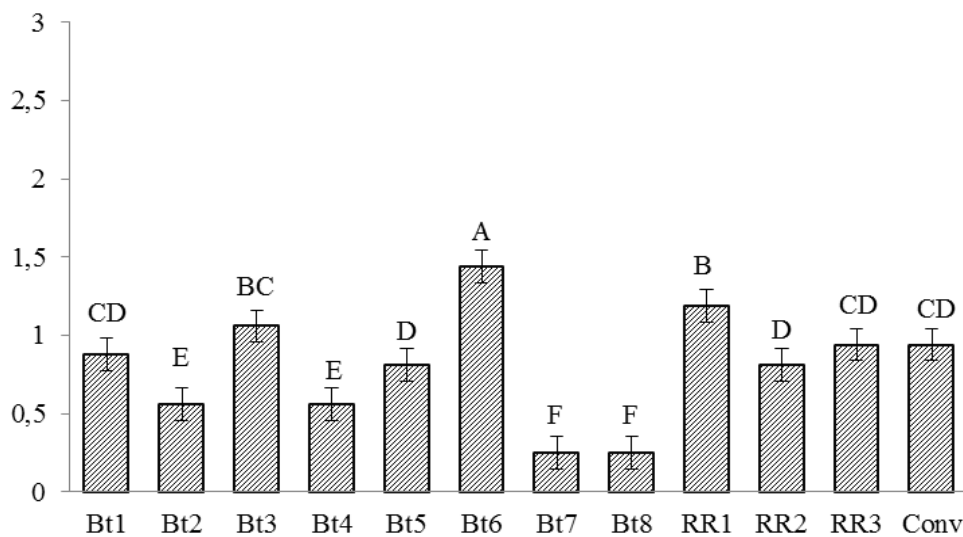


Figura 10- Número médio de adultos de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha em quatro avaliações, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.

4.7. Índice de atratividade para pouso de adultos

Através do índice de atratividade de adultos, de *H. armigera*, obtido após 6 horas da liberação observou-se maior atratividade entre os cultivares, dos quais apenas os tratamentos Bt4, Bt7 e Bt8 foram classificados como repelentes (Figura 11A). Após 12 horas o índice de atratividade caiu entre as cultivares, apresentando somente o tratamento Bt7 como atraente em relação ao genótipo padrão (RR2) (Figura 11B).

Após 24 horas da liberação dos insetos, os tratamentos Bt5, Bt6, RR1, RR3 e Conv foram classificados como atraentes, com destaque para Bt6 e RR1 com maior índice de atratividade. Os demais tratamentos foram repelentes (Figura 11C). Para avaliação de atratividade em 48 horas, os tratamentos Bt7, Bt8 e Conv foram classificados como repelentes, os outros tratamentos foram atrativos, sendo que o tratamento Bt3 foi o que apresentou maior índice de atratividade (Figura 11D).

