

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**COMPETIÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE
Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) e *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SEUS DANOS NA
CULTURA DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.)**

DANILO RENATO SANTIAGO SANTANA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2020**

COMPETIÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) e *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SEUS DANOS NA CULTURA DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.)

DANILO RENATO SANTIAGO SANTANA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. PAULO EDUARDO DEGRANDE
Coorientador: PROF. DR. ELMO PONTES DE MELO

Tese de doutorado apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S232c Santana, Danilo Renato Santiago

COMPETIÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) e *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SEUS DANOS NA CULTURA DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.) [recurso eletrônico] / Danilo Renato Santiago Santana, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo. -- 2020.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Paulo Eduardo Degrande.

Coorientador: Elmo Pontes de Melo.

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Controle. 2. Adaptação. 3. Lagarta militar. 4. Prejuízo. I. Degrande, Paulo Eduardo. II. Melo, Elmo Pontes de. III. Degrande, Paulo Eduardo. IV. Melo, Elmo Pontes De. V. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

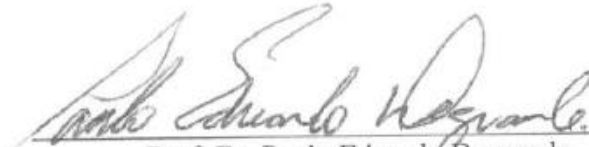
COMPETIÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) e *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SEUS DANOS NA CULTURA DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.)

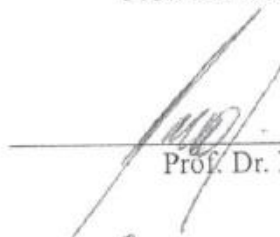
Por

Danilo Renato Santiago Santana

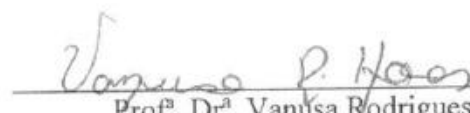
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

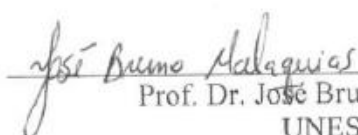
Aprovada em: 20/03/2020.


Prof. Dr. Paulo Eduardo Degrande
UFGD


Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes
UFGD


Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
UFGD


Prof. Dr.ª Vanusa Rodrigues Horas
SED MS


Prof. Dr. José Bruno Malaquias
UNESP

BIOGRAFIA DO ACADÊMICO

DANILO RENATO SANTIAGO SANTANA - filho de Rodolfo Santiago Santana e Eusa de Lima Santana, nasceu na cidade de Fátima do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil, no dia 29 de junho de 1987. Em fevereiro de 2009, ingressou no curso de Tecnologia em Produção Agrícola pelo Centro Universitário da Grande Dourados (UNIGRAN), Dourados, Mato Grosso do Sul e, nessa mesma instituição de ensino, obteve o título de Engenheiro Agrônomo. Em 2014, iniciou o Curso de mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, sendo bolsista por aprovação de projeto pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Em março de 2016, iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), sendo bolsista por aprovação de projeto pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Dedicatória

A Deus, ofereço este trabalho pela dádiva da vida e por me guiar em minha caminhada.

“Até aqui nos ajudou o Senhor.” 1 Samuel 7:12

“Eu plantei, Apolo regou; mas Deus deu o crescimento.” 1 Coríntios 3:6

Aos meus pais, Eusa de Lima Santana e Rodolfo Santiago Santana (*in memoriam*) a quem dedico todo meu esforço, bem como aos meus irmãos Eliane Santiago Santana, Andréia de Lima Santana, Sueli de Lima Santana (*in memoriam*) e Ângelo Rodolfo Santiago, pelo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Eduardo Degrande (Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD) pela orientação, oportunidade, paciência e pelos ensinamentos transmitidos durante todo o período.

Ao Prof. Dr. Elmo Pontes de Melo (Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - IFMS) pela co-orientação, paciência, ensinamentos e ampla disponibilidade.

Ao estatístico Dr. José Bruno Malaquias (Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu - UNESP) pela disponibilidade e contribuições para a melhoria desta tese.

À UFGD e ao Programa da Pós-graduação em Agronomia - Produção Vegetal pela oportunidade de realizar o doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o período de doutoramento.

Aos demais professores da UFGD vinculados ao Programa pelos grandes exemplos de dedicação, contribuindo para minha formação profissional.

Aos Membros da Banca de Pré-defesa e Defesa, pelas considerações e ensinamento passados durante as arguições.

Aos meus grandes amigos (a)s, Ellen Patrícia de Souza, Evandro Gauer, Rosália Azambuja, Renato Anastácio Guazina, Vanusa Rodrigues Horas, Kellen Maggioni, Carlos Eduardo Carducci Gomes, Matheus Dalla Cort Pereira, Mateus Fuchs Leal e Ricardo Oliveira dos Santos pelo companheirismo, trabalho conjunto e colaboração para que este trabalho fosse realizado.

À auxiliar de laboratório Janete Pezarine Greff de Lima, pelo auxílio e atenção em todas as atividades realizadas no Laboratório de Entomologia Aplicada da UFGD.

A todos que fizeram (ou fazem) parte da equipe do Laboratório de Entomologia Aplicada da UFGD que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

Aos meus pais, Eusa de Lima Santana e Rodolfo Santiago Santana (*in memoriam*), pela educação, amizade, orações e total apoio ao longo de minha formação pessoal e profissional.

Aos familiares que me apoiaram em meus estudos, em especial aos meus irmãos Eliane Santiago Santana, Andréia de Lima Santana, Sueli de Lima Santana (*in memoriam*) e Ângelo Rodolfo Santiago pela dedicação e consistência nas atitudes familiares.

Aos demais servidores da UFGD que me proporcionaram suporte para a realização desse trabalho.

E a todos os demais que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho, meu franco agradecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	09
LISTA DE TABELAS.....	12
RESUMO GERAL.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 1: Injúrias provocadas pelas lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em estruturas reprodutivas de algodoeiro.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
CAPÍTULO 2: Competição intra e interespecífica de lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER, 1808) e <i>Spodoptera frugiperda</i> (SMITH, 1797) em plantas de algodão.....	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
CAPÍTULO 3: Desempenho biológico de duas populações de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em tecnologias de algodão Bt.....	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	67
INTRODUÇÃO.....	68
MATERIAL E MÉTODOS.....	69
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
CONCLUSÕES.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

- Capítulo 1:** Injúrias provocadas pelas lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em estruturas reprodutivas de algodoeiro..... 25
- Figura 1** - Danos ocasionados por lagartas recém eclodidas de *Helicoverpa armigera* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial..... 31
- Figura 2** - Danos ocasionados por lagartas recém eclodidas de *Spodoptera frugiperda* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial..... 31
- Figura 3** - Danos ocasionados por lagartas de terceiro ínstar de *Helicoverpa armigera* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial..... 34
- Figura 4** - Danos ocasionados por lagartas de terceiro ínstar de *Spodoptera frugiperda* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial..... 34
- Figura 5** - Produtividade (algodão em caroço por planta) como consequência das diferentes densidades de ovos de *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda* após sete dias das infestações. Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%) de significância..... 36
- Figura 6** - Produtividade (algodão em caroço por planta) como consequência das diferentes densidades de lagartas de terceiro ínstar de *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda* após sete dias das infestações. Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%) de significância..... 37

Capítulo 2: Competição intra e interespecífica de lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER, 1808) e <i>Spodoptera frugiperda</i> (SMITH, 1797) em algodoeiro.....	45
Figura 1 - Sobrevivência de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> confinadas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....	50
Figura 2 - Sobrevivência de lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> isoladas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....	51
Figura 3 - Sobrevivência de níveis de infestação de lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> (pontos e linhas com cor preta) versus <i>Spodoptera frugiperda</i> (pontos e linhas com cor vermelha) combinadas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras maiúsculas (entre as espécies dentro da mesma densidade) e minúsculas (entre as densidades dentro da mesma espécie) não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....	53
Figura 4 - Danos ocasionados por lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....	55
Figura 5 - Danos ocasionados por lagartas de <i>S. frugiperda</i> em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....	55
Figura 6 - Danos ocasionada por lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> versus <i>Spodoptera frugiperda</i> em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) em algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras maiúsculas (densidades das espécies entre as estruturas reprodutivas) e minúsculas (densidades das espécies dentro da mesma estrutura reprodutiva) não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....	56
Figura 7 - Mariposas emergidas após o confinamento de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> isoladas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....	57
Figura 8 - Mariposas emergidas após o confinamento de lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> isoladas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não	58

diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.....

Figura 9 - Mariposas emergidas após o confinamento das lagartas *Helicoverpa armigera* versus *Spodoptera frugiperda* confinadas em algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras maiúsculas (entre as espécies dentro da mesma densidade) e minúsculas (entre as densidades dentro da mesma espécie) não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial..... 59

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3: Desempenho biológico de duas populações de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em tecnologias de algodão Bt.....	66
Tabela 1. Porcentagem de mortalidade larval de populações de <i>Spodoptera frugiperda</i> , resistente e suscetível a Bt, em folhas de algodão Bt e não Bt aos 5 dias após as infestações. Dourados/MS, 2020	72
Tabela 2. Duração em dias das fases de 2° a 5° ínstar, duração larval, pré-pupa e pupa populações de <i>S. frugiperda</i> , oriundas de lavouras Bt. Dourados/MS, 2020 ...	75
Tabela 3. Peso (g) de lagartas no máximo desenvolvimento (PMD), peso de pupas (g), porcentagem de pupação e porcentagem de deformações em pupas (DP) de populações de <i>S. frugiperda</i> , oriundas de lavouras Bt. Dourados/MS, 2020	75
Tabela 4. Duração em dias das fases de ovo (Ovo), longevidade de adulto (Adulto) e ciclo total (Ciclo total) de populações de <i>S. frugiperda</i> , oriundas de lavouras Bt. Dourados/MS, 2020	76

COMPETIÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) e *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SEUS DANOS NA CULTURA DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.)

Danilo Renato Santiago Santana¹, Paulo Eduardo Degrande¹, Elmo Pontes de Melo², José Bruno Malaquias³

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Caixa Postal 322, CEP 79804-970, Dourados, MS, Brasil. ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - Câmpus Ponta Porã - MS (IFMS), Rodovia Br-463, km 14, s/n, CEP 79.909-000, Ponta Porã, MS, Brasil. ³Unesp - Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu - SP (UNESP) (Av. Prof. Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/n, Botucatu, SP - CEP 18618-687). E-mail: danilosantana1987@hotmail.com; paulodegrande@ufgd.edu.br; elmo.melo@ifms.edu.br; malaquias.josebruno@gmail.com

RESUMO GERAL:

O algodoeiro é hospedeiro de um complexo de pragas que pode ocasionar danos a todas as suas estruturas. Entre essas pragas, as espécies *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa armigera* estão presentes em diversas regiões produtoras do Brasil. Contudo, por apresentarem hábitos alimentares bastante semelhantes, essas espécies podem competir entre si, principalmente por alimentos, e influenciar suas taxas de mortalidade e sucesso biológico. Este trabalho teve como objetivo avaliar a competição intraespecífica e interespecífica e injúrias em estruturas reprodutivas de algodoeiro ocasionadas por *S. frugiperda* e *H. armigera* em plantas de algodoeiro e a mortalidade e biologia de duas populações de *S. frugiperda* (resistente e suscetível) em diferentes cultivares de algodão Bt e não Bt. Os experimentos de competição intraespecífica e interespecífica e as injúrias em estruturas reprodutivas de algodoeiro ocasionadas por *S. frugiperda* e *H. armigera* foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS. Já os experimentos de mortalidade e desempenho biológico de duas populações de *S. frugiperda* (resistente e suscetível a Cry1F / Cry1Ac) em folhas de algodão-Bt e não-Bt, foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Aplicada da FERST – Centro Agrônômico de Pesquisa e Tecnologia Ltda., em Dourados/MS. De modo geral, observou-se que as lagartas neonatas de *H. armigera* e *S. frugiperda* alimentam-se de estruturas reprodutivas do algodoeiro, porém sem causar perdas na produção do algodão. Já as lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda*, ao se alimentarem dessas estruturas reprodutivas, causam perdas na produção. Entretanto, na competição interespecífica envolvendo lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera*, a espécie com maior sobrevivência de indivíduos foi *S. frugiperda*, com exceção para a maior densidade testada quem predominou a sobrevivência foi a *H. armigera*. Observou-se alta mortalidade entre (80 a 93 %) dos indivíduos suscetíveis nos algodoeiros testados, comprovando a eficiência de controle das tecnologias Bt nesta população de *S. frugiperda*. Em contraste, os indivíduos da população considerada resistente apresentaram reduzida mortalidade (variando entre 4 a 7 %), ou seja, apresentando alta sobrevivência, conseguindo completar os estágios juvenis, com obtenção de adultos em todos os genótipos de algodoeiro que expressam as tecnologias de algodão Bt.

Palavras-chave: Controle, Adaptação, lagarta militar, prejuízo

INTRA AND INTERSPECIFIC COMPETITION OF *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) AND ITS DAMAGE TO THE COTTON CULTURE

Danilo Renato Santiago Santana¹, Paulo Eduardo Degrande¹, Elmo Pontes de Melo², José Bruno Malaquias³

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Caixa Postal 322, CEP 79804-970, Dourados, MS, Brasil. ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - Câmpus Ponta Porã - MS (IFMS), Rodovia BR-463, km 14, s/n, CEP 79.909-000, Ponta Porã, MS, Brasil. ³Unesp - Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu - SP (UNESP) (Av. Prof. Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/n, Botucatu, SP - CEP 18618-687). E-mail: danilosantana1987@hotmail.com; paulodegrande@ufgd.edu.br; elmo.melo@ifms.edu.br; malaquias.josebruno@gmail.com

ABSTRACT

The cotton plant hosts various pests that damage different structures. Among these pests, the species *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa armigera* are present in different producer regions in Brazil. However, due to their very similar eating habits, these species can compete among themselves mainly for food and influence their mortality and biological success rates. This work aimed to evaluate intraspecific and interspecific competition and injuries to cotton reproductive structures caused by *S. frugiperda* and *H. armigera* in cotton plants and the mortality and biology of two populations of *S. frugiperda* (resistant and susceptible) in different cultivars of Bt and non-Bt cottons. The experiments of intraspecific and interspecific competition and injuries to reproductive structures of cotton caused by *S. frugiperda* and *H. armigera* were conducted at the Laboratory of Applied Entomology of the Federal University of Grande Dourados, Dourados / MS. The mortality assessment experiments and the biological performance of two populations of *S. frugiperda* (both resistant and susceptible to Cry1F / Cry1Ac species) in Bt and non-Bt cotton leaves were conducted at the Laboratory of Applied Entomology at FERST - Centro Agrônômico de Pesquisa e Tecnologia LTDA., in Dourados / MS. In general, we observed that the neonate caterpillars of *H. armigera* and *S. frugiperda* fed themselves with cotton's reproductive structures, but causing no losses over cotton production. The third instar caterpillars of *H. armigera* and *S. frugiperda*, on the other hand, fed with reproductive structures, but causing losses over cotton production. However, in the interspecific competition involving *S. frugiperda* and *H. armigera* caterpillars, the species with the highest survival index was *S. frugiperda*, with the exception of the highest density tested, which predominated survival was *H. armigera*. High mortality was observed among (80 to 93%) the susceptible individuals from the tested cottons, proving the of Bt technologies efficiencies over this population of *S. frugiperda*. In contrast, individuals from the population considered resistant had reduced mortality (oscillating from 4 to 7%), that is, presenting high survival index, managing to complete the juvenile stages, reaching adults in all cotton genotypes with technologies Bt.

Keywords: Control, adaptation, armyworm, injury

INTRODUÇÃO GERAL

O algodão *Gossypium hirsutum* L. destaca-se por ser uma das culturas agrícolas mais importantes do Cerrado Brasileiro, com produção estimada de 2,7 milhões de toneladas de pluma, em uma área de 1,6 mil ha⁻¹ cultivados na safra de 2018/2019, tornando o Brasil o segundo maior exportador e quarto maior produtor dessa fibra natural (CONAB, 2020).

No Cerrado Brasileiro, principalmente no estado de Mato Grosso do Sul, ao longo dos anos, é possível observar perdas consideráveis de algodoeiros decorrentes da incidência de insetos-praga nas lavouras. As pragas associadas ao algodão são beneficiadas pelas amplas áreas de cultivos distribuídas por milhões de hectares em várias regiões brasileiras.

Dentre essas pragas, destacam-se *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae), que ocasionam danos nas estruturas vegetativas e reprodutivas do algodoeiro. Semelhantemente, são consideradas pragas que atacam também outras culturas de importância agrícola como a soja e milho (CZEPACK et al., 2013, SANTOS, 1999).

As lagartas do gênero *Helicoverpa* spp. pertencem à subfamília *Heliathinae*, que é composta de um grupo de 18 espécies (BEHERE et al. 2007), dentre as quais a *H. armigera* é citada como uma das mais importantes pragas (TAY et al. 2013). Contudo, esta praga não tinha sido encontrada no Continente Americano até o ano de 2012, sendo considerada uma praga quarentenária no Brasil. A lagarta foi registrada atacando plantas de diversas famílias e muitas dessas são de importância agrícola, como algodão, milho, soja, sorgo, milheto, café, tomate e citros (DEGRANDE & OMOTO, 2013), dentre outras.

No ano de 2013, foi relatada pela primeira vez a presença de *H. armigera* atacando plantas no Brasil (CZEPACK et al., 2013). A praga foi encontrada em fazendas de cultivos comerciais de soja e algodão nos estados da Bahia, Mato Grosso e Goiás. Após a detecção da *H. armigera* no Brasil, foram tomadas diversas medidas em caráter de urgência visando diminuir sua proliferação. O Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), para assegurar o controle da praga, liberou o uso emergencial de inseticidas (ÁVILA et al., 2013; DEGRANDE & OMOTO, 2013).

Os danos ocasionados por *H. armigera* no estado de Mato Grosso do Sul na cultura do algodoeiro são de aproximadamente 15 arrobos/ ha⁻¹ de perdas no algodão em

caroço estando amplamente disseminada em vários municípios, inclusive com altos níveis populacionais (GRIGOLLI & DEGRANDE, 2014; GRIGOLLI et al., 2016).

Atualmente, a aplicação de inseticidas químicos é o método mais comum de controle desta praga nas culturas, incluindo o algodão, uma vez que é considerada uma das pragas mais importantes, devido à sua mobilidade e por ter um ciclo reprodutivo curto. Entretanto, já evoluiu à resistência a quase todos os inseticidas químicos utilizados para o seu controle (ALVI et al. 2012; KRANTHI et al., 2002) e estudos mostram outrossim a resistência de *H. armigera* à proteína inseticida Cry1Ac em algodão na China (LIU et al., 2010).

Especificamente para a cultura do algodão, tem-se observado nas lavouras a ocorrência de lagartas de *H. armigera* durante todo o ciclo da cultura. Porém, Lammers e Macleod (2007) relataram perda mundial causada por lagartas de *H. armigera*, nas diferentes culturas em que ataca, chegando anualmente a cinco bilhões de dólares. Na safra 2011/2012, no estado da Bahia, as perdas chegaram a 80% na cultura de algodão (ÁVILA et al., 2013). Estimou-se que *H. armigera* tenha causado perdas de mais dois bilhões de dólares para o Brasil na safra 2013/14, decorrentes da redução da produtividade das culturas e dos custos com a aplicação de defensivos (LEITE et al., 2014).

Outros lepidópteros-praga de ocorrência nos algodoeiros do Cerrado é o complexo *Spodoptera*, tais como: *S. frugiperda*, *Spodoptera cosmioides* (WALKER, 1858), *Spodoptera eridania* (CRAMER, 1782) e *Spodoptera albula* (WALKER, 1857) (CROSARIOL NETTO et al., 2018). Dentre as espécies citadas, a que mais se adapta às condições do Cerrado é a *S. frugiperda*. Segundo Barros et al. (2010), essa espécie apresenta bom desenvolvimento biológico e reprodução quando criada em algodoeiro, milho, milheto e soja, sendo assim favorecidas por estes cultivos em lavouras comerciais.

