

Research Article

Redução da população de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) com manejo comportamental na cultura da soja

Alexandra P. Kruger^{1✉}, Rodrigo S. Ramos¹, Ana L. Favoreto¹, Bruna M. Favetti¹, Khai Tran², Kristin Broms², Thais Andrade¹, Tederson Galvan¹

¹Provivi do Brasil Serviços Agrícolas Ltda, São Paulo, SP, Brasil. ²Provivi, Inc, 1701 Colorado Ave., Santa Monica, CA, USA.

✉Corresponding author: akruger@provivi.com

Edited by: Elio C. Guzzo

Received: March 10, 2025. Accepted: May 07, 2025. Published: June 17, 2025.

Reduction on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) population with behavioral control in soybean

Abstract. *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), also known as fall armyworm, is one of the main pests in corn and is becoming increasingly frequent in soybean. Due to its polyphagous nature, it adapts rapidly to host plants, and the alternation between soybean and corn favors its development and permanence in agricultural environments. The damage caused to soybeans varies according to the larval instars, feeding on seedlings, leaves, shoots, flowers, and pods. The increasing incidence of *S. frugiperda* in soybean crops and the challenges for its control, including insecticide resistance and genetically modified plants, highlight the urgent need for continuous monitoring and research to develop sustainable and integrated management methods. In this context, the objective of this work was to test the application of the synthetic sex pheromone Pherogen® Spray FAW, which aims to suppress the mating of *S. frugiperda* through mating disruption. Pherogen® Spray FAW was responsible for reducing the capture of male *S. frugiperda* moths and reducing the population of this species in commercial Bt soybean crops in three different Brazilian states. These results suggest that the use of behavioral management, through mating disruption with pheromones, is a control alternative, as there is greater difficulty for males to find females and mate, consequently, reducing the population of caterpillars.

Keywords: sexual pheromone, mating disruption, integrated pest management.

Introdução

A agricultura brasileira é dinâmica e cheia de desafios. Algumas espécies de insetos-praga vêm se adaptando muito bem aos sistemas de cultivo e causando prejuízos cada vez maiores. Um exemplo é *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), uma das principais pragas do milho no Brasil, e cada vez mais frequente na soja (Machado et al. 2020). Devido à extensa gama de hospedeiros, ela está presente constantemente nos ambientes agrícolas e sua ocorrência em soja é facilitada pela alternância desta cultura com o milho. Associado a isso, a espécie apresenta grande capacidade reprodutiva, alta capacidade de dispersão e múltiplas gerações por ano. Essas características biológicas aliadas aos sistemas de produção agrícola brasileiros favorecem a infestação ao longo das safras em diferentes culturas (Nagoshi 2009; Peruca et al. 2018).

Na soja, as lagartas podem cortar as plântulas próximo ao solo e destruir suas folhas, o que pode causar significativa redução de estande de plantio, similar ao comportamento de lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae) (Toscano et al. 2010; Araújo et al. 2023). Além disso, as lagartas são capazes de se alimentar de vagens no estágio inicial de sua formação (Barros et al. 2010; Ávila 2017).

O controle desta praga está se tornando cada vez mais complexo devido à seleção de populações resistentes causada pela intensificação de uso de métodos de controle. Esta resistência vem aumentando tanto para inseticidas químicos, quanto para plantas geneticamente modificadas com gene que expressa uma proteína tóxica para alguns insetos (neste artigo chamadas de plantas Bt) (Amaral et al. 2020; 2023; Santos-Amaya et al. 2024). Superar esses desafios é necessário, mas a ampla distribuição dessa praga, a dificuldade de seu controle devido à

resistência e o aumento da ocorrência dessa espécie na cultura da soja exigem novas estratégias de manejo. Entre estas estratégias, o controle comportamental pode ser considerado como uma técnica bastante promissora (Kenis et al. 2022).

O controle comportamental usando feromônios sexuais pode ser uma estratégia viável para a supressão populacional de pragas e já demonstrou ser eficaz em muitos sistemas de cultivo ao redor do mundo (Witzgall et al. 2010; Miller & Gut 2015; Lance et al. 2016). Durante muito tempo, o uso dos feromônios avançou mais em culturas perenes, como para o manejo de pragas de frutíferas ou para o monitoramento de pragas em outras culturas (Zarbin et al. 2009). Entretanto, com o desenvolvimento das técnicas de síntese de feromônios, novas táticas de controle comportamental em extensas áreas passaram a ser uma realidade (Iqbal et al. 2023; Schirmer et al. 2023). Entre os efeitos positivos relatados, estão a diminuição dos danos observados na cultura, a diminuição do uso de inseticidas e o manejo da resistência a inseticidas pela redução de acasalamentos entre indivíduos resistentes (Suckling et al. 1990).

