

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECEB

CONTROLE DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH,
1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO COM USO
DE ISCAS TÓXICAS

Wagner Justiniano

Dourados-MS

Julho de 2021

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Wagner Justiniano

**CONTROLE DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO COM USO DE ISCAS TÓXICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes

Dourados-MS
Julho de 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

J96c Justiniano, Wagner

Controle de adultos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho com uso de iscas tóxicas [recurso eletrônico] / Wagner Justiniano. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Marcos Gino Fernandes.

Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

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

1. Lagarta-do-cartucho. 2. MIP. 3. atrai e mata. 4. controle alternativo. I. Fernandes, Marcos Gino. II. 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.

CONTROLE DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO COM USO DE ISCAS TÓXICAS

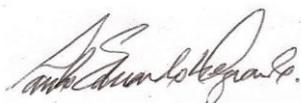
Por

Wagner Justiniano

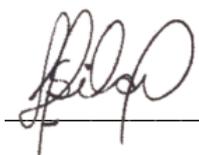
Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação



Dr. Marcos Gino Fernandes
Orientador / Presidente - UFGD



Dr. Paulo Eduardo Degrande
Membro Titular – UFGD



Dra. Ivana Fernandes da Silva
Membro Titular - UFGD



Dr. André Luís Faleiros Lourenção
Membro Titular – Fundação MS



Dr. José Fernando Jurca Grigolli
Membro Titular – Famiva Pesquisa e Soluções Agrícolas

Aprovado em: 07 de julho de 2021.

Biografia do Acadêmico

Wagner Justiniano, nascido na cidade de Ourinhos, SP, no dia 21 de junho de 1982, é filho de José Justiniano Filho e Joana de Campos Justiniano. Estudou na Escola Estadual de Ensino Fundamental “José de Mattos Leão” (1ª a 4ª série), Colégio Estadual Arthur de Azevedo (5ª a 8ª série), ambas na cidade de São João do Ivaí, PR. Ensino médio e Técnico em Agropecuária, em regime integral na Escola Técnica Estadual “Luiz Pires Barbosa” em Cândido Mota, SP (1998-2000). Atuou como monitor de pragas na cultura do algodão e técnico executor na aviação agrícola em Campo Verde, MT, entre o final do ano 2000 até meados de 2002 quando decidiu ingressar no curso superior.

Cursou o nível superior na Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista, ESAPP com sede em Paraguaçu Paulista, SP (2002-2006), graduando-se em Engenharia Agrônômica. Durante a graduação, realizou estágios nesta Instituição nas áreas de Manejo Integrado de Pragas e Mecanização Agrícola, e fora dela em diferentes seguimentos ligados à Pesquisa e Extensão Rural em empresas como Gravena MEP, Grupo AMaggi, Coamo, Herbicat, Emater-PR.

Atuou como Engenheiro Agrônomo na pesquisa e desenvolvimento de mercado no Centro Brasileiro de Bioaeronáutica, (CBB) com sede em Sorocaba, SP, de 2006 a 2009. No primeiro semestre de 2009 lecionou as disciplinas de Entomologia Agrícola, Controle de Pragas, Acarologia e Nematologia na ESAPP como professor contratado.

Em meados de 2009 ingressou na empresa Monsanto do Brasil no Departamento de Desenvolvimento Tecnológico, e hoje faz parte do quadro de funcionários da Bayer Crop Science (Desenvolvimento de Mercado).

É Mestre em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), onde estudou no período de 2011-2013.

Atualmente, é aluno de Doutorado no Programa de Pós-Graduação Entomologia e Conservação da UFGD. O qual encerra-se na presente data com a defesa de tese com tema “Controle de adultos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho com uso de iscas tóxicas”.

Agradecimentos

A Deus, por estar presente em todos os momentos de minha vida;

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) pela oportunidade de estudos para a obtenção desse título;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, pelos ensinamentos, pela paciência e compreensão durante as aulas e fora delas;

Ao orientador, Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes, pelos ensinamentos, orientação e principalmente pela confiança em mim depositada para realização desse trabalho;

À Bayer Crop Science, em específico aos líderes do Departamento de Desenvolvimento de Mercado pelo apoio para realização e conclusão deste projeto de vida;

Ao Dr. Marcos Vilela de Magalhães Monteiro, do Centro Brasileiro de Bioaeronáutica, e ao Prof. Dr. Rafael Borges da Isca Tecnologias, por disponibilizarem parte dos insumos utilizados nas pesquisas e coorientação para realização do projeto;

Ao Prof. Dr. Josué Raizer pela amizade, paciência, compreensão e colaboração intelectual na realização das análises estatísticas;

Aos produtores rurais José Antônio Tozzi Filho, Lúcio Damalia e Evandro Nogueira Barbosa por permitirem a realização dos experimentos em suas propriedades, possibilitando a realização do plano de trabalho experimental;

Aos profissionais e amigos engenheiros agrônomos Dr. Rafael Major Pitta, Msc. Marcelo José Batistela e Dr. Leonardo Cirilo Soares pelo apoio e incentivo;

A todos os colegas de Mestrado e Doutorado do PPGECB pela amizade e parceria durante o período.

Muito obrigado!

Dedico

Aos meus pais José Justiniano Filho (*in memoriam*) e Joana de Campos Justiniano que nunca mediram esforços para que eu alcançasse meus objetivos profissionais e pessoais.

A minha irmã Maria Aparecida Justiniano Miguel, ao meu cunhado José Maria Miguel e sobrinhos Juliana Justiniano Miguel e José Miguel Neto que, apesar da distância, sempre apoiaram minhas decisões.

A minha esposa Waleska Silva Reis ao me apoiar e abdicar do nosso tempo em família para que pudesse seguir em frente com esse projeto.

E, em especial, a minha filha Mariana Reis Justiniano que me deu a felicidade de, exatamente a um ano atrás, dia 07 de julho de 2020, ser seu pai.

SUMÁRIO

CONTROLE DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO COM USO DE ISCAS TÓXICAS

RESUMO GERAL.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO GERAL	12
REVISÃO DE LITERATURA	13
JUSTIFICATIVA	19
OBJETIVO GERAL	20
HIPOTESES	20
REFERÊNCIAS	20

MANUSCRITO I. Efeito de atrativos alimentares e inseticidas no controle de adultos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

Resumo	27
Abstract	27
1. Introdução.....	28
2. Materiais e Métodos.....	29
2.1 Preparação dos adultos.....	29
2.2 Teste de atratividade alimentar.....	30
2.3 Teste de mortalidade	31
2.4 Análise Estatística	32
3. Resultados	32
4. Discussão	37
5. Conclusões	39
6. Referências	39

MANUSCRITO II. Isca tóxica como ferramenta alternativa no manejo de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de segunda safra

Resumo	44
Abstract	44
1. Introdução	45
2. Materiais e Métodos	46
2.1 Localização do estudo e parcelas experimentais.....	46
2.2 Aplicação da isca tóxica	48
2.3 Coleta dos dados	50
2.4 Análises estatística	52
3. Resultados	52
4. Discussão	58
5. Conclusões	59
6. Agradecimentos	60
7. Referências	60
CONCLUSÕES GERAIS	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
ANEXOS	65

JUSTINIANO, W. **Controle de adultos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho com uso de iscas tóxicas.** 2021. (Tese - Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados (MS), 2021.

RESUMO GERAL

O agronegócio se destaca sendo uma das bases da economia brasileira, porém, o ciclo contínuo da produção de alimentos, biocombustíveis, fibras e o clima favorável contribui para a incidência de insetos-praga durante o ano todo, os quais podem afetar os indicadores de produtividade. A espécie *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a principal praga da cultura do milho, devido à voracidade das lagartas e sua ocorrência ao longo de todo o ciclo de cultivo. O controle químico e o uso de plantas com tecnologia Bt têm sido constantemente utilizados, resultando no surgimento de populações de insetos resistentes aos diferentes inseticidas e proteínas de Bt expressadas, levando a implicações negativas para a implantação de Programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Plantas Bt são desenvolvidas por meio da biotecnologia para serem capazes de resistir a determinados insetos-praga. Para que as apresentem essa resistência, foi inserido em seu DNA gene que expressa uma proteína tóxica para alguns insetos como lagartas, besouros, moscas etc. De outro modo uma alternativa para a redução populacional de *S. frugiperda* é realizada através da utilização de iscas tóxicas, que são atrativos contaminados com substâncias que afetam negativamente os insetos. Os objetivos desse estudo foram avaliar os efeitos de atrativos alimentares aos adultos de *S. frugiperda* associados a diferentes inseticidas em condições controladas de laboratório e a redução de danos a campo em milho geneticamente modificado (Bt e não Bt) mediante pulverização de isca tóxica. Para tanto, em condições controladas (bioensaios), foram testados sete atrativos alimentares em estudo com chance de escolha e quatro atrativos em estudo sem chance de escolha. Para o estudo de mortalidade, o atrativo alimentar foi associado a seis inseticidas químicos. O delineamento experimental utilizado nos bioensaios foi inteiramente casualizados (DIC). A quantidade de insetos que alimentaram dos atrativos alimentares, o tempo (em minutos) que permaneceram no atrativo alimentar e a mortalidade dos adultos de *S. frugiperda* foram os parâmetros avaliados. Os atrativos alimentares melado (10%) e Noctovi[®] 43sb foram significativamente mais eficientes em relação a tempo de alimentação, enquanto o maior número de pousos foi observado no tratamento Noctovi[®] 43sb, tanto para fêmeas e total de adultos. Os inseticidas Methomyl, Lambda-cyhalothrin e Spinosad associados ao atrativo alimentar, são iscas tóxicas promissoras para o manejo de *S. frugiperda*. As experiências à campo foram conduzidas em três cidade localizadas no Sul do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, durante o ano agrícola de 2018 e 2019, em lavouras de milho comercial, com e sem tecnologia Bt, em oito locais e seis tratamentos, sendo quatro deles com aplicação de isca tóxica. O delineamento experimental foi com blocos casualizados (DBC), e o atrativo alimentar associado à molécula inseticida foi aplicada na cultura nos estádios V1 e V3. As populações de adultos foram monitoradas com armadilhas a base de feromônios sexual e a porcentagem de danos quantificada utilizando as notas da Escala de Davis. A aplicação da isca tóxica, em faixas iguais ou inferiores a 50 metros entre si, reduziu significativamente a porcentagem de danos e injúrias nas plantas. O maior efeito nestes parâmetros foi quando associado a cultivos com milho Bt. A técnica “atrai e mata” nas condições estudadas, podem ser adotadas como mais uma ferramenta para o controle de adultos de *S. frugiperda*, dentro de programas de Manejo Integrado de Pragas, na cultura do milho segunda safra.

Palavra-chave: Lagarta-do-cartucho, MIP, atrai e mata, controle alternativo

JUSTINIANO, W. **Adult control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) adults in corn using toxic baits.** 2021. (Thesis - PhD in Entomology and Biodiversity Conservation) – Federal University of Grande Dourados, Dourados (MS), 2021.

ABSTRACT

The Brazilian economy is supported by agribusiness. However, the continuous cycle of food, biofuel and fiber production and the favorable climate contribute to the incidence of insect pests throughout the year, which can affect productivity indicators. The species fall armyworm (FAW), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) is considered the main pest of the corn crop, due to the voracity of the caterpillars and the occurrence throughout the crop cycle. Chemical control and the use of plants with Bt technology have been constantly used, resulting in the emergence of insect populations resistant to the different insecticides and Bt proteins expressed, leading to negative implications for the implementation of Integrated Pest Management Programs (IPM). Bt plants are developed through biotechnology to be able to resist certain insect-pests. To make them resistant, a gene expressing a protein that is toxic to certain insects such as caterpillars, beetles, flies, etc. has been inserted into their DNA. An alternative to reduce the population of FAW is using toxic baits, which are attractants contaminated with substances that negatively affect the insects. The objectives of this study were to evaluate the effects of food attractants to FAW adults associated with different insecticides under controlled laboratory conditions and the reduction of field damage in genetically modified corn (Bt and non-Bt) by spraying toxic bait. To this end, under controlled conditions (bioassays), seven food attractants were tested in a chance-choice study and four attractants in a no-choice study. For the death rate study, the food attractant was associated with six chemical insecticides. The experimental design used in the bioassays was entirely randomized design. The number of insects that fed on the food attractants, the time (in minutes) they remained in the food attractant and the death rate of FAW adults were the parameters evaluated. The food attractants sugarcane syrup (10%) and Noctovi[®] 43sb were significantly more efficient regarding feeding time, while the highest number of landings was observed in the Noctovi[®] 43sb treatment, both for females and total adults. The insecticides Methomyl, Lambda-cyhalothrin and Spinosad associated with food attractant, are promising toxic baits for FAW management. The field experiments were conducted in three cities located in the south of the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, during the 2018 and 2019 crop year, in commercial corn fields, with and without Bt technology, in eight locations and six treatments, four of them with toxic bait application. The experimental design was with randomized blocks, and the food attractant associated with the insecticide molecule was applied to the crop at the crop at stages V1 and V3. The adult population was monitored with sex pheromones and the percentage of damage quantified using the Davis scale scores. The application of the toxic bait, in strips equal or less than 50 meters apart, significantly reduced the percentage of damage and injury to plants. The greatest effect on these parameters was when associated with Bt corn crops. The "attract and kill" technique under the conditions studied can be adopted as another tool for the control of FAW adults, within programs of Integrated Pest Management in the culture of second crop corn.

Keywords: Fall armyworm, IPM, attract and control baits, alternative control

INTRODUÇÃO GERAL

A economia brasileira tem como um dos seus pilares o agronegócio, e este fato é atribuído à disponibilidade de água, clima favorável, terras aráveis e tecnologia que permite ao país produzir o ano todo, além dos investimentos financeiros dos produtores. Entretanto, o ciclo contínuo de produção de alimentos, biocombustíveis, fibras e o clima contribui para alta incidência e permanência de insetos pragas, demandando ininterruptas estratégias de manejo (BELLUZZO et al., 2014; MELO et al., 2018; BARCELOS & ANGELINI, 2018; FERNANDES et al., 2019).

O milho *Zea mays* L., representa um dos mais importantes cereais do mundo. É um produto agrícola de grande utilização na alimentação animal e humana, constituindo-se em matéria prima de expressiva importância para o uso industrial (FERNANDES et al., 2003).

No Brasil o cultivo é feito principalmente em duas épocas distintas do ano, verão (safra) e inverno (segunda safra). De acordo com dados da CONAB (2021), a área cultivada de milho na safra 2020/21 representará 19.717,5 milhões de hectares, com produção de 108.965,6 milhões de toneladas e produtividade média nacional de 5,526 kg.ha⁻¹. Sendo o milho de verão responsável pela área 4.343,5 milhões de hectares e o milho segunda safra (ou safrinha) estima atingir 14.837,7 milhões de hectares.

O crescimento da área cultivada, aliado à presença de áreas extensivas contínuas de algodão e soja, tem favorecido o ataque de insetos polípagos. Dentre eles, a lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda*, J. E. Smith (1797) (Lepidoptera: Noctuidae), que causa grandes perdas econômicas devido ao seu alto potencial destrutivo (GALLO, 2002; FERNANDES et al., 2003; FERNANDES et al., 2019).

A lagarta do cartucho do milho promove perdas significativas na produção, pela voracidade das lagartas e ocorrência ao longo de todo o ciclo da cultura, com reduções na produtividade em torno de 34% a 40%, dependendo da fase de desenvolvimento da planta (CRUZ, 2002).

Segundo SARMENTO et al., (2002), a dimensão das perdas provocadas pelo ataque da *S. frugiperda* na cultura varia em função do cultivar utilizado, fase fenológica, sistema de produção empregado, bem como o local de plantio. No Brasil, os prejuízos são estimados em mais de US\$ 400 milhões anualmente (ROSA & BARCELOS, 2012).

O controle deste inseto tem exigido um alto número de aplicações de inseticidas químicos, o que de certa forma seleciona populações resistentes aos diferentes produtos utilizados (DIEZ-RODRÍGUEZ & OMOTO, 2001; AHMAD et al., 2018; WANG et al., 2018) bem como, implicações ao ambiente (MICHELOTTO et al., 2017).

Com o advento da biotecnologia, foi desenvolvida uma nova tática de controle de pragas, que consiste em plantas geneticamente modificadas resistentes à insetos. Através de apuradas técnicas de laboratório, o gene de *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) foi introduzido em plantas de milho, dando origem ao milho Bt, conferindo alto padrão de resistência da planta a algumas espécies de lepidópteros-pragas (ARMSTRONG et al., 1995). O gene introduzido codifica a expressão de proteínas *Bt*, com ação inseticida, efetivas no controle da *S. frugiperda* (LYNCH et al., 1999; BARRY et al., 2000; BUNTIN et al., 2001; HUANG et al., 2002).

O controle químico e a utilização de plantas geneticamente modificadas (plantas *Bt*) têm sido as principais técnicas utilizadas atualmente, no entanto, vem apresentando falhas de controle devido à resistência de insetos a inseticidas e proteínas Bt (CARVALHO et al., 2013; BERNARDI & OMOTO, 2018; BARCELOS & ANGELINI, et al., 2018).

Portanto, o uso de diferentes estratégias de manejo para o controle *S. frugiperda* devem ser empregados visando reduzir as infestações das lagartas e consequentemente danos na cultura (JUSTINIANO & FERNANDES 2020). Sendo assim, o objetivo dos trabalhos conduzidos em condições controladas e a nível de campo foi avaliar a utilização de atrativos alimentares associados a inseticidas químicos e a técnica atraí e mata para o manejo de adultos de *S. frugiperda* em milho geneticamente modificado cultivados na segunda safra.

REVISAO DE LITERATURA

Lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda*

Dentre as 30 espécies descritas no gênero *Spodoptera* spp. distribuídas em todo o mundo, metade é considerada praga em diversas culturas de importância econômica (BARROS, 2010). *S. frugiperda* é nativa das regiões tropicais do continente americano, sendo encontrada desde a região Sul dos Estados Unidos até a Argentina. Nos Estados Unidos, *S. frugiperda* é encontrada apenas nas regiões tropicais do Sul da Flórida e do Texas. No final do inverno americano ocorre a migração de mariposas, se deslocando a grandes distâncias e causando infestações, atingindo as regiões ao Norte do país até o Sul do Canadá (LUGINBILL, 1928; CAPINERA, 2002; NAGOSHI & MEAGHER, 2008).

No Brasil, as primeiras ocorrências foram relatadas nos estados de Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Distrito Federal, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e posteriormente em função da disponibilidade e diversificação de alimentos o ano todo,

das condições abióticas favoráveis ocorre em todas as regiões de cultivo (LEIDERMAN & SAUER, 1953; CRUZ, 1995; CRUZ et al., 2013).

A *S. frugiperda* é um inseto polífago, que se alimenta de muitas plantas, principalmente gramíneas, é considerada uma das principais pragas do milho nas Américas (SARMENTO et al., 2002). Onde, logo após a emergência das plantas de milho, com o surgimento das primeiras folhas, é possível observar as posturas efetuadas pelos adultos deste inseto (TOSCANO et al., 2012).

Este inseto apresenta desenvolvimento holometabólico, ou seja, passa pelas fases de ovo, larva, pupa e adulta. As larvas possuem diferenças na coloração e quando recém eclodidas apresentam cápsula cefálica escura e mais larga do que o corpo. A partir do primeiro estágio, as lagartas alimentam-se preferencialmente das folhas do cartucho das plantas, raspando antes mesmo delas se desenvolverem. Medem até 1,9 mm de comprimento, apresentando cápsula cefálica de aproximadamente, 0,3 mm de largura. Após o segundo e terceiro instares, as lagartas ao se alimentarem começam a fazer buracos nas folhas e perfurando toda a planta (VALICENTE, 2008).

No último instar, o corpo é cilíndrico e de coloração marrom-acinzentada no dorso, esverdeada na parte ventral e subventral, onde também apresentam manchas de coloração marrom-avermelhada. No final do período larval, as lagartas penetram no solo, onde se transformam em pupas. Inicialmente a pupa é alaranjada, passando à coloração marrom-avermelhada e próximo à emergência se torna escura (GALLO et al., 2002).