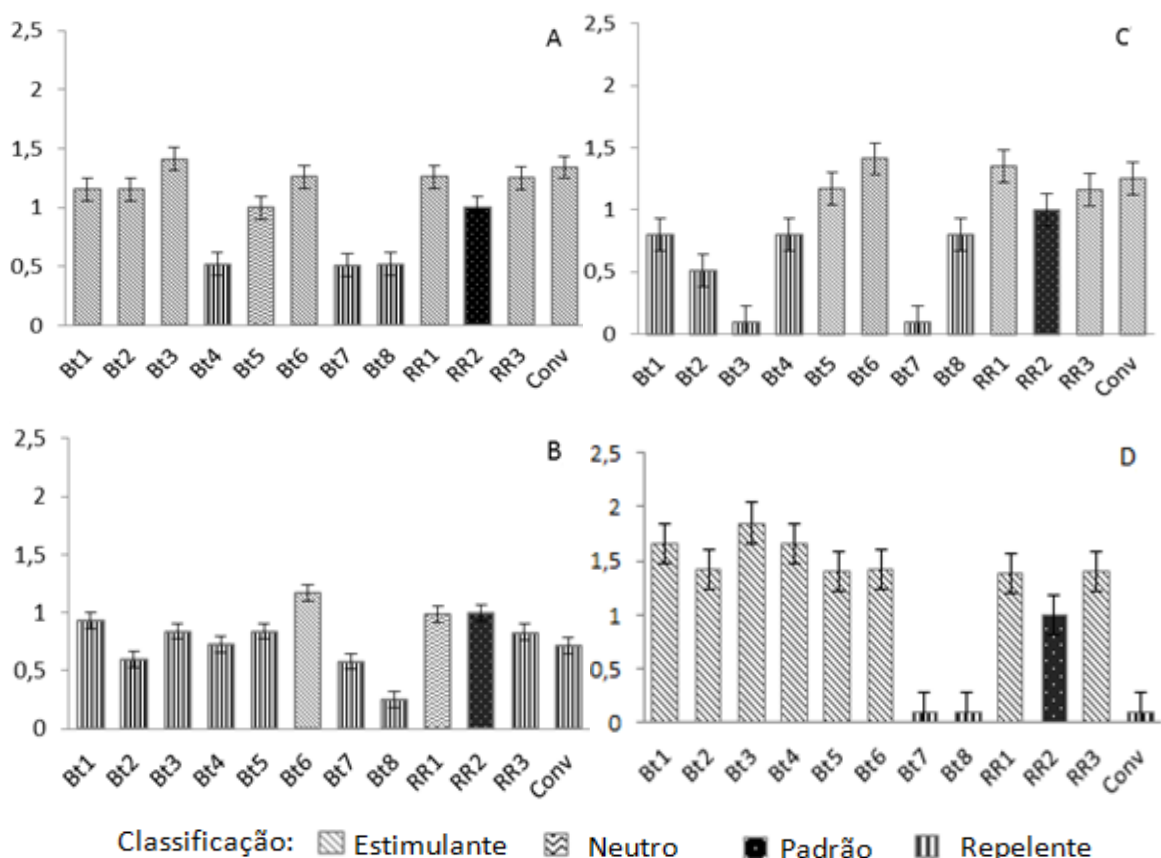


Figura 11- Índice de atratividade de adultos de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja, A) 6 horas, B) 12 horas, C) 24 horas e D) 48 horas em teste com chance de escolha em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.

Pelos índices de atratividade da média geral das quatro avaliações os tratamentos que se apresentaram atraentes aos adultos de *H. armigera* foram, Bt3, Bt6, RR1, RR3 e Conv. O tratamento Bt6 foi o mais constante, apresentou-se atraente em todas as avaliações e com maior índice de atratividade nas avaliações de 12 e 24 horas. Os tratamentos Bt1 e Bt5 foram neutros com índice igual ao padrão. Os tratamentos Bt2, Bt4, Bt7 e Bt8 foram classificados como repelentes, sendo que o Bt7 e Bt8 receberam essa classificação em todas as avaliações, com menores índices de atratividade (Figura 12).

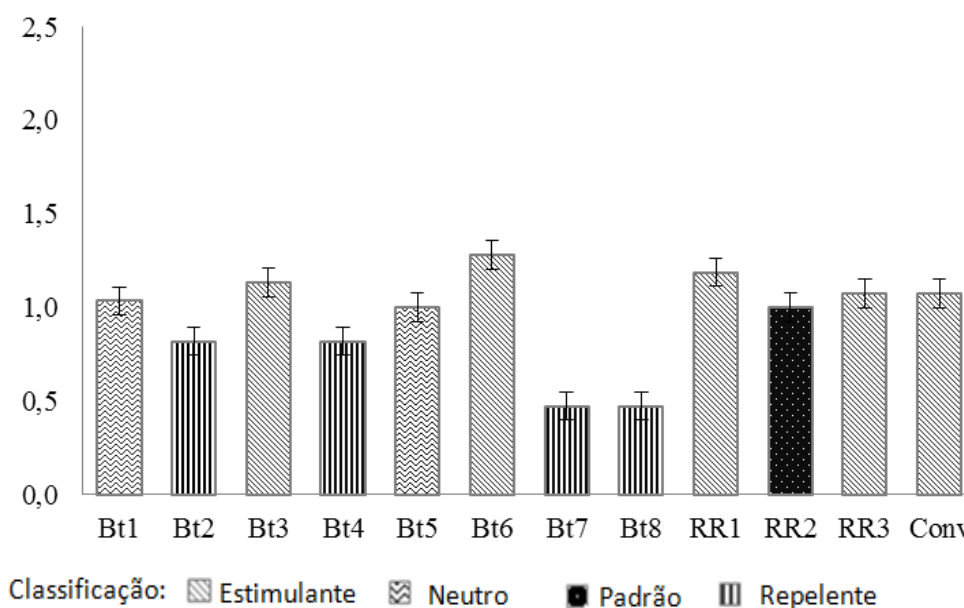


Figura 12- Índice de atratividade de adultos de *Helicoverpa armigera* e classificação de cultivares de soja da média geral de teste com chance de escolha em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.

4.8. Preferência para oviposição em teste com chance de escolha

Houve diferença significativa entre os cultivares em os todos terços da planta avaliados para oviposição de *H. armigera* (Tabela 5). Assim como, também houve diferença nos cultivares, para oviposição entre os terços, sendo que para alguns cultivares as mariposas preferiram ovipositar principalmente no terço superior, na maioria dos tratamentos, com exceção do Bt1 e Bt5 que a maior média de ovos ocorreu no terço médio da planta.

Considerando a média de ovos na planta inteira observou se que os tratamentos Bt1, Bt6 e RR3 apresentaram maiores médias. Em contrapartida, Bt4, RR1 e RR2 os tratamentos com menores médias de ovos (Tabela 5).

Tabela 5- Número médio (\pm EP) de ovos de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha com 72 horas após a liberação, para as diferentes cultivares de soja em casa-de-vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.