Na cultura do algodão, as lagartas de *S. frugiperda* têm o hábito de cortar as plantas jovens logo acima do coleto, reduzindo o estande da cultura, raspando a epiderme de brácteas, botões florais, flores e maçãs (DEGRANDE, 1998), assim, perfuram e danificam os botões florais, flores e maçãs desenvolvidas, além de destruírem folhas e perfurarem hastes na ausência de maçãs (GALLO et al. 2002). A penetração da lagarta na maçã pode ocasionar a redução na quantidade e qualidade da fibra, aumentando a probabilidade de ocorrência de apodrecimento sob diferentes condições climáticas, ocasionando sérios prejuízos para o produtor.

As injúrias ocasionadas em cultivo de algodoeiro por *S. frugiperda* têm sido relativamente recentes, seu controle tem sido realizado com inseticidas químicos tentando

minimizar os prejuízos provocados, entretanto, o controle químico muitas vezes não produz o efeito esperado (WANGEN et al., 2015), o que acarreta o aumento de riscos de contaminação ambiental e a elevação de custos de produção (MENDES et al., 2011).

Com a introdução de cultivares de algodão Bt resistentes ao ataque de lepidópteros-praga a partir de 2005 no Brasil, uma nova ferramenta de controle foi introduzida no mercado, o que provocou, em um primeiro momento, a redução do número de aplicações de inseticidas para estas pragas, bem como do custo gerado por esta prática. Com a liberação dos demais algodoeiros Bt resistentes a lepidópteros-praga, como em 2009 do Bollgard II® (Cry1Ac + Cry2Ab2) e Widestrike® (WS) (Cry1Ac + Cry1F), e em 2011 do Twinlink® (Cry1Ab + Cry2Ae), foi ampliada a expectativa de melhoria de controle de lagartas (THOMAZONI et al., 2013).

Em altas densidades populacionais de *S. frugiperda* em campo, tem sido observadas falhas de controle efetivo de muitas cultivares Bt no Brasil, recentemente. Essa ausência de controle pode estar relacionada a vários fatores tais como: ausência de refúgio, menor suscetibilidade natural dos insetos-alvo em cultivares Bt (ARMSTRONG et al., 2011) e também a menor expressão da toxina Bt ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta em estruturas vegetativa (folhas) e reprodutivas (flor, botão floral e maçãs) (SIVASUPRAMANIAN et al., 2008).

Um trabalho recente, no Brasil, mostrou a resistência de *S. frugiperda* à proteína inseticida Cry1F em milho (FARIAS et al., 2014), e à proteína Cry 1Ab expressa em milho MON810 (OMOTO et al., 2016). Do mesmo modo, outros estudos realizados em laboratório evidenciam a caracterização da resistência de linhagens de *S. frugiperda* ao milho YieldGard VT PRO™ que expressa Cry 1A.105/ Cry2Ab2 (BERNARDI, 2015). A perda da eficiência de algumas tecnologias Bt pode estar relacionada ao fato de que algumas culturas - como o algodão, a soja e o milho - sejam plantadas o ano todo no país, proporcionando condições de conforto para o desenvolvimento principalmente de *S. frugiperda*.

Tem sido possível notar a campo a competição intraespecífica e interespecífica de insetos-praga *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa armigera* em cultivos de lavouras comerciais - tais como: algodão, soja e milho - têm notado a campo a competição intraespecífica e interespecífica de insetos-praga por busca por alimentos. Do mesmo modo, notou-se a presença de uma e ausência da outra, como o caso de ambas as espécies em algumas regiões produtoras principalmente de algodão. Essas duas

espécies podem competir por alimentos, principalmente em plantas de algodoeiro e podendo até mesmo influenciar na taxa de mortalidade.

Em algumas espécies de pragas, a competição intraespecífica, conhecida comumente como canibalismo, é um comportamento normal, como é o caso de *S. frugiperda* e *H. armigera* (RAFFA, 1987; BENTIVENHA et al., 2016). Esse comportamento, em populações naturais, pode estar relacionado a alimentação, densidade populacional, disponibilidade de indivíduos vulneráveis e estresse, entre outros fatores que provavelmente estejam relacionados a este comportamento, podem influenciar na estrutura populacional.

Já a competição interespecífica, conhecida como competição intraguilda, entre indivíduos de espécies de pragas diferentes que disputam o mesmo recurso alimentar (ROSENHEIM et al., 1995) é comum, entretanto, apesar disso, há poucos estudos que consideram as interações interespecíficas envolvendo insetos-praga de espécies diferentes e também da mesma espécie em uma mesma planta. A competição interespecífica pode ocorrer em outros níveis tróficos (ou alimentares) (POLIS, et al., 1989), podendo sofrer redução em fecundidade, crescimento ou sobrevivência (BEGON et al., 2006).

Apesar da importância econômica de *H. armigera* e *S. frugiperda* para o cultivo do algodão, até o momento não existem informações que demonstrem com clareza as diferenças dos danos causados ao algodoeiro para cada uma das espécies, bem como as diferenças na sensibilidade destas pragas as plantas de algodão Bt e a competição interespecíficas da mesma espécie e entre espécies diferentes em relação ao mesmo hospedeiro.

Nesta perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar competição intraespecífica e interespecífica e as injúrias em estruturas reprodutivas de algodoeiro ocasionados por *S. frugiperda* e *H. armigera* em plantas de algodoeiro e a mortalidade e biologia de duas populações de *S. frugiperda* (resistente e suscetível) em diferentes cultivares de algodão Bt e não Bt.

O presente trabalho tem por objetivos específicos determinar:

Capítulo 1: Objetivo do presente estudo foi avaliar as injúrias nas estruturas reprodutivas da planta do algodão ocasionados pelas espécies *S. frugiperda* e *H. armigera*.

Capítulo 2: O objetivo deste trabalho foi avaliar a competição intraespecífica e interespecífica de *H. armigera* e *S. frugiperda* em plantas de algodão convencional.

Capítulo 3: O objetivo do presente estudo foi avaliar a mortalidade e o desempenho biológico de duas populações de *S. frugiperda* (resistente e suscetível a Cry1F / Cry1Ac) em folhas de algodão Bt e não Bt.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, J.S.; ADAMCZYK, J.J., JR.; GREENBERG, S.M. Efficacy of single and dual gene cotton *Gossypium hirsutum* events on neonate and third instar fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* development based on tissue and meridic diet assays. **Florida Entomologist**, v.94, n.2, p.262-271, 2011.

ALVI, A. H. K.; SAYYED, A. H.; NAEF, M.; ALI, M. Field Evolved Resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* Toxin Cry1Ac in Pakistan. **PLoS One**, v.7, n. 10, p. 1-9, 2012.

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. p. 12. (EMBRAPA/ CPAO, Circular Técnica, 23).

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems.** 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 738 p.

BEHERE, G. T.; TAY, W. T.; RUSSELL, D. A.; HECKEL, D. G.; APPLETON, B. R.; KRANTHI, K. R.; BATTERHAM, P. Mitochondrial DNA analysis of field populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and of its relationship to *H. zea*. **Evolutionary Biology**, v. 7, n. 117, p. 1-10, 2007.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.

BERNARDI, D.; SALMERON, E.; HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Cross-Resistance between Cry1 proteins in fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) may affect the durability of current pyramided Bt maize hybrids in Brazil. **PLOS ONE**, 10: e0140130, 2015.

BENTIVENHA, J. P.F.; BALDIN, E. L. L.; MONTEZANO, D. G.; HUNT, T. E.; PAULA-MORAES, S. V. Attack and defense movements involved in the interaction of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Pest Science**, v. 90, p. 433-445, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, terceiro levantamento v. 7, n. 3, p. 1-109, 2020.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n.1, p.110-113, 2013.

CROSARIOL NETTO, J.; ROLIM, G. G.; MICHELOTTO, M. D. **Situação da lagarta-do-cartucho no Estado de Mato Grosso**. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2018. p.1-8. (IMAmt, Circular Técnica 34).

DEGRANDE, P. E. **Guia prático de controle das pragas do algodoeiro**. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 1998. 60 p.

DEGRANDE, P. E.; OMOTO, C. Pragas: Estancar prejuízos. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 16, n. 167, p. 30-34, 2013.

FARIA, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Fieldevolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v. 64, n. 2, p. 150-158, 2014.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. 3. ed. Piracicaba-SP: Agronômica Ceres. FEALQ, 2002. 401-403 p.

GRIGOLLI, J. F. J.; ÁVILA, C. J.; OLIVEIRA, H. N.; TOMQUELSKI, G. V.; SANTOS, V. Mapping the occurrence and density of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Journal of Entomology and Nematology**, v. 8, n. 4, p. 28-33, 2016.

GRIGOLLI, J. F. J.; DEGRANDE, P. E. Manejo de *Helicoverpa armigera* em Mato Grosso do Sul. GRUPO *Helicoverpa armigera* Mato Grosso do Sul (GHMS). Tecnologia e Produção: Soja. p.169-177, 2013/2014.

KRANTHI, K. R., JADHAV, D. R., KRANTHI, S., WANJARI, R. R., ALI, S. S., RUSSELL, D. A. Insecticide resistance in five major insect pests of cotton in India. **Crop Protection**, v. 21, n. 6, p. 449-460, 2002.

LAMMERS, J. W.; MACLEOD, A. Report of a pest risk analysis: *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808). 2007. Disponível em: <<https://secure.fera.defra.gov.uk/phiw/riskRegister/downloadExternalPra.cfm?id=387>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

LIU, F.; XU, Z.; ZHU, Y.C.; HUANG, F.; WANG, Y.; LI, H.; LI, H.; GAO, C.; ZHOU, W.; SHEN, J. Evidence of field-evolved resistance to Cry1Ac-expressing *Bt* cotton in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in northern China. **Pest Management Science**. v. 66, p. 155-161, 2010.

LEITE, N. A.; PEREIRA, A. A.; CORRÊA, A. S.; ZUCCHI, M.; OMOTO, C. Demographics and Genetic Variability of the New World Bollworm (*Helicoverpa zea*) and the Old World Bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Brazil. **Plos One**, v. 9, n. 11, p. 1-9, 2014.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M. S.; WAQUIL, J. M. Respostas da lagarta do cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 239-244, 2011.

TAY, W. T.; SORIA, M. F.; WALSH, T.; THOMAZONI, D.; SILVIE, P.; GAJANAN, T. B.; CRAIG, A.; SHARON, D. A brave new world for an Old World Pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Plos One**, v. 8, n. 11, p. 1-7, 2013.

WANGEN, D. R. B.; PEREIRA JÚNIOR, P. H. S.; SANTANA, W. S. CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) NA CULTURA DO MILHO COM INSETICIDAS DE DIFERENTES GRUPOS QUÍMICOS. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 801-808, 2015.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, n. 9, p. 4201, 2016.

SANTOS, W. J. Monitoramento e controle de pragas do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p. 133-179.

SIVASUPRAMANIAM, S.; MOAR, W.J.; RUSCHKE, L.G.; OSBORN, J.A.; JIANG, C.; SEBAUGH, J.L.; BROWN, G.R.; SHAPPLEY, Z.W.; OPPENHUIZEN, M.E.; MULLINS, J.W.; GREENPLATE, J.T. Toxicity and characterization of cotton expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac and Cry2Ab2 proteins for control of lepidopteran pests. **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.2, p.546-554, 2008.

THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; PEREIRA, E. J. G.; DEGRANDE, P. E. ***Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do estado de Mato Grosso**. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2013. p.1-12. (IMAmt, Circular técnica 5).

RAFFA, K. F. Effect of host plant on cannibalism rates by fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 3, p. 672-675, 1987.

ROSENHEIM, J. A.; KAYA, H. K.; EHLER, L. E.; MAROIS, J. J.; JAFFEE, B. A. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. **Biological Control**, v. 5, n. 3, p. 303-335, 1995.

POLIS, G. A.; MYERS, C. A.; HOLT, R. D. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. **Annual Review of Ecological Systems**, v. 20, p. 297-330. 1989.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 738 p.

CAPÍTULO 1: Injúrias provocadas pelas lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em estruturas reprodutivas de algodoeiro

Danilo Renato Santiago Santana, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo, José Bruno Malaquias

RESUMO: Dentre as principais pragas do algodoeiro, destacam-se as lagartas de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa armigera*. Essas espécies podem atacar as estruturas reprodutivas das plantas, tais como, botões florais, flores e maçãs, causando sérios danos econômicos na cultura do algodão. O objetivo do presente estudo foi avaliar as injúrias nas estruturas reprodutivas da planta do algodão ocasionadas pelas espécies *S. frugiperda* e *H. armigera*. Os experimentos foram conduzidos em área experimental localizada nas dependências do Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal da Grande Dourados - (UFGD), no município de Dourados, Mato Grosso do Sul (MS), na Safra 2016-17. As criações dos insetos foram conduzidas em sala climatizada ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR $70\pm 5\%$ e fotofase de 12 h). A cultura foi semeada a campo e a variedade utilizada foi a FM - 944 GL® (não Bt). As infestações foram realizadas artificialmente tanto para *S. frugiperda* como *H. armigera* e utilizou-se diferentes densidades de ovos (0, 50, 100, 200 e 300 unidades planta⁻¹) e de lagartas de terceiro ínstar (0, 5, 10, 15 e 20 indivíduos planta⁻¹). As infestações foram realizadas 85 dias após a semeadura, quando as plantas se encontravam em plena produção de estruturas reprodutivas. As avaliações foram realizadas durante um período de 7 dias, registrando-se o número total de estruturas reprodutivas danificadas pelas lagartas. Além das contagens das estruturas reprodutivas danificadas, avaliou-se, ainda, e visualmente, o local de maior permanência das lagartas nas plantas (região apical, mediana e basal). Ao final do ensaio, foi mensurada a massa de algodão em caroço, colhendo-se a planta e transformando os resultados em arroba por hectare. O delineamento experimental foi blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Houve uma relação linear positiva envolvendo densidades de ovos e lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda* nas plantas de algodão, com porcentagens de danos nas estruturas reprodutivas, como botões florais e maçãs. Os resultados obtidos em campo permitem inferir que as lagartas de *H. armigera* e *S. frugiperda* recém-eclodidas alimentam-se de estruturas reprodutivas do algodoeiro, porém sem causar perdas significativas na produção do algodão. Enquanto as lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* e *S. Frugiperda*, ao se alimentarem dessas estruturas reprodutivas, causam perdas de grande expressão para a produção de algodão. Diante dos resultados observados, conclui-se que a densidade de 20 lagartas de *H. armigera* e *S. frugiperda* proporcionam as maiores perdas na produção de plumas de algodão.

Palavras-chave: danos, prejuízos, comportamento.

CHAPTER 1: Damages caused by the caterpillars *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) to cotton reproductive structures

Danilo Renato Santiago Santana, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo, José Bruno Malaquias

ABSTRACT: Among the main pests of cotton, the caterpillars *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa armigera* are the ones that stand out. These species can attack the reproductive structures of plants, such as flower buds, flowers and boll, causing serious economic injuries to cotton. Thus, the aim of the present study was to evaluate the injuries in the reproductive structures of the cotton plant caused by the species *S. frugiperda* and *H. armigera*. The experiments were conducted in an experimental area belonging to the Applied Entomology Laboratory of the Federal University of Grande Dourados - (UFGD), in the city of Dourados, Mato Grosso do Sul (MS), in the 2016-17 harvest. Insect breeding was carried out in controlled waves (25 ± 2 ° C, RH $70 \pm 5\%$ and 12 h photophase). The culture was sown in the field and the variety used was FM - 944 GL® (not Bt). The infestations were performed artificially for both *S. frugiperda* and *H. armigera* species in different egg densities (0, 50, 100, 200 and 300 units per plant) and third instar caterpillars (0, 5, 10, 15 and 20 individuals per plant) as well. The infestations were carried out 85 days after sowing, during plants' full production of reproductive structures. The evaluations were carried out over a period of 7 days, recording the total number of reproductive structures damaged by the caterpillars. In addition to the counts of the damaged reproductive structures, we also evaluated, visually, the place where the caterpillars stayed longer in the plants (apical, median and basal regions). At the end of the test, the mass of cotton seed was measured, the plants were harvested and the results transformed into hectare scale. The experimental design was randomized blocks (DBC) with five treatments and four replications. There was a positive linear relationship involving densities of eggs and third instar caterpillars of *H. armigera* and *S. frugiperda* in cotton plants, with percentages of damage to reproductive structures, such as flower buds and bolls. The results obtained in the field enabled us to infer that the newly hatched *H. armigera* and *S. frugiperda* caterpillars fed themselves with cotton reproductive structures, but without causing significant losses in cotton production. Whereas the third instar caterpillars of *H. armigera* and *S. frugiperda* fed with these reproductive structures, but causing significant losses for cotton production. In view of the observed results, we concluded that the density of 20 caterpillars of *H. armigera* and *S. frugiperda* provides the greatest losses in the production of cotton plumes.

Keywords: damage, losses, behavior

INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) do Cerrado Brasileiro representa uma das culturas de maior importância econômica para o Brasil. No entanto, a adoção dessa cultura em grande escala tem favorecido o aparecimento de insetos-praga, principalmente aquelas que apresentam aspectos bioecológicos e comportamentais caracterizados pela polifagia (THOMAZONI et al., 2013), permitindo sua permanência numa região agrícola por um longo período de tempo (SOSA-GÓMEZ et al., 2016).

Dentre os insetos beneficiados pelo intenso cultivo dessa cultura destacam-se as espécies de lagartas *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* (HUBNER, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae). Tratam-se de espécies ágeis, com hábito migratório, alta taxa de reprodução, com capacidade de alimentação de várias espécies de plantas e resistentes às plantas que expressam proteínas Bt (BUSOLI et al., 2017).

Os adultos de *S. frugiperda* em algodoeiro têm o hábito de ovipositar na superfície inferior das folhas nas regiões média e inferior das plantas (ALI et al., 1989). As lagartas, ao eclodirem, apresentam rápida mobilidade, sendo que nos dois primeiros instares alimentam-se de folhas e a partir do terceiro instar iniciam o ataque a estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) (ALI et al., 1990; MALAQUIAS et al., 2017; 2020).

As fêmeas de *H. armigera* realizam normalmente oviposição na região superior das plantas (brotações ou ramos novos) de forma isolada ou em pequenos agrupamentos em estruturas reprodutivas (frutos e flores) (MENSAH, 1996; SRINIVASAN et al., 2013). Ao eclodirem, alimentam-se inicialmente das partes mais tenras das plantas e, a partir dos instares posteriores, preferem estruturas reprodutivas, tais como botões florais, flores e maçãs de algodoeiro (ÁVILA et al., 2013; CROSARIOL NETTO et al., 2015).

Nos últimos anos agrícolas tem-se observado um significativo aumento da densidade populacional de *H. armigera*, com danos significativos em algodoeiros nas regiões da Bahia, Goiás e Mato Grosso (CZEPAK et al., 2013) e adaptação da *S. frugiperda* às condições climáticas do Cerrado Brasileiro. Por serem diferentes das demais espécies de lagartas que ocorrem também nessa cultura, há ainda certa carência de informações a respeito dos danos causados por essas duas espécies de forma isolada ou simultânea em suas fases imaturas. Diante desta problemática, o objetivo do presente

estudo foi avaliar as injúrias nas estruturas reprodutivas da planta do algodão ocasionados pelas espécies *S. frugiperda* e *H. armigera*.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Área Experimental do Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal da Grande Dourados - (UFGD), no município de Dourados, Mato Grosso do Sul (MS), na Safra 2016/17, entre os meses de novembro/2016 (preparação da área) e de junho/2017 (fim do ciclo do algodoeiro, com 154 dias após a emergência).

O algodoeiro foi cultivado no campo em um solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, segundo a Embrapa (2006). A área foi preparada convencionalmente com aração e gradagem. A cultura foi semeada manualmente no mês dezembro de 2017 com espaçamento de 0,90 m entre linhas e densidade de 8 sementes/metro linear, respeitando a recomendação da variedade FM - 944 GL[®] (não-Bt) utilizada neste estudo.

As adubações foram realizadas de acordo com a boa prática agrícola recomendada para a cultura (GUERRA et al., 2015). O controle de pragas e doenças foram realizados com inseticidas e fungicidas específicos, conforme o registro no Ministério da Agricultura e Pecuária - (AGROFIT, 2017). O controle de plantas daninhas foi manual e o experimento foi irrigado quando necessário.