A alternativa usada no presente trabalho foi a utilização de Pherogen® Spray FAW (Provivi do Brasil Serviços Agrícolas LTDA), que é uma suspensão aquosa concentrada de feromônio microencapsulado desenvolvida para promover a supressão do acasalamento de *S. frugiperda* em culturas extensivas como soja, milho e algodão. Assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de mensurar a redução na captura de mariposas machos *S. frugiperda* e na incidência de lagartas desta espécie em lavouras de soja em áreas tratadas com Pherogen® Spray FAW (área com feromônio), em comparação com áreas não tratadas (testemunha).



Material e Métodos

Os ensaios foram instalados em 12 localidades no bioma cerrado, nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, em cultivos comerciais de soja com e sem tecnologia Bt (Tab. 1), durante a safra 2021-2022. Em cada local, foram instalados e avaliados dois tratamentos: área com feromônio e testemunha (sem aplicação de feromônio). No tratamento referente à área com feromônio, Pherogen® Spray FAW foi aplicado 5 vezes, com exceção do ensaio 3 conduzido em Montividiu-GO, onde o feromônio foi aplicado quatro vezes. As aplicações de Pherogen® Spray FAW tiveram início com a soja em estágio fenológico V5, dose de 90 mL/ha (26 g i.a./ha) e intervalo entre as pulverizações de 7 a 10 dias, com variação real de 6 a 39 dias de intervalo, devido a restrições operacionais das fazendas onde foram realizados os ensaios. O tamanho das parcelas de campo variou de 30 a 100 ha por tratamento.

Captura de mariposas de *S. frugiperda*. Em cada tratamento, foram instaladas seis armadilhas do tipo delta, para a captura de machos adultos de *S. frugiperda*. As armadilhas continham piso adesivo e feromônio atrativo (BioSpodoptera®), trocado a cada 21 dias. Todas as armadilhas foram instaladas no dia referente à primeira aplicação do Pherogen® Spray FAW, em V5, quando se tem as plantas apresentando o quinto nó com o desenvolvimento completo da quarta folha trifoliolada. As armadilhas foram avaliadas semanalmente, até um mês após a última aplicação de Pherogen® Spray FAW. O número de machos adultos de *S. frugiperda* capturados por cada armadilha delta foram quantificados e, após cada avaliação, os pisos adesivos foram substituídos por novos.

Para a amostragem de lagartas, foi usado o método de pano de batida largo (baseado em Stürmer et al. 2014). Para esta coleta, uma extremidade do pano, de 1m de comprimento, foi colocada entre as fileiras da soja, na base das plantas de uma linha, e a outra extremidade foi colocada sobre as plantas da linha adjacente. As plantas da linha em que o pano foi colocado em sua base, foram sacudidas vigorosamente, para derrubar os insetos sobre o pano. A quantidade de lagartas de *S. frugiperda* capturada foi registrada para todas as áreas, em pontos de amostragem em um raio de até 10 m ao redor de cada armadilha. Nos ensaios 1, 2, 3, 4 e 6, foram coletadas 6 amostras por tratamento; no ensaio 7, foram coletadas 8 amostras por tratamento; e em todos os outros ensaios foram coletadas 12 amostras por tratamento.

Em geral, os mesmos inseticidas foram aplicados nas mesmas datas para ambos os tratamentos. Nos ensaios 3 (Montividiu-GO) e 11 (Sapezal-MT) as informações referentes ao manejo fitossanitário não foram fornecidas pelas fazendas. Dois experimentos tiveram aplicação diferentes de inseticidas entre os tratamentos: Ensaio 1 (Chapadão do Sul-MS) teve uma aplicação com inseticida extra na Testemunha e Ensaio 8 (União do Sul-MT) teve duas aplicações extras com inseticidas na Testemunha (Tab. 1, material suplementar).

Análise estatística. Um modelo personalizado e não linear de efeitos mistos, baseado em uma distribuição de Poisson superdispersa, foi ajustado aos dados de captura para levar em conta as possíveis mudanças no desempenho do produto ao longo do tempo. O modelo foi ajustado em uma estrutura bayesiana usando código Matlab personalizado. O número de lagartas encontradas por amostra de pano de batida foi modelado como uma variável aleatória binomial negativa, em função do tratamento área com feromônio, cultivar Bt, sua interação, e efeitos aleatórios espaço-temporais (para mais detalhes sobre as análises utilizadas, veja o material suplementar).