CULTIVAR	Terço da planta			
	Inferior	Médio	Superior	Total
Bt1	8,75 \pm 0,25Ab	22 \pm 0,82 Aa	11,50 \pm 1,19 BCb	42,25 \pm 1,38 A
Bt2	5,5 \pm 0,28 Bb	6,25 \pm 0,48 Bb	12 \pm 0,41 BCa	23,75 \pm 0,63 BC
Bt3	0,5 \pm 0,04 Fc	4,75 \pm 0,48 Bb	12,75 \pm 1,03 Ba	18 \pm 1,47 C
Bt4	0,25 \pm 0,05 Fc	5,5 \pm 0,29 Bb	12,75 \pm 0,85 Ba	18,5 \pm 0,62 D
Bt5	0,25 \pm 0,02 Fc	16,25 \pm 0,48 Aa	12,75 \pm 0,48 Bb	29,25 \pm 0,81 B
Bt6	3,25 \pm 0,14 CDb	4,25 \pm 0,25 Bb	34,25 \pm 1,65 Aa	41,75 \pm 1,96 A
Bt7	1,75 \pm 0,14 DEFc	8,25 \pm 0,63 Bb	12 \pm 0,71 BCa	22 \pm 0,54 BC
Bt8	4 \pm 0,2 BCb	6,25 \pm 0,25 Bb	9,75 \pm 0,48 BCda	20 \pm 0,68 C
RR1	0 \pm 0 Fb	2,25 \pm 0,25 Bb	7,75 \pm 0,25 CDa	9,25 \pm 0,41 D
RR2	1 \pm 0 EFb	2,75 \pm 0,25 Bab	5,75 \pm 0,48 Da	9,5 \pm 0,29 D
RR3	2,75 \pm 0,25 CDEb	5 \pm 0,41 Bb	34 \pm 0,82 Aa	41,75 \pm 0,63 A
CONV	0,75 \pm 0,14 EFc	6,75 \pm 0,48 Bb	11,75 \pm 0,95 BCa	19,25 \pm 0,92 C
CV (%)	34,86	33,63	14,31	13,36
F	40,16	20,86	79,3	50,91

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.9. Índice de preferência para oviposição

O índice de preferência para oviposição com chance de escolha no terço inferior da planta revela grande contraste entre o padrão (RR2) e os tratamentos Bt3, Bt4, Bt5, RR1 e Conv, os quais foram classificados como deterrentes (Figura 13A). De maneira oposta, Bt1, Bt2, Bt6, Bt7, Bt8 e RR3 foram considerados estimulantes à oviposição de *H. armigera*.

No terço médio, apenas o tratamento RR1 foi classificado como deterrente e as demais cultivares como estimulante em comparação com o padrão (Figura 13B). Na parte superior da planta todos os tratamentos foram classificados como estimulantes em relação a cultivar padrão, destacando-se a Bt6 e a RR3 com maior índice de preferência para a oviposição (Figura 13C).

O índice de preferência considerando a média geral na planta inteira todos os tratamentos foram classificados como estimulantes para oviposição, porem destacaram se com

maiores índices de preferência Bt1, Bt6 e RR3 (Figura 13D), enquanto RR1 foi o tratamento menos estimulante no terço superior da planta e deterrente nos terços inferior e médio.