O ciclo de ovo a adulto varia de 22 a 63 dias, sendo que a fase de ovo leva cerca de 3 dias, o período larval de 12 a 30 dias, pré-pupa 1 a 5 dias e por fim período de pupa de 8 a 25 dias (PINTO et al., 2004). As fêmeas apresentam coloração parda ou cor palha chegando a 3,5cm de comprimento e pode ovipositar mais de 2.000 ovos, já os machos são menores com um dos pares de asas castanho escuro, ambos podem ser encontrados próximo ao solo ou nas folhas do cartucho do milho (GALLO, 2002; CRUZ, 2008).

Monitoramento e níveis de controle

O monitoramento é uma etapa fundamental na implementação de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Controlar a praga na hora certa e com o produto certo pode trazer economia ao produtor, tornar mais eficiente o programa de controle da praga-alvo e ainda ajudar a preservar os organismos benéficos na propriedade rural (CRUZ et al., 2010).

O monitoramento de *S. frugiperda* pode ser realizado de duas maneiras: A primeira, através dos adultos utilizando-se de no mínimo uma armadilha com feromônio sexual sintético por hectare. O nível de controle é quando a armadilha capturar três mariposas e a aplicação de inseticidas deve ser realizada 10 dias após este índice, desta forma as lagartas ainda estarão pequenas, tornando-se alvo mais fácil para o controle (ROSA & BARACELO 2012).

A segunda forma é via avaliação visual do número de plantas com lagartas e seus danos as plantas. O nível de controle para plantas de milho com até 30 dias é de controlar o inseto quando houver 20% das plantas atacadas. Para plantas entre 40 e 60 dias a porcentagem é de 10% (ROSA & BARACELO 2012; GALLO et al., 2002).

Para as plantas de milho munidas de tecnologia Bt os níveis de ação são baseados na porcentagem e notas na Escala de Davis (DAVIS et al., 1992), tais como: Milho não Bt, 20% de plantas com notas Davis ≥ 3 ; refúgio estruturado (milho não Bt), 20% de plantas com notas Davis ≥ 3 , como no máximo 2 aplicações até V6; milho Bt com tecnologia Vip3A, 4% das plantas com notas Davis ≥ 3 ; e milho Bt sem tecnologia Vip3A, 10% das plantas com notas Davis ≥ 3 (BERNARDI & OMOTO, 2018).

Resistência da *Spodoptera frugiperda* à inseticidas químicos

A resistência de uma espécie de inseto a um ou mais inseticida, de maneira geral, pode ser definida como uma resposta à pressão de seleção, na qual os indivíduos mais resistentes a um ou mais produtos aumentam sua frequência dentro da população e limitam a eficiência desse método de controle ao longo do tempo (ROSA & MARTINS, 2011).

O controle químico com inseticidas convencionais ainda é o mais utilizado para o manejo da lagarta-do-cartucho, porém em alguns regiões do Brasil como oeste da Bahia, estado do Mato Grosso, sudoeste goiano, sul de Minas Gerais e de São Paulo e parte do Paraná onde se cultiva milho safrinha essa praga tem demonstrado resistência à maioria desses inseticidas dos grupos químicos organofosforados, piretroides, carbamatos e reguladores de síntese de quitina o que resulta em constantes dificuldades no controle (SOARES & ARAÚJO, 2001; BARCELOS & ANGELINI, et al., 2018).

A resistência de *S. frugiperda* já foi detectada para as principais classes de inseticidas em diversas regiões (YOUNG & MCMILLIAN, 1979; YU, 1991; YU, 1992). Na região da Flórida, nos Estados Unidos da América, por exemplo, a intensidade da resistência encontrada tem variado de 2 a 216 vezes para os inseticidas da classe dos piretroides, de 12 a 271 vezes para organofosforados e de 14 a 192 vezes para carbamatos (YU, 1991). Na

Venezuela, foram detectadas intensidades de resistência de 19 a 42 vezes para Lambda-cyhalothrin e de 2 a 22 vezes para Methomyl (MORILLO & NOTZ, 2001). Estes trabalhos evidenciam a presença de grande variabilidade genética em relação à suscetibilidade de populações de *S. frugiperda* a diversos inseticidas.

No Brasil, os primeiros relatos de insucesso no controle de *S. frugiperda* utilizando-se inseticidas químicos, ocorreram na safra 1993/94. Desde então, populações de lagartas de diversas regiões dos estados da Bahia, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Goiás, são utilizadas nos estudos para determinar a frequência de indivíduos resistentes aos inseticidas. Esta frequência é maior ou menor dependendo do produto, época de plantio e região. No decorrer dos últimos anos, tem sido observado um aumento da resistência desse inseto-praga para alguns inseticidas, independente da época de cultivo (safra/safrinha/inverno). Dentre os produtos avaliados, os maiores problemas têm sido associados aos grupos dos organofosforados e piretroides (DIEZ-RODRÍGUEZ; OMOTO, 2001).

Dentre os inseticidas utilizados para manejo de *S. frugiperda*, já foi comprovada a resistência a Carbaryl, Fluvalinate, Fosfate Methil-parathion e a Lambda-cyhalothrin (DIEZ-RODRÍGUEZ & OMOTO, 2001) e a Deltametril (MARTINELLI, 2006).

A frequência de resistência à inseticidas carbamatos (Grupo 1A), spinosinas (Grupo 5), avermectinas (Grupo 6), pyrroles (Grupo 13), diacilhidrazinas (Grupo 18), oxadiazinas (Grupo 22A) e semicarbazonas (Grupo 22B) está, em geral, relativamente baixa (< 20%) nas últimas safras (2017/2018) (IRAC, 2020). Contudo, ressalta-se que em algumas localidades das regiões da Bahia, Goiás e Mato Grosso, os índices de sobrevivências à inseticidas a base de diamidas (Grupo 28) atingiram valores > 20%, frequências de resistência aos inseticidas piretroides (Grupo 3) e inibidores de síntese de quitina (Grupo 15) continuam altas (> 40%) em algumas regiões produtoras do Brasil (IRAC, 2020).

Resistência da *Spodoptera frugiperda* a plantas Bt

Como método alternativo de controle surgiram os organismos transgênicos, que no caso das plantas de milho são à base de proteínas de uma bactéria gram-positiva esporulante, chamada *Bacillus thuringiensis*, comumente conhecido de milho Bt (ANGELO et al., 2010) e conferindo alto padrão de resistência a algumas espécies de lepidópteros, entre eles *S. frugiperda* (HUANG et al., 2002).

As lagartas, ao se alimentarem de tecido foliar do milho geneticamente modificado, ingerem essa proteína, que atua nas células epiteliais do tubo digestivo dos insetos. A proteína

promove a ruptura osmótica dessas células, determinando a morte dos insetos, antes mesmos que consigam causar danos à cultura (GILL et al., 1992; PIETRANTONIO et al., 1993; GILL, 1995; MEYERS et al., 1997).

Apesar da tecnologia Bt ser de extrema importância e eficiência no controle de lagartas na cultura do milho, o uso sucessivo e incorreto contribuiu para o surgimento de populações de lagartas resistentes a Bt, devido à forte pressão de seleção exercida sobre esses indivíduos (MENDES et al. 2011).

As proteínas Cry são eficientes no controle de insetos-praga, no entanto, estudos recentes sugerem que muitas pragas tenham evoluído com resistência à estas toxinas, como exemplo: *Helicoverpa zea*, apresenta resistência à proteína Cry1Ac expressa em algodão nos EUA (TABASHNIK et al., 2008); *S. frugiperda* à proteína Cry1F expressa em milho em Porto Rico (STORER et al., 2010) e no Brasil (SANTOS-AMAYA et al., 2016).

De acordo com MENDES & WAQUIL (2009), é possível que o produtor encontre, em condições de campo, respostas diferenciadas em relação ao controle da lagarta-do-cartucho com a utilização de diferentes eventos Bt. Dentro do mesmo grupo de insetos, a atividade de cada toxina Bt é diferenciada. As toxinas Cry 1Ab e Cry 1F têm atividade sobre os lepidópteros (praga do milho), e apresentam alta especificidade a esse grupo, embora estudos toxicológicos revelem diferenças significativas em nível de mortalidade para cada espécie.

Esses casos de evolução de resistência geram grande preocupação, uma vez que colocam em risco uma tecnologia recente e promissora, como a do uso de plantas Bt (FERRÉ & VAN RIE, 2002; TABASHNIK et al., 2008; BARCELOS & ANGELINI, 2018). Logo, o manejo correto dessa tecnologia garante seu uso por várias safras subsequentes, sendo assim, identificar as falhas dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), bem como estudar as tecnologias Bt disponíveis como ferramentas no controle de lagartas, tornam-se indispensáveis para o sucesso da safra brasileira de milho (MENDES et al. 2011).

Atrai e mata

O uso de substâncias químicas, modificadoras do comportamento, e de ação específica para o controle de insetos-pragas na agricultura tem alavancado diversas pesquisas ao longo das últimas cinco décadas, resultando na descoberta de centenas de feromônios e semioquímicos úteis para monitorar a presença e abundância dos insetos alvos a fim de proteger as plantas cultivadas (WITZGALL et al., 2010).

Os feromônios são, de fato, ferramentas elegantes e seguras para o controle de insetos. É possível controlar populações de insetos por meio da manipulação da comunicação sexual, sem afetar adversamente outros organismos benéficos (WITZGALL et al., 2010). A eficiência dos semioquímicos na comunicação química, depende de várias propriedades físico-químicas, incluindo sua natureza química, volatilidade, solubilidade, estabilidade (GOULART et al., 2015).

Segundo SHANI (2000) os agentes de controle de pragas podem ser classificados enfatizando os agentes biológicos, e os semioquímicos e suas estratégias de ação, permitem compará-los versus os inseticidas tradicionais, indicando os principais elementos responsáveis pelo seu fascínio e aplicabilidade em MIP. Os semioquímicos (odoríferos) podem ser feromônios, cairomônios (produzidas por uma espécie hospedeira ou presa), ou outros atrativos com papel desconhecido na natureza. As vantagens em relação às aplicações químicas convencionais incluem: (1) Os inseticidas não são difundidos em área total; (2) os inseticidas não são aplicados diretamente nos frutos; (3) organismos benéficos não alvo tem baixa probabilidade que sejam afetados; e (4) apenas pequenas quantidades de pesticida são necessárias para tratar a cultura (NANSEN & PHILLIPS 2004).

O método conhecido como *attract-and-kill* (atrai e mata) conhecido há anos, mas pouco utilizado em comparação com outras técnicas, consiste essencialmente em dois componentes: a isca, que pode ser um feromônio, uma substância visual ou química ou ambos, e um agente de matança ou incapacitante (inseticida, regulador de crescimento, esterilizador ou mesmo um patógeno) que irá controlar o inseto (JONES, 1998; BENTO, 2007).

No atrai e mata, os aleloquímicos é empregado juntamente a um inseticida. Os cairomônios fazem a atração da praga de forma específica, aumentando a chance de contato do inseto ao inseticida, o que aumenta seu potencial de controle. Além disto, a aplicação localizada impede que o inseticida atinja o ambiente e o produto a ser colhido (GREGG et al., 2018).

No Brasil temos disponíveis os atrativos comerciais Chamariz[®] da AgBitech e ACTTRA Noctuídeo[®] da Isca Tecnologias, ambos têm como matéria prima uma mistura de extratos vegetais altamente atrativa para as mariposas de importância agrícola (família Noctuidae). A recomendação é utilizá-los sempre associado a inseticidas de choque, aplicados em faixas e com aplicações sequenciais, com intuito de reduzir a população de adultos.

O uso de armadilhas contendo atrativo alimentar e inseticida reduziu significativamente a infestação de *Bonagota salubricola* (Lepidoptera: Tortricidae) e

Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae), pragas da macieira, quando comparado ao tratamento tradicional utilizado nos pomares (PASTORI et al., 2012). Vários atrativos como açúcar mascavo, sacarose, proteína hidrolisada de milho, sucos de frutas e vinagre de vinho são utilizados em armadilhas, no monitoramento de insetos e, quando adicionados a inseticidas, são recomendados para o controle de pragas como as moscas-das-frutas (NASCIMENTO et al., 2000; GRAVENA & BENVENGA, 2003, BENVENGA et. al., 2007).

O uso simultâneo da isca tóxica e da técnica de disrupção sexual reduziu em mais de 90% a captura de adultos de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) e *G. molesta*. e os dados obtidos em duas safras, apontaram redução nos danos de 62-85% em ponteiros, e de 98-99% nos frutos, em comparação à testemunha sem controle (HARTER et al., 2010).

Isclas tóxicas com Spinosad e água, açúcar e outros atrativos foram efetivas no controle de moscas-das-frutas *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) e *A. fraterculus* (RAGA & SATO, 2005). No manejo da mosca-minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), o uso do inseticida Cartap associado a açúcar ou proteína hidrolisada se mostrou efetivo (GUIMARÃES et al., 2005).

JUSTIFICATIVA

A lagarta-do-cartucho é considerada uma das principais pragas do milho, promovendo perdas significativas na produção, que variam de 34% a 40%, dependendo da fase de desenvolvimento da planta segundo CRUZ, (2002), podendo reduzir a produção de grãos em até 52% (VALICENTE, 2008).

Tendo em vista o contexto atual e as dificuldades em manejar este inseto na cultura do milho, devido a evolução da resistência seja na utilização de inseticidas químicos e para as plantas geneticamente modificadas. Estudar e desenvolver novas ferramentas no manejo de *S. frugiperda*, com o uso de isclas atrativas associada a inseticidas químicos, podem reduzir significativamente a população de adultos antes mesmos da ocorrência da postura.

A técnica de atrair e matar pode contribuir como mais uma ferramenta no MIP e beneficiar o meio ambiente, pois pode propiciar a redução do uso de inseticidas em área total, reduzir a quantidade dos princípios ativos aplicados e diminuir o número de aplicações por ciclo da cultura.

OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de atrativos alimentares associados a diferentes inseticidas em condições controladas de laboratório, e a redução de injúrias e/ou danos a campo em milho geneticamente modificado (Bt e não Bt) mediante pulverização de isca tóxica no manejo de adultos de *S. frugiperda*.

HIPÓTESES

O atrativo alimentar comercial Noctovi[®] e sua associação com diferentes inseticidas atrai e mata adultos de *S. frugiperda*.

A isca tóxica pulverizada em condições de campo reduz o nível de injúria e danos a cultura do milho e pode ser utilizada como mais uma ferramenta dentro do programa de Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho segunda safra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, M.; FARID, A.; SAEED, M. Resistance to new insecticides and their synergism in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) from Pakistan. **Crop Protection**, v.107, n.1, p.79-86, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.12.028>

ANGELO, E. A.; VILAS-BÔAS, G. T.; GÓMEZ, R. J. H. *Bacillus thuringiensis*: características gerais e fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 945- 958, 2010.

ARMSTRONG, C. L.; PARKER, G. B.; PERSHING, J. C.; et al. Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 transgenic corn events expressing an insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis*. **Crop Science**, v. 35, p. 550-557, 1995.

BARCELOS, P. H. S.; ANGELINI, M. R. Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias Bts (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 35-40, 2018.

BARRY, B. D.; DARRAH, L. L.; HUCKLA, D. L.; ANTONIO, A. Q.; SMITH, G. S.; O'DAY, M. H. Performance of transgenic corn hybrids in Missouri for insect control and yield. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 3, p. 991-999, 2000.

BELLUZZO, L. G. M.; FRISCHTAK, C. R.; LAPLANE, M. **Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico**. Campinas: UNICAMP, Instituto de Economia. 126p. 2014.

BENTO, J. M. S. Feromônios. In: **Workshop tecnológico sobre pragas da cana-de-açúcar**. ESALQ, Piracicaba, SP, p.1-16, 2007.

BENVENGA, S. R.; FERNANDES, O. A.; GRAVENA, S. Tomada de decisão de controle da traça-do-tomateiro através de armadilhas com feromônio sexual. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 164-169, 2007.

BERNARDI, O. & OMOTO, C. **Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armígera* e *Chrysodeixis includens* inseticidas e plantas Bt.** ESALQ/USP, Piracicaba/SP. 9p. 2018. (IRAC-BR, Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas).

BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R. M. Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, v. 84, n. 1, p. 37-42, 2001.

CAPINERA, J. L. **Handbook of vegetable pests.** San Diego: Academic Press, 2700p. 2002.

CARVALHO, R.A.; OMOTO, C.; FIELD, L.M.; WILLIAMSON, M.S.; BASS, C. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **PLoS One**, v. 8, n. 4, 2013. [https://doi: 10.1371/journal.pone.0062268](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062268)

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** v.8– Safra 2020/21, n.7 - Sétimo levantamento (abril 2021), Brasília, p. 67-85, 2021.

CRUZ, I. **Manejo da resistência de insetos-praga a inseticidas, com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith).** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 15p. 2002. (Documentos 21).

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 45p. 1995. (EMBRAPA-CNPMS: Circular técnica, 21).

CRUZ, I. **Manual de identificação de pragas do milho e de seus principais agentes de controle biológico.** Brasília: EMBRAPA. v. 1, 192p. 2008.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; SILVA, R. B. **Monitoramento de adultos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) em algumas regiões produtoras de milho no Brasil.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 42p. 2010. (Documentos 93).

CRUZ, I; VALICENTE, F. H.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. **Risco potencial das pragas de milho e de sorgo no Brasil.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 40p. 2013. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 150).

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm.** Mississippi: 9p. 1992. (Technical Bulletin, 186).

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I. & OMOTO, C. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-cialotrina. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 2, p. 311-316, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000200016>

FERNANDES, F. O.; ABREU, J. A.; CHRIST, L. M.; ROSA, A. P. S. A. Efficacy of Insecticides Against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 1, p. 494-503, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p494>

FERNANDES, O. D.; PARRA, J. R. P.; NO, A. F.; PÍCOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, C. G. B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, n. 2, p. 25-35, 2003.

FERRÉ, J. & VAN RIE, J. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Entomology**. v. 47, p. 501-533, 2002. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145234>

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

GILL, S. S. Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* toxins. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v.90, n.1, p.69-74, 1995. <https://doi.org/10.1590/S0074-02761995000100016>.

GILL, S. S.; COWLES, E. A.; PIETRANTONIO, P. V. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. **Annual Review of Entomology**, v. 37, p. 615-636, 1992. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.003151>

GOULART, H. F.; LIMA, M. R. F.; DE MORAIS, R. K. S.; BERNARDO, V. B. Feromônios: uma alternativa verde para o manejo integrado de pragas. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1205-1224, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150068>

GRAVENA, S.& BENVENGA, S. R. **Manual prático para manejo ecológico de pragas do tomate**. Jaboticabal: Gravena-ManEcol, 144p. 2003.

GREGG, P. C.; DEL SOCORRO, A. P.; LANDOLT, P. J. Advances in Attract-and-Kill for Agricultural Pests: Beyond Pheromones. **Annual Review of Entomology**. v. 63, p. 453–70, 2018. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035040>

GUIMARÃES, J. A.; AZEVEDO, F. R.; BRAGA SOBRINHO, R.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações para o manejo das principais pragas do meloeiro na região do Semi-Árido Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 11p. 2005. (Circular Técnica, 24).

HÄRTER, W. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E.; GONÇALVES, R. S.; BOTTON, M. Isca tóxica e disrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 229-235, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300001>.

HUANG, F.; BUSCHAMAN, L. L.; HIGGINS, R. A.; LI, H. Survival of Kansas Dipel-resistant European Corn Borer (Lepidoptera: Crambidae) on Bt and non-Bt corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 3, p. 614-621, 2002. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.3.614>

IRAC - BR - Comitê Brasileiro de Ação à Resistência a Inseticidas. **Lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* - Monitoramento da resistência**. 2020. Acesso em 20 de maio de 2020: <https://www.irac-br.org/spodoptera-frugiperda>

JONES, O. T. Lure and kill. In: **Insect Pheromones and Their Use in Pest Management** (eds. Howse, P.; Stevens, J. M.; Jones, G. A. D.), Springer Science + Business Media. p. 300–313. 1998.

JUSTINIANO, W. & FERNANDES, M. G. Effect of Food Attractants and Insecticide Toxicity for the Control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Adults. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 1, p. 129-137, 2020. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p129>

LEIDERMAN, L. & SAUER, H. F. G. A lagarta dos milharais (*Laphygma frugiperda*, Abbot e Smith, 1797). **O Biológico**, v. 19, n. 6, p. 98-105, 1953.