Os insetos foram criados em sala climatizada, com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 5\%$ e fotofase de 12 horas. Os estudos com diferentes densidades de ovos e lagartas de terceiro ínstar de *S. frugiperda* e *H. armigera* foram realizados a campo, com confinamento dos insetos no estágio reprodutivo das plantas.

A parcela constituía-se de 03 (três) linhas com 04 (quatro) metros de comprimento, espaçadas entre si a cada 0,90 metros. Como parcela útil, foi tomada a linha central, desprezando-se 1,0 m em cada extremidade, totalizando $1,8\text{ m}^2$ de área útil onde foi selecionada a unidade amostral composta por 01 (uma) planta. Sendo assim, as lagartas de cada espécie foram confinadas em uma planta isoladamente.

As infestações foram realizadas aos 85 dias após a semeadura quando as plantas encontravam-se em plena produção de estruturas reprodutivas, e ocorreram simultaneamente de forma artificial tanto para *S. frugiperda* como *H. armigera*, ou seja nos dois experimentos. Foram utilizadas as seguintes densidades de ovos: 0, 50, 100, 200

e 300 unidades planta⁻¹ e de lagartas de terceiro ínstar: 0, 5, 10, 15 e 20 indivíduos planta⁻¹. Sobre as plantas foram instaladas gaiolas com as seguintes dimensões: 0,70 x 0,70 m de largura (na base) e 1,40 metros de altura, revestidas com tecido voal, para que não ocorresse fuga das lagartas e nem infestação natural (externa). O delineamento experimental se deu por blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e quatro repetições em ambos experimentos.

As avaliações foram realizadas 7 dias após a infestação, registrando-se o número total de estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) danificadas pelas lagartas. Além das contagens das estruturas reprodutivas danificadas, avaliou-se ainda, visualmente, o local de maior permanência das lagartas nas plantas (região apical, mediana e basal). Ao final do ensaio, mensurou-se a massa de algodão em caroço, colhendo-se a planta e transformando os resultados em arroba por hectare.

Análise dos dados

Os dados foram ajustados aos modelos lineares generalizados com distribuição do tipo quasibinomial. Utilizou-se para a análise dos dados as porcentagens de estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) danificadas, respectivamente. Quando houve diferença significativa na análise de deviance, as médias foram comparadas pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%). O ajuste dos modelos aos dados foi confirmado por meio de um envelope simulado meio normal (MORAL et al., 2017).

Os dados de produtividade foram submetidos à análise de variância e ao teste *F* de significância ($\alpha=0,05$). Como proposto por Pimentel-Gomes (1982), quando *F* calculado foi maior que o *F* tabelado, a análise prossegue com a aplicação do teste de comparação de médias por Tukey ao nível de 5% de probabilidade, obtendo-se as diferenças mínimas significativas entre os tratamentos.

Resultados e Discussão

Infestação com ovos de *H. armigera* de *S. frugiperda*

Nas análises da regressão logística, observou-se que houve uma relação diretamente proporcional positiva entre a variável independente densidades de ovos de *H. armigera* e *S. frugiperda*, e danos às estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) em plantas de algodão. Após a eclosão das lagartas da espécie *H. armigera*, constatou-se que foram danificados 59, 63, 70 e 76% dos botões florais e 59, 62, 68 e 73% das maçãs, enquanto que para a espécie *S. frugiperda*, constatou-se que 59, 62, 68 e 73% dos botões e 58, 59, 62 e 66% das maçãs, respectivamente para as densidades de 50, 100, 200 e 300 unidades planta⁻¹ (Figuras 1 e 2).

Observando os resultados, vale ressaltar ainda que, mesmo após apenas 07 (sete) dias das infestações com ovos, as porcentagens de estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) danificadas sofreram influência do ataque das lagartas, demonstrando o potencial de dano que essas duas espécies de lepidópteros são capazes de causar nas fases iniciais de seu desenvolvimento (primeiro e segundo ínstars).

As injúrias provocadas pela lagarta *H. armigera* se dão através das observações de comportamento da espécie na planta, visto que as lagartas, após eclodirem, foram encontradas raspando as folhas e brácteas, movimentando-se pouco na planta, permanecendo mais tempo no terço superior e alimentando-se mais de botões florais e maçãs pequenas.

Em resultados obtidos por Nicholson (1975), foi constatado que lagartas neonatas de *Chloridea* (= *Heliothis*) *virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), ambas pertencentes à subfamília *Heliothinae*, têm potencial de danificar e alimentar-se de todas as estruturas reprodutivas do algodoeiro, contudo há maior preferência pelos botões florais às maçãs. Entretanto, Papa & Mosca (2007) relataram em estudos de danos em algodoeiro que as lagartas *C. virescens* movimentam-se mais nas plantas e permaneceram maior tempo no terço superior das plantas e alimentaram-se mais de botões florais.

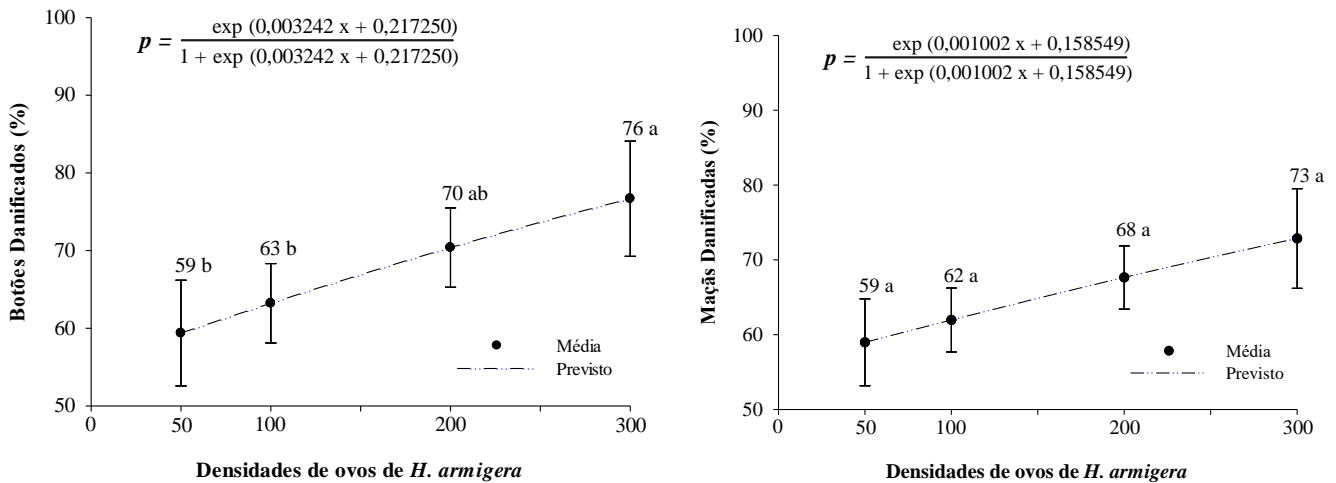


Figura 1 - Danos ocasionados por lagartas recém eclodidas de *Helicoverpa armigera* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

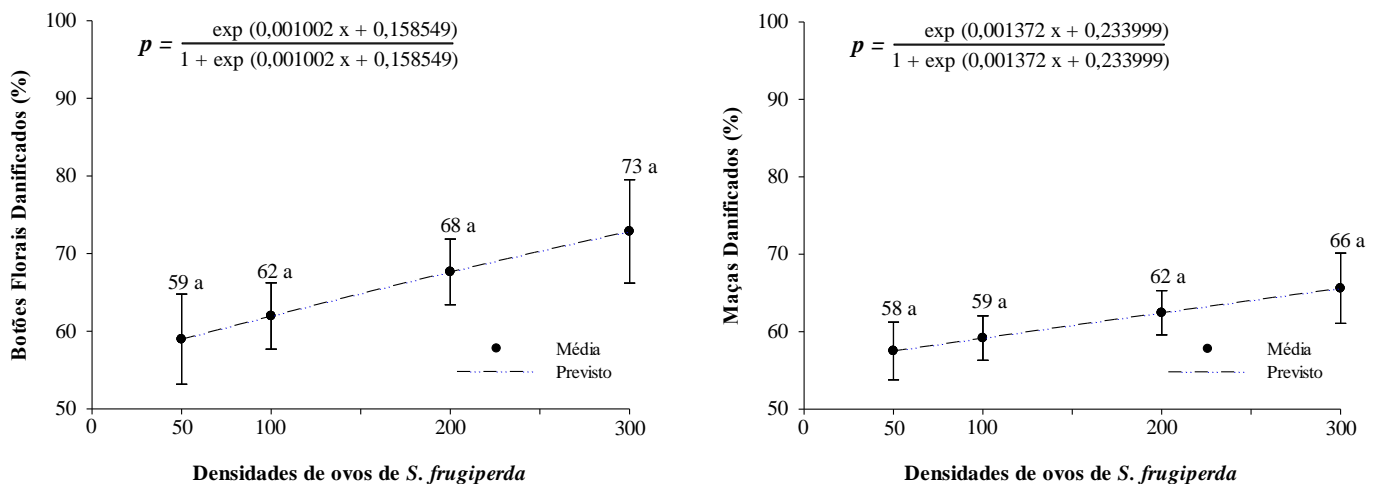


Figura 2 - Danos ocasionados por lagartas recém eclodidas de *Spodoptera frugiperda* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Conforme relatado por Destro et al. (2014), as lagartas de segundo ínstar de *H. armigera* preferem alimentar-se das estruturas reprodutivas localizadas na parte superior das plantas e cada lagarta chega a consumir aproximadamente 10 estruturas reprodutivas. Segundo Duffield e Chapple (2001), as mariposas de *H. armigera* geralmente realizam as posturas de ovos de forma isolada, no terço superior das plantas de soja, assim, já na fase reprodutiva, as posturas são realizadas próximos às flores e vagens, para facilitar o desenvolvimento das lagartas, conforme observado em algodão.

A espécie *S. frugiperda* apresentou comportamento semelhante à *H. armigera* alimentando-se de folhas, brácteas e botões florais, alojando-se dentro das maçãs pequenas e permaneceram no terço médio e superior da planta. Os resultados observados no presente estudo corroboram com os resultados obtidos por Ali et al. (1990) e Luttrell & Mink (1999) que lagartas de primeiro e segundo ínstares alimentam-se principalmente de folhas de algodoeiro, movendo-se posteriormente para as estruturas reprodutivas.

Alguns autores já relatam que as mariposas de *S. frugiperda* no algodão têm como hábito a oviposição no terço médio da planta (MIRANDA, 2006), preferencialmente na superfície inferior das folhas (ALI et al., 1989) e chegam a colocar até 300 ovos (BOIÇA JÚNIOR et al., 2013). Segundo Barros et al. (2010), as lagartas *S. frugiperda* nas fases iniciais (primeiro e segundo ínstares) apresentaram bom desempenho na fase larval quando foram oferecidas só folhas de algodão. Por outro lado, o menor desempenho biológico foi obtido utilizando apenas maçã de algodoeiro durante toda a fase larval.

Os dados desse estudo e os demais autores citados demonstram que as lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera* na fase inicial raspam as folhas e posteriormente atacam as estruturas reprodutivas das plantas. Segundo Fernandes et al. (2002), lagartas de *S. frugiperda* recém eclodidas e as de segundo ínstar permanecem próximas do local de oviposição raspando o parênquima foliar para se alimentarem.

Conforme resultados obtidos por Barros et al. (2010), as lagartas neonatas precisam inicialmente de folhas contendo gossipol para, posteriormente, alojar nas estruturas reprodutivas para o desenvolvimento completo. Pôde-se inferir, que lagartas neonatas precisam de folhas de algodão ao saírem dos ovos, já que esse alimento oferece suprimento que, na falta, pode afetar o desenvolvimento da espécie. Enquanto que Santos et al. (2010) relataram em seus estudos que as brácteas da maçã de algodoeiro não possuem composição nutricional adequada, podendo afetar o desenvolvimento larval do inseto.

Ali e Luttrell, (1990), ao estudarem diferentes densidades de massas de ovos de *S. frugiperda*, relataram que o monitoramento e detecção de ovos e lagartas em algodoeiro devem ser realizados nas fases iniciais de desenvolvimento deste inseto, caso contrário, as lagartas se desenvolverão e alojar-se-ão nas estruturas reprodutivas, indo de encontro aos dados desse estudo.

Infestação com lagartas de 3º ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda*

Após a infestação artificial com lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda* nas diferentes densidades, as mesmas ocasionaram sérios danos as estruturas reprodutivas do algodoeiro, contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos (densidades) (Figura 3 e 4).

A espécie *H. armigera* danificou 63, 71, 77 e 83% dos botões florais e 53, 57, 60 e 63% das maçãs, nas respectivas densidades estudadas 5, 10, 15 e 20 indivíduos planta⁻¹ (Figura 3). No presente estudo de infestação com lagartas de *H. armigera* de terceiro ínstar, diferente do observado com infestação com ovos, as lagartas não mais se alimentaram de folhas, consumiram apenas estruturas reprodutivas e tiveram uma mobilidade intra-planta maior, alcançado também o terço médio da planta.

Estas observações corroboram com as informações de Stacke (2016), ao estudar potencial de danos de lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* na fase reprodutiva da soja, cujos danos se concentravam na região do terço médio da planta, preferencialmente em flores e vagens (PATANKAR et al.; 2001).

No presente estudo, nota-se que as lagartas de *H. armigera* consumiram totalmente os botões florais e maçãs. Ínstares tardios desta espécie chegam a consumir três botões florais por dia (NIBOUCHE et al., 2007). Segundo Mabbet et al. (1980), observou-se um consumo médio de 12.2 de estruturas reprodutivas de algodão (botões florais e maçãs) em estudo realizado a campo pela lagarta *H. armigera*.

Analisando as injúrias provocadas por *S. frugiperda*, as lagartas danificaram 56, 61, 66 e 70% dos botões florais e 54, 57, 60 e 63% das maçãs nas densidades de 5, 10, 15 e 20 indivíduos planta⁻¹, respectivamente. Contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos. As lagartas de terceiro ínstar de *S. frugiperda* ocasionaram danos nos botões florais e maçãs pequenas, sendo que os danos se concentraram do terço médio para o inferior (Figura 4).

As lagartas de *S. frugiperda* chegaram a penetrar nas maçãs, alimentando-se das sementes, promovendo perdas das maçãs pequenas. Para espécies pertencentes ao complexo de *Spodoptera* spp., Luttrell e Mink (1999) afirmaram que lagartas de terceiro ínstar penetram facilmente nas estruturas reprodutivas do algodão. Resultados obtidos por Santos et al. (2010) constataram que 57% das lagartas de quarto ínstar de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae), chegam a danificar aproximadamente 2 botões florais. Enquanto, uma lagarta de terceiro ínstar de *Spodoptera cosmioides*

(Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) danifica aproximadamente 5 botões florais e 3 maçãs durante seu desenvolvimento.

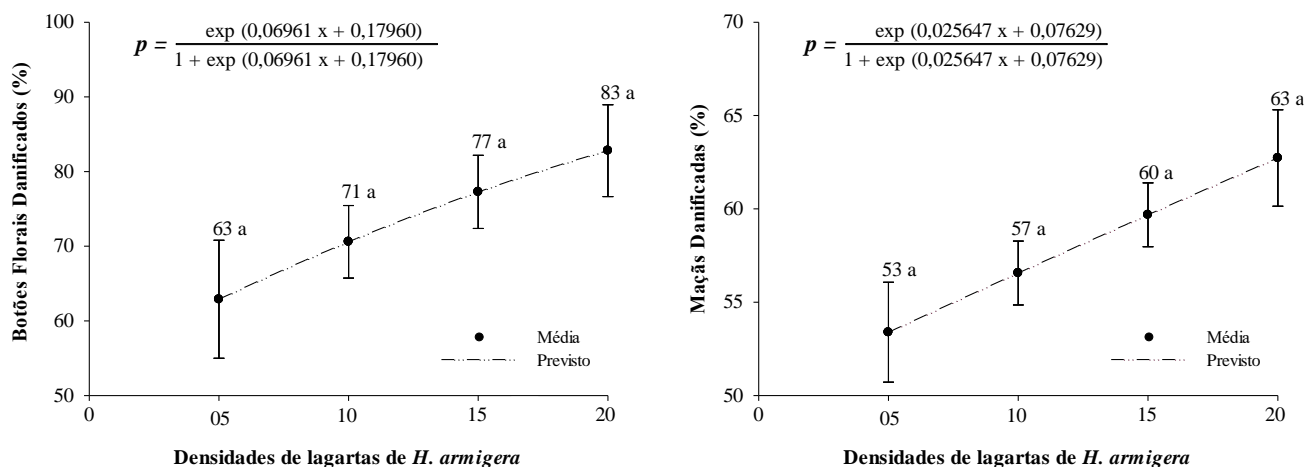


Figura 3 - Danos ocasionados por lagartas de terceiro ínstar de *Helicoverpa armigera* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

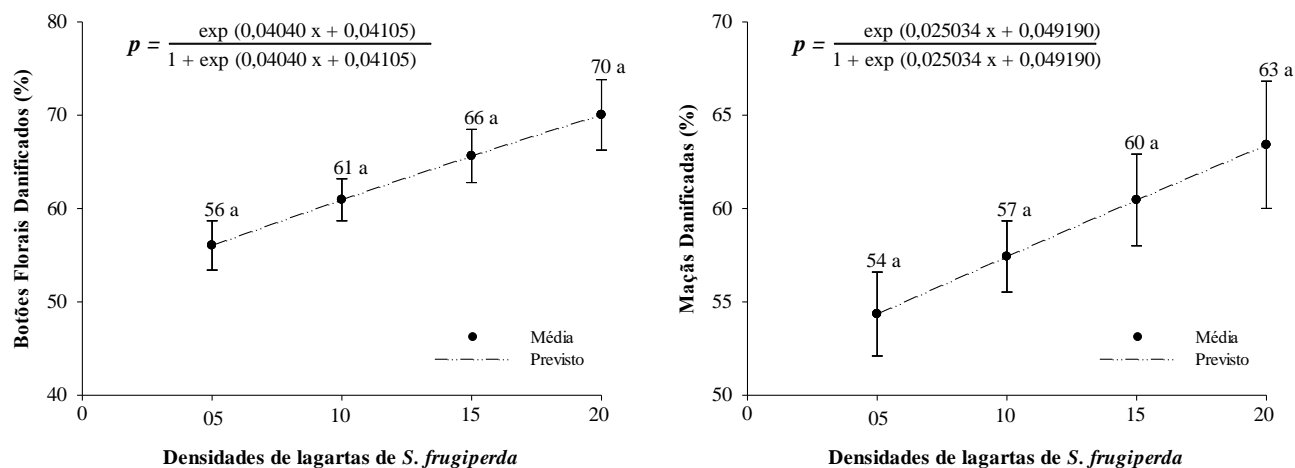


Figura 4 - Danos ocasionados por lagartas de terceiro ínstar de *Spodoptera frugiperda* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Pôde-se inferir que ambas as espécies danificam mais estruturas no terço médio da planta, sendo que nessa região encontra-se um maior número de estruturas reprodutivas em comparação aos demais terços da planta (superior e inferior). Rogers e

Brier (2010) relataram um comportamento semelhante estudando o ataque dessa praga em plantas de soja.

Produtividade

Em relação à produtividade de algodão em caroço verificou-se que a produção média de cada planta infestada por ovos de *H. armigera* foi de 271, 276, 289 e 289 @ ha⁻¹, enquanto que naquelas infestadas por massas de ovos de *S. frugiperda* a produção foi de 263, 264, 258 e 267 @ ha⁻¹, respectivamente para as densidades 50, 100, 200 e 300 ovos planta⁻¹. Na planta em que não houve infestação dos ovos, a produção foi de 283 e 285 @ ha⁻¹ e não diferiu significativamente das outras plantas infestadas por *H. armigera* e *S. frugiperda*, respectivamente (Figura 5).

Os resultados observados com a infestação de ovos de *S. frugiperda* nesse estudo diferem de alguns relatos da literatura em outras espécies de plantas, como por exemplo, os estudos de Cruz e Turpin (1983), que avaliaram o potencial de danos de *S. frugiperda* na cultura do milho, e descobriram perdas significativa de 17% no rendimento de grãos nas plantas que receberam as massas de ovos. Esse mesmo estudo evidencia que o dano foliar, dependendo do estágio fenológico da cultura, pode causar uma redução na produção de grãos. Luttrell e Mink (1999) indicaram que as densidades de ovos de *S. frugiperda* em plantas de algodão não influenciou na produção, mas causaram danos nas estruturas reprodutivas, semelhantes aos do presente estudo.