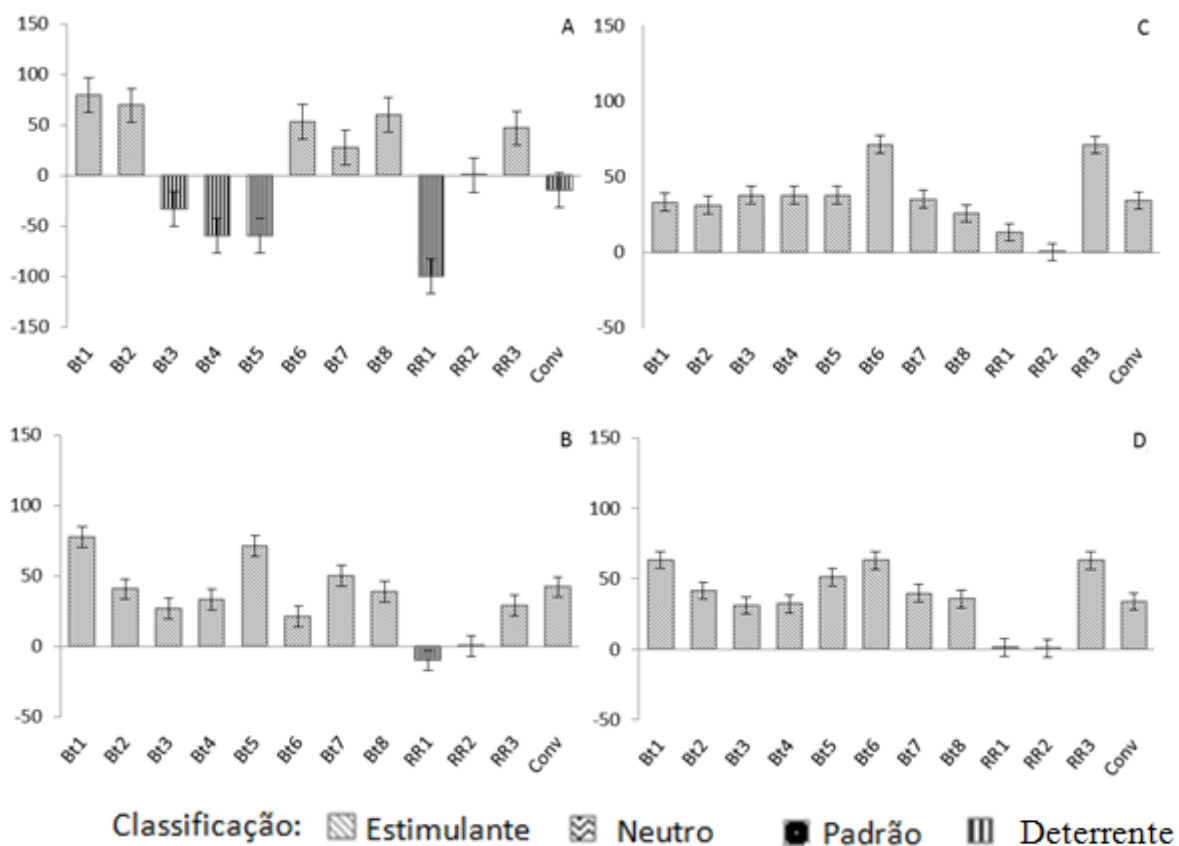


Figura 13- Índice de preferência para de *H. armigera* e classificação de cultivares de soja na parte, A) inferior, B) mediana, C) superior e D) todas as partes da planta após 72 horas em teste com chance de escolha em casa de vegetação. Bom Jesus – PI, 2015.

5. Mortalidade

A porcentagem de mortalidade variou entre os tempos e os tratamentos, sendo que em 48 h o tratamento Bt4 destaca-se com maior porcentagem de mortalidade. Porém, o tratamento que atingiu 100 % de mortalidade em menor tempo foi o Bt3 em 144 h. Em 192 h os tratamentos Bt1, Bt3, Bt6 e Bt7 atingiram 100 % de mortalidade, enquanto Bt4, Bt5 e Bt8 tiveram mortalidade entre 91 a 94%. Os tratamentos RR e Conv apresentaram mortalidade abaixo de 10% (Tabela 6).

Tabela 6- Porcentagem de mortalidade do terceiro ínstar larval de *Helicoverpa armigera* obtidos em diferentes cultivares de soja Bt e não-Bt. Bom Jesus – PI, 2015.

Cultivares	Mortalidade (%)			
	48 h	96 h	144 h	192 h
Bt1	3,33 BCc	64,81 BCb	92,96 Aa	100 Aa
Bt3	5 BCc	71,67 Abb	100 Aa	100 Aa
Bt4	45 Ac	69,63 ABb	66,48 Bb	91,11 Aa
Bt5	13,51 Bc	63,14 BCb	90,93 Aa	90,93 Aa
Bt6	10 BCc	80,74 Ab	98,33 Aa	100 Aa
Bt7	49,81 Ab	56,11 Cb	96,67 Aa	100 Aa
Bt8	6,66 Ab	56,11 Cb	57,96 Bb	94,63 Aa
RR1	0 Ca	0 Da	0 Ca	1,67 Ba
RR2	0 Ca	0 Da	0 Ca	0 Ba
RR3	0 Ca	0 Da	1,67 Ca	1,67 Ba
Conv	0 Ca	0 Da	1,67 Ca	3,33 Ba
CV(%)				13,40
F				74,35

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, após correção de mortalidade pela fórmula de Abbott.

6. DISCUSSÃO

Atratividade de lagartas *Helicoverpa armigera* com e sem chance de escolha

Lagartas de terceiro instar de *H. armigera* não apresentaram preferência para alimentação entre folhas de soja Bt e não-Bt ao se contrastar simultaneamente as cultivares testadas, com relação à preferência alimentar de um inseto a um determinado genótipo de planta, as respostas do fitófago variam em relação aos estímulos provenientes da planta, os quais podem ser positivos ou negativos, e de natureza química (aleloquímicos), física (cor) ou morfológica (pilosidade, dureza, textura, espessura, dimensões de estruturas). Vale ressaltar ainda, que ambos os estímulos, positivos e negativos, estão presentes na planta, de modo que a resposta do inseto em relação à mesma depende de qual estímulo sobrepuja o outro (LARA, 1991).

A atratividade e preferência alimentar encontrada para algumas cultivares por lagartas de *H. armigera*, demonstram que a toxina Cry1AC não teve influência sobre a preferência e alimentação e que estes resultados estão relacionados com os fatores físicos e nutricionais das cultivares. Kumar e Saini (2008) relataram que, fenóis totais, gossipol, tanino e potássio são negativamente correlacionadas enquanto açúcares totais, proteínas e nitrogênio são positivamente correlacionados com a infestação de lagartas *H. armigera* em diferentes cultivares de algodão.