LYNCH, R. E.; WISEMAN, B. R.; PLAINSTED, D.; WARNIK, D. Evaluation of transgenic sweet corn hybrids expressing Cry1A(b) toxin for resistance to corn earworm and fall armyworm. **Journal Economic Entomology**, v. 92, n. 1, p. 246-252, 1999.

LUGINBILL, P. **The Fall Armyworm**. Washington: United States Department of Agriculture, 91p. 1928. (United States Department of Agriculture. Technical Bulletin, 34).

MARTINELLI, S. **Suscetibilidade a deltametrina e variabilidade molecular em populações de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) coletadas nas culturas do algodão e milho no Brasil**. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 111p. 2006.

MELO, M.; BRANDÃO, A.; LIMA, J. Relação entre sociedade e natureza e desdobramentos do agronegócio na contemporaneidade. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 12, n. 1, p. 36-49, 2018.

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.

MENDES, S. M. & WAQUIL, J. M. **Uso do milho Bt no manejo integrado de lepidópteros-praga: Recomendações de uso**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 8p. 2009. (Comunicado técnico, 170).

MEYERS, H. B.; JOHNSON, D. R.; SINGER, T. L.; PAGE, L. M. Survival of *Helicoverpa zea* Boddie on Bollgard® Cotton. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 1997, New Orleans. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1997. v.2, p.1269-1271.

MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL-NETO, J.; PIROTTA, M. Z.; DUARTE, A. P.; FEITAS, R. S.; FINOTO, E. L. Eficácia de milho transgênico tratado com inseticida no controle da lagarta-do-cartucho no milho safrinha no estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 2, p. 128-138, 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017412020816>

MORILLO, F. & NOTZ, A. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) to lambda-cyhalothrin and methomyl. **Entomotropica**, v. 16, p. 79–87, 2001.

NAGOSHI, R. N. & MEAGHER, R. L. Review of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) genetic complexity and migration. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 91, n. 4, p. 546-554. 2008.

NANSEN, C. & PHILLIPS, T. W. Attractancy and toxicity of an attracticide for Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, p. 703–710. 2004.

NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, R.S.; MALAVASI, A. Monitoramento populacional. In: MALAVASI, A. & ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, p. 109-112, 2000.

PASTORI, P. L.; ARIOLI, C. J.; BOTTON, M; MONTEIRO, L. B.; STOLTMAN, L.; MAFRA-NETO, A. Integrated control of two tortricid (Lepidoptera) pests in apple orchards with sex pheromones and insecticides. **Revista Colombiana Entomologia**, v. 38, p. 224-230, 2012.

PIETRANTONIO, P. V.; FEDERICI, B. A.; GILL, S. S. Interaction of *Bacillus thuringiensis* endotoxins with the insect midgut epithelium. In: THOMPSON, S. N.; FEDERICI, B. A. (Ed.) **Parasites and pathogens of insects**. New York: Academic Press, v. 2, p. 55-79. 1993.

PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: ESALQ/USP, p. 19-26, 2004.

RAGA, A. & SATO, M.E. Effect of spinosad bait against *Ceratitis capitata* (Wied.) and *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in laboratory. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 815-822, 2005.

ROSA, A. P. S. A. & BARCELOS, H. T. **Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 32p. 2012 (Documentos 344)

ROSA, A. P. S. A. & MARTINS, J. F. S. **Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas na cultura do milho: situação atual**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 18p. 2011. (Documentos 334).

SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. W. S.; AGUIAR, R. A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.

SANTOS-AMAYA, O. F.; TAVARES, C. S.; MONTEIRO, H. M.; TEIXEIRA, T. P. M.; GUEDES, R. N. C.; ALVES, A. P.; PEREIRA, E. J. G. Genetic basis of Cry1F resistance in two Brazilian populations of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Crop Protection**, n. 81, p. 154-162, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.12.014>

SHANI, A. Chemical communication agents (pheromones) in integrated pest management. **Drug Development Research**. v. 50, p. 400-405, 2000.

SOARES, J. J. & ARAÚJO, L. H. A. Guerra à lagarta militar. **Cultivar**, v. 3, n. 8, p. 6-8, 2001.

STORER, N. P.; BABCOCK, J. M.; SCHLENZ, M.; MEADE, T.; THOMPSON, G. D.; BING, J. W.; HUCKABA, R. M. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, p. 1031-1038, 2010. <https://doi.org/10.1603/EC10040>

TABASHNIK, B. E.; GASSMANN, A. J.; CROWDER, D. W.; CARRIÈRE, Y. Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. *Nat Biotechnol*, v. 26, p. 199-202, 2008. <https://doi.org/10.1038/nbt1382>

VALICENTE, F. H. **Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com *Bacillus thuringiensis***. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 9p. 2008. (Circular Técnica 105).

WANG, X.; XIANG, X.; YU, H.; LIU, S.; YIN, Y.; CUI, P.; WU, Y.; YANG J.; JIANG, C.; YANG, Q. Monitoring and biochemical characterization of beta-cypermethrin resistance in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) in Sichuan Province, China. *Pestic Biochem Physiol*, v. 146, n. 1, p. 71-79, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.02.008>

WITZGALL, P.; KIRSCH, P.; CORK, A. Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. *Journal of Chemical Ecology*, v. 36, p. 80-100, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9737-y>

YOUNG, J. R. & MCMILLIAN, W. W. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl surfaces. *Journal of Economic Entomology*, v. 72, p. 202-204, 1979.

YU, S. J. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Economic Entomology*, v. 85, p. 675- 82, 1992.

YU, S. J. Insecticide resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 39, p. 94-91, 1991.

MANUSCRITO I

EFEITO DE ATRATIVOS ALIMENTARES E INSETICIDAS NO CONTROLE DE
ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Artigo publicado no Journal of Agricultural Science; Vol. 12, No. 1, p. 129-137, 2020.
ISSN 1916-9752, E-ISSN 1916-9760. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p129>
Qualis para Biodiversidade B1.
Normas do texto com modificações

EFEITO DE ATRATIVOS ALIMENTARES E INSETICIDAS NO CONTROLE DE
ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Resumo

Uma alternativa para a supressão populacional da *Spodoptera frugiperda* é o emprego de iscas tóxicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a preferência alimentar e mortalidade de inseticidas associados a atrativos alimentares em adultos de *S. frugiperda* como método de manejo da praga. No estudo com chance de escolha foram testados os atrativos: 1 - solução de sacarose 5%, 2 - melado de cana de açúcar 10%, 3 - mel 10%, 4 - proteína hidrolisada 5%, 5 - Noctovi[®] 43sb, 6 - Noctovi[®] OVI PLU 1-3, 7 - Noctovi[®] OVI PHE/PAL 50-50. Logo, sem chance de escolha os atrativos foram: 1 - melado de cana de açúcar 10%, 2 - Noctovi[®] 43sb, 3 - Noctovi[®] 43sb + melado de cana de açúcar 10% 4 - Noctovi[®] OVI PLU 1-3. Para o estudo de mortalidade utilizou-se um atrativo alimentar associado aos inseticidas: Methomyl 2%, Lambda-cyhalothrin 1%, Chlorpyrifos 2%, Spinosad 1%, Chlorantraniliprole 2% e Chlorfenapyr 2%. O delineamento experimental utilizado nos bioensaios foi inteiramente casualizados (DIC), com chance de escolha, sem chance de escolha e mortalidade. Foram avaliados os seguintes parâmetros: número de insetos que se alimentaram dos atrativos alimentares; tempo (em minutos) que permaneceram no atrativo alimentar e tempo (em horas) para a mortalidade dos adultos de *S. frugiperda*. Os atrativos alimentares melado (10%) e Noctovi[®] 43sb foram significativamente mais eficientes em relação a tempo de alimentação e o maior número de pousos foi observado no tratamento Noctovi[®] 43sb, ambos em fêmeas e total de adultos. Os inseticidas Methomyl, Lambda-cyhalothrin e Spinosad associados ao atrativo alimentar nas condições estudadas, são iscas tóxicas promissoras para o manejo de *S. frugiperda*.

Palavra-chave: Atrai e mata, isca tóxica, controle alternativo, MIP

EFFECT OF FOOD ATTRACTANTS AND OF INSECTICIDES ON THE CONTROL OF
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) ADULTS

Abstract

An alternative for the population suppression of fall armyworm (FAW), *Spodoptera frugiperda* is the use of toxic baits. The objective of this study was to evaluate the dietary preference and death rate of insecticides associated with the attractiveness of FAW adults as a pest management method. The following attractions were tested: 1 - 5% sucrose solution, 2 - 10% sugarcane syrup, 3 - 10% honey, 4 - 5% hydrolyzed protein, 5 - Noctovi[®] 43sb, 6 - Noctovi[®] OVI PLU 1-3, 7 - Noctovi[®] OVI PHE/PAL 50-50 in the study with choice. Attractions: 1 - sugarcane syrup 10%, 2 - Noctovi[®] 43sb, 3 - Noctovi[®] 43sb + sugarcane syrup 10%, 4 - Noctovi[®] OVI PLU 1-3 in the study without no chance of choice. For the death rate study, the food attraction associated with insecticides was used: Methomyl 2%, Lambda-cyhalothrin 1%, Chlorpyrifos 2%), Spinosad 1%, Chlorantraniliprole 2% and Chlorfenapyr 2%). The experimental design used was in entirely randomized with chance of choice, without chance of choice and death rate. The following parameters were evaluated: number of insects that fed on the food attractants; time (in minutes) that remained on the food attractant and time (in hours) for death rate of FAW. The sugarcane syrup (10%) and Noctovi[®] 43sb food attractiveness was significantly more efficient in relation to feeding time and the highest number of landings was observed in the Noctovi[®] 43sb treatment, both in females and total adults. Methomyl, Lambda-cyhalothrin and Spinosad insecticides

associated with food attractiveness under the conditions studied are promising toxic baits for the management of FAW.

Keywords: Attracts and kills, toxic bait, alternative control, IPM

1. Introdução

O monitoramento é o passo fundamental na implementação de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), controlar a praga na hora certa e com o produto certo pode levar à economia de dinheiro, tornar mais eficiente o programa de controle da praga-alvo e ainda ajudar a preservar os organismos benéficos na propriedade rural. Há muitos métodos de se monitorar os insetos-praga, e um destes é através do monitoramento dos insetos adultos utilizando armadilhas apropriadas, consideradas ferramentas úteis no MIP, desde que utilizadas corretamente (Cruz et. al., 2010).

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*, (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a praga mais importante da cultura do milho e por ser polífaga, utiliza vários hospedeiros de ocorrência comum nos diferentes agroecossistemas. Casmuz et al., (2010) relataram a ocorrência dessa espécie em aproximadamente 186 espécies de plantas pertencentes a 42 famílias diferentes, em sua zona de distribuição e ocorrência.

Os prejuízos causados pela praga podem ocasionar redução no rendimento de grãos em até 60%, os danos decorrentes do ataque podem ocorrer desde a fase de emergência das plântulas até a fase reprodutiva da cultura (Cruz, 2008; Cruz et al., 2013).

O controle químico e a utilização de plantas geneticamente modificadas (plantas *Bt*) são as principais técnicas utilizadas atualmente, no entanto vem apresentando falhas de controle devido à resistência de insetos a inseticidas e proteínas Bt (Carvalho et al., 2013; Goulart et al., 2015; Barcelos & Angelini, 2018). Desta forma o uso de diferentes estratégias de manejo para o controle *S. frugiperda* devem ser empregadas, visando reduzir as infestações das lagartas e conseqüentemente danos na cultura.

Iscas atrativas e os semioquímicos têm sido investigados como alternativas para o manejo comportamental de diferentes pragas. As substâncias químicas que indicam a presença do alimento são, em muitos casos compostos secundários de plantas que estimulam as células quimiorreceptoras, localizadas nas sensilas gustativas dos tarsos, antenas e partes do aparelho bucal dos insetos, e que induzem, entre outras ações, a alimentação e a oviposição (Nation, 2002).

O uso de semioquímicos e atrativos alimentares, em ações de controle de insetos praga está de acordo com o modelo recomendado para a agricultura do futuro. É uma técnica que tem alta especificidade, não apresentando nenhum efeito deletério às espécies que não são objeto de controle e nenhum resíduo químico é depositado no meio ambiente ou no alimento produzido. Dentre os semioquímicos identificados estão os feromônios sexuais e de agregação, compostos atrativos utilizados em armadilhas, compostos florais e compostos glandulares, entre outros (Zarbin & Rodrigues, 2009).

Isca atrativas com estimulantes alimentares têm sido utilizadas para a identificação e distribuição de espécies de insetos, certificação de uma região ou país quanto à ausência de determinada espécie-praga (área livre), e em programas de erradicação de espécies-praga e de manejo integrado (Nascimento et al., 2000).

Vários atrativos como açúcar mascavo, sacarose, proteína hidrolisada de milho, sucos de frutas e vinagre de vinho são utilizados em armadilhas, no monitoramento de insetos e, quando adicionados a inseticidas, são recomendados para o controle de pragas como as moscas-das-frutas (Nascimento et al., 2000; Gravena & Benvenga, 2003, Benvenga et al., 2007). Atualmente os feromônios e atrativos sintéticos estão disponíveis no mercado podendo ser utilizados como mais importantes aliados para amostragem e controle de pragas (Silva et al., 2016).

Considerando a necessidade de testar e desenvolver métodos alternativos no controle de adultos de *S. frugiperda*, este trabalho teve como objetivo avaliar em condições de laboratório o efeito de atrativos alimentares e sua associação com inseticidas sobre adultos dessa praga.

2. Materiais e Métodos

2.1 Preparação dos adultos

Os experimentos foram conduzidos entre os meses de novembro de 2017 a fevereiro de 2018, no Laboratório de Amostragem e Monitoramento de Insetos da Universidade Federal da Grande Dourados na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. Os insetos da espécie *S. frugiperda* foram adquiridas junto a empresa Pragas.com especializada na criação e comercialização de insetos pragas, sediada na cidade de Piracicaba, estado de São Paulo, Brasil.

As pupas foram mantidas em condições controladas de temperatura ($26.5 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa ($75 \pm 1,5\%$) e fotófase de 12 horas.

A sexagem foi realizada segundo método descrita por Zenker et al. (2007), separando pupas fêmeas dos machos e acondicionando-as em gaiolas feitas de tubo de polietileno com suas extremidades fechadas com tecido do tipo *voil* até emergência dos adultos. Os adultos machos e fêmeas foram mantidos separados, sendo liberados na forma de casais para os testes com chance de escolha e sem chance de escolha. Para avaliação de mortalidade do atrativo alimentar associados aos inseticidas, os casais foram liberados 6 horas após sua composição.

Os bioensaios com e sem chance de escolha foram compostos por 6 repetições para cada tratamento, sendo que em cada repetição foram liberados 5 casais de *S. frugiperda* com 48 a 72 horas de idade não alimentados por um período de 24h, exceto para o teste de mortalidade, onde cada casal foi considerado como uma repetição e utilizou-se 8 repetições.

Para realização dos bioensaios, utilizou outra sala (3x5 metros) também nas dependências do Laboratório de Amostragem e Monitoramento de Insetos, no entanto ela apresentava porta e janelas amplas, sem interferência quanto a luz, temperatura e umidade relativa, simulando condições naturais do ambiente. Os insetos foram transferidos para sala 30 minutos antes para adaptação prévia e liberados logo em seguida.

A liberação ocorreu ao entardecer próximo do pôr do sol e as avaliações ocorreram na sequência da liberação e na madrugada, próximo e durante o nascer do sol. Para a visualização dos adultos no interior das gaiolas, foram utilizadas lanternas revestidas com papel celofane de cor vermelha, para evitar uma possível interferência da luz artificial do laboratório no comportamento dos insetos (Wyatt, 1997).

As condições climáticas durante a realização dos testes com chance, sem chance de escolha e mortalidade foram: temperatura $27,3 \pm 1,89$ °C; $28,2 \pm 1,01$ °C; $28,9 \pm 1$ °C e umidade relativa $88,8 \pm 4,3\%$, $83,7 \pm 5,2\%$ e $79,5 \pm 9,0\%$, respectivamente.

2.2 Teste de atratividade alimentar

Para o primeiro estudo de atratividade alimentar com chance de escolha o delineamento experimental utilizado foi em inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos e seis repetições. Os tratamentos corresponderam aos seguintes atrativos: 1 - solução de sacarose 5% (marca comercial Açúcar Mascavo Orgânico, ingredientes: calde de cana de açúcar orgânica produzida pela Cooperativa Agropecuária de Produtos Orgânicos da Terra), 2 - melado de cana de açúcar 10% (marca comercial Melado de Cana, ingredientes: caldo de cana de açúcar produzido pelo Dacolônia Alimentos Naturais Ltda), 3 - mel 10% (marca comercial Mel Seiva das Flores, ingredientes: mel de abelhas puro proveniente de floradas silvestre, laranja ou eucalipto, produzido pelo Apiários Seiva das Flores ME), 4 - proteína hidrolisada 5% (marca comercial o atrativo BioAnastrepha[®], ingredientes: proteína

hidrolisada de milho 5%), 5 - Noctovi[®] 43sb, 6 - Noctovi[®] OVI PLU 1-3, 7 -Noctovi[®] OVI PHE/PAL 50-50. Para os tratamentos 5, 6 e 7 foi testado os atrativos alimentares da marca comercial Noctovi[®], composto de oleorresinas e açúcares e ingredientes ativos: (Z)-11 Hexadecenal (Z11-16:Ald) 0,291%; (Z)-9Hexadecenal (Z9-16:Ald) 0,009% e outros ingredientes como cera cristalina e inertes 99,70%, sendo a composição dos inertes responsáveis pela diferenciação entre as formulações testadas.

Os tratamentos foram dispostos em uma arena circular recoberta de *voil*, com um metro de altura por um metro de raio (3,15 metros de circunferência), sendo os tratamentos dispostos a 45cm de distância entre si. Para o controle negativo utilizou um tratamento com água destilada.

No segundo estudo de atratividade alimentar sem chance de escolha o delineamento experimental utilizado foi em inteiramente casualizado (DIC), com 4 tratamentos que se mostraram promissores mediante resultados prévios do primeiro estudo (Atrativos: 1 - melado de cana de açúcar 10%, 2 - Noctovi[®] 43sb, 3 - melado de cana de açúcar 10% Noctovi[®] 43sb (somatória do tratamento 1 + tratamento 2, respectivamente) 4 - Noctovi[®] OVI PLU 1-3. Os tratamentos foram dispostos em uma arena circular recoberta de tecido do tipo *voil*, com um metro de altura por um metro de raio (3,15 metros de circunferência), sendo cada ponto de alimentação (tratamento) a 78cm de distância entre si e seis repetições.

O ponto amostral foi composto de chumaços de algodão de 3cm³ contendo 2ml da solução, fixado com pregador de madeira na parte superior da arena e avaliação visual contabilizando número de pousos de machos e fêmeas e o tempo de alimentação.

Os atrativos alimentares para os testes foram adquiridos junto as empresas fabricantes e/ou distribuidores autorizados obedecendo as recomendações de armazenamento e uso.

2.3 Teste de mortalidade

Para o estudo de mortalidade utilizou-se o atrativo alimentar Noctovi[®] 43sb mais promissor, segundo o teste de atratividade sem chance de escolha, associado aos inseticidas comerciais, grupos químicos e ingredientes ativos, respectivamente: (Lannate - Carbamato: Methomyl – 2%), (Karate Zeon - Piretroide: Lambda-cyhalothrin – 1%), (Sabre - Organofosforado: Chlorpyrifos – 2%), (Tracer - Spinosina: Spinosad – 1%), (Premio - Diamida: Chlorantraniliprole 2%) e (Pirate - Clorfenapir: Chlorfenapyr – 2%), respectivamente. Foram realizadas oito repetições, contendo um casal com idade de 24 a 48 horas de vida sem alimentação. A liberação ocorreu ao entardecer e as avaliações seguiram nas primeiras 6h, 12h, 24h, 36h, 48h e 96h. Cada repetição foi composta por um copo plástico de 500ml (com tampa perfurada), o atrativo alimentar associado ou não com inseticida foi

fixado na parte superior do copo (tampa), em uma bola de algodão de 3cm³ contendo 2ml da solução cada.

Os ingredientes ativos utilizados foram provenientes de inseticidas comerciais disponíveis no mercado brasileiro devidamente registrados para manejo de *S. frugiperda*.

2.4 Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 6, 4 e 8 tratamentos, e 6, 6 e 8 repetições, sendo que para cada repetição utilizou-se 10, 10 e 2 adultos nos bioensaios com chance de escolha, sem chance de escolha e mortalidade, respectivamente.