Resultados e Discussões

Em geral, observou-se a ocorrência de *S. frugiperda* em todos os 12 ensaios de soja realizados. Com base na testemunha, as maiores capturas de machos de mariposas de *S. frugiperda* foram observadas no estado de Goiás (mais de quatro machos capturados por dia), no início do ensaio, quando comparados aos ensaios localizados em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (menos de quatro machos capturados por dia). Os picos de captura das mariposas variaram de acordo com o local, e ocorreram em diferentes momentos. (Fig. 1). As áreas manejadas com feromônios tiveram uma menor captura de mariposas machos de *S. frugiperda* do que a área testemunha, com uma redução média geral estimada em 69% (IC 95%: 59-75%), mesmo após a última aplicação (Fig. 2). Foi observada a presença das lagartas de *S. frugiperda* durante a avaliação do ciclo da cultura (Figura 3). No tratamento com aplicação de Pherogen® Spray FAW, observou-se redução significativa nos campos Bt (35,9%, IC: 6,3 – 55,6%), e apenas numericamente menor nos campos não-Bt (13,1%, IC: -25,8 – 41,4%; não significativo) (Fig. 4).

Durante a safra 2021-2022, foram conduzidos 12 ensaios em lavouras de soja nas principais regiões produtoras do Brasil, com diferentes tecnologias (Bt e não-Bt), e, em todos, ocorreram ataques de *S. frugiperda*. Há algumas safras, observa-se o aumento de ocorrência do ataque de *Spodoptera* sp. em soja (Barros et al. 2010; Bortolotto et al. 2015). A cultura amplifica a multiplicação e permanência de *S. frugiperda* no agroecossistema, reforçando a importância do manejo dessa praga, principalmente em regiões onde se cultiva milho após a soja.

A redução nas capturas de mariposas de *S. frugiperda* nas armadilhas das áreas tratadas com Pherogen® Spray FAW demonstra e mensura a ocorrência da confusão sexual, já que o macho, ao ter dificuldade de encontrar as fêmeas, também apresenta dificuldade em encontrar o feromônio que se encontra no interior da armadilha (Cocco et al. 2013). Esta é a primeira vez que a interrupção do acasalamento para *S. frugiperda* foi observada em campos comerciais de soja. A janela de manejo com Pherogen® Spray FAW adotada nos ensaios, iniciados no estágio de crescimento V5, mostrou-se adequada, consequentemente, reduziu o número de lagartas. A técnica da confusão sexual é um método preventivo que, ao impedir o acasalamento dos adultos,

Tabela 1. Ensaios (E) de supressão de acasalamento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) conduzidos em diferentes localidades nos estados de Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO) e Mato Grosso (MT), em cultivos comerciais de soja com e sem tecnologia Bt. (Safra 2021-2022).

E	Localização	Cultivar (nome comercial)	Tecnologia	Tamanho da área com feromônio (ha)	Tamanho da área testemunha (ha)
E1	Chapadão do Sul-MS	Desafio RR	Não-Bt	30	30
E2	Montividiu-GO	Bonus IPRO	Bt	30	30
E3	Montividiu-GO	73i75 IPRO	Bt	30	30
E4	Montividiu-GO	73i75 IPRO	Bt	30	30
E5	Rondonópolis-MT	Foco 74177 RSF IPRO	Bt	100	100
E6	Sorriso-MT	Desafio RR	Não-Bt	80	64
E7	Sorriso-MT	Desafio RR	Não-Bt	90	90
E8	União do Sul-MT	Desafio RR	Não-Bt	50	50
E9	Alto Garça-Mato MT	ST 700 i2X	Bt	100	100
E10	Primavera do Leste-MT	Hexa IPRO	Bt	100	100
E11	Sapezal-MT	710 IPRO	Bt	100	100
E12	Sapezal-MT	4377 IPRO	Bt	100	100