Não houve diferença entre os índices de atratividade para os tratamentos Bt e não-Bt, demonstrando resistência da planta em relação a *H. armigera*, ressaltando que o estado nutricional das plantas, são fatores capazes de influenciarem a atratividade. De Bortoli et al., (2011) evidenciaram que plantas de soja mais nutridas e sem injúrias foram mais atrativas para *Anticarsia gemmatilis*, assim, fica evidenciada a indução de resistência nas plantas de soja para lagartas de *A. gemmatilis* pela herbivoria prévia (COHEN, 2004; PARRA et al., 2009).

Estudos sobre preferência alimentar e desempenho de *H. armigera* em *Cosmos bipinnatus* pertencente à família Asteraceae, sugerem que a qualidade nutricional, bem como substâncias, tais como metabolitos secundários, podem ter efeitos negativos sobre o desenvolvimento larval. Estas diferenças podem influenciar a preferência de larvas (YAMASAKI; FUJISAKI, 2010). Deve-se salientar também que, se a presença dos compostos induzidos pela herbivoria passa a ser uma constante na composição química da planta, os insetos podem, ao longo das gerações, se adaptarem às condições adversas, desenvolvendo mecanismos de defesa, como mencionam Warbrick-Smith et al. (2006).

Consumo com e sem chance de escolha

A não diferença na preferência alimentar e no consumo para soja Bt e não Bt, corroboram com Lima e Torres (2011) que observaram que as lagartas de *A. argillacea* não apresentaram comportamento de escolha de alimento, após se alimentarem de folhas de algodão Bt (Cry1Ac), entre duas e 24 horas de observações. No entanto a área consumida foi menor nas cultivares transgênicas, resultado semelhante ao encontrado por Rao e Rao (2008) também relataram que larvas de terceiro estágio de *H. armigera* foram repelidas depois da primeira mordida em planta Bt, portanto, indicando a capacidade de larvas detectar as proteínas Bt tóxicas.

Cultivares de soja nas quais não houve preferência em teste com e sem chance de escolha B4, Bt6 e Conv, apresentam resistência do tipo não-preferência para alimentação. Segundo Vendramim e Guzzo (2009), genótipos que apresentam resistência do tipo não-preferência para alimentação podem produzir metabólitos inibidores de alimentação, sendo responsáveis por diminuir o consumo por parte dos herbívoros. Resultados semelhantes foram verificados em estudos com lepidópteros, quando houve relato de antibiose em cultivares de soja sobre lagartas de *A. gemmatalis*, afetando o desenvolvimento do inseto, ao diminuir a conversão, assimilação do alimento ingerido e redução do consumo alimentar (HOFFMANN-CAMPO et al., 2006). Segundo os mesmos autores, esse efeito prejudicial às lagartas estaria ligado aos flavonóides glicosídicos presentes nas folhas de algumas linhagens de soja, chamado rutina (quercetina 3-O-rutinosídeo).

O menor consumo pelas lagartas, indica a resistência do tipo não-preferência para alimentação. Para cultivares menos consumidas, sugere-se a presença de compostos impalatáveis às lagartas de *H. armigera*, resultando num comportamento supressante e inibidor da alimentação dos insetos, sendo esse tipo de resistência definida como não-preferência para alimentação (LARA, 1991).

O comportamento de escolha por alimento pelas lagartas, na exposição de plantas Bt, tem sido considerado importante para decisões de manejo, considerando-se a produção da toxina na planta e os locais de expressão desejados na planta de acordo com hábito alimentar (GORE et al., 2003).

Atratividade e oviposição de *Helicoverpa armigera* obtidos em teste com chance de escolha

Mariposas de *H. armigera* apresentaram variação quanto à escolha para pouso e entre os tempos avaliados, porém, não houve diferença entre tratamentos de soja Bt e não Bt. Torres e Ruberson (2006) não encontraram diferença na preferência para pouso de mariposas de *Heliothis virescens* (Fabricius) e *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) entre algodão Bt e algodão não Bt.

Os tratamentos Bt7 e Bt8 foram repelentes para *H. armigera* nas avaliações realizadas, sugerindo que os fatores físicos e químicos são diferentes nas diferentes cultivares, e que esses são de fundamental importância para análise comportamental dos insetos (GREENPLATE et al., 2003). Fatores físicos são geralmente associados à cor e a textura do

substrato vegetal, que pode afetar a seleção hospedeira (VENDRAMIM; GUZZO, 2009). A presença de tricomas presentes nas folhas, deixando-as com texturas mais ásperas, podem estar relacionadas à resistência das plantas aos insetos, ou tornar-se mais adequadas a algumas espécies (KUMARI et al., 2006; SIMMONS; GURR, 2005).

Os fatores químicos como os compostos voláteis, estão relacionados aos mecanismos de localização, Tingle et al. (1990) em estudos com mariposas de *H. virescens*, relataram que estas responderam positivamente aos extratos de plantas hospedeiras adequadas e não voaram contra o vento em resposta aos odores de uma cultivar de tabaco resistente e extratos de plantas não-hospedeiras, sugerindo que compostos voláteis específicos desempenham um papel na localização para pouso e oviposição. Além disso, após o pouso em uma planta hospedeira, *H. virescens* foi capaz de discriminar entre as plantas hospedeiras através de produtos químicos na superfície da folha usando quimiorreceptores no tarso (RAMASWAMY et al., 1987; YAMASAKI; FUJISAKI, 2010).