As avaliações visuais foram realizadas segundo método descrita por França et al., (2009), separando os insetos em machos, fêmeas e adultos totais (machos + fêmeas). Foram avaliados os seguintes parâmetros: número de pousos, tempo em minutos que permaneceram no atrativo alimentar e tempo em horas para a mortalidade após contato com as iscas tóxicas.

Os dados obtidos nos experimentos foram transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$ e submetidos à análise de variância (ANOVA). Em seguida, compararam-se as médias obtidas nos diferentes tratamentos pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. A porcentagem de mortalidade (%) dos tratamentos e da testemunha foram utilizados para o cálculo da eficiência dos inseticidas por meio do método de Abbott, $Ma = (Mt - Mc)/(100 - Mc) \times 100$, em que Ma = mortalidade corrigida em função do tratamento testemunha; Mt = mortalidade observada no tratamento com o inseticida e Mc = mortalidade observada no tratamento testemunha (Abbott, 1925).

3. Resultados

O tratamento negativo utilizando apenas água destilada foi excluído do bioensaio por não apresentar nenhum efeito atrativo para as mariposas.

O número de pousos observados para os machos, fêmeas e adultos totais (machos + fêmeas) de *S. frugiperda* foi semelhante para todos os atrativos alimentares testados: sacarose, melado, mel, proteína hidrolisada, Noctovi[®] 43sb, Noctovi[®] OVI PLU 1-3 e Noctovi[®] OVI PHE/PAL. O tempo destinado para alimentação em minutos dos machos não apresentou diferença independentemente o tratamento testado.

No entanto, quando comparamos o tempo (minutos) de alimentação das fêmeas, sendo, 32.10±7.96; 29.68±11.16 e dos adultos totais, 43.49±11.26; 41.68±8.46, nos

tratamentos com melado e Noctovi[®] 43sb respectivamente, eles diferiram significativamente do demais com exceção do Noctovi[®] OVI PLU 1-3 (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de diferentes atrativos com chance de escolha no comportamento de pousos (média \pm erro-padrão) e tempo de alimentação (média \pm erro-padrão) de machos, fêmeas e adultos totais (machos + fêmeas) de *Spodoptera frugiperda* em condições controladas de laboratório. UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018.

Tratamento	Número ⁽¹⁾		Tempo (minutos) ⁽¹⁾	
	Machos			
Sacarose (5%)	0,50 \pm 0,22	A	6,95 \pm 3,29	A
Melado (10%)	1,00 \pm 0,37	A	12,06 \pm 5,46	A
Mel (10%)	1,00 \pm 0,26	A	7,27 \pm 4,53	A
Proteína hidrolisada (5%)	0,50 \pm 0,22	A	0,05 \pm 0,04	A
Noctovi [®] 43sb	0,67 \pm 0,33	A	12,00 \pm 4,55	A
Noctovi [®] OVI PLU 1-3	0,67 \pm 0,33	A	4,22 \pm 3,07	A
Noctovi [®] OVI PHE/PAL 50-50	0,33 \pm 0,21	A	7,44 \pm 4,72	A
C.V. % ⁽²⁾	31,51		83,26	
	Fêmeas			
Sacarose (5%)	0,33 \pm 0,21	A	3,16 \pm 1,84	A
Melado (10%)	1,33 \pm 0,21	A	32,10 \pm 7,9	B
Mel (10%)	0,33 \pm 0,21	A	3,93 \pm 2,69	A
Proteína hidrolisada (5%)	0,83 \pm 0,31	A	0,83 \pm 0,55	A
Noctovi [®] 43sb	1,33 \pm 0,21	A	29,68 \pm 11,16	B
Noctovi [®] OVI PLU 1-3	1,00 \pm 0,33	A	21,35 \pm 5,76	AB
Noctovi [®] OVI PHE/PAL 50-50	0,67 \pm 0,21	A	2,29 \pm 1,34	A
C.V. % ⁽²⁾	25,30		56,31	
	Adultos (machos + fêmeas)			
Sacarose (5%)	0,83 \pm 0,39	A	10,12 \pm 3,43	A
Melado (10%)	2,33 \pm 0,51	A	43,49 \pm 11,26	B
Mel (10%)	1,33 \pm 0,21	A	11,20 \pm 4,04	A
Proteína hidrolisada (5%)	1,33 \pm 0,42	A	0,94 \pm 0,53	A
Noctovi [®] 43sb	2,00 \pm 0,26	A	41,68 \pm 8,46	B
Noctovi [®] OVI PLU 1-3	1,67 \pm 0,61	A	25,56 \pm 6,04	AB
Noctovi [®] OVI PHE/PAL 50-50	1,00 \pm 0,26	A	9,74 \pm 4,15	A
C.V. % ⁽²⁾	24,41		42,27	

⁽¹⁾ Dados originais com médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ C.V. % dos Dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$.

Os atrativos a base de melado, Noctovi[®] 43sb, Noctovi[®] 43sb + melado e Noctovi[®] OVI PLU 1-3, submetidos ao teste sem chance de escolha se assemelharam entre si quanto número de pousos para os machos e no quesito tempo de alimentação, tanto para machos, fêmeas e adultos. O maior número de pousos para as fêmeas e adultos totais contabilizados ocorreu quando os insetos foram expostos ao atrativo alimentar Noctovi[®] 43sb, Noctovi[®] 43sb + melado e Noctovi[®] OVI PLU 1-3 sem diferença entre si (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de diferentes atrativos sem chance de escolha no comportamento de pousos (média±erro-padrão) e tempo de alimentação (média±erro-padrão) de machos, fêmeas e adultos totais (machos + fêmeas) de *Spodoptera frugiperda* em condições controladas de laboratório. UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018.

Tratamento	Número ⁽¹⁾		Tempo (minutos) ⁽¹⁾	
			Machos	
Melado (10%)	0,67±0,33 A		27,57±10,87 A	
Noctovi [®] 43sb	1,33±0,41 A		32,27±9,70 A	
Noctovi [®] 43sb + Melado (10%)	0,50±0,27 A		20,55±24,10 A	
Noctovi [®] OVI PLU 1-3	1,33±0,41 A		42,66±12,48 A	
C.V. % ⁽²⁾	28,19		54,82	
			Fêmeas	
Melado (10%)	0,50±0,34 A		6,83±4,67 A	
Noctovi [®] 43sb	1,67±0,49 B		40,07±10,10 A	
Noctovi [®] 43sb + Melado (10%)	1,17±0,32 AB		35,34±12,84 A	
Noctovi [®] OVI PLU 1-3	1,00±0,26 AB		33,80±11,95 A	
C.V. % ⁽²⁾	19,91		53,43	
			Adultos (machos + fêmeas)	
Melado (10%)	1,17±0,60 A		34,40±13,18 A	
Noctovi [®] 43sb	3,00±0,73 B		72,33±13,57 A	
Noctovi [®] 43sb + Melado (10%)	1,67±0,42 AB		55,89±22,02 A	
Noctovi [®] OVI PLU 1-3	2,33±0,49 AB		76,47±17,21 A	
C.V. % ⁽²⁾	22,69		36,93	

⁽¹⁾ Dados originais com médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ C.V. % dos Dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$

Não foi constatado alteração na resposta dos adultos ao atrativo alimentar aplicado de forma isolada, porém a presença dos inseticidas afetou significativamente a sobrevivência de fêmeas, machos e adultos de *S. frugiperda*, ao longo do tempo (Figura 1).

Todas a moléculas químicas testadas promoveram a letalidade total dos insetos, porém os ingredientes ativos Methomyl, Lambda-cyhalothrin e Spinosad associados ao atrativo alimentar comercial Noctovi[®] 43sb, propiciaram a mortalidade de 100% da população de insetos mais rápida em relação as demais moléculas testadas. O tempo médio em horas observado para mortalidade dos machos, fêmeas e adultos (casais) de *S. frugiperda* foram 2,71±1,88; 1,41±0,40; 2,06±0,94; 1,69±0,28; 2,04±0,28; 1,86±0,19; 5,29±2,13; 2,32±0,36 e 3,80±1,12, respectivamente para três ativos mais promissores, nas condições estudadas (Figura 1).

A porcentagem de mortalidade variou ao longo do tempo de exposição entre os inseticidas testados diferenciando-os quanto a potencial de controle de adulto (Figura 1 e Tabela 3).

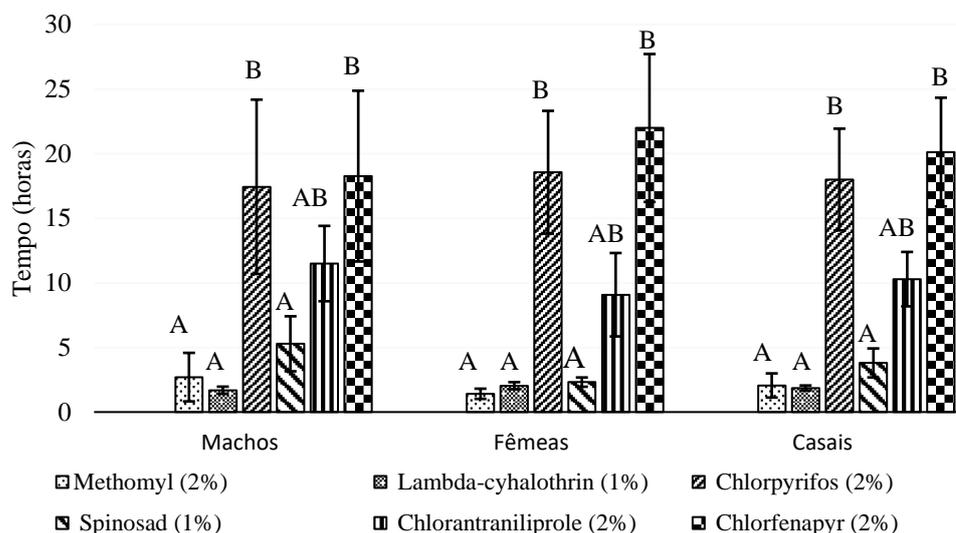


Figura 1. Tempo em horas para mortalidade (média \pm erro-padrão) de machos, fêmeas e adultos (casal) de *Spodoptera frugiperda* em condições controladas de laboratório. UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018.

A mortalidade de *S. frugiperda*, causada pelos inseticidas, aumentou gradativamente conforme se aumentava os períodos de avaliação para machos, fêmeas e adultos. A isca tóxica contendo o inseticida Methomyl provocou mortalidade de 50% e 41,7% após uma hora da exposição para machos e adultos totais. Após duas horas, os melhores resultados foram obtidos com Methomyl e Lambda-cyhalothrin, 83,3%, 83,3%, 75% e 58,2%, ao considerar os machos e adultos totais, respectivamente (Tabela 3).

Na avaliação após quatro horas as iscas tóxicas a base dos inseticidas Methomyl, Lambda-cyhalothrin e Spinosad diferiram significativamente das demais, provando o efeito deletério para os machos e adultos totais na ordem de 83,3%, 100%, 66,7%, 91,7%, 100% e 83,3%, respectivamente, já para as fêmeas, a mortalidade foi de 100% para os mesmos tratamentos e inseticidas testados.

Após 12 horas de exposição, todos os produtos testados provocaram redução significativo no número de machos e fêmeas vivas, exceto quando comparamos a mortalidade combinada de adultos totais (machos + fêmeas). O atrativo alimentar associado aos inseticidas dos grupos químicos Carbamato, Piretroide e Spinosina foram mais efetivos diferindo dos demais e eliminando 100% dos adultos nas doze primeiras horas após o contato.

Na avaliação de 24 horas, todos os ativos diferiram do tratamento testemunha, logo as 48 horas todos os ativos também provocaram a 100% de mortalidade insetos, seja para os machos, fêmeas e adultos totais. Os tratamentos testemunhas (atrativos isolados, ou seja, na ausência dos inseticidas) não interferiram na mortalidade dos insetos até 96 horas.

Tabela 3. Mortalidade (%) (média \pm erro-padrão) de machos, fêmeas e adultos totais (machos + fêmeas), em consequência de 6 inseticidas/grupos químicos associados ao atrativo alimentar em condições de laboratório. UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018.

Tratamentos	Tempo (horas) / Mortalidade % ⁽¹⁾											
	Machos											
	0.25	0.5	1	2	4	6	12	24	36	48	96	
Água destilada + Mel (10%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00 A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A
Noctovi® 43sb	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00 A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A
Methomyl (2%)	33,3 \pm 0,21A	33,3 \pm 0,21A	50,0 \pm 0,22 B	83,3 \pm 0,17 B	83,3 \pm 0,17 C	83,3 \pm 0,17 BC	100,0 \pm 0,00 B					
Lambda-cyhalothrin (1%)	0,00 \pm 0,00A	16,7 \pm 0,17A	16,7 \pm 0,17AB	83,3 \pm 0,17 B	100,0 \pm 0,00 C	100,0 \pm 0,00 C	100,0 \pm 0,00 B					
Chlorpyrifos (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	50,0 \pm 0,22ABC	50,0 \pm 0,22ABC	50,0 \pm 0,22AB	66,7 \pm 0,21 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
Spinosad (1%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	33,3 \pm 0,21AB	66,7 \pm 0,21 BC	66,7 \pm 0,21ABC	100,0 \pm 0,00 B					
Chlorantraniliprole (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	33,3 \pm 0,21ABC	83,3 \pm 0,17 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
Chlorfenapyr (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	16,7 \pm 0,17A	16,7 \pm 0,17AB	16,7 \pm 0,17AB	66,7 \pm 0,21 B	83,3 \pm 0,17 B	83,3 \pm 0,17 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
C.V. % ⁽²⁾	12,97	15,56	16,15	18,56	19,53	21,26	15,69	11,58	6,89	0,00	0,00	0,00
	Fêmeas											
Água destilada + Mel (10%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A
Noctovi® 43sb	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A
Methomyl (2%)	16,7 \pm 0,17A	16,7 \pm 0,17A	33,3 \pm 0,21A	66,7 \pm 0,21 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
Lambda-cyhalothrin (1%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	33,3 \pm 0,21AB	100,0 \pm 0,00 B							
Chlorpyrifos (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	16,7 \pm 0,17A	16,7 \pm 0,17A	50,0 \pm 0,22AB	83,3 \pm 0,17 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
Spinosad (1%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	33,3 \pm 0,21AB	100,0 \pm 0,00 B							
Chlorantraniliprole (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	16,7 \pm 0,17A	66,7 \pm 0,21 B	83,3 \pm 0,17 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
Chlorfenapyr (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	50,0 \pm 0,22AB	83,3 \pm 0,17 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
C.V. % ⁽²⁾	10,41	56,31	12,97	20,88	11,61	13,16	16,00	9,98	0,00	0,00	0,00	0,00
	Adultos totais (machos + fêmeas)											
Água destilada + Mel (10%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00 A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A
Noctovi® 43sb	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00 A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A
Methomyl (2%)	25,0 \pm 0,13B	25,0 \pm 0,13B	41,7 \pm 0,15 B	75,0 \pm 0,13 C	91,7 \pm 0,08 B	91,7 \pm 0,08 CD	100,0 \pm 0,00 C	100,0 \pm 0,00 B				
Lambda-cyhalothrin (1%)	0,00 \pm 0,00A	0,08 \pm 0,08AB	0,08 \pm 0,08A	58,2 \pm 0,15 BC	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 D	100,0 \pm 0,00 C	100,0 \pm 0,00 B				
Chlorpyrifos (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	33,3 \pm 0,14A	33,3 \pm 0,14AB	50,0 \pm 0,15 B	75,0 \pm 0,13 B	75,0 \pm 0,13 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
Spinosad (1%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	33,3 \pm 0,14AB	83,3 \pm 0,11 B	83,3 \pm 0,11 CD	100,0 \pm 0,00 C	100,0 \pm 0,00 B				
Chlorantraniliprole (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	50,0 \pm 0,15 BC	83,3 \pm 0,11AB	100,0 \pm 0,00 B				
Chlorfenapyr (2%)	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,00 \pm 0,00A	0,08 \pm 0,08A	0,08 \pm 0,08A	0,08 \pm 0,08AB	58,3 \pm 0,15 B	83,3 \pm 0,11 B	91,7 \pm 0,08 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B	100,0 \pm 0,00 B
C.V. % ⁽²⁾	11,44	13,01	14,29	19,65	16,46	18,03	15,19	10,41	13,76	0,00	0,00	0,00

⁽¹⁾ Dados originais com médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ C.V. % dos Dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$

4. Discussão

Para a escolha de um atrativo adequado, alguns fatores devem ser considerados, como: custo, facilidade de aplicação, a capacidade atrativa, favorecendo a aproximação do inseto à isca, e o efeito fagoestimulante ou resposta alimentar, incrementando o consumo da isca que resulta na intoxicação dos indivíduos, pois quanto maior o contato dos órgãos sensoriais dos insetos com a isca, maior será a eficácia do inseticida associado (Vargas et al., 2002; Pelz et al., 2005; França et al., 2009).

Os inseticidas são classificados de acordo com seu modo de ação e atuam em diferentes rotas metabólicas vitais para sobrevivência dos insetos. Logo, os inseticidas escolhidos e associados aos atrativos alimentares atuam no sistema nervoso central, muscular e respiração celular geralmente de ação rápida a moderadamente rápida, sendo possível evidenciar o efeito letal sobre a população de *S. frugiperda* em todos os ingredientes ativos e o tempo de mortalidade tem relação direta seu modo de ação e respectivo grupo químico.

Os grupos químicos associados aos atrativos alimentares agem de diferentes maneiras, por exemplo: Carbamatos e Organofosforados são os inibidores da acetilcolinesterase (AChE) causando hiperexcitação, a AChE é a enzima que termina a ação do excitante neurotransmissor acetilcolina em sinapses nervosas. Os Piretroides moduladores de canais de sódio, mantem os canais de sódio abertos, causando hiperexcitação e, em alguns casos, bloqueio nervoso. As Spinosinas são moduladoras alostéricas de receptores nicotínicos da acetilcolina (nAChRs), ativa alostericamente os nAChRs, causando hiperexcitação do sistema nervoso. E as Diamidas atuam como moduladores de receptores de ryanodina, ativando os receptores de ryanodina muscular, levando à contração e paralisia. Os receptores de ryanodina medeiam a liberação de cálcio no citoplasma a partir de núcleo intracelulares. E por fim o grupo do Clorfenapir atuam na respiração celular como desacopladores da fosforilação oxidativa via disrupção do gradiente de próton que provocam um curto-circuito no gradiente do próton mitocondrial para que o ATP não possa ser sintetizado (IRAC, 2020).

As iscas podem exercer um papel muito importante de atração dos insetos, em especial de fêmeas responsáveis pela reprodução. As pesquisas sobre o tempo para início e duração que os adultos despendem para se alimentar nessas iscas são fundamentais, pois definem a quantidade de produto ingerido, potencial de contaminação e efeito deletério sobre a espécie (Potts, 1999; Borges et al., 2015).

Os atrativos alimentares e inseticidas associados testados, tiveram relação direta com número de pousos e tempo de alimentação para os adultos de *S. frugiperda*, evidenciando a importância de pesquisas a fim definir os melhores atrativos e inseticidas e conseqüentemente

a melhor combinação chamada de isca tóxica para o controle dos adultos da lagarta do cartucho do milho.

O monitoramento através de atrativos alimentares é considerado importante por relacionar-se diretamente com o instinto primário desses insetos, uma hipótese seria que as fêmeas necessitam de compostos proteicos para atingirem sua maturidade sexual (Nakano et al., 1981). Os atrativos alimentares mais utilizados são melaço de cana-de-açúcar, suco de frutas, açúcar mascavo ou feromônios (Nascimento & Carvalho, 1998).

Em estudos conduzidos por França et al., (2009), adultos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) responderam de modo diferente aos atrativos e parâmetros avaliados, com maior destaque para sacarose e mel. Assim, espera-se que as iscas atrativas com estimulantes alimentares tornem o manejo de pragas por manipulação do comportamento uma ferramenta eficiente e contribuam para reduzir a quantidade e aumentar a eficiência de agrotóxicos aplicados em sistemas de produção agrícolas. Porém, poucos estudos sobre a utilização de iscas atrativas no manejo de lepidópteros foram desenvolvidos, sendo a maior quantidade de trabalhos e informações ligados a utilização de iscas no manejo de dípteros, como moscas-das-frutas (Potts, 1999).