As diferentes densidades de ovos de *H. armigera* não influenciaram significativamente na produção, comportamento esse já observado para *S. frugiperda*. Resultados observados com *H. virescens* em condições de campo na cultura do algodão e soja relatam que as lagartas nos primeiros estágios larvais se alimentam normalmente de partes vegetativas menos tenras, como as folhas e, posteriormente, à medida que se desenvolvem, passam a se alimentar das estruturas reprodutivas (LINS, 2014).

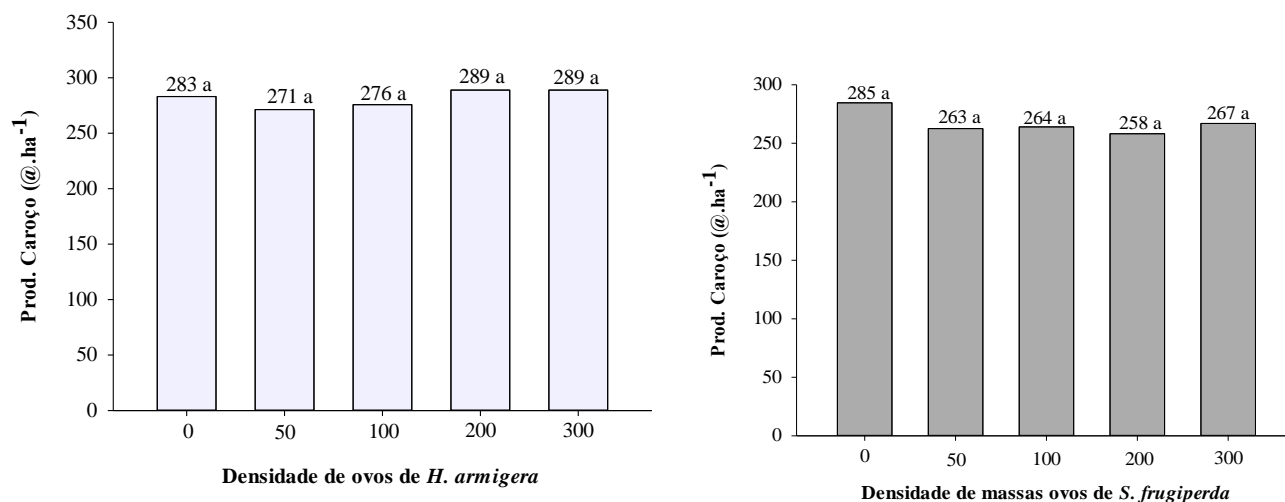


Figura 5 - Produtividade (algodão em caroço por planta) como consequência das diferentes densidades de ovos de *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda* a após sete dias das infestações. Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%) de significância.

Diferenças significativas foram relatadas na produção de algodão em caroço quando utilizou-se diferentes densidades de lagartas de terceiro ínstar de ambas as espécies. Observou-se que a produção média de cada planta infestada por lagartas de *H. armigera* foi de 169, 161, 176 e 154 @ ha⁻¹, enquanto que aquelas infestadas por lagartas de *S. frugiperda* a produção foi de 235, 191, 205 e 161 @ ha⁻¹, para as respectivas densidades 5, 10, 15 e 20 lagartas planta⁻¹. Na planta que não houve infestação a produção foi de 271 e 264 @ha⁻¹, respectivamente (Figura 6)

Comportamento observado por Brier et al. (2010) corroboram com resultados desse estudo que lagartas de *H. armigera* na fase reprodutiva da soja ocasionaram perdas significativas no rendimento da cultura. Segundo Stacke (2016) relatou que a ocorrência de *H. armigera* no estágio fenológico da soja R2 e R5.1 causa redução significativa na produção de grãos. Enquanto na fase vegetativa, sete lagartas dessa espécie por planta não apresentou redução no rendimento da cultura (ROGERS e BRIER, 2010).

Ainda no presente estudo as diferentes densidades de lagartas de terceiro ínstar de *S. frugiperda* influenciaram na produção de algodão em caroço. Entretanto, Luttrell e Mink (1999) indicaram que lagartas de *S. frugiperda* em plantas de algodão não influenciaram na produção, mas causaram danos nas estruturas reprodutivas. De acordo com Cruz (1995), a lagarta-do-cartucho chega a causar perdas de 34% em regiões produtoras de grãos, dependendo da fase fenológica da cultura, do tipo de cultivar utilizada e do local de semeadura.

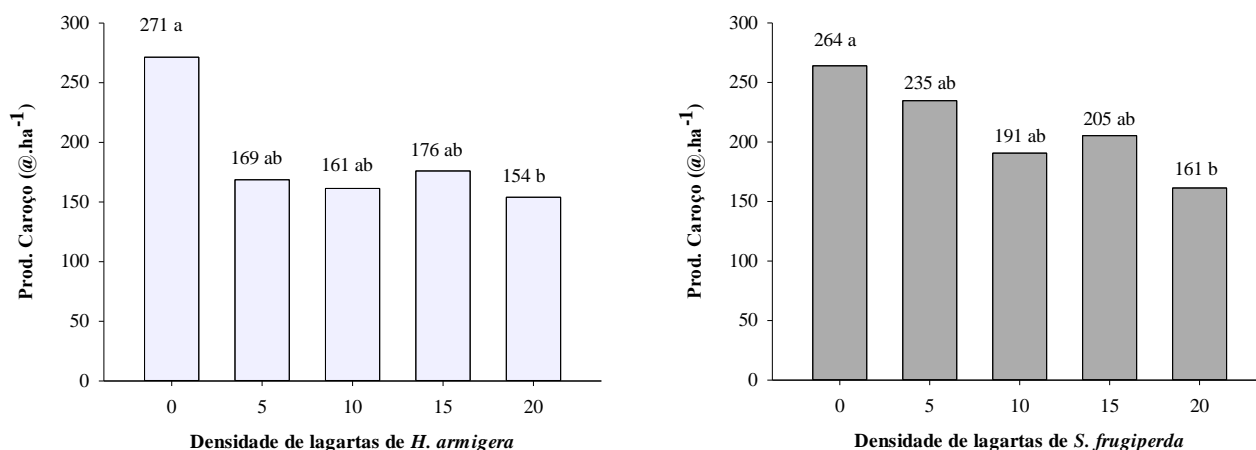


Figura 6 - Produtividade (algodão em caroço por planta) como consequência das diferentes densidades de lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda* após sete dias das infestações. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%) de significância.

O número de capulhos por planta é o principal componente que contribui para o aumento da produção total do algodoeiro. Entretanto, na planta de algodão, chega a ocorrer aborto de estruturas reprodutivas de até 60% de botões florais e maçãs jovens naturalmente (MEREDITH e WELLS, 1989; SANTOS et al., 2010). Os danos provocados por aquelas pragas que têm preferência por estruturas reprodutivas aumentam as taxas de perdas, especialmente quando as plantas se encontram entre 60 e 110 dias de idade (ROSOLEM 1999), causando sérios prejuízos à produção.

Desse modo, o ataque de pragas como *S. frugiperda* e *H. armigera* às estruturas reprodutivas pode somar-se aos fatores que acarretam redução de produtividade do algodoeiro quando presentes em altas densidades populacionais. Sendo assim, algumas recomendações de controle de pragas no estado do Mississippi nos Estados Unidos da América são baseados nos estudos de pesquisas de danos às estruturas do algodoeiro, tais como botões florais, flores e maçãs, levando em conta as alimentações nas folhas, brácteas de flores e detecção das lagartas com vistoria no terço médio e inferior da planta e a tomada de decisão geralmente baseada nestas informações (LUTTRELL e MINK, 1999).

Monitoramento e amostragem são procedimentos demorados e de altos custo, mas ao mesmo tempo são fundamentais para o controle de pragas, principalmente da lagarta *S. frugiperda* (PITRE, 1979; ALI et al., 1989) e *H. armigera* que estão presentes

no Cerrado Brasileiro, tendo como hospedeiro o algodoeiro por ser uma cultura atraente para oviposição e abrigar altas densidades populacionais de pragas.

Conclusões:

A infestação de lagartas de *H. armigera* e *S. frugiperda* neonatas revelou que estas alimentam-se de estruturas reprodutivas do algodoeiro, sem causar perdas significativas na produção de algodão.

Quando da infestação de lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda*, estas alimentam-se de estruturas reprodutivas do algodoeiro, apresentando, assim, capacidade de causar relevantes perdas na produção de algodão.

A densidade de 20 lagartas de terceiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda* por planta proporciona as maiores perdas de plumas de algodão em caroço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em:<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 25 nov. 2017.

ALI, A.; LUTTREL, R. G.; PITRE, H. N.; DAVIS, F. M. Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses on cotton. **Environmental Entomology**, v. 18, n. 5, p. 881-885, 1989.

ALI, A.; LUTTRELL, R. G.; PITRE.; H. N. Feeding sites and distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on cotton. **Environmental Entomology**, v. 19, n. 4, p. 1060-1067, 1990.

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. p. 12. (EMBRAPA/ CPAO, Circular Técnica, 23).

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D. Development of *Spodoptera frugiperda* on diferente hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 137, p. 237-245, 2010.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; CAMPOS, Z. R.; CAMPOS, A. R.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CAMPOS, O. R. *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton: vertical distribution of egg masses, effects of adult density and plant age on oviposition behavior. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 4, p. 424-429, 2013.

BRIER, H.; QUADE, A.; WESSELS, J. **Economic thresholds for *Helicoverpa* and other pests in summer pulses-challenging our perceptions of pest damage.** Proceedings of the 1st Australian Summer Grains Conference, Gold Coast, Austrália, 21st -24th, p. 15, 2010.

BUSOLI, A. C.; MICHELOTTO, M. D.; CROSSARIOL NETO, J.; VIANA, D. L.; PESSOA, R. Atualidades no Manejo de Pragas Resistentes aos inseticidas e às proteínas Bt em soja, milho e algodão. In: Raphael de Campos Castilho; Diandro Ricardo Barilli; Caio Cesar Truzi. (Org.). Tópicos em Entomologia Agrícola-X. Xed.Jaboticabal, SP: Gráfica e Editora Multipress LTDA., 2017, v. 1, p. 123-144.

CROSSARIOL NETTO, J.; BARROS, E. M. ***Helicoverpa armigera***: situação atual e ferramentas a serem aplicadas em programas de manejo integrado de pragas. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2015. p.1-12. (IMAmt, Circular Técnica 21).

CRUZ, I. **A Lagarta-do-Cartucho na Cultura do Milho.** Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 1995. p. 45. (Circular Técnica 21).

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Yield Impact of Larval Infestations of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to Midwhorl Growth Stage of Corn. **Journal of Economic Entomology**, v. 76, n. 5, p. 1052-1054, 1983.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n.1, p.110-113, 2013.

DUFFIELD, S. J.; CHAPPLE, D. G. Within-plant distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on irrigated soybeans. **Australian Journal of Entomology**, v. 40, p. 151–157, 2001.

DESTRO, E. A. C. B.; PAPA, G.; ZANARDI JÚNIOR, J. A.; AMARAL, A. G.; CELOTO, F. J. Danos de nova praga, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do algodoeiro, *Gossypium hirsutum*. In: XXVI - Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2014, Águas de Lindóia - SP. **Resumo...**São Paulo. Universidade Estadual Paulista, 2014. p. 1.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006. 306p.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.3, p.203-211, 2002.

GUERRA, J. S.; REIS, C. R.; GIANLUPPI, G. D. F.; EMANUELLI, E. J.; OHL, G. A.; TORRE, E. R. **Manual de Boas Práticas: Solos e sistemas de produção para o algodoeiro**. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2015. p.46-83. (AMPA – IMAmt 2015).

LUTTRELL R. G.; MINK, J. S. Damage to cotton fruiting structures by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuide). **Journal of Cotton Science**, v. 3, p. 35-44, 1999.

LINS, L. C. P. ESTUDOS PARA O MANEJO DA LAGARTA-DASMAÇÃS *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM ALGODÃO

(*Gossypium hirsutum* L.) E SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill]. JATAÍ, 2014. 64 p. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás).

MABBET, T.; DAREEPAT, P.; NACHAPONG, M. Behaviour studies on *Heliothis armigera* and their application to scouting techniques for cotton in Thailand. **Tropical Pest Management**, v. 26, n. 3, p. 268-273, 1980.

MALAQUIAS, J.B., GODOY, W.A.C., GARCIA, A.G., RAMALHO, F.S., OMOTO, C. Larval dispersal of *Spodoptera frugiperda* strains on Bt cotton: a model for understanding resistance evolution and consequences for its management. **Scientific Reports**, v. 7, n. 16109, p. 1-10, 2017.

MALAQUIAS, J.B., CAPRIO, M.A., GODOY, W.A.C., OMOTO, C., RAMALHO, F.S., PACHÚ, J.K.S Experimental and theoretical landscape influences on *Spodoptera frugiperda* movement and resistance evolution in contaminated refuge areas of Bt cotton. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 329–340, 2020.

MEREDITH, W. R.; WELLS, R. Potential for increasing cotton yields through enhanced partitioning to reproductive structures. **Crop Science**, v. 29, n. 3, p. 636-639, 1989.

MENSAH, R. K. Supresssion of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition by use of the natural enemy food supplement Envirofeast. **Australian Journal of Entomology**, v. 35, n. 4, p. 323-329, 1996.

MIRANDA, J. E. **Distribuição vertical de lagartas de *Spodoptera frugiperda* no algodoeiro**. Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 2006.

MORAL, R. A.; HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Half-Normal Plots and Overdispersed Models. In R: The hnp Package. **Journal of Statistical Software**, v. 81, n. 10, p. 1-23, 2017.

NIBOUCHE, S.; GOZÉ, E.; BABIN, R.; BEYO, J.; BRÉVAULT, T. Modeling *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) Damages on Cotton. **Environmental Entomology**, v. 36, n. 1, p. 151-156, 2007.

NICHOLSON, W. F. **Feeding of *Heliothis virescens* (F.) and *H. zea* (Boddie) on cotton with emphasis on development of a simulation model of larval feeding.** Mississippi State Univ., Mississippi State, MS. 1975.

PAPA, G.; MOSCA, H. R. DANOS COMPARADOS PROVOCADOS PELA LAGARTA-DA-MAÇA, *Heliothis virescens* E LAGARTA MILITAR, *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), EM ALGODOEIRO. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2007, Uberlândia-Minas Gerais. **Resumos...**São Paulo. Universidade Estadual Paulista – Campus Ilha Solteira, 2007. p. 1-6.

PATANKAR, A. G.; GIRI, A. P.; HARSULKAR, A. M.; SAINANI, M. N.; DESHPANDE, V. V.; RANJEKAR, P. K.; GUPTA, V. S. Complexity in specificities and expression of *Helicoverpa armigera* gut proteinases explains polyphagous nature of the insect pest. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 15, n. 31, p. 453-464, 2001.

ROGERS, D. J.; BRIER H. B. Pest-damage relationships for *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on vegetative soybean. **Crop Protection**, v. 29, p. 39-46, 2010.

ROSOLEM, C A. Ecofisiologia e manejo cultural do algodoeiro. In FUNDAÇÃO MT. Mato Grosso: liderança e competitividade. Boletim 3, Rondonópolis. Fundação MT, Campina Grande, Embrapa CNPA, p. 182, 1999.

SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M.; SANTOS, W. J.; NEVES, P. M. O. J.; SANTOS, R. B. Caracterização dos danos de *Spodoptera eridania* (Cramer) e *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) a estruturas de algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 627-631, 2010.

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: Heliiothinae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, n. 1, p.101-104, 2016.

SRINIVASAN, R.; SU, F.; HUANG, C. Oviposition dynamics and larval development of *Helicoverpa armigera* on a highly preferred unusuitable host plant, *Solanum viarum*. **Entomologia Experimentalis Applicata**, v. 147, p. 217-224, 2013.

STACKE, R. F. DANOS DE *Helicoverpa armigera* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA FASE REPRODUTIVA DA SOJA. Santa Maria, 2016. 52 p. (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria).

THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; PEREIRA, E. J. G.; DEGRANDE, P. E. ***Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do estado de Mato Grosso**. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2013. p.1-12. (IMAmt, Circular Técnica 5).

CAPÍTULO 2: Competição intra e interespecífica de lagartas de *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) e *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) em plantas de algodão

Danilo Renato Santiago Santana, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo, José Bruno Malaquias

RESUMO: As lagartas *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda* tornaram-se importantes pragas no algodoeiro, pois atacam diversas estruturas da planta, causando danos diretos e indiretos. Contudo, por apresentarem hábitos alimentares bastante semelhantes, essas espécies podem competir entre si principalmente por alimentos e influenciar suas taxas de mortalidade e sucesso biológico. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a competição intraespecífica e interespecífica de *H. armigera* e *S. frugiperda* em plantas de algodão. Os experimentos foram conduzidos em uma área de 180 m² do laboratório da Entomologia Aplicada da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. Plantas de algodão não-Bt (FM 944 GL[®]) foram cultivadas a campo e as criações dos insetos foram conduzidas em laboratório. Os estudos sem e com combinações de espécies foram realizados a campo, com confinamento dos insetos no estágio reprodutivo das plantas. As infestações de lagartas de primeiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda* obedeceram aos seguintes arranjos: para a competição intraespecífica utilizou-se isoladamente as densidades populacionais de cinco, dez, quinze e vinte lagartas por planta para cada espécie; para a competição interespecífica utilizou-se em combinação as densidades de cinco, dez, quinze e vinte lagartas de cada espécie por planta. Sobre as plantas foram instaladas gaiolas revestidas com tecido voal, para que não ocorresse fuga e nem infestação natural (externa). Os dados foram ajustados aos modelos lineares generalizados com distribuição do tipo quasibinomial; foram utilizados para a análise dos dados de sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera* e porcentagens de estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) danificadas, respectivamente. Constatou-se que, independente da densidade de lagartas de *S. frugiperda* (isoladas ou combinadas com *H. armigera*), houve o canibalismo entre as lagartas de *S. frugiperda*. Enquanto que no experimento com *H. armigera*, no número médio de lagartas encontradas nos diferentes tratamentos (isoladas ou combinadas com *S. frugiperda*), foram observadas maiores diferenças significativas para os estudos isolados em relação ao efeito combinado. Constatou-se na competição intraespecífica efeito negativo de dependência da densidade para a variável sobrevivência tanto para *S. frugiperda* como para *H. armigera*. Entretanto, na competição interespecífica envolvendo lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera*, a espécie com maior sobrevivência de indivíduos foi *S. frugiperda* em todos os tratamentos avaliados, com exceção para a maior densidade testada em que predominou a sobrevivência de *H. armigera*. Na avaliação de danos provocados pelas duas espécies, a que mais danificou as estruturas reprodutivas do algodoeiro foi a *S. frugiperda* visto que possui um maior potencial competitivo em relação à *H. armigera*, exceto quando ocorrem altas densidades destes indivíduos. Diante dos resultados apresentados, conclui-se que a densidade populacional pode influenciar na dominância ecológica envolvendo *S. frugiperda* e *H. armigera*.