Os principais compostos voláteis capazes de desencadear resposta antenal na *H. armigera*, são alfa-pineno e beta-pineno, sendo estes compostos 5,5 e 2,85 vezes maiores no algodão *Bt* do que em algodão não-*Bt*, respectivamente, e poderiam induzir maior preferência em plantas *Bt* do que em algodão não-*Bt* no campo. Além disso, taninos, que desempenham um papel importante na resistência a artrópodes pragas em algodão também são menores em plantas *Bt* (JALLOW et al., 1999; YAN et al., 2004).

Para o estudo de oviposição, mariposas de *H. armigera* não foram capazes de diferenciar os tratamentos contendo a proteína *Bt*, sendo uma das cultivares de soja não-*Bt* o tratamento RR1 com menor preferência para oviposição. Shera e Arora (2015) estudaram a preferência para oviposição e larval de *Earias vittella* (Fabricius) e não encontraram diferença significativa entre cultivares de algodão *Bt* e não-*Bt*. Esses fatores evidenciam que a preferência de *H. armigera* por um determinado hospedeiro pode ser influenciada pelo estado fisiológico da planta, incluindo idade, tipo de alimentação das larvas e acasalamento que pode ser resultado de diferenças na qualidade da planta, refletida em uma diferença de nutrientes exigidos pela praga ou diferenças nos níveis de compostos secundários. A presença de alguns fitoquímicos em cultivares de soja como agentes antixenótico agindo como antibióticos, ou ainda a ausência de nutrientes primários essenciais para o crescimento e desenvolvimento de *H. armigera* (NASERI et al., 2009).

O elevado número de ovos nas cultivares *Bt*, pode estar relacionado ao fato de que plantas contendo a proteína *Bt*, podem ser relacionadas com a atratividade produzida pelos

compostos voláteis. A inserção de genes Bt em plantas de algodão é conhecida por induzir alterações nos compostos secundários importantes relacionados com interações planta-herbívoros (ZHANG et al., 1999).

O maior número de ovos tanto nos tratamentos de soja Bt como de soja não-Bt ocorreu no terço médio e superior da planta, justificando o hábito desta espécie que tem preferência por brotos, flores e vagens. Ovos *H. armigera* são geralmente concentrados no terço superior das plantas de algodão e a maioria dos ovos são geralmente perto de terminais de plantas (FARRAR; BRADLEY, 1985; ZITSANZA et al., 2006).

Uma das razões para a não diferenciação dos tratamentos Bt dos não Bt por *H. armigera*, pode ser o fato desta tecnologia ser de uso recente e a espécie praga ainda não ter adquirido nenhum mecanismo de resistência ou percepção para essa tecnologia. Jongsma et al. (2010) sugerem que com o passar do tempo não apenas o comportamento fisiológico das pragas podem mudar em relação as cultivares Bt, mas também pode ocorrer evolução genética onde a espécie praga pode evitar o hospedeiro principal e passar a ter preferência para hospedeiros não Bt que até então eram hospedeiros alternativos, como outras culturas ou mesmo plantas daninhas.

Portanto, o plantio generalizado de soja transgênica contendo a proteína Bt pode contribuir para pressão de seleção e com isso ocorrer alterações físicas e genéticas, e qualquer mudança pode interferir na eficácia de culturas Bt, afetando o controle de *H. armigera*, ressaltando a importância de estudos referentes ao comportamento de espécies praga em relação aos seus hospedeiros, com intuito de adequar táticas de manejo que possam evitar a perda da eficiência da tecnologia.

Mortalidade

As diferentes cultivares de soja que expressam a proteína Bt Cry1AC foram eficientes no controle de *H. armigera*. Os resultados de eficácia encontrados neste trabalho foram semelhantes ao encontrado por Armstrong et al. (2011) em estudos de com algodão Bt no controle de *Spodoptera frugiperda* encontraram eficácia de 80 a 100% de mortalidade. Yu et al. (2013) e Azambuja et al. (2015) em estudos de eficácia de soja Bt em *H. armigera*, comprovaram eficácia de 100% em todos os estágios larvais.

A variação de mortalidade ocorrida entre as cultivares pode ser relacionada com a produção de enzimas digestivas. Segundo Schnepf et al. (1998) proteases do intestino médio

de insetos ativam as toxinas Cry clivando-as. A secreção de proteases no intestino médio do inseto aumenta com o acréscimo do conteúdo de proteína no alimento (LEHANE et al., 1995). Isso sugere que o aumento da produção de proteases na dieta da lagartas, ou seja, cultivares de soja com maior índice de proteínas, podem aumentar a ativação da toxina Cry e, portanto, a toxicidade de Cry1Ac pode variar. Orpet et al. (2015) observaram que a taxa de proteína e carboidratos afetam a toxicidade da proteína Bt em *Helicoverpa Zea*.