O desenvolvimento de táticas para manejo de pragas baseado na manipulação do comportamento tem se mostrado bastante promissor (Cook et al., 2007; Witzgall et al., 2008; Witzgall et al., 2010). Logo as substâncias químicas envolvidas no manejo comportamental, como por exemplo, estimulantes alimentares e semioquímicos, podem se tornar excelentes ferramentas auxiliares no controle de pragas (Fosrter & Harris, 1997). O uso de atrativos alimentares é uma ferramenta importante no MIP, principalmente na tomada de decisão de controle de determinadas pragas e ao utilizar-se as iscas tóxicas acrescenta-se um fator de mortalidade, devido a adição de um inseticida sintético (Arruda-Gatti & Ventura, 2003).

Papa et al. (2003) relatam que o uso de iscas com inseticida Cartap, associadas a açúcar, foram efetivas no controle de adultos da lagarta rosada do algodoeiro, *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Em relação a outros lepidópteros, há indicação para o controle de mariposas em algodoeiro e soja com a aplicação da mistura de melaço, água e Methomyl pulverizado nas plantas em faixas afastadas entre si (Gallo et al., 2002).

No manejo de *N. elegantalis* na cultura do tomate, as aplicações de iscas tóxicas podem contribuir para a redução do uso de inseticidas e dos custos de produção, bem como beneficiar o ambiente e inimigos naturais, em comparação ao sistema convencional com aplicação de inseticidas (França et al., 2009). Uma das vantagens das iscas tóxicas é o benefício ao meio ambiente, pois apresentam menor influência sobre inimigos naturais, pelo

fato de não serem aplicados na área total, em comparação ao uso de inseticidas químicos (Gravena & Benvenga, 2003; Galli et al., 2004).

5. Conclusões

Os atrativos alimentares melado (10%) e Noctovi[®] 43sb foram mais eficientes em relação a tempo de alimentação tanto para as fêmeas quanto para o total de adultos *de S. frugiperda*.

O maior número de pousos foi observado no tratamento Noctovi[®] 43sb em fêmeas e total de adultos.

Os ingredientes ativos Methomyl, Lambda-cyhalothrin e Spinosad associados ao atrativo alimentar nas condições estudadas são iscas tóxicas promissoras para o manejo de *S. frugiperda*.

6. Referências

- Abbott, W. S (1925). A method of computing the effectiveness of on insecticide. *Journal Economic Entomology*, 18(2), 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Arruda-Gatti, I. C., & Ventura, M. U. (2003). Iscas contendo cucurbitacinas para o manejo de *Diabrotica* spp. *Semina: Ciência Agrária*. 24(2), 331-336
- Barcelos, P. H. S., & Angelini, M. R. (2018). Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias Bts (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 35-40.
- Benvenga, S. R., Fernandes, O. A., Gravena, S. (2007). Tomada de decisão de controle da traça-do-tomateiro através de armadilhas com feromônio sexual. *Horticultura Brasileira*, (25), 164-169.
- Borges, R., Machota Jr. R., Boffi, M. I. C., Botton, M. (2015). Efeito de Iscas Tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *BioAssay*: 10(3), 1-8.
- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., Gastaminz, A. G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica*. (69), 209-231.

- Carvalho, R. A., Omoto, C., Field, L. M., Williamson, M. S., Bass, C. (2013). Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *PLoS One*, 8(4): e62268. [https://doi: 10.1371/journal.pone.0062268](https://doi:10.1371/journal.pone.0062268)
- Cook, S. M., Khan, Z. R., Pickett, J. A. (2007). The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*. (52), 375-400. [https://doi: 10.1146/annurev.ento.52.110405.091407](https://doi:10.1146/annurev.ento.52.110405.091407)
- Cruz, I. (2008). Manejo de pragas da cultura do milho. In: Cruz, J. C.; Monteiro, D. K. M. A. R. & Magalhães, P. C. (Eds.). *A cultura do milho*. Sete Lagoas, EMBRAPA MILHO E SORGO. p. 303-362.
- Cruz, I., Figueiredo, M. L. C., Silva, R. B. (2010). Monitoramento de Adultos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) em Algumas Regiões Produtoras de Milho no Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 42 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, 93).
- Cruz, I.; Valicente, F. H.; Viana, P. A., Mendes, S. M. (2013). *Risco potencial das pragas de milho e de sorgo no Brasil*. Sete Lagoas, EMBRAPA MILHO E SORGO. p.40 (Boletim técnico, 150).
- França, S. M., Oliveira, J. V., Picanço, M. C., Lôbo, A. P., Silva, E. M. S., Gontijo, P. C. (2009). Seleção de atrativos alimentares e mortalidade de inseticidas para o manejo da broca-pequena-do-tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(6), 561-568.
- Foster, S. P. & Harris, M. O. (1997). Behavioral manipulation methods for insect pest management. *Annu. Rev. Entomol.*, (42), 123-146. <https://doi:10.1146/annurev.ento.42.1.123>
- Galli, J. C., Senô, K. C. A., Cividanes, F. J. (2004). Dinâmica populacional de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) associados a pomares de goiaba *Psidium guajava* L. com dois sistemas de pulverização de fenthion. *Bol. San. Veg. Plagas*, (30), 197-202.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. C., Berti Filho, E., Parra, J. R. P., Zuchhi, R. A., Alves, S. B., Vendramim, J. D., Marchini, L. C., Lopes, J. R. S., Omoto, C. (2002). *Entomologia Agrícola*. Piracicaba: FEALQ. 920p.
- Gravena, S. & Benvenega, S. R. (2003). *Manual prático para manejo ecológico de pragas do tomate*. Jaboticabal: Gravena ManEcol, 144p.
- Goulart, H. F., Lima, M. R. F., Morais, R. K. S., Bernardo, V. B. (2015). Feromônios: uma alternativa verde para o manejo integrado de pragas. *Revista Virtual de Química*, 7(4), 1205-1224. DOI: 10.5935/1984-6835.20150068

- IRAC. (2020). Lepidoptera Insecticide Mode of Action Classification. IRAC MOA Team. (Poster Ver. 6.2, Based on MoA Classification Ver. 9.3) www.irc-online.org
- Nakano, O., Silveira Neto, S., Zucchi, R. A. (1981). *Entomologia econômica*. Piracicaba: Ceres, 314p.
- Nascimento, A. S., Carvalho, R. S. (1998). Pragas da mangueira. In: Sobrinho, R. B., Cardoso, J. E., Freire, F. C. O. (Eds.). *Pragas de fruteiras tropicais de importância agroindustrial*. Brasília: EMBRAPA/SPI, p.155-167.
- Nascimento, A. S., Carvalho, R. S., Malavasi, A. (2000). Monitoramento populacional. In: Malavasi, A., Zucchi, R. A. (Ed.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos, p.109-112.
- Nation, J. L. (2002). Nutrition. In: NATION, J. L. (Ed.). *Insect physiology and biochemistry*. Boca Raton: CRC Press, p.65-87.
- Papa, G., Celoto, F. J., Takao, W., Prado, E. P. (2003). Efeito da isca cartap + açúcar sobre adultos lagarta rosada, *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae). In: *Congresso Brasileiro de Algodão*. Goiânia: Fundação GO. Embrapa Algodão, 4p. (Embrapa Algodão. Documentos, 118).
- Pelz, K. S., Isaacs, R., Wise, J. C., Gut, L. J. (2005). Protection of fruit against infestation by apple maggot and blueberry maggot (Diptera: Tephritidae) using compounds containing spinosad. *J. Econ. Entomol.*, (98), 432-437.
- Potts, L. (1999). Feeding stimulants and semiochemicals as pest management tools. http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en507/papers_1999/potts.htm
- Silva, M. H., Camargos, G. S., Jardim, P. M. V., Andrade, R. S., Rezende, J. M., Albernaz-Godinho, K. C. & Czepak, C. (2016). Ação do atrativo alimentar para mariposas Noctovi® sobre o parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Anais XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia; IX Congresso Latino-americano de Entomologia (XXVI CBE / IX CLE). Maceió. Alagoas. Brasil.
- Vargas, R. I., Miller, N. W., Prokopy, R. J. (2002). Attraction and feeding responses of Mediterranean fruit fly and a natural enemy to protein baits laced with two novel toxins, phloxine B and spinosad. *Entomol. Exp. Appl.*, (102), 273-282.
- Witzgall, P., Stelinski, L., Gut, L., Thomson, D. (2008). Codling Moth Management and Chemical Ecology. *An. Rev. Entomol.*, (53), 503–522. <https://doi:10.1146/annurev.ento.53.103106.093323>
- Witzgall, P., Kirsch, P., Cork, A. (2010). Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. *Journal of Chemical Ecology*, (36), 80-100. <https://doi:10.1007/s10886-009-9737-y>

- Wyatt, T. D. (1997). Method in studying insect behaviour. In: DENT, D. R. & WALTON, M. P. (Ed.). *Method in ecological and agricultural entomology*. New York: CAB Internacional, p.27-56.
- Zarbin, P. H. G. & Rodrigues, M. A. C. M. (2009). Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova*, 32(1), 722-731.
- Zenker, M. M., Specht, A., Corseuil, E. (2007). Estádios imaturos de *Spodoptera cosmiodes* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(1), 99-107.

MANUSCRITO II

ISCA TÓXICA COMO FERRAMENTA ALTERNATIVA NO MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO SEGUNDA SAFRA

Artigo publicado no Journal of Agricultural Science; Vol. 13, No. 3, p. 102-112, 2021.
ISSN 1916-9752, E-ISSN 1916-9760. <https://doi.org/10.5539/jas.v13n3p102>
Qualis para Biodiversidade B1.
Normas do texto com modificações

ISCA TÓXICA COMO FERRAMENTA ALTERNATIVA NO MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO SEGUNDA SAFRA

Resumo

O manejo da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), tem sido cada vez mais difícil devido a seleção de indivíduos resistentes a inseticidas e plantas geneticamente modificadas *Bacillus thuringiensis* (Bt). Este estudo utilizou o método atrai e mata para controlar adultos *S. frugiperda* à campo, pulverizando Noctovi® 43sb associado ao inseticida Methomyl. Os experimentos foram realizados em plantações comerciais de milho, culturas não-Bt e Bt, durante dois anos agrícolas (2018 e 2019) em oito locais distribuídos em três cidades localizadas no sul do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram aplicados seis tratamentos: pulverização em faixas contínuas espaçadas a cada 100, 50 e 25 m; pulverização intermitente a cada 25 m; controle (sem aplicação de inseticida); e pulverização de toda a área com inseticida (controle positivo). O atrativo alimentar associada à molécula de inseticida foi aplicado na cultura nos estágios vegetativos V1 e V3, e foi monitorado a população de adultos e avaliado o nível de danos às folhas causados pelas lagartas (notas da Escala de Davis). A aplicação de iscas tóxicas em faixas com espaçamento menor ou igual a 50 m reduziu significativamente a porcentagem de danos às plantas, com o efeito mais acentuado na cultura Bt. A técnica atrai e mata nas condições estudadas, pode ser adotada como mais uma ferramenta para o controle de adultos de *S. frugiperda* dentro de programas de Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho segunda safra.

Palavra-chave: Lagarta do cartucho, controle de adultos, Escala de Davis, pulverização em faixas, semioquímicos

TOXIC BAIT AS AN ALTERNATIVE TOOL IN THE MANAGEMENT OF *Spodoptera frugiperda* IN SECOND CORN CROPS

Abstract

Managing the fall armyworm (FAW), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), has been increasingly difficult owing to the increase in individual resistance to insecticides and genetically modified *Bacillus thuringiensis* (Bt) plants. This study used the attracting and killing method to control FAW adults in the field by spraying Noctovi® 43sb with methomyl insecticide. The experiments were conducted in commercial cornfields, non-Bt and Bt crops, over two agricultural years (2018 and 2019) at eight sites distributed in three cities located in the south of Mato Grosso do Sul State, Brazil. The following six insecticide treatments were used: spraying in continuous bands spaced every 100, 50, and 25 m; intermittent spraying every 25 m; control (without insecticide application); and spraying the entire area with insecticide (positive control). Food bait associated with the insecticide molecule was applied to the crop at vegetative stages V1 and V3, and the adult population size and level of leaf damage caused by the caterpillars (Davis score) were evaluated. The application of toxic bait in bands with spacing less than or equal to 50 m significantly reduced the percentage of damage to the plants, with the effect stronger in Bt crops. The technique attracts and kills in the studied conditions, it can be adopted as another tool for the control of adults of FAW within programs of Integrated Pest Management in the second crop of corn.

Keywords: fall armyworm, adult control, Davis score, spraying in bands, semiochemical

1. Introdução

O milho *Zea mays* L. é uma das principais culturas no Brasil e no mundo. É cultivado praticamente em todo o território nacional sob diferentes sistemas produtivos e níveis de emprego tecnológicos (Campanha et al., 2012).

Dentre as pragas que atacam o milho, a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a mais importante, provocando prejuízos irreversíveis. As perdas de produtividade no Brasil pelo ataque desta praga podem chegar a 60%, dependendo do genótipo, estágio de desenvolvimento da planta e época de cultivo (Cruz & Turpin, 1982; Carnevalli & Florcovski, 1995; Cruz et al., 1999).

Logo após a emergência das plantas, com o surgimento das primeiras folhas, é possível observar as posturas efetuadas pelos adultos deste inseto (Toscano et al., 2012). Após a emergência, a lagarta se alimenta do milho em todas as suas fases de crescimento, mas tem preferência por cartuchos de plantas jovens (Gallo et al., 2002).

O controle químico e a utilização de plantas geneticamente modificadas (plantas *Bt*) são as principais estratégias no manejo de algumas pragas no Brasil (Costa & Queiroz, 2014). No entanto o controle de *S. frugiperda* não tem se mostrado uma tarefa fácil, parte dos inseticidas e plantas *Bt* disponíveis no mercado têm apresentado falhas de controle (Bernardi & Omoto, 2018).

O uso intensivo de inseticidas tem levado ao desenvolvimento de formas de resistência generalizada e múltipla e impactos negativos graves em espécies não-alvo, como inimigos naturais, parasitoides e polinizadores (Liu et al., 2017).

As plantas *Bt* têm fornecido uma nova estratégia de controle de *S. frugiperda*, a qual tem se mostrado bastante eficiente. No entanto, algumas características bioecológicas da praga, tais como o alto potencial reprodutivo, o ciclo biológico relativamente curto e a polifagia, associadas a um cenário de sobreposição e sucessão de cultivos de plantas hospedeiras, “ponte verde” em algumas regiões, expõe as populações de *S. frugiperda* à elevada pressão de seleção por inseticidas e proteínas de *Bt*, propiciando um cenário favorável para a evolução de resistência e, posterior comprometimento das táticas de controle (Bernardi & Omoto, 2018).

De forma semelhante aos inseticidas, com o alto índice de adoção de plantas *Bt*, muitas pragas têm evoluído para a resistência a estas toxinas, sendo uma das principais, *S. frugiperda* com resistência à proteína Cry1F expressa em milho em diversos países (Storer et al., 2010, Santos-Amaya et al., 2015, Lu et al., 2010, Farias et al., 2014, Tabashnik et al., 2013) e

também em plantas Bt que expressam as proteínas Cry1A.105 + Cry2Ab2 (Souza et al., 2019).

Assim, a efetiva implementação de estratégias de manejo da resistência assume vital importância para garantir a durabilidade de qualquer tática de controle de *S. frugiperda*. Uma alternativa é visar especificamente os adultos das espécies de pragas, utilizando semioquímicos, como os feromônios ou os voláteis de plantas hospedeiras das pragas (Witzgall et al., 2010). No entanto, o uso de feromônios sexuais tem como limitação a atratividade apenas de machos adultos da espécie alvo do feromônio, ao passo que os atrativos alimentarem a base de voláteis vegetais atraem ambos os sexos de várias espécies de lepidópteros. Tal abordagem pode resultar em uma diminuição significativa na população de adultos, oviposição e populações larvais subsequentes (Del Socorro et al., 2010a; Del Socorro et al., 2010b; Su et al., 2001).

O uso de semioquímicos pode ser um método de controle alternativo eficiente e uma ferramenta para lidar com o desenvolvimento da resistência. Recentemente, trabalhos conduzidos em condições controladas de laboratório, demonstram a possibilidade de utilização de iscas atrativas comerciais associados a moléculas de inseticidas químicos no manejo de adultos de *S. frugiperda* (Justiniano & Fernandes, 2020).

Objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da isca tóxica, composta pelo atrativo alimentar comercial Noctovi[®] 43sb associado ao ingrediente ativo inseticida Methomyl, aplicado de diferentes formas para controlar adultos de *S. frugiperda* e reduzir a infestação de lagartas sob condições reais de campo.

2. Materiais e métodos

2.1 Localização do estudo e parcelas experimentais

Os experimentos foram conduzidos em áreas comerciais de produção de milho de segunda safra localizadas nos municípios de Mato Grosso do Sul, em oito localidades (talhões/blocos) nas safras 2018 e 2019 (Tabela 1).

Tabela 1. Localização dos campos experimentais com aplicação da isca tóxica para o controle de adultos *S. frugiperda* em milho segunda safra, com e sem tecnologia Bt. Mato Grosso do Sul, Brasil.

Local	Safra	Município	Fazenda	Latitude	Longitude	Semeadura
1	2018	Dourados	Esperança	-22°01'10''S	-54°55'33''W	23/2/2018
2	2018	Dourados	Esperança	-22°04'43''S	-54°55'27''W	4/3/2018
3	2018	Dourados	Esperança	-22°01'47''S	-54°55'50''W	19/3/2018
4	2018	Dourados	Esperança	-22°02'23''S	-54°56'00''W	20/3/2018
5	2019	Douradina	Boa Vista	-22°01'04''S	-54°32'27''W	27/1/2019
6	2019	Douradina	Boa Vista	-22°02'00''S	-54°34'50''W	8/2/2019
7	2019	Rio Brilhante	Flor do Cerrado	-21°40'50''S	-54°38'09''W	25/2/2019
8	2019	Rio Brilhante	Flor do Cerrado	-21°40'30''S	-54°38'37''W	26/2/2019

As áreas comerciais foram semeadas com os híbridos geneticamente modificados com a tecnologia: VT PRO3[®] (expressa as proteínas Cry1A.105 e Cry2Ab2 para proteção contra lagartas, Cry3Bb1 para larva alfinete e CP4-EPSPS que confere tolerância ao herbicida Glifosate) e híbridos não Bt, mas RR2[®] (CP4-EPSPS que confere tolerância ao herbicida Glifosate) utilizados para plantio de refúgio estruturado (CIB, 2012).

O milho foi semeado com espaçamento de 50 centímetros entre linhas, com 3 a 3,2 sementes por metro, resultando na população entre 60.000 e 64.000 plantas por hectare. Todo o manejo para o controle de plantas daninhas e insetos não alvo do estudo nas áreas de implantação dos ensaios, foram realizados pelos agricultores sem distinção entre os tratamentos e tecnologias cultivadas.

Os testes foram realizados dentro de talhões comerciais de milho segunda safra, sendo que cada um (repetição) tinha as tecnologias VT PRO3[®] e RR2[®] lado a lado. Cada parcela experimental, locada dentro da área comercial do produtor, foi constituída de 1 ha e distanciadas lateralmente a cada 10 metros (bordadura). O bloco experimental foi composto por 12 dessas parcelas, sendo 6 parcelas Bt e 6 não Bt (Figura 1).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), sendo 8 repetições, locais onde foram conduzidos ensaios (quatro locais por ano, os experimentos foram repetidos nas safras 2018 e 2019). Seis tratamentos dentro de cada bloco (milho Bt e não-Bt) foram previamente sorteados para que as posições não se repetissem dentro dos locais/repetições. O controle local foi realizado mediante a única variável para cada local foram os tratamentos com isca tóxica, tratamento com inseticida em área total e a área de testemunha sem aplicação de inseticida para manejo de *S. frugiperda*, já os demais manejos foram iguais para local estudado.