Palavras-chave: Canibalismo, Dominância, Adaptação

CHAPTER 2: Intra and interspecific competition of *Helicoverpa armigera* (HÜBNER, 1808) and *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) caterpillars on cotton plants

Danilo Renato Santiago Santana, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo,
José Bruno Malaquias

ABSTRACT: The *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera frugiperda* caterpillars have become important pests in cotton as they attack various plant structures, causing direct and indirect damages. Due to their very similar eating habits, these species can compete with each other mainly for food and influence their mortality and biological success rates. Thus, the aim of this work was to evaluate both intraspecific and interspecific competition of *H. armigera* and *S. frugiperda* in cotton plants. The experiments were conducted in an area of 180 m² of the laboratory of Applied Entomology at the Federal University of Grande Dourados (UFGD), in Dourados-MS. Non-Bt cotton plants (FM 944 GL®) were grown in the field and insect breeding was carried out in the laboratory. The studies without and with combinations of species were carried out in the field, with confinement of the insects on the plants, occurred during the reproductive stage of the plants. The infestations of first instar caterpillars of *H. armigera* and *S. frugiperda* trailed the following arrangements: for intraspecific competition, population densities of five, ten, fifteen and twenty caterpillars per plant were used for each species; for interspecific competition the densities of five, ten, fifteen and twenty caterpillars of each species per plant were used in combination. Cages made out of voile were installed on the plants, so that there was no leakage or natural (external) infestation. The data were adjusted to generalized linear models with quasi-binomial distribution; *S. frugiperda* and *H. armigera* caterpillars were used for the analysis of the survival data and of percentages of damaged reproductive structures (flower buds and bolls), respectively. Results showed that regardless the density of *S. frugiperda* caterpillars (isolated or combined with *H. armigera*), there was cannibalism among *S. frugiperda* caterpillars. Whereas in the experiment with *H. armigera*, in the average number of caterpillars found in the different treatments (without or with *S. frugiperda*) greater and significant differences were observed for the isolated studies in relation to the combined effect. In the intraspecific competition, a negative effect of density dependence was observed for the survival variable for both *S. frugiperda* and *H. armigera*. However, in the interspecific competition involving *S. frugiperda* and *H. armigera* caterpillars, the species with the highest survival of individuals was *S. frugiperda* in all treatments evaluated, except for the highest tested density, which predominated the survival of *H. armigera*. In the evaluation of damages caused by the two species, the one that most damaged the reproductive structures of cotton was *S. frugiperda*, which had a greater competitive potential in relation to *H. armigera*, except when high densities of these individuals occurred. In view of the results presented, we concluded that population density can influence ecological dominance involving *S. frugiperda* and *H. armigera*.

Keyword: Cannibalism, Dominance, Adaptation

INTRODUÇÃO

O algodão *Gossypium hirsutum* L. destaca-se por ser uma das culturas agrícolas mais importantes para o Cerrado Brasileiro. Contudo, ela é hospedeira de um complexo de insetos-pragas que desfolham as plantas ou destroem suas partes reprodutivas (MIRANDA et al., 2015; HADDAD et al., 2007), assim, essas pragas em altas infestações podem causar sérios danos à cultura.

A lagarta *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith 1797), conhecida vulgarmente como a lagarta militar ou lagarta do cartucho (BARROS, et al., 2005) tem ocorrido com maior frequência e severidade na cultura do algodoeiro, principalmente nas áreas do cerrado brasileiro (MIRANDA et al., 2015) alimentando-se de suas estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs em formação) (LUTTRELL & MINK, 1999). O manejo de *S. frugiperda* em nível de campo tem sido difícil, por apresentar uma ampla distribuição geográfica (BOREGAS et al., 2013).

Outra espécie que tem se destacado nos últimos anos como uma das principais pragas dos sistemas de cultivos adotados no Cerrado é a lagarta *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae). No entanto, era uma praga exótica no Brasil até ser constatada em 2013, causando sérios danos econômicos em diversas culturas agrícolas (CZEPAK et al., 2013).

No algodoeiro, ela se alimenta das folhas e estruturas reprodutivas das plantas (botões florais e maçãs). Além disso, apresenta hábito migratório, alta taxa de reprodução e extremamente polífaga, com capacidade de se alimentar de várias espécies de plantas, tais como: soja, milho, tomate, feijão, sorgo, milheto, guandu, trigo, crotalaria e plantas daninhas (ÁVILA et al., 2013).

Algumas espécies de lepidópteros, tais como *S. frugiperda* e *H. armigera*, em suas fases juvenis (larval), têm como hábito praticar o canibalismo, ou seja, a competição intraespecífica, que ocorre naturalmente entre indivíduos da mesma espécie (BENTIVENHA et al., 2016a). Essas pragas, a nível de campo, podem competir por sobrevivência, recurso alimentar ou hábito comportamental da própria espécie. Segundo Polis (1981), a biologia da praga pode ser influenciada pelo excesso da prática do canibalismo.

Já a competição interespecífica, envolvendo diferentes espécies de lepidópteros, pode ser significativamente afetada por comportamento canibalístico entre

a mesma espécie (HUANG et al., 2014) ou predação envolvendo as diferentes espécies de pragas competindo pelo mesmo recurso alimentar (WISE, 2006) ou até mesmo pela garantia da espécie.

Apesar da importância econômica de ambas as pragas *H. armigera* e *S. frugiperda* e das características do comportamento e a densidade populacional dessas duas espécies de pragas para o cultivo do algodão, até o momento, não existem informações que demonstrem com clareza as diferenças dos danos causados ao algodoeiro para cada uma das espécies, bem como as diferenças na sensibilidade destas pragas às plantas de algodão e a competição interespecíficas em relação ao mesmo hospedeiro.

Diante desta contextualização e com o intuito de subsidiar os produtores quanto às estratégias de manejo de pragas do algodão, o objetivo deste trabalho foi avaliar as competições intraespecífica e interespecífica de *H. armigera* e *S. frugiperda* em plantas de algodão convencional.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal da Grande Dourados - (UFGD) no município de Dourados, Mato Grosso do Sul (MS), na Safra 2017/18, entre os meses de novembro/2017 (preparação da área) e de junho/2018 (fim do ciclo do algodoeiro, com 154 dias após a emergência).

O algodoeiro foi cultivado no campo em um solo, segundo a Embrapa, (2006), classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico. A área foi preparada convencionalmente com aração e gradagem. A cultura foi semeada manualmente no mês dezembro de 2017 com espaçamento de 0,90 m entre linhas e densidade de 8 sementes/metro linear, respeitando a recomendação da variedade FM 944 GL[®] (não-Bt) utilizada neste estudo.

As adubações foram realizadas de acordo com a boa prática agrícola recomendada para a cultura (GUERRA et al., 2015). O controle de pragas e doenças foram realizados com inseticidas e fungicidas específicos, conforme o registro no Ministério da Agricultura e Pecuária - (AGROFIT, 2017). O controle de plantas daninhas foi manual e o experimento foi irrigado quando necessário.

Os insetos foram criados em sala climatizada, com temperatura de 25±2°C, umidade relativa de 70±5% e fotofase de 12 horas. Os estudos sem e com combinações

das espécies *H. armigera* e *S. frugiperda* foram realizados a campo, com confinamento dos insetos, no estágio reprodutivo das plantas.

A parcela constituía-se de 04 (três) linhas com 04 (quatro) metros de comprimento, espaçadas de 0,90 metros. Como parcela útil, foi tomada a linha central, desprezando-se 1,0 m em cada extremidade, totalizando 7,2 m² de área útil onde foi selecionada a unidade amostral composta por 01 (uma) planta. Sendo assim, as lagartas de cada espécie foram confinadas em uma planta isoladamente.

As infestações ocorreram utilizando lagartas de primeiro ínstar de *H. armigera* e *S. frugiperda* e obedeceram aos seguintes arranjos:

- 1) Competição intraespecífica de *S. frugiperda*: densidades de cinco, dez, quinze e vinte lagartas por planta⁻¹.
- 2) Competição intraespecífica de *H. armigera*: densidades de cinco, dez, quinze e vinte lagartas por planta⁻¹.
- 3) Competição interespecífica (*S. frugiperda* e *H. armigera*): densidades de cinco, dez, quinze e vinte lagartas de cada espécie por planta⁻¹.

Sobre as plantas foram instaladas gaiolas com as seguintes dimensões: 0,70 x 0,70 m de largura (na base) e 1,40 metros de altura, revestidas com tecido voal, para que não ocorresse fuga das lagartas e nem infestação natural (externa). O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos e quatro repetições. As avaliações foram realizadas 14 dias após a infestação, registrando-se o número total de lagartas sobreviventes, estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) danificadas e mariposas sobreviventes após o confinamento das lagartas.

Análise dos dados

Os dados foram ajustados aos modelos lineares generalizados com distribuição do tipo quasibinomial; foram utilizados para a análise dos dados de sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera* e porcentagens de estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) danificadas, respectivamente. Quando houve diferença significativa na análise de deviance, as médias foram comparadas pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%). O ajuste dos modelos aos dados foi confirmado por meio de um envelope simulado meio normal (MORAL et al., 2017).

Resultados e Discussão

As densidades populacionais das lagartas de *H. armigera* e *S. frugiperda* mantidas em plantas de algodão de forma isolada e combinada, ao longo de 14 dias após a infestação, apresentaram um declínio linear. Constatou-se que, independentemente do número de lagartas de *S. frugiperda* (cinco, dez, quinze e vinte lagartas por planta), mantidas isoladamente, houve o canibalismo entre as lagartas de *S. frugiperda*, com porcentagens de sobrevivência de 73, 68, 62 e 56% respectivamente, ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 1).

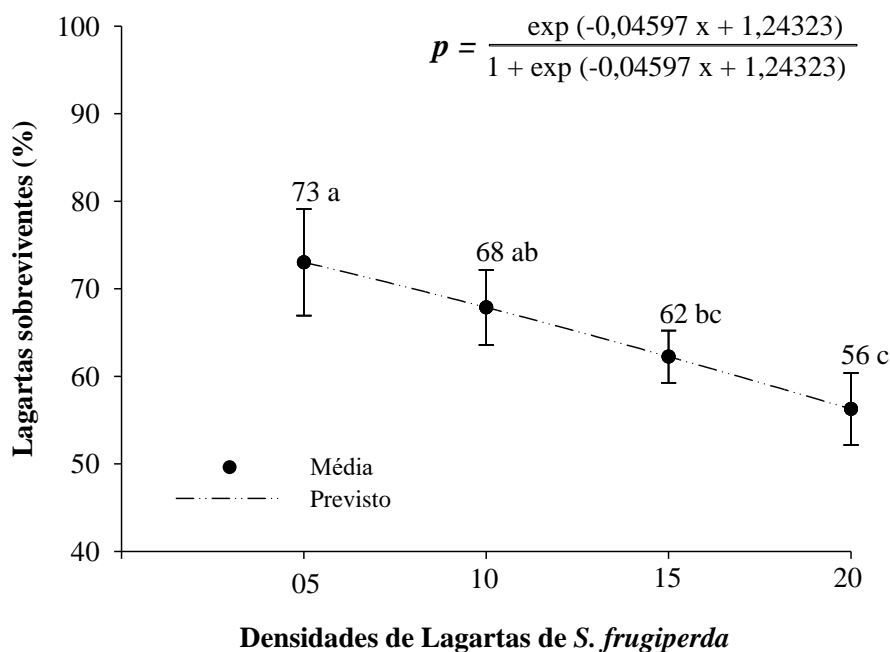


Figura 1 - Sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* confinadas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Ocorreu um efeito negativo da dependência da densidade para a sobrevivência das lagartas em plantas de algodão, esse fato pode estar relacionado ao canibalismo, descrito por diversos autores e presente neste estudo na espécie *S. frugiperda* isoladas. Porém, há trabalhos que mostram que lagartas de *S. frugiperda* de terceiro ínstar apresentaram taxa de canibalismo de aproximadamente 18% quando confinadas em plântulas de milho e, nas repetições em que houve escassez de alimento, a taxa de canibalismo aumentou (RAFFA, 1987). Bentivenha et al. (2017) e Nalim (1991) também observaram canibalismo ao confinar lagartas dessa mesma espécie em placas de Petri.

Resultados observados por Chapman et al. (1999) quando disponibilizaram alimentos (folhas de milho) em pequenas e grandes quantidades observaram que houve canibalismo das lagartas de *S. frugiperda*, ou seja, a interação entre regime alimentar e oportunidade de canibalizar não foi significativa, indicando que a redução na sobrevivência associada com a presença de membros da mesma espécie foi uniforme em ambos os níveis de disponibilidade de alimentos.

O confinamento de lagartas de *S. frugiperda* em gaiola a campo indicaram que o canibalismo foi frequente quando duas ou quatro larvas foram colocadas dentro das folhas não expandidas ('cartucho') de uma planta de milho (Chapman et al. 2000). Raffa (1987) em seus estudos, relata que *S. frugiperda* apresentou maior taxa de canibalismo quando alimentou-se de feijoeiro em relação ao milho, sendo que o milho é hospedeiro natural dessa praga, demonstrando que o canibalismo pode estar associado ao tipo de alimento oferecido, o que ocorreu no presente estudo.

Nesse mesmo estudo, com confinamento isolado de *H. armigera*, a porcentagem de sobrevivência das lagartas encontradas nos tratamentos (cinco, dez, quinze e vinte lagartas por planta) foi significativamente diferente, com porcentagens de sobrevivência de 81, 73, 65 e 54% respectivamente (Figura 2).

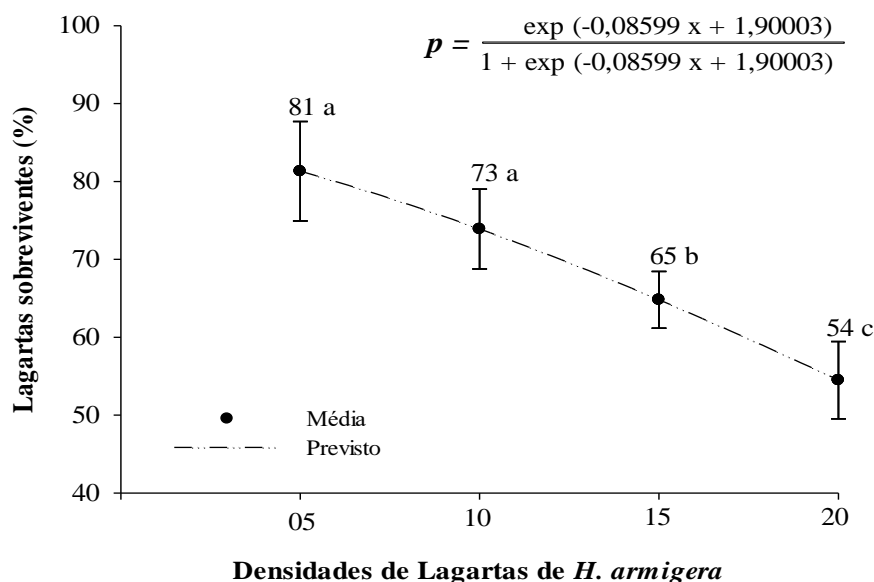


Figura 2 - Sobrevivência de lagartas de *Helicoverpa armigera* isoladas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

De forma similar, houve canibalismo entre as lagartas de *H. armigera*, em função do aumento populacional. Este resultado foi observado por Kakimoto et al. (2003)

no estudo de lagartas da espécie *H. armigera*, na presença e na ausência de alimento, verificando-se a ocorrência de canibalismo, e observando-se que as lagartas sobreviventes na ausência de alimento diminuíram, significativamente, sua população, quando comparadas com a população na presença de alimento. Entretanto, em plantas de milho, a sobrevivência de lagartas de *H. armigera* pode ser de até 90%, mesmo em condição de competição interespecífica (BENTIVENHA et al., 2017).

Segundo Zago-Braga & Zucoloto (2004) o canibalismo pode ocorrer nos primeiros ínstares, quando as lagartas ao saírem dos ovos, disputam por alimentos, como o córion, visto que esse alimento pode fornecer um importante suprimento proteico para a fase inicial da praga que, na falta dessa proteína, pode reduzir o tempo do desenvolvimento da espécie.

Fox (1975) relata que lagartas de *H. armigera* são mais agressivas e apresentam altas taxas de canibalismo quando comparadas a outras espécies de *Helicoverpa* spp. como a *Helicoverpa punctigera* (Wallengren, 1860) (Lepidoptera: Noctuidae). Segundo Fox (1975) e Polis (1981), o canibalismo não deve ser considerado um comportamento de populações de pragas estressadas quando submetidas ao confinamento, mas sim como algo natural da própria espécie.

De modo geral, os resultados deste e de outros estudos relatados acima demonstram claramente que o canibalismo é um comportamento comum de lagartas da mesma espécie (competição intraespecífica), ocorrendo um efeito inversamente proporcional entre as variáveis densidade e sobrevivência larval de *S. frugiperda* e *H. armigera*.

Para as combinações estudadas entre as lagartas de *S. frugiperda* vs *H. armigera* (competição interespecífica), a espécie que mais teve sobrevivência de indivíduos foi *S. frugiperda* com diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, exceto na densidade de vinte lagartas de cada espécie, em que predominou-se a sobrevivência da lagarta *H. armigera* (Figura 3).

Bentivenha et al. (2016b) ao estudarem a competição interespecífica entre *S. frugiperda* vs *H. zea* em milho, relataram mortalidade em ambas as espécies, com dominância da lagarta *S. frugiperda* sobre *H. zea* nos estudos realizados tanto em condições de laboratório como de campo.

O canibalismo e a competição interespecífica de *S. frugiperda* e *H. armigera*, em lavouras de algodão, soja e milho, é um assunto que vem sendo discutido por produtores, pois os mesmos relatam a predominância individual dessas lagartas na mesma

planta, em estruturas reprodutivas e a presença de uma espécie e ausência da outra espécie.

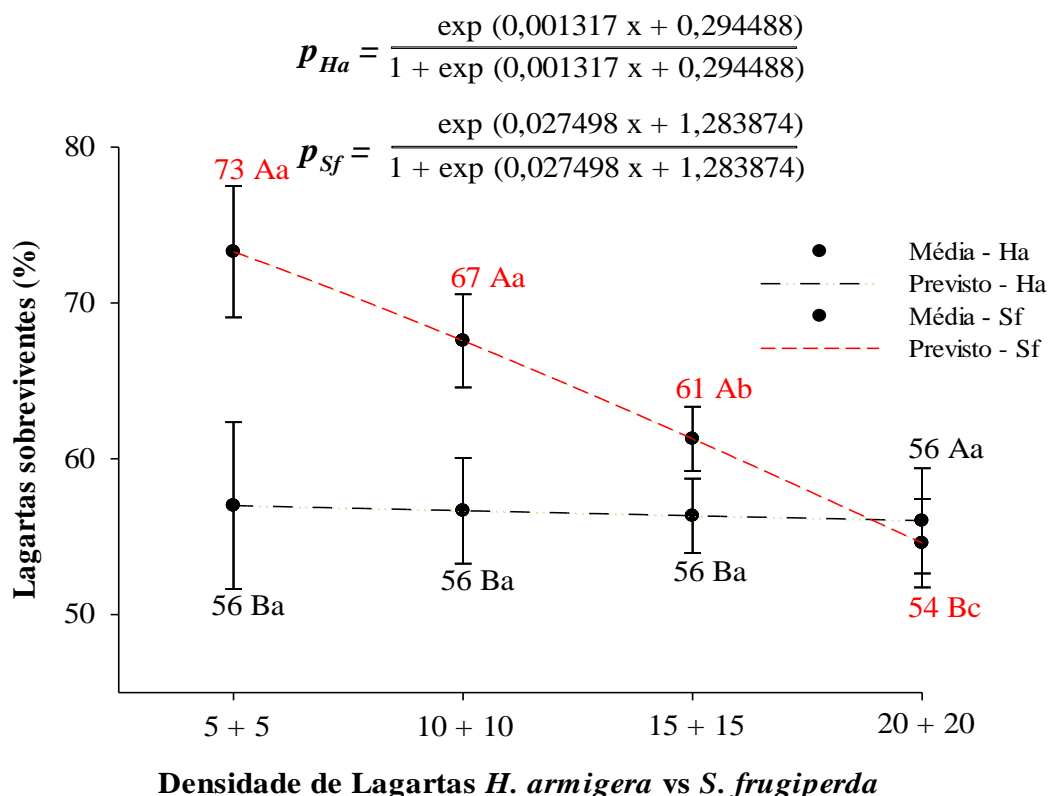


Figura 3 - Sobrevivência de níveis de infestação de lagartas de *Helicoverpa armigera* (pontos e linhas com cor preta) versus *Spodoptera frugiperda* (pontos e linhas com cor vermelha) combinadas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras maiúsculas (entre as espécies dentro da mesma densidade) e minúsculas (entre as densidades dentro da mesma espécie) não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Bentivenha et al. (2017), ao estudarem a competição interespecífica de *S. frugiperda* vs *Helicoverpa* spp. em plantas de milho, notaram que *S. frugiperda* teve a maior taxa de sobrevivência (entre 55 e 100%) ao competirem com *Helicoverpa* spp. Nesse mesmo trabalho, e conforme observado no presente estudo, os autores relatam que as lagartas de *S. frugiperda* movimentaram pouco em comparação a *Helicoverpa* spp. A maior sobrevivência de *H. armigera* na maior densidade testada em relação à *S. frugiperda*, pode ser explicada por quatro hipóteses alternativas e independentes, conforme descrição abaixo.