Outro fator que afeta a eficácia da proteína Bt relatado por Yu et al. (2013) em algodão Bt é que a quantidade de toxina pode variar nas diferentes partes e estruturas da planta, isso pode acarretar na sobrevivência de insetos e consequentemente seleção de indivíduos resistentes no campo. O plantio sucessivo de soja Bt e algodão Bt aumentam ainda mais os riscos de selecionar indivíduos resistentes já que essa espécie pode passar de uma cultura a outra, aumentando o tempo de exposição dos insetos a proteína Bt. Portanto, para se manter o nível de eficiência de controle de *H. armigera* pela soja Bt e conservar a tecnologia, faz se necessário manter as áreas de refúgios eficazes.

7. CONCLUSÕES

Lagartas de terceiro instar de *H. armigera* não apresentam preferência para alimentação entre folhas de soja Bt e não Bt.

Os tratamentos com menores consumos em teste com e sem chance de colheita são Bt7 e Conv.

O tratamento Conv apresenta menor índice de atratividade e consumo em todos os testes.

As diferentes cultivares de soja que expressam a proteína Bt Cry1AC são eficientes no controle de *H. armigera*.

H. armigera não apresentam diferença na preferência e oviposição entre cultivares de soja Bt e não-Bt utilizadas.

O tratamento Bt6 apresenta maior preferência para pouso em todos os tempos de avaliação e estimulante para oviposição no terço superior da planta

Os tratamentos Bt7 e Bt8 não apresentam atratividade para mariposas de *H. armigera* nos tempos avaliados.

O tratamento RR1 não é estimulante para oviposição de *H. armigera* nos diferentes terços da planta.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, 18: 265-266, 1925.

ARMSTRONG, J.C.; GORE, J.; ADAMCZYK, J.J. efficacy of single and dual gene cotton *Gossypium hirsutum* (L.) events on yellowstriped armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in south texas and the mississippi delta. **Florida Entomologist**, 94, 3:594-598, 2011.

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.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E.; SANTOS, R.; SOUZA, E.P.; GOMES, C.E.C. Effect of Bt Soybean on Larvae of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural Science**, 7, 8:90-94, 2015.

BALDIN, E.L.L.; LARA, F.M. Atratividade e consumo foliar por adultos de *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes genótipos de abóbora. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, 30: 4, 675-679, 2001.

BALDIN, E.L.L.; VENDRAMIM, J.D.; LOURENÇÃO, A.L. Resistência de genótipos de tomateiro à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, 34, 435-441, 2005.

BALDIN, E.L.L.; SOUZA, D.R.; SOUZA, E.S.; BENEDUZZI, R.A. Controle da mosca branca com extratos vegetais, em tomateiro cultivado em casa-de-vegetação. **Horticultura Brasileira**, Campinas, 25:4, 602-606, 2007.

COHEN, A.C. **Insect diets: science and technology**. CRC, Boca Raton, USA. 324, 2004.

DE BORTOLI, S.A.; MURATA, A.T.; DE BORTOLI, C.P.; MAGALHÃES, G.O.; DIBELLI, W. Aspectos nutricionais e preferência da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de soja com e sem injúria. **Comunicata Scientiae**, 2, 3: 149-155, 2011.

FARRAR, R.R.JR.; BRADLEY, J.R. Effects of within Plant Distribution of *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) Eggs and Larvae on Larva Development and Survival on Cotton. **Journal of Economic Entomology**, 78: 1233-1237, 1985.

FENEMORE, P.G. Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae); identification of host-plant factors influencing oviposition response. New Zealand **Journal of Zoology**, 7, 435-439, 1980.

GORE, J.; LEONARD, B.R.; JONES, R.H. Influence of agronomic hosts on the susceptibility of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically engineered and non-engineered cottons. **Environmental Entomology**, 32, 103-110, 2003.

GREENPLATE J.T.; MULLINS J.W.; PENN S.R.; DAHM A.; REICH B.J et al. Partial characterization of cotton plants expressing two toxin proteins from *Bacillus thuringiensis*: relative toxin contribution, toxin interaction, and resistance management. **Journal of Applied Entomology**, 127, 340-347, 2003.

HOFFMANN-CAMPO, C.B.; NETO, J.A.R.; OLIVEIRA, M.C.N.; OLIVEIRA, L.J. Detrimental effect of rutin on *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41, 10: 1453-1459, 2006.

JALLOW, M.F.A.; ZALUCKI, M.P.; FITT, G.P. Role of chemical cues from cotton in mediating host selection and oviposition behavior in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Australian Journal of Entomology**, 38: 359-366, 1999.

JONGSMA, M.A.; GOULD, F.; LEGROS, M.; YANG, L.; LOON, J.J.A.V.; DICKE, M. Insect oviposition behavior affects the evolution of adaptation to Bt crops: consequences for refuge policies. **Methods in Ecology and Evolution**, 24:1017-1030, 2010.

KASTEN JÚNIOR, P.; PRECETTI, A.A.C.M.; PARRA, J.R.P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista Agricultura**. Piracicaba, 53: 68-78, 1978.

KOTKAR, H.M., SARATE, P.J., TAMHANE, V.A., GUPTA, V.S., GIRI, A.P. Responses of midgut amylases of *Helicoverpa armigera* to feeding on various host plants. **Journal of Insect Physiology**, 55, 663–670, 2009.