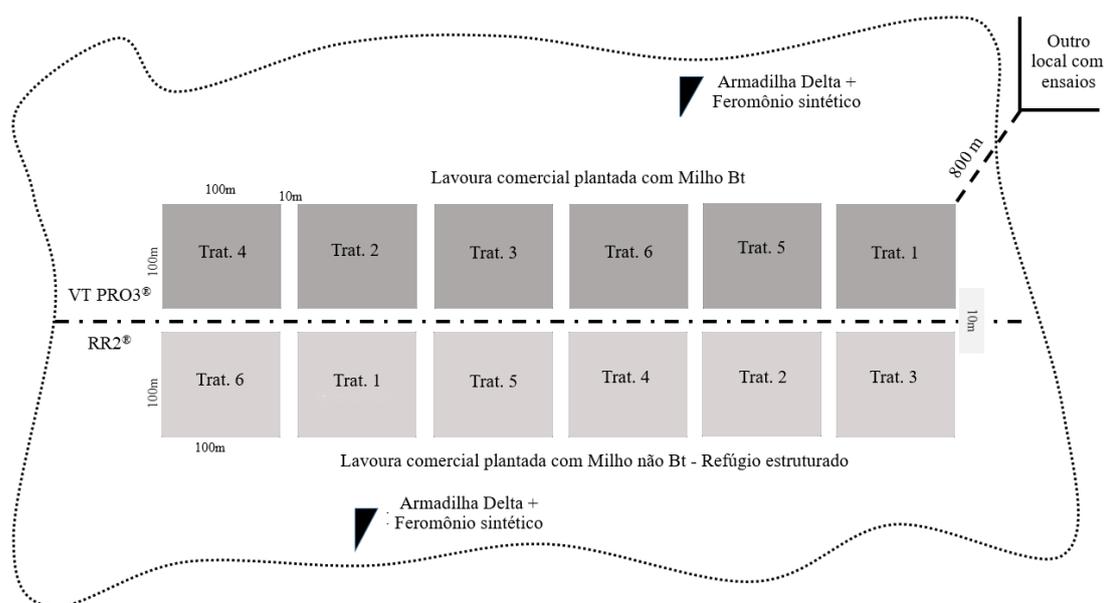


Figura 1. Esquema ilustrativo do desenho experimental de um dos locais (bloco) contendo os diferentes tratamentos de milho Bt e não Bt. Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.2 Aplicação da isca tóxica

Para o monitoramento da população de adultos de *S. frugiperda* foram instaladas duas armadilhas do tipo “Delta”, à altura de 1,5 m do solo, uma na área junto as parcelas de milho Bt e outra com milho não Bt. As armadilhas continham um fundo de revestimento colante e o feromônio sexual sintético para *S. frugiperda* de nome comercial Bio Spodoptera produzido pela ChemTica Internacional, S.A, que consiste em uma mistura de acetato de (Z)-7-dodecenilo, acetato de (Z)-9-tetradecenilo e acetato de (Z)-11-hexadecenilo. O feromônio foi pendurado na parte superior da armadilha, no momento da semeadura e permanecendo ativo por 30 dias.

O atrativo alimentar comercial utilizado foi Noctovi[®] 43sb sendo é composto de oleorresinas e açúcares e ingredientes ativos: (Z)-11 Hexadecenal (Z11-16:Ald) 0,291%; (Z)-9Hexadecenal (Z9-16:Ald) 0,009% e outros ingredientes como cera cristalina e inertes 99,70%. As oleorresinas liberam voláteis que atraem mariposas a grandes distâncias e os açúcares estimulam as mariposas a se alimentarem, ingerindo também o inseticida letal que está associado. O atrativo alimentar utilizado exercer um raio de atração ao redor de onde é depositado, não sendo necessário pulverização em área total, ou seja, aplicação em faixas (contínuas ou intermitentes) e espaçadas entre si, é a forma recomendada de uso, no entanto essa distância entre faixas e deve ser avaliada para cada cultura, inseto-alvo, estágio da cultura, população de adultos, época de plantio e cultivo entre outros fatores.

Para os tratamentos em faixa foi aplicado um litro por hectare da isca tóxica que continha o atrativo alimentar comercial Noctovi[®] 43sb, associado a 20 ml.ha⁻¹ do inseticida de ingrediente ativo Methomyl (produto comercial Lannate[®] BR), 2% volume por volume da taxa pulverizada. Adotamos essa combinação pois se mostrou eficiente no combate a adultos de *S. frugiperda*, causado até 100% de mortalidade em condições de laboratório (Justiniano & Fernandes, 2020).

Os tratamentos aplicados foram; Tratamento 1: Pulverização em faixa contínua espaçada a cada 100 m; Tratamento 2: Pulverização em faixa contínua espaçada a cada 50 m; Tratamento 3: Pulverização em faixa contínua espaçada a cada 25 m; Tratamento 4: Pulverização em faixa intermitente espaçada a cada 25 m; Tratamento 5: Sem pulverização (testemunha - controle negativo); e Tratamento 6: Aplicação de inseticida em área total (controle positivo).

A isca tóxica foi aplicada nos estádios iniciais da cultura em dois momentos, visando o controle precoce das populações de adultos de *S. frugiperda* antes mesmo da postura e das infestações iniciais das lagartas. A primeira aplicação foi entre 8 e 12 dias após a emergência da cultura (DAE) (fase vegetativa V1) e a segunda entre 17 e 21 DAE (fase vegetativa V3).

Para aplicação dos tratamentos foi utilizado um equipamento de pulverização montado em um quadriciclo marca Suzuki[®] 160cc, com velocidade controlada, sendo que para aplicação em faixas contínuas, utilizou-se um pulverizador da marca Branco[®] a gasolina e munido de circuito hidráulico, manômetro para calibração da pressão e 4 bicos hidráulicos espaçados a cada 0,50 metros posicionados sobre as linhas de milho a uma altura de 0,3 a 0,5 metros das plantas. Já a aplicação em faixa intermitente foi realizada com pulverizador da marca PRECISA[®], montado sob o mesmo quadriciclo motorizado. A aplicação em faixa intermitente foi realizada calibrando o pulverizador para imprimir uma rotina de um segundo aplicando e três segundos sem aplicar, com válvula reguladora de pressão fechada e o mesmo circuito hidráulico, manômetro para calibração da pressão e 4 bicos hidráulicos contidos no pulverizador anterior (Monteiro, 2017).

A taxa de aplicação da isca tóxica foi ao redor de 1 litro por hectare, utilizado pontas modelo XR80.03 sem peneiras do fabricante Spraying systems Cia. O número de pontas abertas durante a aplicação variou de acordo com a largura das faixas de aplicação sendo: Tratamento 1 foi realizado com as 4 pontas abertas, tratamento 2 utilizou-se 2 pontas abertas, tratamento 3 com apenas uma ponta aberta e tratamento 4 com quatro pontas aplicando apenas 25% do tempo.

A velocidade de deslocamento do equipamento foi de 10 Km h⁻¹ e a pressão no circuito hidráulico foi constante entre 1,5 e 1,8 bares, resultando em uma vazão por ponta

entre 0,42 e 0,45 L min⁻¹, vazão menor que a indicada no manual do fabricante, onde aos testes são realizados com água.

O atrativo alimentar comercial utilizado Noctovi[®] 43sb, apresenta características próprias, devido a modalidade de aplicação (aplicado puro ou associado ao inseticida sem adição de água), como densidade e viscosidade do líquido, logo as neblinas geradas pelas aplicações apresentaram depósitos entre 1 e 3 gotas por 100 cm² e manchas que variavam entre 1 e 1,5 cm diâmetro.

O tratamento 5 (controle negativo) ficou sem receber aplicação de inseticida ou isca tóxica para o manejo da *S. frugiperda*, enquanto no tratamento seis foi realizada aplicação em área total com inseticida a base de Methomyl na dose comercial de 1,2 L.ha⁻¹, diluído em água a uma taxa de 150 L.ha⁻¹. Para tanto, utilizou pontas modelo XR110.02 com peneiras, espaçadas a cada 0,50 metros entre si e a uma altura de 0,50 metros das plantas e pressão ao redor de 3 bar em dois momentos juntamente com aplicação da isca tóxica nos estádios V1 e V3.

As condições meteorológicas em especial à precipitação pluviométrica foram monitoradas durante todo a implementação dos ensaios e aplicação da isca tóxica, visto que chuvas, logo após a aplicação, podem reduzir drasticamente a persistência residual da isca. A fim de isolar essa variável, foi definido que após as aplicações, tivéssemos uma janela de no mínimo 48 horas sem chuva, caso isso não ocorresse, todos os tratamentos eram reaplicados no local de estudo.

2.3 Coleta dos dados

A flutuação populacional de *S. frugiperda* foi monitorada semanalmente, através da coleta e identificação dos adultos capturados no fundo pegajoso das armadilhas tipo Delta contendo feromônio sexual. O fundo pegajoso era substituído durante a coleta para evitar falha na captura da semana seguinte.

Os danos provocados pelo ataque das lagartas nas folhas de milho foram quantificados segundo a escala de danos descrito por Davis et al. (1992) que confere notas às injúrias das plantas em função do tipo, dimensão e formato das lesões provocadas nas folhas em decorrência do ataque da lagarta do cartucho (Tabela 2).

As plantas foram avaliadas nos estádios vegetativos: V1 corresponde a primeira folha completamente expandidas, V2 apresenta duas folhas completamente expandidas, onde o anel de inserção da bainha claramente definida, V3 três folhas completamente expandidas,

V4 quatro folhas completamente expandidas e V6 seis folhas completamente expandidas (Hanway, 1971; Ransom & Endres, 2014).

As avaliações iniciaram previamente à primeira aplicação e seguiram durante o período vegetativo inicial, crítico para cultura devido ao ataque da lagarta do cartucho. Foram amostrados 10 pontos por repetição (cada ponto composto por 10 plantas em sequência (100pl/rep), nos estádios vegetativos V1 (7 a 12 DAE), V2 (12 a 15 DAE), V4 (20 a 24 DAE) e V6 (28 a 32 DAE). O número total de plantas avaliadas foi calculado considerando o número de plantas por repetição (100) x número de avaliações por local (4) x número de locais (8) x tratamentos (6) x tecnologias (2), totalizando 38.400 plantas.

Tabela 2. Escala visual para estimar os danos nas folhas do milho por alimentação da lagarta do cartucho do milho de *Spodoptera frugiperda* (adaptada de Davis et al., 1992).

Notas	Descrição	
	7 DAE	14 DAE
0	Sem danos visíveis	Sem danos visíveis
1	Poucas pontuações nas folhas do cartucho	Poucas pontuações nas folhas do cartucho
2	Raspagem e pequenas lesões circulares presentes nas folhas do cartucho	Raspagem e pequenas lesões circulares presentes nas folhas do cartucho
3	Raspagem, pequenas lesões circulares e poucas pequenas lesões alongadas (de forma retangular) de até 1,3 cm de comprimento presentes no cartucho e nas folhas abertas	Pequenas lesões circulares e algumas pequenas lesões alongadas (de forma retangular) até 1,3 cm de comprimento presentes nas folhas do cartucho e/ou do folhas abertas
4	Pequenas lesões alongadas presentes nas folhas do cartucho e poucas lesões alongadas de tamanho médio de 1,3 a 2,5 cm de comprimento presentes nas folhas do cartucho e/ou das folhas abertas	Várias lesões pequenas a médias de 1,3 a 2,5 cm de comprimento, alongadas, presentes em poucas folhas do cartucho e folhas totalmente abertas
5	Pequenas lesões alongadas e várias lesões alongadas de tamanho médio presentes no cartucho e nas folhas totalmente abertas.	** Várias lesões grandes e alongadas com mais de 2,5 cm de comprimento presentes em algumas folhas do cartucho e folhas abertas e/ou alguns buracos de tamanho pequeno a médio, uniformes a irregulares no cartucho e/ou de folhas
6	Lesões pequenas e médias alongadas mais algumas grandes lesões alongadas de comprimento superior a 2,5 cm presentes nas folhas do cartucho e/ou folhas abertas	** Várias lesões grandes e alongadas presentes em várias folhas e no cartucho e e/ou vários buracos grandes, uniformes a irregulares, folhas e cartucho devorados
7	Muitas lesões pequenas e médias alongadas e algumas lesões grandes alongadas presentes nas folhas do cartucho	Muitas lesões alongadas, de todos os tamanhos, presentes em várias folhas do cartucho e vários buracos grandes de forma uniforme a irregular com folhas e folhas do cartucho devorados
8	Muitas lesões pequenas, médias e grandes alongadas presentes nas folhas do cartucho	Muitas lesões alongadas de todos os tamanhos presentes na maioria das folhas do cartucho e mais muitos buracos de tamanho médio a grandes e uniformes a irregulares com folhas e cartucho destruídos
9	Muitas lesões alongadas de todos os tamanhos presentes no cartucho e nas folhas, mais alguns buracos de forma uniforme a irregular, base do cartucho e/ou das folhas do cartucho destruídas	Folhas do cartucho totalmente destruídas

* DAE, Dias após a emergência

** Notas 5 e 6 podem ser danos de alimentação causados pelas larvas migratórias

2.4 Análise de dados

Os experimentos foram conduzidos utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC), contendo com seis tratamentos, duas tecnologias (milho Bt e não Bt), oito repetições (locais) e dois anos, sendo testado em quatro locais a cada ano. Os dados obtidos foram analisados quanto a normalidade a fim de atender as pressuposições da ANOVA. As médias dos tratamentos foram comparadas ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas em linguagem R (R Core Team, 2019) sendo os resíduos parciais das análises de variância multifatoriais obtidos com o pacote car (Fox & Weisber, 2019).

3. Resultados

Foram capturados 2460 adultos de *S. frugiperda* nas áreas cultivadas com milho segunda safra, sendo 1218 espécimes em milho Bt e 1242 em milho não Bt, respectivamente. As mariposas estiveram presentes em todos os estádios iniciais da cultura durante o estudo e apresentaram dinâmica populacional semelhante, independentemente da tecnologia, no entanto havendo leve incremento na população nos estádios V4 e V6, sem diferenças significativas. O número total de indivíduos (média por estádios), em milho Bt e não Bt foram distribuídos da seguinte forma: V1 288; 36; 314 e 39,25; V2 300; 37,5; 298 e 37,25; V4 326, 40,75; 309 e 38,62; V6 304; 38; 321 e 40,12, respectivamente (Figura 2).

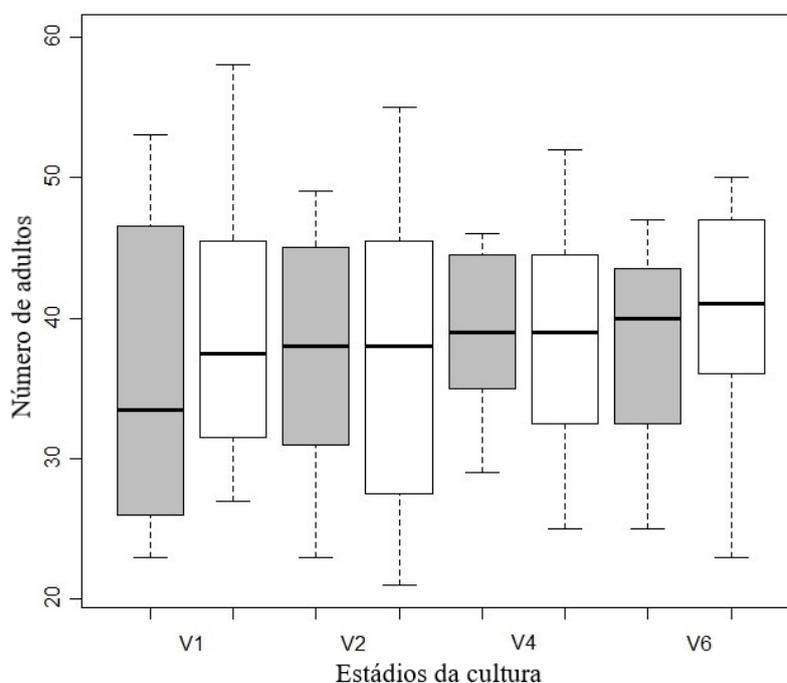


Figura 2. Flutuação populacional de adultos de *S. frugiperda* em milho segunda safra, mediana e dispersão dos dados em milho Bt (coluna cinza) e não Bt (coluna branca) para os estádios vegetativos iniciais durante o manejo com atrativo alimentar em oito locais no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, segunda safra de 2018 e 2019.

A distribuição de notas da Escala de Davis, média e amplitude transformadas e equalizadas mediante uso do resíduo parcial, lembrando que resíduo parcial é aquela parte da variação que indica o efeito de uma variável em um modelo múltiplo ou multifatorial excluindo-se os efeitos das demais variáveis, mostrou diferenças significantes ($p < 0,001$) ao compararmos os anos ($F_{1, 3823} = 165,93$), tecnologias ($F_{1, 3823} = 1322,44$) e estádios das plantas ($F_{3, 3823} = 1932,37$) (Figura 3). Os danos provocados pelo ataque das larvas de *S. frugiperda* se mostram mais acentuados na segunda safra de 2018 em comparação ao ano seguinte (Figura 3A).

Ao compararmos o fator tecnologia, as plantas Bt apresentaram danos muito inferiores em comparação às plantas não Bt, demonstrando que as proteínas Cry1A.105+2Ab2 conferem proteção parcial das plantas de milho ao ataque de *S. frugiperda*, quando comparamos com milho não Bt (figura 3B). Já com relação aos estádios de desenvolvimento das plantas, conforme a planta cresce as lagartas também se desenvolvem, consomem mais área foliar, acentuando-se as injúrias, além do aumento das infestações devido a sobreposição de gerações dentro do mesmo local (figura 3C).

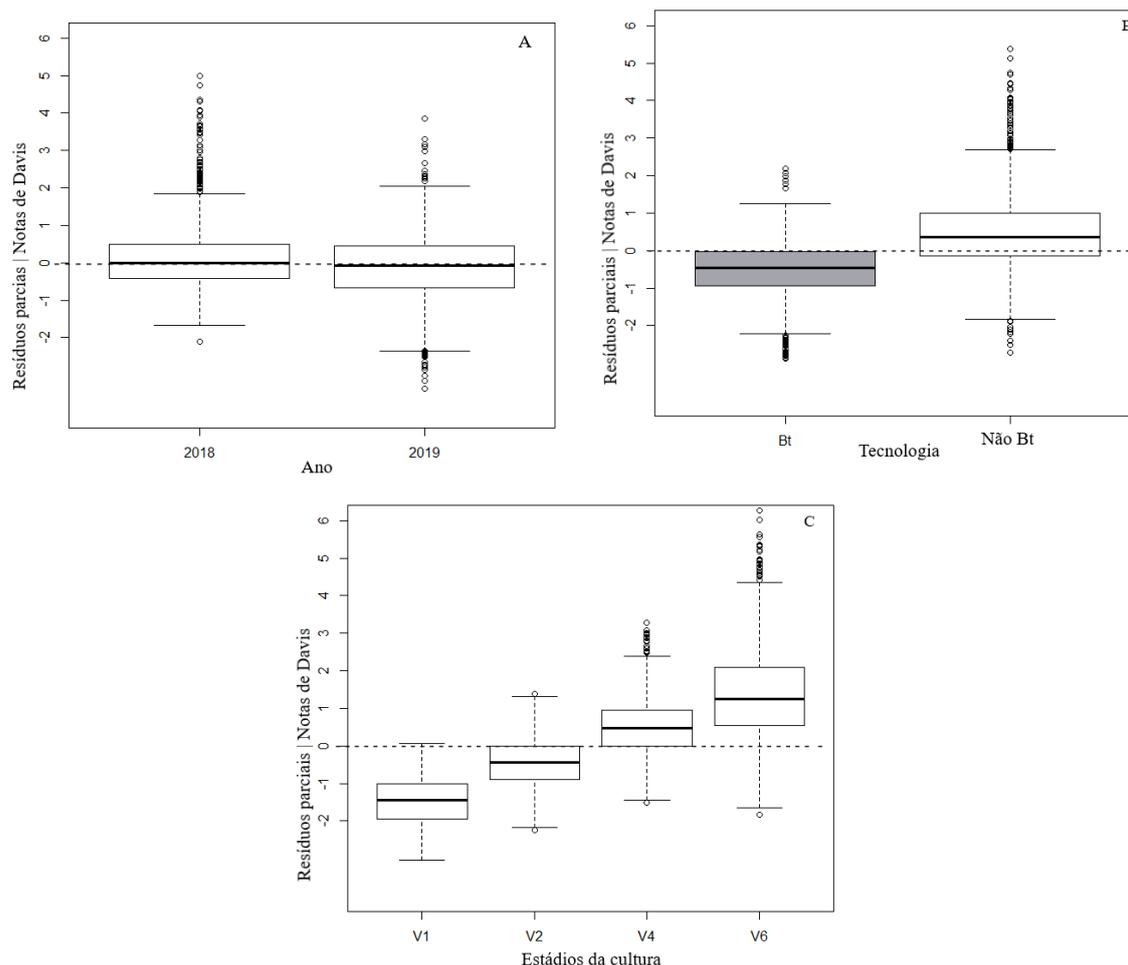


Figura 3. Resíduos parciais em uma análise de variância multifatorial para os efeitos das variáveis ano (A), tecnologia (B) e estágio da cultura (C) sobre o dano foliar (Escala de Davis) em cultivos de milho. Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, segunda safra de 2018 e 2019.