A primeira hipótese, inclusive já mencionada no presente estudo, pode ser explicada pelo efeito da competição intraespecífica (canibalismo). Pois é provável que tal canibalismo tenha sido mais intenso para espécimes de *H. armigera* em altas densidades

em relação a *S. frugiperda*, o que pode ter favorecido uma maior sobrevivência de *H. armigera* em relação àquela espécie.

A segunda hipótese pode estar relacionada ao efeito adverso pela competição entre as pragas ou até mesmo ao canibalismo, que pode ser devido aos ferimentos causados entre as lagartas que influenciam no desenvolvimento da praga ou podendo levar à morte. Além disso, pode haver o consumo de cadáveres das lagartas nas plantas contendo microrganismos, tais como fungos, vírus e bactérias que são agentes biológicos importantes no controle de pragas.

A terceira hipótese pode ter sido em função do desenvolvimento mais rápido das lagartas *H. armigera*, promovendo lagartas maiores em um curto período de tempo e mais competitivas em relação à *S. frugiperda* nas condições das densidades mais altas. Alguns estudos relatam que o canibalismo e a competição interespecífica de lagartas dependem do ínstar, ou seja, desenvolvimento larval, instares diferentes podem influenciar na taxa de sobrevivência das lagartas (BENTIVENHA et al., 2016; CHILCUT, 2006; HORNER et al., 2003; CHAPMAN et al., 1999) e plantas com deficiência nutricional (DA SILVA e PARRA, 2013).

A quarta hipótese pode estar atrelada à intensificação do comportamento mais agressivo da espécie *H. armigera* quando suas larvas são submetidas às densidades mais altas e combinadas com *S. frugiperda*. Segundo Da Silva (2016), ao estudar competição interespecíficas entre *S. frugiperda* vs *H. zea* em milho, relata que estudos comportamentais específicos de lagartas como hábito migratório e distância entre as lagartas pode esclarecer a agressividade de algumas espécies de lagartas.

Ao analisar as estruturas reprodutivas danificadas do algodão, observou-se que as porcentagens de estruturas danificadas por *S. frugiperda* foram sempre superiores às estruturas reprodutivas danificadas por *H. armigera*, exceto em maçãs nas densidades cinco e dez lagartas por plantas (Figuras 4 e 5).

Entretanto, resultados observados por Papa & Mosca (2007), evidenciam que o número de estruturas reprodutivas danificadas por *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), bem como de uma espécie de *Heliothinae*, foi sempre maior ao número de estruturas reprodutivas danificadas pela *S. frugiperda* em plantas de algodoeiro.

Resultados observados por Garcia (1971) evidenciaram que ao estudar o comportamento de dano de *H. virescens*, pertencente a subfamília *Heliothinae*, revelaram alta voracidade de destruir rapidamente estruturas reprodutivas das plantas do algodoeiro, ocasionando grandes prejuízos (SANTOS, 1977). Nossos resultados revelam que tal

voracidade de *H. armigera* comparada com *S. frugiperda*, de forma isolada, é dependente da densidade.

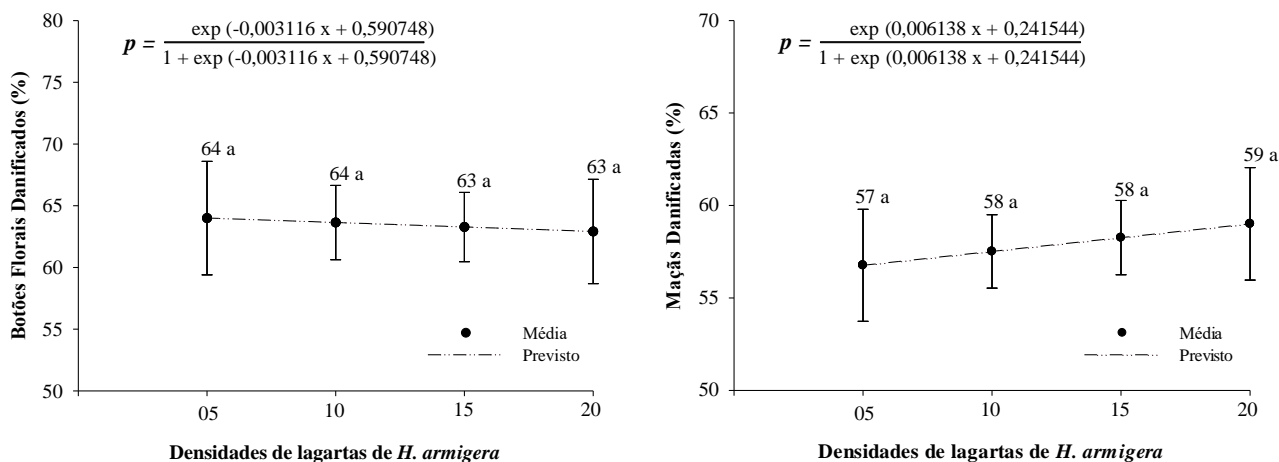


Figura 4 - Danos ocasionados por lagartas de *Helicoverpa armigera* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

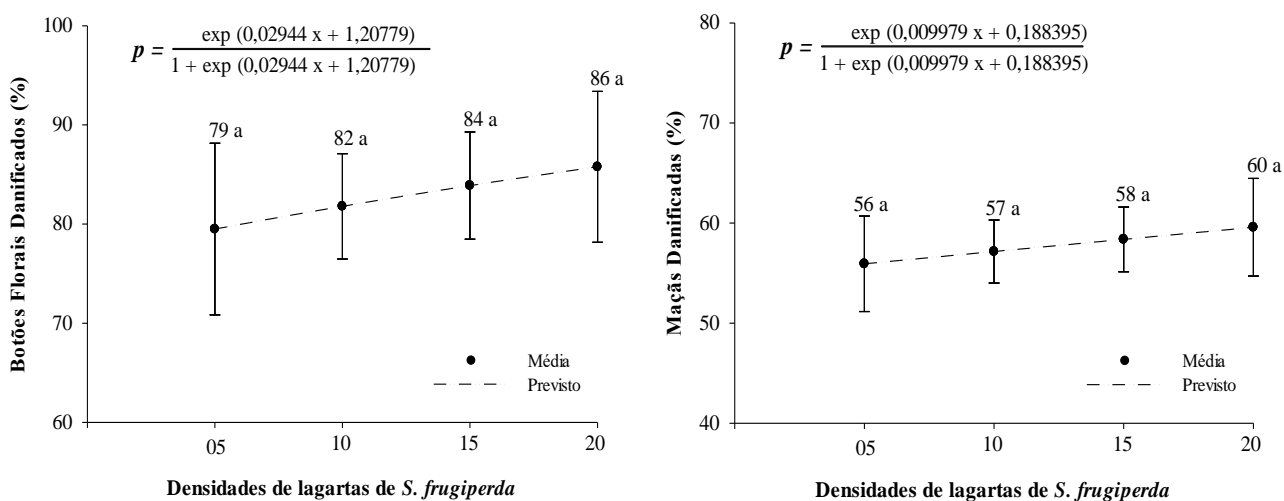


Figura 5 - Danos ocasionados por lagartas de *Spodoptera frugiperda* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) de algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Ao analisar e verificar visualmente as estruturas reprodutivas (botões e maçãs) com sintomas de ataques das duas espécies na condição de competição interespecífica (Figura 6), constatou-se que ao longo dos 14 dias após a infestação das lagartas, o número de botões florais danificados foi sempre superior ao número de maçãs danificados por *H. armigera* e *S. frugiperda*, ficando evidente que as lagartas tiveram preferência por botões florais.

Esse comportamento pode ser explicado pelas observações realizada nas contagens de estruturas danificadas das diferentes espécies de lagartas, onde no caso de *S. frugiperda*, constatou-se que permaneceram maior tempo no terço médio e inferior das plantas e alimentando-se mais de botões florais e pouca preferência por maçãs, consumindo um pouco de cada estrutura.

Entretanto, as lagartas de *H. armigera* permaneceram por maior tempo em uma mesma estrutura, com preferência para a região superior, ou seja, no ápice da planta, alimentando-se mais de botões florais e alojando-se em maçãs firmes. Portanto, de modo geral, nas contagens de danos provocados pelas duas espécies confinadas, a que mais explorou e danificou as estruturas reprodutivas do algodoeiro foi a *S. frugiperda*.

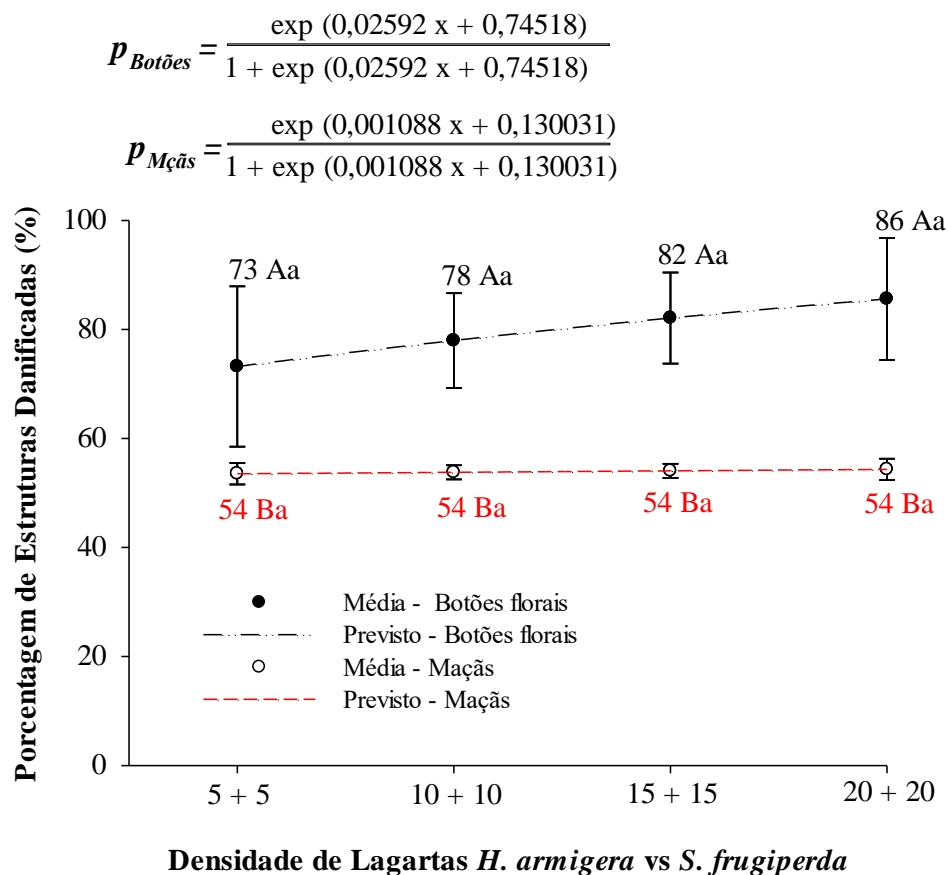


Figura 6 - Danos ocasionada por lagartas de *Helicoverpa armigera* versus *Spodoptera frugiperda* em estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) em algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras maiúsculas (densidades das espécies entre as estruturas reprodutivas) e minúsculas (densidades das espécies dentro da mesma estrutura reprodutiva) não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Ao analisar os dados no gráfico de mariposas (Figuras 7 e 8) de *S. frugiperda* e *H. armigera* ao longo de 40 dias após a infestação das lagartas que sobreviveram dos estudos de competição (isoladas e combinadas) em plantas de algodão, os mesmos apresentaram um declínio linear.

Observou-se que, independentemente da densidade de lagartas de *S. frugiperda*, houve uma porcentagem de sobrevivência de mariposas, com sobrevivência de 60, 58, 55 e 52%, respectivamente para as densidades de cinco, dez, quinze e vinte lagartas por planta, com diferenças significativas entre os tratamentos, comprovando o canibalismo entre as lagartas de *S. frugiperda*.

Segundo Chapman et al. (1999), o canibalismo praticado por *S. frugiperda* pode afetar o comportamento da espécie, como menor taxa de sobrevivência, menor peso de larval e tornam-se mais lentas quando comparadas às espécies não-canibais (CHAPMAN et al., 2000). Logo, as observações realizadas pelos autores corroboram com as deste estudo, ao verificar a população de mariposas de *S. frugiperda* nas gaiolas, as mesmas permaneceram maior tempo no solo e algumas delas apresentaram deformações nas asas.

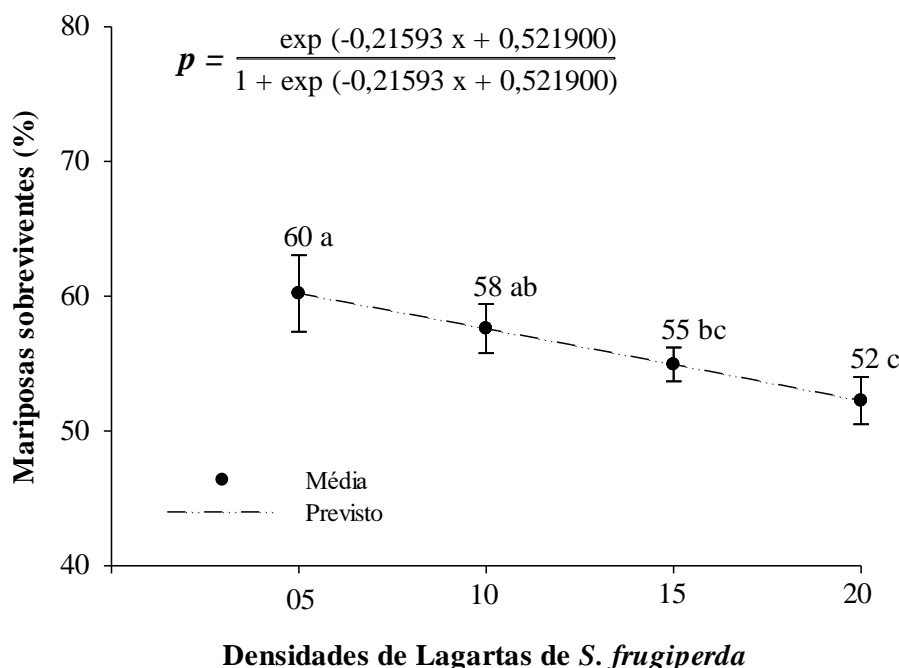


Figura 7 - Mariposas emergidas após o confinamento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* isoladas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Ao confinar isoladamente a lagarta *H. armigera* a porcentagem de sobrevivência das mariposas foram 59, 57, 54 e 52%, nas respectivas densidades de lagartas (cinco, dez, quinze e vinte lagartas por planta) e foi significativamente diferente, apresentando canibalismo entre as lagartas de *H. armigera*, em função da densidade de lagartas por plantas (Figura 8). As mariposas de *H. armigera* permaneceram no solo e no tecido voal, sendo que, algumas delas apresentaram deformações nas asas, tornando-se pouco ágeis em relação ao voo e fácil de capturá-las.

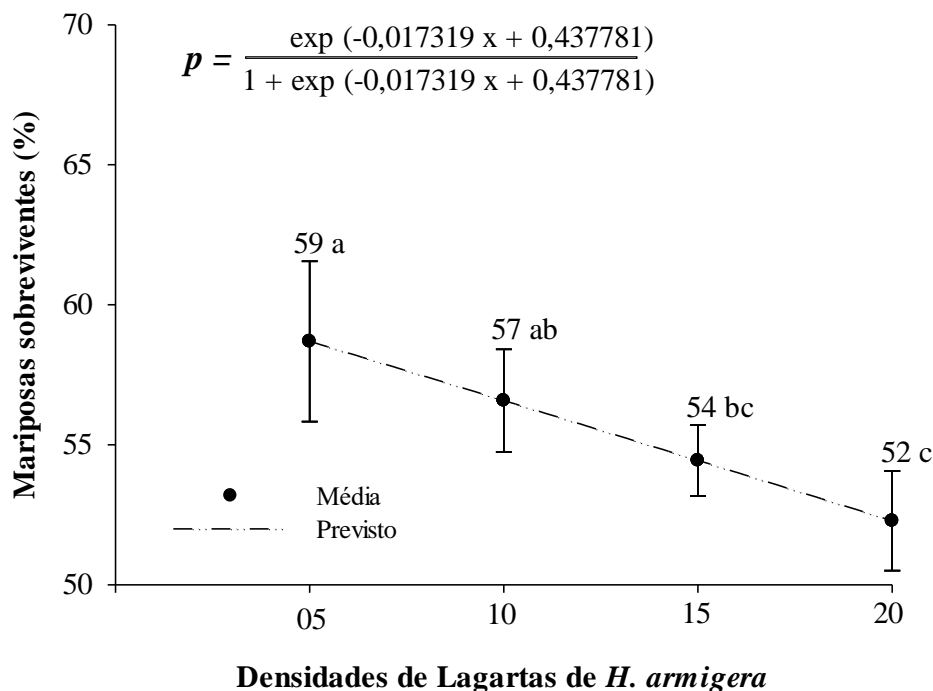


Figura 8 - Mariposas emergidas após o confinamento de lagartas de *Helicoverpa armigera* isoladas em plantas de algodão. Pontos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

Para a competição intraespecífica envolvendo lagartas de *S. frugiperda* vs *H. armigera*, a espécie com maior sobrevivência de mariposas foi *S. frugiperda* com diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, exceto na densidade de vinte lagartas de cada espécie, pois para ambas as espécies não houve diferença na sobrevivência (Figura 9).

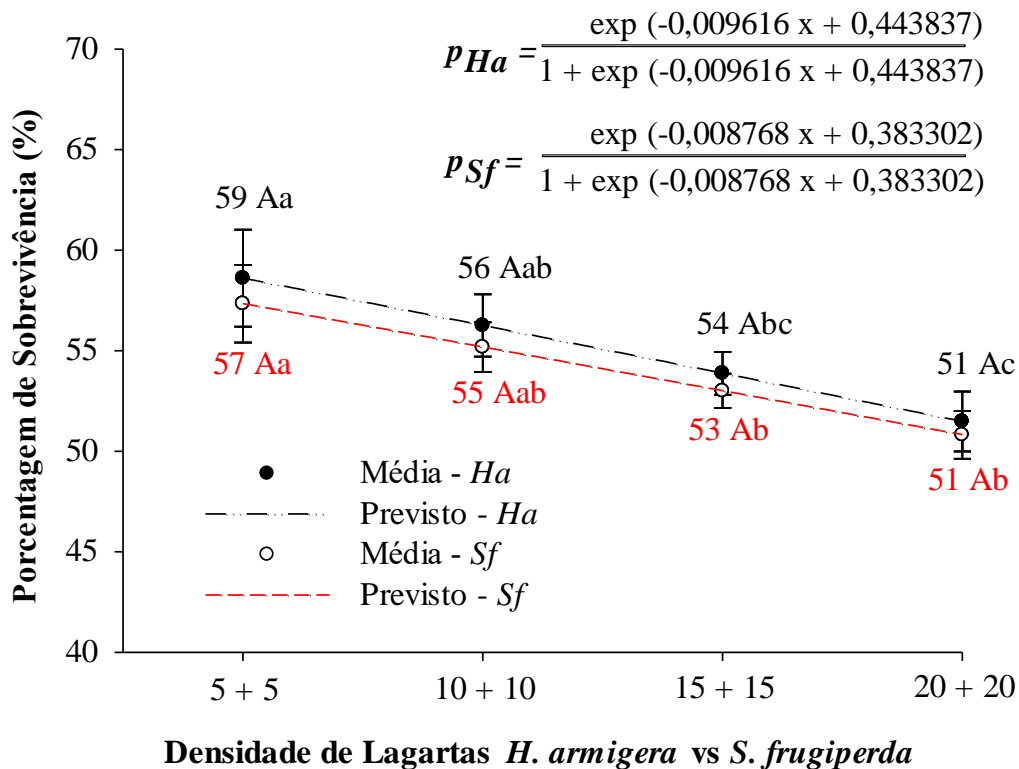


Figura 9 - Mariposas emergidas após o confinamento das lagartas *Helicoverpa armigera* versus *Spodoptera frugiperda* confinadas em algodoeiro. Pontos seguidos pelas mesmas letras maiúsculas (entre as espécies dentro da mesma densidade) e minúsculas (entre as densidades dentro da mesma espécie) não diferem entre si pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo linear generalizado do tipo quasibinomial.