KUMAR, S.; SAINI, R.K. Feeding Preference and Damage Potential of *Helicoverpa armigera* (Hübner) on Different Promising Cotton Genotypes/Hybrid. **Journal of Agricultural Science and Technology**, 10: 411-420, 2008.

KUMARI, D.A.; REDDY, D.J.; SHARMA, H.C. Antixenosis mechanism of resistance in pigeonpea to the pod borer, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Applied Entomology**, 130,1: 10–14, 2006.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2.ed. São Paulo: Ícone. 336, 1991.

LEHANE, M.J., BLAKEMORE, D., WILLIAMS, S., MOFFATT, M.R. Regulation of digestive enzyme levels in insects. **Comparative Biochemistry and Physiology B**, 110, 285-289, 1995.

LIMA, M.S.; TORRES, J.B. Produção da toxina Cry1Ac e preferência para alimentação e oviposição de *Alabama argillacea* em algodão Bt sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46, 5: 451-457, 2011.

LIN, H.; KOGAN, M.; FISCHER, D. Induced resistance in soybean to the mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparisons of inducing factors. **Environmental Entomology**, 19, 1852-1857, 1990.

MCCAFFERY, A.R. Resistance to insecticides in Heliothine Lepidoptera. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, 1735-1750, 1998.

NASERI, B.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; HOSSEININAVEH, V. Comparative Life History and Fecundity of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Soybean Varieties. **Entomology Science**, 12, 147-154, 2009.

ORPET, R.J.; DEGAIN, B.A.; UNNITHAN, G.C.; WELCH, K.; TABASHNIK, B.E.; CARRIERE, Y. Effects of dietary protein to carbohydrate ratio on Bt toxicity and fitness costs of resistance in *Helicoverpa zea*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 156: 28-36, 2015.

PARRA, J.R.P.; PANIZZI, A.R.; HADDAD, M.L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (eds.). Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1.169, 2009.

RAMASWAMY, S.B.; MA, W.K.; BAKER, G.T. Sensory cues and receptors for oviposition by *Heliothis virescens*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 43, 159-168, 1987.

RAO, N.S.; RAO, P.A. Behavioural and physiological effects of Bt cotton on cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hub). **Journal Entomology Research**, 32, 273-278, 2008.

SAS Institute. SAS user's manual, version 9.1. In: (Ed). SAS Institute. Cary: NC, 2002.

SCHNEPF, E.; CRICKMORE, N.; VAN RIE, J.; LERECLUS, D.; BAUM, J.; FEITELSON, J.; ZEIGLER, D. R.; DEAN, D.H. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, 62, 775–806, 1998.

SHERA, P.S.; ARORA, R. Comparative study on oviposition and larval preference of spotted bollworm, *Earias vittella* on Bt and non-Bt cotton. **Journal of Environmental Biology**, 37, 121-127, 2015.

SIMMONS, A.T.; GURR, G.M. Trichomes of *Lycopersicon* species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. **Agricultural and Forest Entomology**. 7: 265-276, 2005.

TINGLE, F.C.; MITCHELL, E.R.; HEATH, R.R. Preferences of mated *Heliothis virescens* and *H. subflexa* females for host and non host volatiles in a flight tunnel. **Journal of Chemical Ecology**, 16, 2889-2898, 1998.

TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. Spatial and temporal dynamics of oviposition behavior of bollworm and three of its predators in Bt and non-Bt cotton fields. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 120, 11-22, 2006.

VENDRAIN, J.D.; GUZZO, E.C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 1055-1105, 2009.

VENDRAMIM, J.D.; GUZZO, E.C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. p. 1055-1105. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Londrina, 25, 1164, 2009.

WARBRICK-SMITH, J.; BEHMER, S.T.; LEE, K.P.; RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON, S.J. Evolving resistance to obesity in an insect. **Conference USA**, 103, 14045–14049, 2006.

YAMASAKI, A.; FUJISAKI, K. Larval feeding preference and performance of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different flower parts of cosmos. **Applied entomology and zoology**, 45, 627-633, 2010.

YAN, F.; BENGTSSON, M.; ANDERSON, P.; ANSEBO, L.; XU, C.; WITZGALL, P.; Antennal response of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) to volatiles in transgenic Bt cotton. **Journal of Applied Entomology**, 128, 354-357, 2004.

YU, H.; LI, Y.; LI, X.; ROMEIS, J.; WU, K. Expression of Cry1Ac in transgenic Bt soybean lines and their efficiency in controlling lepidopteran pests. **Pest Management Science**, 69, 1326-1333, 2013.

ZHANG, Y.; YANG, J.; GUO, Y. Changes of condensed tannins in *Bt* cotton. **Chinese Scientific Journal**, 5, 1196-1198, 1999.

ZITSANZA, E.S.; GIGA, D.P.; KNIGHT, J.D. Oviposition site preferences by *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): effect of season and density on distribution of eggs on plants. **South African Journal of Plant and Soil**, 23:2, 138-141, 2006.