A aplicação da isca tóxica considerando os tratamentos e agrupando os diferentes estádios da cultura, com e sem tecnologia Bt, pulverizada em faixas contínuas espaçadas a cada 50 e 25 metros (tratamentos 2 e 3) e espaçadas a cada 25 metros com aplicação intermitente (tratamento 4), não diferiram entre si. Porém, diferiram do tratamento 1 (pulverização em faixa contínua espaçada a cada 100 metros), 5 (sem pulverização - controle) e 6 (aplicação de inseticida em área total). Diferenças médias superiores a 0,5 para resíduo parcial foram observadas entre os tratamentos 5 e 6 e entre os tratamentos 1 e 6 (figura 4).

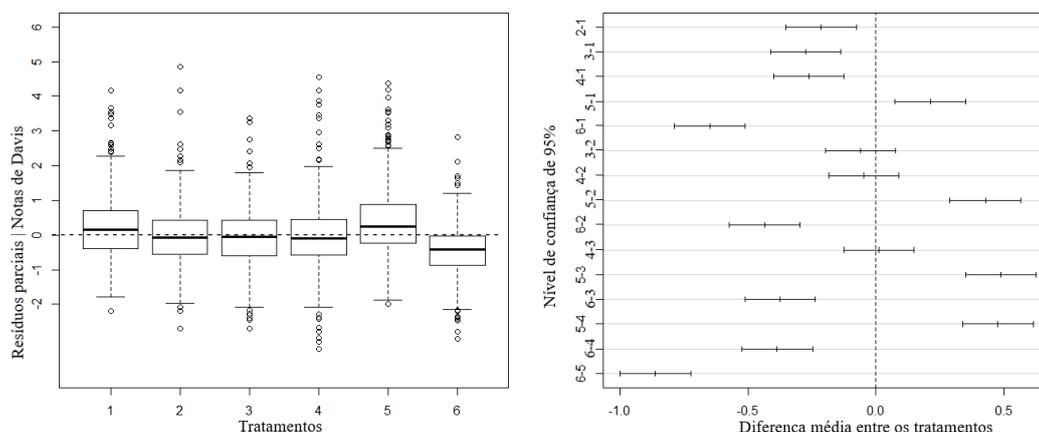


Figura 4. Residual parcial para notas da Escala de Davis para os tratamentos e diferença nos níveis médios dos tratamentos. Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, segunda safra de 2018 e 2019.

Os tratamentos 2, 3 e 4 (respectivamente, aplicação em faixa contínua com espaçamento de 50 m e 25 m e em faixa intermitente a cada 25 m) não diferiram entre si com danos foliares intermediários. As plantas Bt e não Bt desses tratamentos foram à aplicação de inseticida em área total, no entanto o efeito da isca tóxica em plantas Bt se mostrou mais efetivo em comparação a área não Bt, indicando a importância do uso de diferentes técnicas no manejo da lagarta do cartucho do milho (figura 5).

As plantas testemunha (sem aplicação de atrativo) tiveram os maiores níveis de danos, semelhante aos níveis naquelas cujas aplicações foram em faixa contínua com espaçamento de 100 m (tratamento 1). Além disso, o controle positivo (tratamento 6: aplicação de inseticida em área total) teve os menores níveis de dano (figura 5).

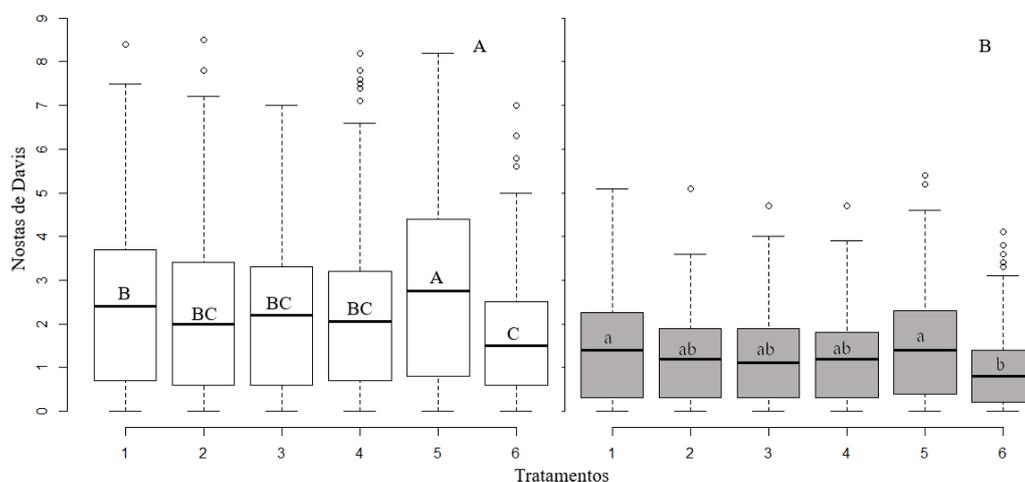


Figura 5. Dispersão e mediana para as notas da Escala de Davis entre os tratamentos, sem tecnologia Bt (A) e com tecnologia Bt (B) em decorrência do ataque e alimentação de lagartas de *S. frugiperda* sobre milho geneticamente modificado. Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, segunda safra de 2018 e 2019.

As porcentagens de notas obtidas com base na Escala de Davis foram classificadas em: dano leve (≥ 3), moderado (≥ 5) e severo (≥ 7), estágio vegetativo do milho, tratamentos com milho Bt e não Bt e os respectivos tratamentos (tabela 3). Para os tratamentos pulverizados sobre o milho não Bt a isca tóxica aplicada em faixas de 50, 25 metros contínuas e 25 metros intermitente não diferiram significativamente entre si independentemente do estágio da cultura. No tratamento controle (sem aplicação), os danos leves, moderados e severos causados por *S. frugiperda* foram significativamente superior aos danos presentes nos tratamentos 2, 3, 4 e 6 no cultivo não Bt no estágio V4 e no estágio V6 para os danos moderados para os mesmos tratamentos.

No milho Bt, mesmo com danos menores no tratamento controle em comparação ao tratamento controle do milho não Bt, o uso de isca tóxica contribuiu significativamente na redução dos danos, principalmente nos tratamentos com faixas de 25m (contínuo ou intermitente) quando avaliados os danos leves e moderados.

Para os estádios V2 o percentual de danos leves, V4 e V6 com danos moderados os tratamentos 2, 3, 4 e 6 (aplicação de inseticida em área total) se mantiveram semelhantes. A isca tóxica aplicada a cada 50 e 25 metros contínua e intermitente para o estágio V4 e aplicada a cada 25 metros independente modalidade em V6 apresentou danos semelhantes a área tratada com inseticida (controle positivo), respectivamente.

O tratamento utilizando faixa contínua, espaçadas a cada 100 metros foi semelhante ao tratamento controle negativo para as parcelas de milho com tecnologia Bt, diferindo-se nas parcelas sem tecnologia Bt, apenas no estágio V4 da cultura, quanto a porcentagem de danos com notas leves e moderadas (tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de notas na Escala de Davis (média \pm erro padrão) sendo a tecnologia, tratamento, estágio vegetativo e intensidade dos danos em decorrência do ataque e alimentação de lagartas de *S. frugiperda* sobre milho geneticamente modificado cultivado na segunda safra de 2018 e 2019 no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil.

Tecnologia / Tratamentos	Estádios vegetativos / Escala de Davis (notas) ⁽¹⁾									
	V1	V2		V4			V6			
	>=3	>=3	>=5	>=3	>=5	>=7	>=3	>=5	>=7	
100 metros contínuo	3,25 \pm 0,45 A	38,63 \pm 10,56 AB	5,13 \pm 2,16 AB	65,63 \pm 9,50 B	25,13 \pm 4,99 B	1,75 \pm 1,01 B	76,25 \pm 6,04 AB	53,25 \pm 7,87 AB	27,00 \pm 6,28 AB	
50 metros contínuo	3,50 \pm 1,02 A	31,50 \pm 8,20 AB	1,00 \pm 0,68 AB	63,50 \pm 7,43 B	18,38 \pm 4,39 BC	0,75 \pm 0,41 B	73,50 \pm 5,98 AB	46,75 \pm 7,73 B	18,75 \pm 6,30 ABC	
Não Bt	25 metros contínuo	3,00 \pm 0,73 A	38,25 \pm 10,33 AB	2,00 \pm 0,91 AB	61,13 \pm 6,07 B	18,25 \pm 4,64 BC	1,25 \pm 0,86 B	68,75 \pm 6,49 B	39,00 \pm 8,43 B	14,50 \pm 5,10 BC
	25 metros intermitente	3,50 \pm 0,92 A	36,63 \pm 10,79 AB	1,88 \pm 0,99 AB	60,88 \pm 7,00 B	19,75 \pm 3,96 BC	0,63 \pm 0,50 B	66,63 \pm 8,55 BC	45,25 \pm 9,31 B	21,63 \pm 8,53 ABC
	Sem aplicação	3,63 \pm 1,02 A	46,00 \pm 9,80 A	6,25 \pm 2,16 A	78,75 \pm 6,65 A	37,50 \pm 6,23 A	8,25 \pm 1,97 A	84,13 \pm 4,82 A	63,50 \pm 9,00 A	33,25 \pm 6,39 A
	Inseticida área total	2,75 \pm 0,82 A	23,25 \pm 5,57 B	0,25 \pm 0,16 B	46,88 \pm 7,85 C	10,50 \pm 3,46 C	0,88 \pm 0,74 B	55,88 \pm 6,98 C	24,13 \pm 6,80 C	8,00 \pm 3,58 C
	C.V. % ⁽²⁾	23,69	16,18	55,18	6,64	17,03	49,32	6,47	10,86	21,57
	100 metros contínuo	1,63 \pm 0,96 a	22,75 \pm 7,45 a	0,13 \pm 0,13 a	40,00 \pm 6,69 a	1,88 \pm 0,88 ab	0,00 \pm 0,00 a	52,00 \pm 4,64 ab	17,63 \pm 4,33 a	1,75 \pm 0,62 a
	50 metros contínuo	1,75 \pm 0,86 a	15,00 \pm 4,90 ab	0,00 \pm 0,00 a	27,25 \pm 5,52 ab	0,50 \pm 0,27 b	0,00 \pm 0,00 a	49,00 \pm 3,84 ab	12,50 \pm 3,04 ab	0,88 \pm 0,40 a
Bt	25 metros contínuo	1,75 \pm 0,72 a	16,25 \pm 5,69 ab	0,00 \pm 0,00 a	32,75 \pm 4,69 a	1,00 \pm 0,63 b	0,00 \pm 0,00 a	44,63 \pm 5,32 bc	11,75 \pm 4,80 ab	0,50 \pm 0,38 a
	25 metros intermitente	1,88 \pm 0,79 a	16,63 \pm 5,25 ab	0,00 \pm 0,00 a	27,38 \pm 4,02 ab	1,38 \pm 0,73 b	0,00 \pm 0,00 a	42,13 \pm 4,51 bc	10,50 \pm 2,95 b	0,50 \pm 0,27 a
	Sem aplicação	1,63 \pm 0,46 a	31,50 \pm 7,43 a	0,00 \pm 0,00 a	37,50 \pm 5,15 a	3,25 \pm 0,80 a	0,00 \pm 0,00 a	58,13 \pm 5,26 a	19,00 \pm 5,08 a	1,63 \pm 0,87 a
	Inseticida área total	1,75 \pm 0,59 a	10,75 \pm 4,11 b	0,00 \pm 0,00 a	16,88 \pm 5,09 b	0,50 \pm 0,38 b	0,00 \pm 0,00 a	32,38 \pm 6,50 c	7,13 \pm 4,44 b	0,50 \pm 0,38 a
	C.V. % ⁽²⁾	26,59	19,41	10,41	17,21	31,56	0,00	10,02	23,50	33,17

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ C.V. % dos Dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$

4. Discussão

A técnica de atrair e matar, associando um atrativo e um inseticida de contato em uma formulação pegajosa, é uma das formas de controlar as pragas (Poullot et al., 2001). A isca tóxica adiciona um fator de mortalidade, onde normalmente é usado um inseticida sintético (Arruda-Gatti & Ventura, 2003).

No manejo de lepidópteros, há indicação para o controle de lepidópteros em algodão e soja com aplicação de mistura de melão (1 L), água (10 L) e inseticida Methomyl 21,5% (30 ml) em 5 L, para 5 m de linha de planta, em tiras, com uma distância de 50 metros (Gallo et al., 2002). Iscas com inseticida Cartap, em doses de 500 e 750 g i.a.ha⁻¹ adicionadas a 0,5% de açúcar, foram eficazes no controle de adultos da lagarta de algodão rosa *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) (Papa et al., 2003).

No nosso estudo, a infestação de adultos de *S. frugiperda* teve efeito de ano, local e estágio da cultura, e conseqüentemente na infestação de lagartas e danos à cultura, porém a aplicação do atrativo associado ao inseticida testado, propiciou redução nos danos quando pulverizado em faixas de 50 e 25 metros contínuas e intermitente entre si, respectivamente, semelhante e com aplicação do inseticida a base Methomyl em área total.

A aplicação do atrativo alimentar comercial Noctovi[®] 43sb associado ao inseticida Lannate[®] BR (Methomyl) controlou parte considerável da população de adultos de *S. frugiperda* nas áreas tratadas, influenciando diretamente a postura e conseqüentemente a infestação de lagartas, reduzindo os danos e as médias das notas da escala Davis durante os estádios iniciais V1 a V6 da cultura do milho segunda safra.

Pesquisa em condições de laboratório corrobora a mortalidade de adultos de *S. frugiperda* causada por iscas tóxicas a base de ativos inseticidas Methomyl, Lambda-cyhalothrin e Spinosad, quando associados ao atrativo alimentar comercial Noctovi[®] 43sb. Essas misturas promoveram a mortalidade de 100% de adultos em até 5,29 horas (Justiniano & Fernandes, 2020).

A técnica de atrair e matar é compatível para uso em programas de MIP, no entanto um dos pontos fracos do método é que sua eficiência diminui quando há alta densidade da praga, pois existe maior competição pelo recurso (El-Sayed et al., 2009). Por outro lado, esta tecnologia pode ser altamente eficaz no controle de populações isoladas e de baixa densidade, podendo acrescentar valor a programas de manejo das pragas a longo prazo (Guerrero et al., 2014).

A integração do uso de iscas tóxicas com cultivos que expressam as proteínas Cry1A.105 + Cry2Ab, se mostrou eficientes no manejo de lagartas de *S. frugiperda*. Em ambas as tecnologias testadas houve diferença significativa e redução nas injúrias ao se fazer uso da isca tóxica em faixas inferiores a 50 metros entre si. No entanto, a porcentagem de plantas atacadas na maioria dos estádios se manteve acima do nível recomendado para controle da praga nas plantas não Bt.

O nível de controle para plantas de milho com até 30 dias, é de 20% das plantas atacadas, já para plantas atacadas com idade entre 40 e 60 dias, controla-se com 10% de plantas atacadas (Gallo et al., 2002; Rosa & Barcelos, 2012). Com relação ao índice de dano nas folhas, recomenda-se o controle quando o milho não Bt apresentar 20% de plantas com notas na Escala de Davis ≥ 3 , e milho Bt (VT PRO3[®]) com 10% das plantas com notas Davis ≥ 3 (Bernardi & Omoto, 2018).

A presença de danos visíveis em áreas cultivadas com tecnologia Bt e os constantes relatos sobre a redução da proteção das plantas para a proteína Cry1F e mesmo para aquelas plantações que contêm genes piramidados, indicam que as populações de *S. frugiperda* no Brasil são resistentes (Santos-Amaya et al., 2015; Farias et al., 2014; Barcelos & Angelini, 2018). Logo os inseticidas, com frequência têm apresentado falhas de controle, devido a problemas na tecnologia de aplicação, ao hábito dessas pragas que dificultam o controle e, em alguns casos, ao aumento na frequência de indivíduos resistentes, em consequência das pulverizações frequentes de inseticidas com mesmo modo de ação (Bernardi & Omoto, 2018; Fernandes et al., 2019).

A aplicação da isca tóxica a base do atrativo alimentar comercial Noctovi[®] 43sb associado ao ingrediente ativo Methomyl na dose (20 ml.ha⁻¹), foi 60 vezes menor do que a quantidade pulverizada em toda a área, reduziu a população adulta, refletindo significativamente a porcentagem de danos e injúrias a cultura, se assemelhando com manejo padrão do produtor com aplicação do inseticida em área total, no entanto os níveis de danos se mantiveram acima do nível de controle da praga. Desta forma para os altos níveis de infestação evidenciados nesses campos, se faz necessária a utilização de mais ferramentas de manejo para controle e manutenção dos níveis de infestação inferiores aos níveis de controle.

5. Conclusões

A utilização da isca tóxica a base do atrativo alimentar comercial Noctovi[®] 43sb associado ao ingrediente ativo Methomyl, aplicado nos estádios iniciais da cultura e em

faixas menores ou iguais a 50 metros de distância entre si, reduziu a população de mariposas da *S. frugiperda*, refletindo significativamente a porcentagem de danos e injúrias a cultura, sendo mais acentuado quando aplicado sobre o milho Bt.

Lavouras com médias e altas infestações de adultos requer a adoção de outras ferramentas de manejo, somadas as técnicas de atrair e matar.

6. Agradecimentos

Agradecemos aos agricultores Sr. José Antonio Tozzi Filho, Lúcio Damalia, e Evandro Nogueira Barbosa por cederem suas plantações comerciais para realização do trabalho. Agradecemos ao Dr. Marcos Vilela de Magalhães Monteiro do Centro Brasileiro de Bioaeronáutica (CBB) por fornecer um dos equipamentos de pulverização e todo o apoio e aconselhamento ao definirmos a metodologia utilizada nos testes.

7. Referências

- Arruda-Gatti, I. C. & Ventura, M. U. (2003). Iscas contendo cucurbitacinas para o manejo de *Diabrotica* spp. *Semina: Ciência Agrária*, 24(2), 331-336.
- Bernardi, O. & Omoto, C. (2018). Manejo de resistência de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Chrysodeixes includens* a inseticidas e plantas Bt. IRAC, Comitê de Ação a Resistência a inseticidas, 9p. (Folder). Retrieved from <https://www.illac-br.org/folhetos>
- Barcelos, P. H. S. & Angelini, M. R. (2018). Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias bts (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, 5, 35-40.
- Campanha, M. M., Cruz, J. C., Resende, A. V., Coelho, A. M., Karam, D., Silva, G. H., Pereira Filho, I. A., Cruz, I., Marrie, L. I. E., Garcia, J. C., Queiroz, L. R., Cota, L. V., Pimentel, M. A. G., Gontijo Neto, M. M., Viana, P. A., Albuquerque, P. E. P., Costa, R. V., Mendes, S. M. & Queiroz, V. A. V. (2012). *Sistema de produção integrada de milho para Região Central de Minas Gerais Sete Lagoas*, Brasil: Embrapa Milho e Sorgo.