No estudo de competição interespecífica envolvendo as densidades de lagartas *S. frugiperda* vs *H. armigera* nas plantas de algodão, pôde-se inferir que ambas as espécies apresentaram uma resposta linear decrescente. Relatos mostram que com o aumento da densidade populacional de lepidópteros, há uma tendência de as lagartas descerem ao solo para o ato de transformarem em pupas (CHAPMAN et al., 2000), tal comportamento também foi revelado no presente estudo.

O canibalismo, ou a competição interespecífica, pode proporcionar um comportamento de resistência aos indivíduos que sobreviveram. Segundo Zago-Braga e Zucoloto (2004), ao confinar lagartas de *Ascia monuste* (Godart) (Lepidoptera: Pieridae), observaram que os indivíduos que sobreviveram ao canibalismo apresentaram resistência a predação e parasitismo. De acordo com Chapman et al. (2000), o canibalismo pode proporcionar uma redução significativa na densidade populacional local que, por sua vez,

pode reduzir predação ou parasitismo. Ou seja, inimigos naturais encontram-se em locais com alta densidade de pragas que tendem a permanecer mais tempo no local.

De modo geral, em relação às competições entre os lepidópteros presentes na cultura do algodão, pode-se afirmar, que a população de *H. armigera* afetou a sobrevivência de *S. frugiperda*, ganhando vantagens na competição interespecífica. Os estudos relacionados a interações de diferentes espécies, portanto, são essenciais para determinar o impacto que terão na abundância do sistema agrícola.

Estudos de competição permitem o conhecimento prévio sobre o comportamento, dinâmica do inseto, dominância ecológica, mas, também, têm uma contribuição prática para os programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), principalmente para definir a forma mais adequada a ser empregada nos planos de monitoramento e na utilização das ferramentas de controle.

Conclusões:

As lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera* apresentam comportamento canibalístico em altas densidades.

A espécie *H. armigera* afeta a sobrevivência da *S. frugiperda* quando em população mista.

A espécie que mais danificou as estruturas reprodutivas do algodoeiro foi a *S. frugiperda*.

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que a densidade pode mediar mudanças na dinâmica de dominância ecológica envolvendo *H. armigera* e *S. frugiperda*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em:<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 25 nov. 2017.

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. p. 12. (EMBRAPA/ CPAO, Circular Técnica, 23).

BARROS, R. G.; ALBERNAZ, K. C.; TAKATSUKA, F. S.; CZEPAK, C.; FERNANDES, P. M.; TOFOLI, G. R. Eficiência de inseticidas no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 179-182, 2005.

BENTIVENHA, J. P. F.; BALDIN, E. L. L.; HUNT, T. E.; PAULA-MORAES, S. V.; BLANKENSHIP, E. E. Intraguild competition of three noctuid maize pests. **Environmental Entomology**, v. 0, n. 0, p. 1-10, 2016 a.

BENTIVENHA, J. P.F.; BALDIN, E. L. L.; MONTEZANO, D. G.; HUNT, T. E.; PAULA-MORAES, S. V. Attack and defense movements involved in the interaction of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Pest Science**, v. 90, p. 433-445, 2016 b.

BENTIVENHA, J. P. F.; MONTEZANO, D. G.; HUNT, T. E.; BALDIN, E. L. L.; PETERSON, J. A.; VICTOR, V. S.; PANNUTI, L. E. R.; VÉLEZB, A. M.; PAULA-

MORAESF, S. V. Intraguild interactions and behavior of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa* spp. on maize. **Pest Management Science**, v. 73, n. 11, p. 2244-2251, 2017.

BOREGAS, K. G. B.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES, G. W. Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 61-70, 2013.

CHAPMAN, J. W.; WILLIAMS, T.; ESCRIBANO, A.; CABALLERO, P.; CAVE, R. D.; GOULSON, D. Fitness consequences of cannibalism in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Behavioral Ecology**, v. 10, n. 3, p. 298-303, 1999.

CHAPMAN, J. W.; WILLIAMS, T.; MARTÍNEZ, A. M.; CISNEROS, J.; CABALLERO, P.; CAVE, R. D.; GOULSON, D. Does cannibalism in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) reduce the risk of predation? **Behav Ecol Sociobiol**, v. 48, n. 4, p. 321-327, 2000.

CHILCUTT, C. F. Cannibalism of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) from *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) transgenic corn versus non-*Bt* corn. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 3, p. 728-732, 2006.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n.1, p.110-113, 2013.

DA SILVA C. S. B.; PARRA, J. R. P. New method for rearing *Spodoptera frugiperda* in laboratory shows that larval cannibalism is not obligatory. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 57, n. 3, p. 347-349, 2013.

DA SILVA, J. P. G. F. INTERAÇÕES INTRAGUILDA DE NOCTUÍDEOS-PRAGA NA CULTURA DO MILHO NO BRASIL E NOS EUA. 2016. 145f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Unesp”, Botucatu-SP.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006. 306p.

FOX, L. R. Cannibalism in natural populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 6, p. 87-106, 1975.

GARCIA, R. F. A. Evolucion de las perdidas en rendimiento ocasionadas p el daño de *Heliothis* spp, en el algodoero. Tese apresentada ao programa de estudos para graduados da Universidade de Colômbia (MS) ICA. 55. , 1971.

GUERRA, J. S.; REIS, C. R.; GIANLUPPI, G. D. F.; EMANUELLI, E. J.; OHL, G. A.; TORRE, E. R. **Manual de Boas Práticas: Solos e sistemas de produção para o algodoero**. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2015. p.46-83. (AMPA – IMAmt 2015).

HADDAD, G.; ARAÚJO, E. S.; AL GAZI, A. D. F.; BUSOLI, A. C. Avaliação de resistência entre variedades de algodão e influência do regulador de crescimento. **Instituto Biológico**, v. 69, n. 2, p. 113-198, 2007.

HORNER T. A.; DIVELY G. P.; HERBERT D. A. Development, survival and fitness performance of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in MON-810 *Bt* field corn. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 3, p. 914-924, 2003.

HUANG, F.; QURESHI, J. A.; MEAGHER JR, R. L.; REISIG, D. D.; HEAD, G. P.; ANDOW, D. A.; NI, X.; KERNS, D.; BUNTIN, G. D.; NIU, Y.; YANG, F.; DANGAL, V. Cry1F resistance in fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: single gene versus pyramided *Bt* maize. **Plo Sone**, v. 9, n. 11, p. 2958, 2014.

KAKIMOTO, T.; FUJISAKI, K.; MIYATAKE, T. Egg laying preference, larval dispersion, and cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ann Entomol Soc Am**, v. 96, p. 793–798, 2003.

LUTTRELL R. G.; MINK, J. S. Damage to cotton fruiting structures by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuide). **Journal of Cotton Science**, v. 3, p. 35-44, 1999.

MIRANDA, J. E.; RODRIGUES, S. M. M.; ALBUQUERQUE, F. A.; SILVA, C. A. D. da; ALMEIDA, R. P.; RAMALHO, F. S. Guia de identificação e controle das principais pragas e doenças do algodoeiro. **Embrapa Algodão**, p. 69, 2015.

MORAL, R. A.; HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Half-Normal Plots and Overdispersed Models. In R: The hnp Package. **Journal of Statistical Software**, v. 81, n. 10, p. 1-23, 2017.

NALIM, D. M. **Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais. 1991. 150f.** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo “Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP.

POLIS, G. A. The evolution and dynamics of intraspecific predation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 12, p. 225-251, 1981.

RAFFA, K. F. Effect of host plant on cannibalism rates by fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 3, p. 672-675, 1987.

SANTOS, W. J. Efeito da simulação dos danos de lagarta da maçã *Heliothis virescens* (Fabr., 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) na produção do algodoeiro. Piracicaba, 1977. 64 p. (Dissertação de mestrado, ESALQ-USP).

WISE, D. H. Cannibalism, food limitation, intraspecific competition, and the regulation of spider populations. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 441 - 465, 2006.

CAPÍTULO 3: Desempenho biológico de duas populações de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em tecnologias de algodão Bt.

Danilo Renato Santiago Santana, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo, José Bruno Malaquias

RESUMO: *Spodoptera frugiperda* é considerada praga-alvo de algumas tecnologias de milho e algodão que expressam proteínas inseticidas da bactéria *Bacillus thuringiensis*. Este trabalho teve como objetivo avaliar a mortalidade e o desempenho biológico de duas populações de *S. frugiperda* (resistente e suscetível a Cry1F / Cry1Ac) em folhas de algodão-Bt e não-Bt. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Aplicada da FERST – Centro Agronômico de Pesquisa e Tecnologia Ltda., em Dourados-MS. Plantas de algodão Bt e não Bt foram cultivadas a campo e as criações dos insetos foram conduzidos em laboratório. Tecidos foliares dos seguintes genótipos de algodoeiro foram analisados: (1) FM 944 GL[®] (não-Bt), (2) FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), (3) FM 975WS[®] (Cry1Ac + Cry1F), (4) FM 940 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), (5) DP 1228B2RF[®] (Cry1Ac + Cry2Ab2) e (6) DP 555BGRR[®] (Cry1Ac). As populações resistentes de *S. frugiperda* foram originalmente obtidas em plantas de milho com tecnologia Herculex[®] e de algodão WideStrike[®], enquanto as lagartas consideradas suscetíveis para a comparação foram oriundas de criação mantida em laboratório, que originalmente foram coletadas em milho e algodão há nove anos, por ocasião do lançamento comercial destas tecnologias (aproximadamente 70 gerações) que eram até então altamente eficientes a praga. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e ao teste *F* de significância ($\alpha=0,05$). Para isto, modelos lineares generalizados foram utilizados para a análise dos dados biológicos das lagartas de *S. frugiperda*. Observou-se alta mortalidade entre (80 a 93 %) dos indivíduos suscetíveis nos algodoeiros testados, comprovando as eficiências de controle das tecnologias Bt nesta população de *S. frugiperda*. Em contraste, os indivíduos da população considerada resistente apresentaram reduzida mortalidade (variando entre 4 a 7 %), ou seja, apresentando alta sobrevivência, conseguindo completar os estágios juvenis, com obtenção de adultos em todas os genótipos de algodoeiro que expressam as tecnologias de algodão Bt. Nas condições que foram conduzidos os estudos, conclui-se que as populações de *S. frugiperda* consideradas resistentes a Cry1F / Cry1Ac sobreviveram e completaram o ciclo de vida nas diferentes tecnologias de algodão Bt, sugerindo evolução a resistência inclusive às tecnologias de segunda geração. Os resultados do presente estudo fornecem informações para programas de Manejo de Resistência de Insetos (MRI), objetivando esclarecer as falhas de controle de *S. frugiperda* às proteínas Bt a campo.

Palavras-chave: Lagarta-do-cartucho, Cry2Ab, Cry2Ae.

CHAPTER 3: Biological performance of two populations *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in Bt cotton technologies

Danilo Renato Santiago Santana, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo,
José Bruno Malaquias

ABSTRACT: *Spodoptera frugiperda* is considered a target pest of some corn and cotton technologies that express insecticidal proteins from the bacterium *Bacillus thuringiensis*. This work aimed to evaluate the mortality and biological performance of two populations of *S. frugiperda* (resistant and susceptible to Cry1F / Cry1Ac) in Bt and non-Bt cotton sheets. The experiments were carried out at the Laboratory of Applied Entomology of FERST - Centro Agrônômico de Pesquisa e Tecnologia Ltda., at Dourados-MS. Bt and non-Bt cotton plants were grown in the field and insect breeding was carried out in the laboratory. Leaf tissues from the following cotton genotypes were analyzed: (1) FM 944 GL® (non-Bt), (2) FM 954 GLT® (Cry1Ab + Cry2Ae), (3) FM 975WS® (Cry1Ac + Cry1F), (4) FM 940 GLT® (Cry1Ab + Cry2Ae), (5) DP 1228B2RF® (Cry1Ac + Cry2Ab2) and (6) DP 555BGRR® (Cry1Ac). The resistant populations of *S. frugiperda* were originally obtained from corn plants with Herculex® technology and WideStrike® cotton, while the caterpillars considered susceptible for comparison were from breeding kept in the laboratory, which were originally collected from corn and cotton nine years ago, at the time of the commercial launch of these technologies (approximately 70 generations) that were hitherto highly efficient against the pest. The data obtained were subjected to analysis of variance and the F test of significance ($\alpha = 0.05$). For this, generalized linear models were used to analyze the biological data of *S. frugiperda* caterpillars. High mortality was observed among (80 to 93%) of susceptible individuals in the tested cottons, proving the control efficiencies of Bt technologies in this population of *S. frugiperda*. In contrast, individuals from the population considered resistant had reduced mortality (ranging from 4 to 7%), that is, presenting high survival, managing to complete the juvenile stages, obtaining adults in all cotton genotypes that express cotton technologies Bt. Under the conditions that the studies were conducted, it was concluded that the populations of *S. frugiperda* considered resistant to Cry1F / Cry1Ac survived and completed the life cycle in the different Bt cotton technologies, suggesting an evolution of resistance including second generation technologies. The results of the present study provide information for Insect Resistance Management (MRI) programs, in order to clarify the flaws in the control of *S. frugiperda* to Bt proteins in the field.

Keywords: Fall armyworm, Cry2Ab, Cry2Ae.

INTRODUÇÃO

O algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L., é hospedeiro de um complexo de pragas que pode ocasionar danos a todas as suas estruturas. Entre essas pragas, destaca-se a espécie *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) pois os danos provocados pelas lagartas estendem-se desde a emergência até a maturação (SANTOS, 2011), atacando preferencialmente os botões florais em pleno florescimento e formação de maçãs (BARROS et al., 2010) sendo considerada como a segunda praga de importância na cultura (SILVA et al., 2014).

Os cuidados no controle de *S. frugiperda* são tomados praticamente durante todo o período de desenvolvimento das culturas agrícolas, no entanto, não tem sido fácil, pois essa praga apresenta resistência à maioria dos inseticidas químicos (ANDREWS, 1988) e plantas geneticamente modificadas que expressam as proteínas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915) que causam morte de muitos insetos, principalmente lepidópteros (FONTES et al., 2002).

O algodão Bt que expressa proteínas oriundas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915), tem sido utilizada como uma importante ferramenta de controle dessa praga (DEGRANDE & OMOTO, 2013). Sendo que, a utilização contínua e errônea das cultivares Bt tem como consequência a seleção de populações resistentes, principalmente em *S. frugiperda* à proteína inseticida Cry1F em milho (FARIAS et al., 2014), levando à ineficiência dessa ferramenta (MALAQUIAS et al., 2017; 2020).

O sistema de cultivo de soja, milho e algodão Bt tem favorecido o desenvolvimento das populações de *S. frugiperda* as proteínas Bt, com mesmo sítio de ação e conformação estrutural, propiciando para evolução da resistência, caso as estratégias de Manejo da Resistência de Insetos não sejam efetivamente implementadas (CROSARIOL NETTO et al., 2018; OMOTO et al., 2016).

Instituições de ensino e pesquisa vêm realizando, ao longo dos nos últimos anos, uma série de trabalhos relacionados nessa espécie, visando alertar os produtores de algodão sobre o índice de sobrevivência dessa espécie nas cultivares de algodão que expressa proteína Bt. Portanto, é de suma importância verificar as cultivares Bt disponíveis no mercado e estudar a vida útil das proteínas Cry inseridas nas plantas, principalmente no algodoeiro. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a

mortalidade e o desempenho biológico de duas populações de *S. frugiperda* (resistente e suscetível a Cry1F / Cry1Ac) em folhas de algodão Bt e não Bt.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental da FERST - Centro Agrônômico de Pesquisa e Tecnologia Ltda., no município de Dourados, Mato Grosso do Sul (MS), na Safra 2018/19, entre os meses de novembro/2018 (preparação da área) e de junho/2019 (fim do ciclo do algodoeiro, com 150 dias após a emergência).

Os algodoeiros foram cultivados no campo em um solo, segunda a Embrapa, (2006), classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico. A área foi preparada convencionalmente com aração e gradagem. A cultura foi semeada manualmente no mês janeiro de 2019 com espaçamento de 0,90 m entre linhas.

As cultivares de algodoeiros semeados foram: (1) FM 944 GL[®] (não-Bt), (2) FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), (3) FM 975WS[®] (Cry1Ac + Cry1F), (4) FM 940 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), (5) DP 1228B2RF[®] (Cry1Ac + Cry2Ab2) e (6) DP 555BGRR[®] (Cry1Ac), seguindo todas as recomendações para as culturas, exceto o uso de inseticidas.

As populações resistentes de *S. frugiperda* foram originalmente obtidas em plantas de milho com tecnologia Herculex[®] e de algodão WideStrike[®], em Dourados, MS, no mês de março de 2018, enquanto as lagartas consideradas suscetíveis para a comparação foram oriundas de criação mantida em laboratório, que originalmente foram coletadas em milho e algodão há nove anos atrás, por ocasião do lançamento comercial destas tecnologias (aproximadamente 70 gerações) que eram até então altamente eficientes a praga (FARIAS et al. 2014).

As lagartas foram alimentadas com dieta artificial a base de feijão, de acordo com metodologia proposta por (PARRA, 1996). As criações e os bioensaios dos insetos de *S. frugiperda* foram mantidos em sala de criação sob temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h.

Os bioensaios foram realizados com folhas de algodoeiro nos estádios fenológicos B₁ e B₄. As folhas foram coletadas e lavadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% e logo após enxaguadas com água destilada. Em seguida, foram dispostas para secar em bancadas do laboratório e acondicionadas em copos plásticos 100 mL com papel

filtro umedecidos com água destilada, onde foram realizadas as infestações com 40 lagartas recém-eclodidas e individualizada nos copos plásticos. Os alimentos foram trocados a cada dois dias ou conforme consumo até a fase de pré-pupa, período em que as lagartas cessam a alimentação.

Os parâmetros biológicos avaliados foram: mortalidade das populações resistentes e suscetível; duração em dias das fases: 2^o a 5^o ínstar, duração larval, pré-pupa e pupa; peso de lagartas no máximo desenvolvimento, peso de pupas, porcentagem de pupação e porcentagem de deformações em pupas; duração em dias das fases: ovo, longevidade de adulto e ciclo total (Ciclo total) das populações de *S. frugiperda*, resistentes e suscetíveis.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 40 repetições. A metodologia utilizada no presente estudo foram de acordo proposto por (BUSATO et al., 2005) com algumas adaptações. As lagartas sobreviventes, após esperados o consumo, foram medidas quanto ao tamanho (mm) para posterior categorização da escala de notas descrita por (GREENBERG et al., 2011).

Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de deviance e ao teste F de significância ($\alpha=0,05$). Para isto, modelos lineares generalizados com distribuição de Gauss foram utilizados para a análise dos dados de biologia de lagartas de *S. frugiperda*. Quando houve diferença significativa na análise de variância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O ajuste dos modelos aos dados foi confirmado por meio de um envelope simulado meio normal (MORAL et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados obtidos, observa que houve interação significativa entre as variedades de algodão e as populações de *S. frugiperda* (Tabela 1). Ao analisar as variedades de algodão, nota-se que, tanto na população resistente quanto na suscetível, a mortalidade foi superior em todos os tratamentos que utilizaram folhas de plantas de algodão Bt em relação à não Bt. Quando comparado as populações, verifica-se que a mortalidade das lagartas resistentes foi significativamente inferior em relação à suscetível, independentemente da proteína que a variedade de algodão expressa.

Embora as variedades de algodão FM 954 GLT (Cry1Ab + Cry2Ae), FM 940 GLT (Cry1Ab + Cry2Ae) e TMG 47B2RF (Cry1Ac + Cry2Ab2) possuam a piramidação de genes e, por tanto, expressam duas proteínas Cry que tem a capacidade de se ligarem em locais distintos no mesêntero do intestino do inseto, aumentando a eficiência no combate de lepidópteros (FIGUEIREDO et al., 2019), os resultados obtidos neste estudo evidenciam pouca efetividade dessa tecnologia sobre as lagartas.