- Carnevali, P. C. & Florcovski, J. L. (1995). Efeito de diferentes fontes de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). *Ecossistema*, 20, 41-49.
- CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia. (2012). *O que você precisa saber sobre transgênicos*. Retrieved from http://cib.org.br/wp-content/uploads/2012/08/Guia_Transgenicos_2012.pdf
- Costa, L. E. C. & Queiroz, E. S. M. (2014). Plantas geneticamente modificadas com toxinas de *Bacillus thuringiensis*: uma ferramenta para conferir resistência contra insetos praga. *Universitas: Ciências da Saúde*, Brasília, v. 12, n. 2, p. 99-106. <https://doi.org/10.5102/ucs.v12i2.2806>
- Cruz, I. & Turpin, F. T. (1982). Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 17, 335-359.
- Cruz, I., Figueiredo, M. L. C., Oliveira, A. C. & Vasconcelos, C. A. (1999). Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminum saturation. *International Journal of Pest Management*, 45, 293-296.
- Davis, F. M., Ng, S. S. & Williams, W. P. (1992). *Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm*. Mississippi: Agricultural and Forest Experimental Station, 9p. (Technical Bulletin, 186).
- Del Socorro, A. P., Gregg, P. C. & Hawes, A. J. (2010a). Development of a synthetic plant volatile based attracticide for female noctuid moths. III. Insecticides for adult *Helicoverpa armigera* (HuÈbner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Australian Journal of Entomology*, 49, 31-39.
- Del Socorro, A. P., Gregg, P. C., Alter, D. & Moore, C. J. (2010b). Development of a synthetic plant volatile-based attracticide for female noctuid moths I. Potential sources of volatiles attractive to *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Australian Journal of Entomology*, 49, 10-20.
- El-Sayed, A. M., Suckling, D. M., Byers, J. A., Jang, E. B. & Wearing, C. H. (2009). Potential of “lure and kill” in long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of Economic Entomology*, 102, 815-835.
- Farias, J. R., Andow, D. A., Horikoshi, R. J., Sorgatto, R. J., Fresia, P., Santos, A. C. & Omoto, C. (2014). Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection*, 64, 150-158.

- Fernandes, F. O., Abreu, J. A., Christ, L. M. & Rosa, A. P. S. A. (2019). Efficacy of insecticides against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). *Journal of Agricultural Science*, *11*, 494-503. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p494>
- Fox, J. & Weisberg, S. (2019). *An {R} Companion to Applied Regression*. Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. Retrieved from <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. C., Berti Filho, E., Parra, J. R. P., Zuchhi, R. A., Alves, S. B., Vendramim, J. D., Marchini, L. C., Lopes, J. R. S. & Omoto, C. (2002). *Entomologia Agrícola*. Piracicaba, Brazil: FEALQ. 920p.
- Guerrero, A., Malo, E. A., Coll, J. & Quero, C. (2014). Semiochemical and natural product-based approaches to control *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pest Science*, *87*, 231-247.
- Hanway, J. J. (1971). *How a corn plant develops*. Ames, Iowa State University of Science and Technology, USA: Special report, 48.
- Justiniano, W. & Fernandes, M. G. (2020). Effect of food attractants and insecticide toxicity for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) adults. *Journal of Agricultural Science*, *12*, 129-137. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p129>
- Liu, Y., Gao, Y., Liang, G. & Lu Y. (2017). Chlorantraniliprole as a candidate pesticide used in combination with the attracticides for lepidopteran moths. *PLoS ONE*, *12*, e0180255. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180255>
- Lu, Y., Wu, K., Jiang, Y., Xia, B., Li, P., Feng, H., Wyckhuys, K. A. G. & Guo Y. (2010). Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, *328*, 1151-1154. <https://doi.org/10.1126/science.1187881>
- Monteiro, M. V. M. (2017). *Controle avançado das pragas na agricultura (CAPA)*. Sorocaba, Brazil: Anais do V SIMPROT Faculdade de Ciências Agrônômicas UNESP- Botucatu.
- Papa, G., Celoto, F. J., Takao, W. & Prado, E. P. (2003). Efeito da isca cartap + açúcar sobre adultos lagarta rosada, *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844; Lepidoptera: Gelechiidae). In: *Congresso Brasileiro de Algodão*. Goiânia, Brazil: Embrapa Algodão.
- Poullot, D., Beslay, D., Bouvier, J.C. & Sauphanor, B. (2001). Is attract-and-kill technology potent against insecticide-resistant Lepidoptera? *Pest Management Science*, *57*, 729-736.

- R Core Team (2019) R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ransom, J. & Endres, G. J. (2014). *Corn growth and management quick guide*. Fargo, North Dakota, USA: North Dakota State University. Retrieved from www.ag.ndsu.edu.
- Rosa, A. P. S. A. & Barcelos, H. T. (2012). *Bioecologia e controle de Spodoptera frugiperda em milho*. Pelotas, Brazil: Embrapa Clima Temperado.
- Santos-Amaya, O. F., Rodrigues, J. V. C., Souza, T. C., Tavares, C. S., Campos, S. O., Guedes, R. N. C. & Pereira, E. J. G. (2015). Resistance to dual-gene Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: selection, inheritance, and cross-resistance to other transgenic events. *Scientific Reports*, 5, 18243. <https://doi.org/10.1038/srep18243>
- Souza, C. S. F., Silveira, L. C. P., Pitta, R. M., Waquil, J. M., Pereira, E. J. G. & Mendes, S. M. (2019). Response of field populations and cry-resistant strains of fall armyworm to Bt maize hybrids and Bt-based bioinsecticides. *Crop Protection*, 120, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.001>
- Storer, N. P., Babcock, J. M., Schlenz, M., Meade, T., Thompson, G. D., Bing, J. W. & Huckaba, R. M. (2010). Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. *Journal of Economic Entomology*, 103, 1031-1038. <https://doi.org/10.1603/EC10040>
- Su, J. W., Fan, W. M., Wang, H. T., Xuan, W. J. & Sheng, C. F. (2001). Technology system for adult control of pest insects. *Entomological Knowledge*, 38, 405-409.
- Tabashnik, B. E., Brevault, T. & Carriere, Y. (2013). Insect resistance to Bt crops: Lessons from the first billion acres. *Nature Biotechnology*, 31, 510-521.
- Toscano, L. C., Calado Filho, G. C., Cardoso, A. M., Maruyama, W. I. & Tomquelski, G. V. (2012). Impacto de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) e seus inimigos naturais em milho safrinha cultivado em Cassilândia e Chapadão do Sul, MS. *Arquivos do Instituto biológico*, 79, 223-231.
- Witzgall, P., Kirsch, P. & Cork, A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management *Journal of Chemical Ecology*, 36, 80-100. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9737-y>

CONCLUSÕES GERAIS

A técnica de atrair e matar adultos de pragas atende e respeita os princípios gerais de manejo da resistência aos inseticidas e plantas Bt e pode ser adotada como mais uma ferramenta no manejo de *S. frugiperda* na cultura do milho.

Os atrativos alimentares melado (10%) e Noctovi[®] 43sb são muito eficientes em relação ao tempo de alimentação, pois induzem tanto as fêmeas quanto o total de adultos de *S. frugiperda* a rapidamente iniciarem o processo alimentar. Já o maior número de pousos de fêmeas e total de adultos sobre o alimento é observado quando se utiliza Noctovi[®] 43sb.

Todos os ingredientes ativos testados promoveram a mortalidade de 100% dos insetos adultos, no entanto, os inseticidas Methomyl, Lambda-cyhalothrin e Spinosad associados ao atrativo alimentar, nas condições estudadas, são as iscas tóxicas mais promissoras para o manejo dessa praga, devido a maior velocidade de mortalidade.

A utilização da isca tóxica nas condições de campo, aplicadas nos estádios iniciais da cultura em faixas contínuas e intermitente espaçadas a uma distância de 50 metros ou menores reduz a população de mariposas de *S. frugiperda* e, conseqüentemente, reduz significativamente a percentagem de danos e injúrias nas plantas, principalmente no milho com tecnologia Bt.

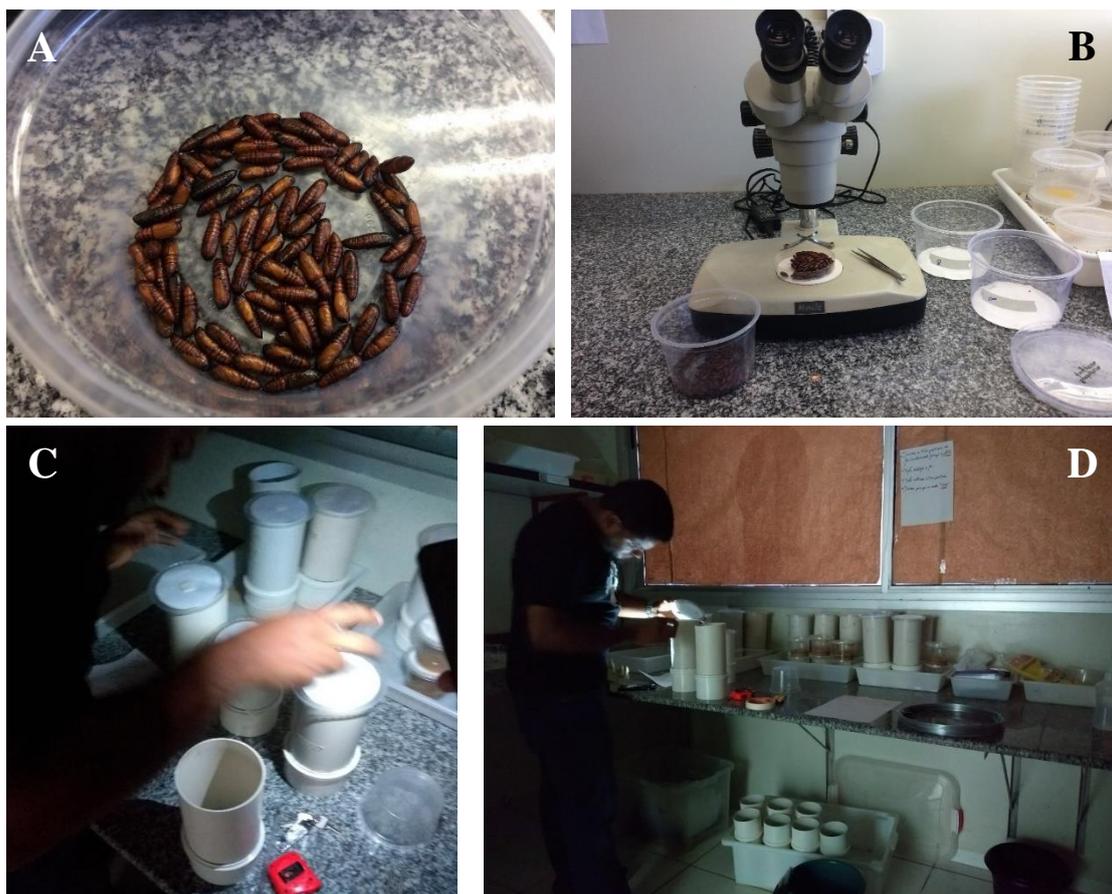
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos realizados nesta tese objetivaram desenvolver métodos efetivos de manejo das mariposas de *S. frugiperda* em cultivos de milho segunda safra. Os resultados obtidos corroboram com a utilização da técnica atrai e mata já utilizada em culturas perenes e frutíferas em geral. No manejo de pragas dessas culturas, assim como nas pesquisas que compõem essa tese, a população dos insetos-praga, condições climáticas, estágio da cultura, níveis de controle e dificuldades no manejo são considerados fatores importantes para o manejo de adultos das pragas. A isca tóxica associada a outras técnicas pode reduzir a quantidade de ativo inseticida aplicado no meio ambiente, reduzir população de adultos antes mesmo da postura, algo que não é trabalhado no controle químico e nem com plantas Bt.

A utilização de novas substâncias, os “semioquímicos”, no manejo de insetos-praga, seja como isca tóxica, ou para o monitoramento, ou mesmo para confusão sexual

é algo desejável. Logo desenvolver e testar novas formas de aplicação desses produtos e diferentes ferramentas para quantificar seus efeitos e benefícios, não só na cultura, mas considerando os sistemas agrícolas regionais, é uma grande oportunidade para futuros estudos e projetos.

ANEXOS



ANEXO 1. Pupas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (A), detalhe da sexagem e separação dos machos e fêmeas antes da emergência dos adultos (B) e manuseio e acondicionamento dos adultos em gaiolas dentro da sala escura (C e D).



ANEXO 2. Arena circular com um metro de altura por um metro de raio (3,15 metros de circunferência) com os pontos de alimentação (tratamentos) a 45cm e 78cm de distância entre si para os testes com chance de escola e sem chance de escolha, respectivamente (A), gaiolas recobertas de tecido do tipo *voil* durante o dia (B) e gaiolas recoberta de tecido do tipo *voil* no período de avaliação ao entardecer (C).



ANEXO 3. Visão interna da arena recoberta com tecido do tipo *voil*, com ponto de alimentação (bola de algodão com atrativo alimentar) e avaliação do número de pouso e tempo alimentação, ao entardecer (A) e durante a noite com o auxilia da luz de cor vermelha (B).



ANEXO 4. Atrativo alimentar associado ou não aos inseticidas e fixados na parte superior do copo (tampa perfurada), em uma bola de algodão de 3cm³ contendo 2ml da solução cada isca (A), tratamentos e suas respectivas repetições (B) e um casal adultos de *S. frugiperda* onde um dos indivíduos morreu após se contaminar com a isca tóxica (C).



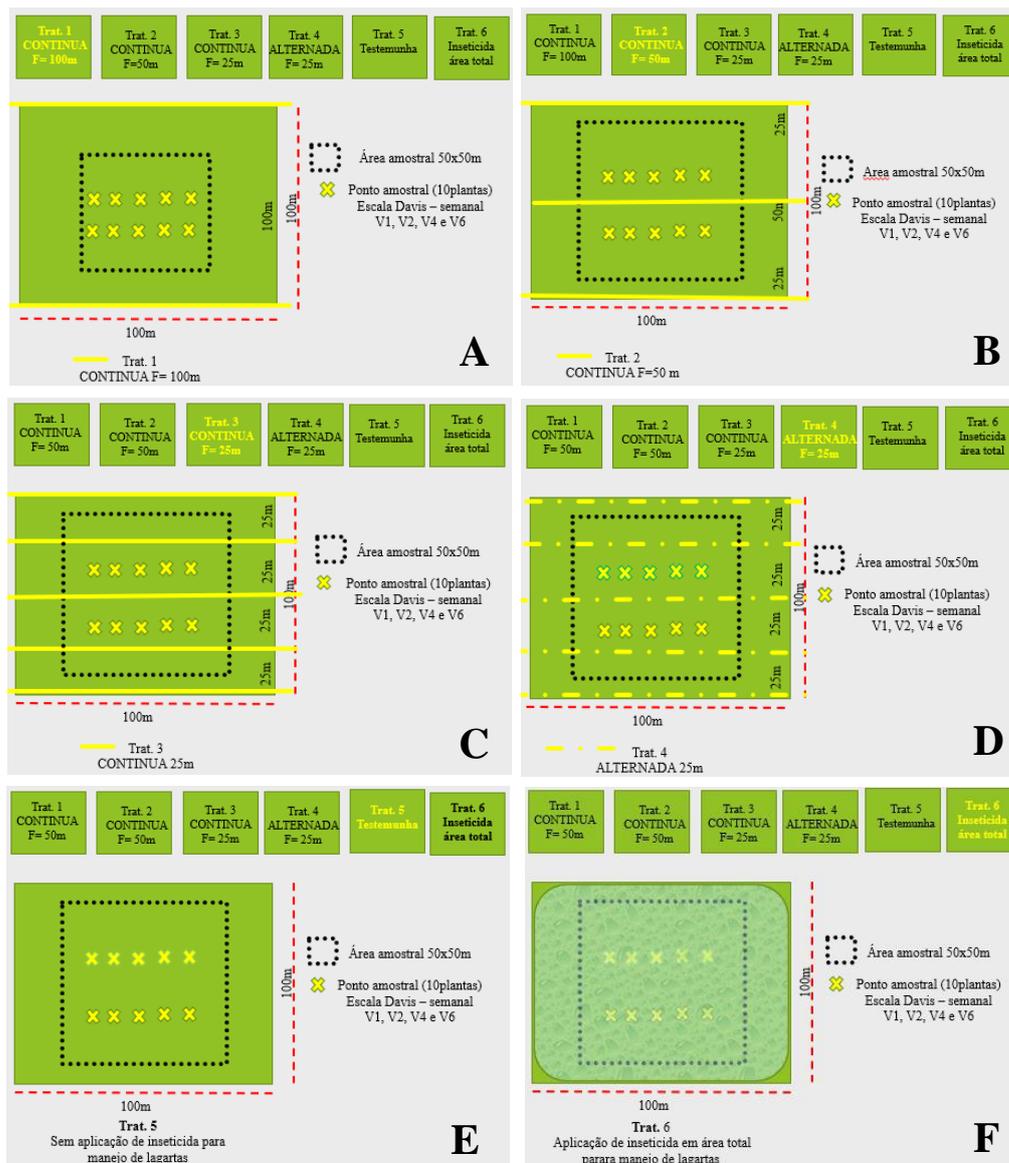
ANEXO 5. Equipamento de pulverização montado em um quadriciclo marca Suzuki[®] 160cc, com velocidade controlada (A e B). Aplicação em faixa intermitente foi realizada com pulverizador da marca PRECISA[®] (A) e aplicação em faixas contínuas, com pulverizador da marca Branco[®] a gasolina (B) ambos munidos de circuito hidráulico, manômetro para calibração da pressão e 4 bicos hidráulicos espaçados a cada 0,50 metros posicionados sobre as linhas de milho a uma altura de 0,3 a 0,5 metros das plantas.



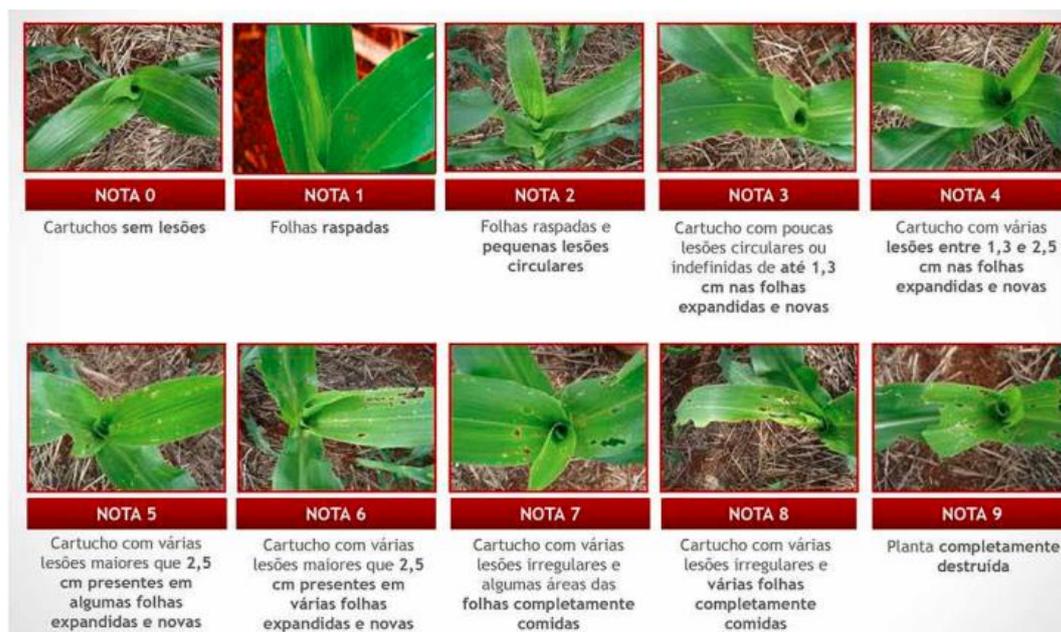
ANEXO 6. Detalhe das manchas (gotas extremamente grossas), depositadas sobre as folhas das plantas de milho (A e B) e adultos de *S. frugiperda* mortos no solo no na manhã seguinte a aplicação da isca tóxica (C).



ANEXO 7. Armadilhas do tipo “Delta”, instalada à altura de 1,5 metros do solo, contendo feromônio sexual sintético comercial Bio Spodoptera para o monitoramento da população de adultos de *S. frugiperda* (A). As armadilhas continham um fundo de revestimento colante onde os adultos ao ser atraído se aderem e ficam presos (B e C).



ANEXO 8. Esquema ilustrado do desenho experimental para aplicação dos tratamentos com isca tóxica a campo, aplicação em faixas contínuas espaçadas a cada 100 metros em si (A), 50 metros (B), 25 metros (C), faixa intermitente espaçadas a cada 25 metros (D), área de testemunha sem aplicação de inseticida para lagarta (E) e com aplicação de inseticida em área total (F).



ANEXO 9. Escala visual para estimar os danos nas folhas do milho por alimentação da lagarta do cartucho do milho de *Spodoptera frugiperda* (adaptada de Davis et al., 1992).