Como as primeiras tecnologias Bt utilizadas no Brasil para o controle de lepidópteros-praga expressavam somente as proteínas do grupo Cry1, sendo os genes das proteínas Cry1Ab, Cry1F e Cry1Ac os mais utilizados nos últimos anos, estando presente em aproximadamente 60% dos programas de melhoramento genético (COSTA & QUEIROZ, 2014), selecionou, ao longo dos anos, populações de *S. frugiperda* resistência a esse grupo de proteínas, não sendo mais observado a ação inseticida sobre as lagartas dessa espécie (FARIA et al., 2014), possivelmente pelo fato dessas proteínas compartilham entre si o mesmo receptor no intestino médio dos insetos (SEBASTIÃO et al. 2015).

Mesmo nas variedades de algodão piramidadas, somente as proteínas Cry2 estão promovendo a ação mais efetiva sobre o inseto que, até então, mostravam-se efetivas sobre as lagartas *S. frugiperda* (YANG et al., 2016). Contudo, diante desse fato, essa tecnologia também fica suscetível a pressão de seleção para a resistência às proteínas Cry2, visto que há uma alta taxa de adoção da tecnologia, constatados pelas extensas áreas de cultivos de algodão Bt; baixa conformidade com áreas de refúgio; alta capacidade reprodutiva e várias gerações por ano da espécie *S. frugiperda* (HORIKOSHI et al., 2016).

Apesar da mortalidade na população suscetível da lagarta não diferir entre as variedades de algodão Bt, sejam elas piramidadas ou não, fica evidente nesse estudo que somente o uso dessa tecnologia que confere controle através da ação das toxinas Bt não é vantajosa, visto que ao longo dos anos poderia causar o surgimento de resistência cruzada a essas proteínas. Sendo assim, são necessárias ações integradas que diversificam as medidas de controle, principalmente, nas áreas onde a resistência às culturas Bt é conhecida.

Tabela 1. Porcentagem de mortalidade larval de populações de *Spodoptera frugiperda*, resistente e suscetível a Bt em folhas de algodão Bt e não Bt aos 5 dias após as infestações. Dourados/MS, 2020.

Algodão Bt e não Bt	População Resistente			População Suscetível		
	% Mortalidade ¹			% Mortalidade		
1. FM 944 GL [®] (não Bt)	2,50	± 2,50	Ba	10,00	± 4,80	Aa
2. FM 954 GLT [®] (Cry1Ab + Cry2Ae)	22,50	± 6,68	Ab	92,50	± 4,21	Ba
3. FM 975 WS [®] (Cry1Ac + Cry1F)	12,50	± 5,29	Ab	85,00	± 5,71	Ba
4. FM 940 GLT [®] (Cry1Ab + Cry2Ae)	30,00	± 7,33	Ab	92,50	± 4,21	Ba
5. TMG 47B2RF [®] (Cry1Ac + Cry2Ab2)	10,00	± 4,80	Ab	80,00	± 6,40	Ba
6. BOLGARD I [®] (Cry1Ac)	7,50	± 4,21	Ab	82,50	± 6,08	Ba

¹Médias (± EP) seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem devido a sobreposição dos intervalos de confiança (95% IC).

Houve diferenças entre os tratamentos para a duração da maioria das fases de desenvolvimento larval, pré-pupa e pupa de *S. frugiperda* (Tabela 2). Na fase larval observa-se um prolongamento significativo nos dois primeiros ínstar avaliados nos tratamentos que forneceram folhas das variedades FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae) e FM 940 GLT[®] (Cry1Ac + Cry2Ae), contudo no 3^o ínstar o tratamento FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae) não diferiu estatisticamente dos tratamentos FM 975 WS[®] (Cry1Ac + Cry1F), TMG 47B2RF[®] (Cry1Ac + Cry2Ab2) e BOLGARD I[®] (Cry1Ac). No 4^o ínstar os tratamentos que proporcionaram o maior prolongamento foi o FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), FM 975 WS[®] (Cry1Ac + Cry1F) e FM 940 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), com duração variando entre 5,0 a 5,9 dias, enquanto que o tratamento FM 944 GL[®] (não Bt) a duração foi de 3,95 dias. Enquanto que no 5^o ínstar larval houve prolongamento de aproximadamente 21% nos tratamentos FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae) e FM 975 WS[®] (Cry1Ac + Cry1F) em relação ao FM 944 GL[®] (não Bt), completando o ínstar em 5,50 dias.

A duração larval (total) teve incremento significativo quando utilizou-se folhas das variedades FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae) e FM 940 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), completando o ciclo em torno de 20 dias e, portanto, aumentou a duração em 27% em relação à variedade não Bt. Nas variedades TMG 47B2RF[®] (Cry1Ac + Cry2Ab2), BOLGARD I[®] (Cry1Ac) e FM 975 WS[®] (Cry1Ac + Cry1F) proporcionaram duração de aproximadamente 18 dias, enquanto que na FM 944 GL[®] (não Bt) a duração foi de aproximadamente 16 dias, corroborando com resultados de trabalhos desenvolvidos com essa espécie de lagarta (DUARTE et al., 2019).

Esse prolongamento larval ocorre provavelmente como uma forma compensatória quando o inseto se depara com um alimento de menor qualidade ou inadequado, denominado na literatura de *fitness cost* (MALAQUIAS et al. 2017; 2020).

Sendo assim, esse mecanismo permite que o inseto se alimente por um período de tempo maior, visto que é neste período que as lagartas adquirem reservas necessárias para o desenvolvimento de pupas e dos adultos e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de completar seu ciclo biológico (PINTO et al., 2019).

As lagartas de *S. frugiperda* permaneceram na fase de pré-pupa durante 2,56 a 3,30 dias em média. Nesta fase os maiores períodos foram observados nos tratamentos que utilizaram folhas das variedades FM 940 GLT[®] (Cry1Ac + Cry2Ae) e FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), porém o resultado dessa última variedade não diferiu estatisticamente da TMG 47B2RF[®] (Cry1Ac + Cry2Ab2) e FM 975 WS[®] (Cry1Ac + Cry1F). Na fase de pupa houve o prolongamento desse período somente quando foram ofertadas às lagartas folhas da variedade FM 940 GLT[®] (Cry1Ac + Cry2Ae), visto que os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento não Bt (FM 944 GL[®]) (Tabela 2).

Possivelmente, o prolongamento da fase pupal observada no tratamento com a variedade FM 940 GLT[®] ocorreu em decorrência da expressão da proteína Cry2Ae que está associada a Cry1Ac, visto que Bernardi et al. (2014) ao avaliarem a suscetibilidade de *S. cosmioides*, *S. eridania* e *S. frugiperda* em cultivares de soja não observaram diferença estatística na duração pupal ao utilizarem a soja MON 87701 MON 89788 que expressa somente proteína Cry1Ac.

Observa-se que o peso de lagartas no máximo desenvolvimento (PMD) teve redução significativa nos tratamentos FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae) e TMG 47B2RF[®] (Cry1Ac + Cry2Ab2) em relação ao tratamento FM 944 GL[®] (não Bt). O peso de pupa foi afetado negativamente nos tratamentos com as variedades FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae) e FM 940 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae). Para a porcentagem de pupação houve redução significativa nos tratamentos FM 954 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae) e FM 940 GLT[®] (Cry1Ab + Cry2Ae), contudo essa última variedade não diferiu estatisticamente da FM 975 WS[®] (Cry1Ac + Cry1F), TMG 47B2RF[®] (Cry1Ac + Cry2Ab2) e BOLGARD I[®] (Cry1Ac). A porcentagem de pupas deformadas não foi afetada em função dos tratamentos (Tabela 3).

A redução do peso larval, peso pupal e a porcentagem de pupação observada em alguns tratamentos, embora não tenha sido avaliado neste experimento, pode ter ocorrido pela baixa ingestão alimentar ou pode não ter ocorrido de forma adequada devido a ação das proteínas inseticidas Bt, mesmo havendo o prolongamento do período larval como uma forma compensatória já mencionado anteriormente. Segundo Nijhout et al.

(2013) a redução na ingestão de alimentos na fase larval pode resultar em um atraso na obtenção de peso crítico, que é quando o inseto atinge a metade do peso final do estágio larval e inicia a regulação hormonal da metamorfose.

Somente após atingir o peso crítico o inseto se prepara para metamorfose e, portanto, a lagarta passa para a fase de pupa. Além disso, como a lagarta não consegue tirar todo proveito dos nutrientes do alimento ingerido, a lagarta não ganha muito peso antes que os hormônios juvenis (sesquiterpenoide) se esgotem e os níveis de hormônios esteroides (ecdisona), para a muda, aumentem, gerando conseqüentemente pupas menores (NIJHOUT et al., 2013).

Tabela 2. Duração em dias das fases de 2° a 5° ínstar, duração larval, pré-pupa e pupa de populações de *S. frugiperda*, oriundas de lavouras Bt. **Dourados/MS, 2020.**

Algodão Bt e não Bt	Duração (dias)						
	2° ínstar	3° ínstar	4° ínstar	5° ínstar	Duração Larval	Pré Pupa	Pupa
1. FM 944 GL® (não Bt)	2,92±0,10 b	3,79±0,19 c	3,95±0,20 b	4,56±0,18 c	16,23±0,26 c	2,56±0,08 c	11,92±0,18 b
2. FM 954 GLT® (Cry1Ab + Cry2Ae)	4,11±0,13 a	4,68±0,15 ab	5,09±0,15 a	5,50±0,10 a	20,60±0,27 a	3,06±0,06 ab	12,56±0,17 ab
3. FM 975 WS® (Cry1Ac + Cry1F)	3,08±0,07 b	4,15±0,20 bc	5,06±0,17 a	5,50±0,09 a	18,79±0,33 b	2,85±0,06 b	12,56±0,21 ab
4. FM 940 GLT® (Cry1Ab + Cry2Ae)	4,40±0,17 a	5,37±0,13 a	5,00±0,15 a	4,67±0,17 bc	20,44±0,23 a	3,30±0,09 a	13,15±0,16 a
5. TMG 47B2RF® (Cry1Ac + Cry2Ab2)	3,16±0,10 b	4,06±0,16 bc	4,58±0,17 ab	5,06±0,15 abc	17,86±0,31 b	2,97±0,03 b	12,53±0,15 ab
6. BOLGARD I® (Cry1Ac)	3,11±0,05 b	3,97±0,18 bc	4,53±0,15 ab	5,25±0,14 ab	17,86±0,35 b	2,83±0,06 bc	11,81±0,18 b
Coefficiente de Variação – C.V. (%)	19.85	25.32	22.97	17.61	10.18	13.68	8.91

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

Tabela 3. Peso (g) de lagartas no máximo desenvolvimento (PMD), peso de pupas (g), porcentagem de pupação e porcentagem de deformações em pupas (DP) de populações de *S. frugiperda*, oriundas de lavouras Bt. **Dourados/MS, 2020.**

Populações de <i>Spodoptera frugiperda</i> oriundas de lavouras Bt								
Algodão Bt e não Bt	PMD (g)		Peso de pupas (g)		% de Pupação		% DP	
	Médias ¹							
1. FM 944 GL® (não Bt)	0,258±0,008	a	0,220±0,010	a	97,50±0,03	a	17,90±0,06	a
2. FM 954 GLT® (Cry1Ab + Cry2Ae)	0,211±0,007	b	0,168±0,009	b	60,00±0,08	c	25,00±0,07	a
3. FM 975 WS® (Cry1Ac + Cry1F)	0,224±0,011	ab	0,185±0,006	ab	85,00±0,06	ab	14,70±0,06	a
4. FM 940 GLT® (Cry1Ab + Cry2Ae)	0,226±0,005	ab	0,171±0,006	b	67,50±0,08	bc	22,20±0,07	a
5. TMG 47B2RF® (Cry1Ac + Cry2Ab2)	0,212±0,008	b	0,194±0,007	ab	90,00±0,05	ab	19,40±0,06	a
6. BOLGARD I® (Cry1Ac)	0,244±0,010	ab	0,211±0,009	a	90,00±0,05	ab	13,80±0,06	a
Coefficiente de Variação – C.V. (%)	23.17		27.11		-		-	

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

Não houve diferença na duração do período de incubação dos ovos de *S. frugiperda*, sendo a duração média de três dias. A longevidade dos adultos de *S. frugiperda* não foi influenciada pelas diferentes variedades de algodão, sendo que a sobrevivência dos adultos variou de 10,40 a 12,45 dias. O ciclo total da espécie estudada também não diferiu estatisticamente entre os tratamentos.

O fato da longevidade dos adultos serem semelhantes entre os tratamentos é interessante para o manejo das áreas de refúgios, pois quase não teria efeito na sincronia no acasalamento dos adultos, relatam Bortolotto et al. (2014). Segundo Carrière et al. (2019) as áreas de refúgios são de suma importância para mitigar a evolução da resistência em algodoeiro piramidado, inclusive quando a é alta frequência dos alelos resistentes.

Tabela 4. Duração em dias das fases de ovo (Ovo), longevidade de adulto (Adulto) e ciclo total (Ciclo total) de populações de *S. frugiperda*, oriundas de lavouras Bt. **Dourados/MS, 2020.**

Algodão Bt e não Bt	Duração (dias)		
	Ovo	Adulto	Ciclo total
	Médias ¹		
1. FM 944 GL [®] (não Bt)	2,80±0,36 a	12,45±1,41 a	47,86±0,41 a
2. FM 954 GLT [®] (Cry1Ab + Cry2Ae)	3,10±0,69 a	10,45±2,28 a	50,58±3,00 a
3. FM 975 WS [®] (Cry1Ac + Cry1F)	3,40±0,14 a	11,35±0,13 a	50,88±0,64 a
4. FM 940 GLT [®] (Cry1Ab + Cry2Ae)	3,20±0,67 a	10,40±2,08 a	51,53±3,01 a
5. TMG 47B2RF [®] (Cry1Ac + Cry2Ab2)	3,20±0,17 a	12,20±0,26 a	50,61±0,86 a
6. BOLGARD I [®] (Cry1Ac)	2,50±0,20 a	11,60±0,08 a	48,19±2,43 a
Coefficiente de Variação – C.V. (%)	23.31	35.86	11.40

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

Embora as variedades de algodão Bt, inclusive as que possuem piramidação de genes, tenham afetados várias fases do ciclo de desenvolvimento de *S. frugiperda*, não foram observadas diferenças relevantes nos parâmetros biológicos que pudessem afetar a sobrevivência, desenvolvimento e reprodução, logo não é possível sustentar a indicação do uso exclusivo dessas tecnologias para o combate de *S. frugiperda* no algodoeiro.

Conclusões:

A população da lagarta *S. frugiperda* coletada em campo mostra-se resistente inclusive àquelas variedades que utilizam a piramidação de genes, ou seja, que expressão duas distintas proteínas Cry. As variedades de algodão Bt apesar de afetarem alguns aspectos biológicos, permitiram o desenvolvimento completo da praga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, K. L. Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 71, n. 4, p. 630-653, 1988.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J. Biologia Comparada de Populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Folhas de Milho e Arroz. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 5, p. 743-750, 2005.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.

BERNARDI, O.; SORGATTO, R. J.; BARBOSA, A. D.; DOMINGUES, F. A.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. **Crop Protection**, v. 58, p. 33-40, 2014.

BORTOLOTTO, O. C.; SILVA, G. V.; BUENO, A. F.; POMARI, A. F.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; CARVALHO, R. A.; BARBOSA, G. C. Development and reproduction of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) and its eggs parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) on the genetically modified soybean (Bt) MON 87701 x MON 89788. **Bulletin of Entomological Research**, v. 104, p. 724-730, 2014.

CARRIÈRE, Y.; DEGAIN, B.; UNNITHAN, G. C.; HARPOLD, V. S.; LI, X.; TABASHNIK B. E. Seasonal declines in Cry1Ac and Cry2Ab concentration in maturing cotton favor faster evolution of resistance to pyramided Bt cotton in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 6, p. 1-8, 2019.

COSTA, L. E. C.; QUEIROZ, E. S. M. Plantas geneticamente modificadas com toxinas de *Bacillus thuringiensis*: uma ferramenta para conferir resistência contra insetos praga. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 12, n. 2, p. 99-106, 2014.

CROSARIOL NETTO, J.; ROLIM, G. G.; MICHELOTTO, M. D. Situação da lagarta-do-cartucho no Estado de Mato Grosso. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2018. p.1-8. (IMAmt, Circular Técnica 34).

DEGRANDE, P. E.; OMOTO, C. Pragas: Estancar prejuízos. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 16, n. 167, p. 30-34, 2013.

DUARTE, J. P.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M.; TRAPP, S. Effect of *Azadirachta indica* (Sapindales: Meliaceae) oil on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and adults. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, p. 408-412, 2019.

FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R.; PANIZZI, A. R. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. **Neotropical Entomology**, v.31, n.4. p. 497- 513, 2002.

FARIA, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Fieldevolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v. 64, n. 2, p. 150-158, 2014.

FIGUEIREDO, C. S.; LEMES, A. R. N.; SEBASTIÃO, I.; DESIDÉRIO, J. A. Synergism of the *Bacillus thuringiensis* Cry1, Cry2, and Vip3 proteins in *Spodoptera frugiperda* control. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 188, n. 3, p. 798-809, 2019.

GREENBERG, S. M.; ADAMCZYK, J. J.; ALEJANDRO, J. J. HOLLOWAY, J. W.; Approaches for Improving Present Laboratory and Field Methodology for Evaluation Efficacy of Transgenic Technologies. **Bio One**, v. 36, n. 3, p. 261-270, 2011.

HORIKOSHI, R. J.; BERNADI, D.; BERNARDI, O.; MALAQUIAS, J. B.; OKUNA, D. M.; MIRALDO, L. L.; AMARAL, D. S. A.; OMOTO, C. Effective dominance of resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt maize and cotton varieties: implications for resistance management. **Scientific Reports**, v. 6, n. 34, p. 1-8, 2016.

MORAL, R. A.; HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Half-Normal Plots and Overdispersed Models. In R: The hnp Package. **Journal of Statistical Software**, v. 81, n. 10, p. 1-23, 2017.

MALAQUIAS, J. B.; GODOY, W. A. C.; GARCIA, A. G.; RAMALHO, F. S.; OMOTO, C. Larval dispersal of *Spodoptera frugiperda* strains on Bt cotton: a model for understanding resistance evolution and consequences for its management. **Scientific Reports**, v. 7, n. 16109, p. 1-10, 2017.

MALAQUIAS, J. B., CAPRIO, M. A., GODOY, W. A. C., OMOTO, C., RAMALHO, F.S., PACHÚ. J.K.S. Experimental and theoretical landscape influences on *Spodoptera frugiperda* movement and resistance evolution in contaminated refuge areas of Bt cotton. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 329–340, 2020.

NIJHOUT, H. F.; RIDDIFORD, L. M.; MIRTH, C.; SHINGLETON, A. W.; SUZUKI, Y.; CALLIER, V. The developmental control of size in insects. **Wires Developmental Biology**, v. 3, n. 1, p. 113-134, 2013.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, n. 9, p. 4201, 2016.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. Piracicaba: FEALQ, 1996. 137 p.**

PINTO, J. R. L.; TORRES, A. F.; TRUZI, C. C.; VIEIRA, N. F.; VACARI, A. M.; BORTOLI, S. A. Artificial corn-based diet for rearing *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 4, p. 1-8, 2019.

SANTOS, W.J. Manejo das pragas do algodão com destaque para o cerrado brasileiro: In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. 2 ed. Aparecida de Goiânia: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2011. p. 495-566.

SEBASTIÃO, I.; LEMES, A. R. N.; FIGUEIREDO, C. S.; POLANCZYK, R. A.; DESIDÉRIO, J. A.; LEMOS, M. V. F. Toxicidade e capacidade de ligação de proteínas Cry1 a receptores intestinais de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 999-1005, 2015.

SILVA, A. A.; ALVARENGA, R.; MORAES, J. C.; ALCANTRA, E. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Algodoeiro de Fibra Colorida Tratado com Silício. **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 1, p. 65-68, 2014.

YANG, F.; KERNS, D. L.; BROWN, S.; KURTZ, R.; DENNEHY, T.; BRAXTON, B.; HEAD, G.; HUANG, F. Performance and cross-crop resistance of Cry1F-maize selected

Spodoptera frugiperda on transgenic Bt cotton: implications for resistance management.
Scientific Reports, v. 6, n. 28059, p. 1-7, 2016.