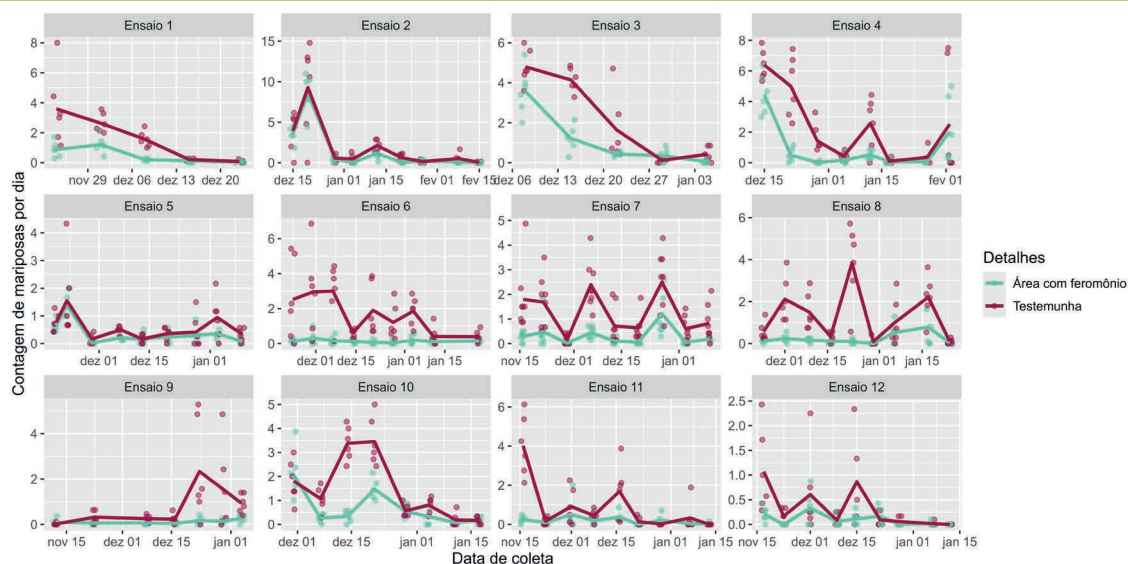


Figura 1. Contagem de mariposas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em áreas com feromônio Pherogen® Spray FAW e em áreas testemunha. As linhas verdes e vermelhas representam as médias de captura de todas as armadilhas associadas a uma data de amostragem. Cada ponto da figura representa a contagem de mariposas de cada armadilha.

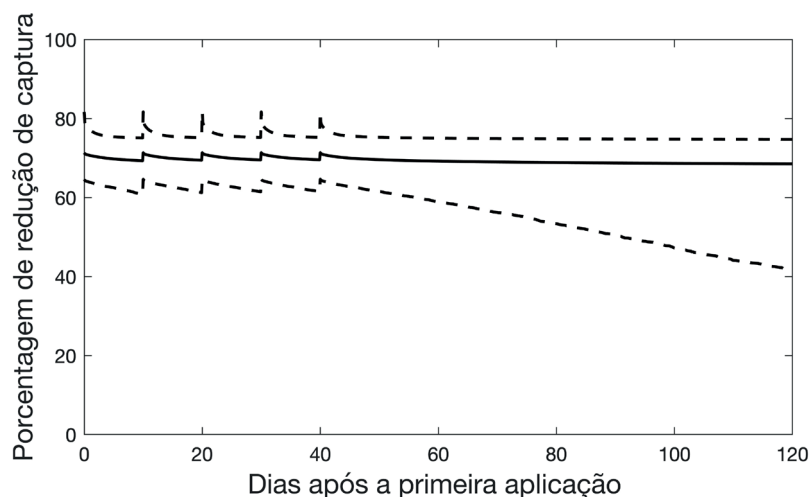


Figura 2. Estimativa da redução média de captura de mariposas machos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) ao longo do tempo após a aplicação do feromônio Pherogen® Spray FAW, com intervalo de confiança de 95%.

interrompe o ciclo reprodutivo da praga, reduzindo a oviposição de ovos férteis e, por consequência, reduzindo a infestação de lagartas que potencialmente se alimentariam e causariam danos a vagens no estágio inicial de formação (Barros et al. 2010; Ávila 2017). Usando essa mesma técnica de interrupção do acasalamento, fruticultores já atingiram grande sucesso ao manejar mariposas da família Tortricidae (Witzgall et al. 2010). Em outras culturas, essa tática de manejo também vem tendo sucesso, como o uso de feromônios para controle da broca amarela do caule do arroz [*Scirpophaga incertulas* Walker, 1863 (Lepidoptera: Crambidae)] na ilha de Java, onde o uso de feromônios oferece boa alternativa ao emprego de inseticidas, por reduzir a população de lagartas e o número de pulverizações, conferindo maior proteção da produção (Iqbal et al. 2023). Já no Brasil, esta estratégia de controle também vem apresentando bons resultados na redução da população de *S. frugiperda* em algodão. Para esta cultura, foi registrada uma redução de aproximadamente 90% de capturas em armadilhas, além de 70% de redução dos danos causados por *S. frugiperda* em estruturas reprodutivas (Schirmer et al. 2023).

Mesmo com alta capacidade de causar redução nos níveis populacionais de *S. frugiperda*, a tecnologia não deve ser vista como solução definitiva para o manejo desta praga, já que é significativo o número de lagartas encontradas dentro dos cultivos e, por isso, outras técnicas de controle devem ser usadas concomitantemente conforme for necessário.

Apesar da redução significativa observada no número de lagartas de *S. frugiperda* em soja Bt, não foi possível ver a redução significativa de lagartas em plantios de soja não-Bt. As possíveis explicações

são o menor número de ensaios realizados em soja não-Bt (quatro ensaios do total de 12 ensaios) e o manejo fitossanitário destinado aos cultivos. Para dois ensaios em soja não-Bt (ensaios 1 e 8), foram realizadas menos aplicações de lagartocidas na área destinada ao tratamento com Pherogen® Spray FAW, quando comparada à área destinada à testemunha (Tab. 1, material suplementar). A utilização de lagartocida extra na testemunha pode ter contribuído para o controle das lagartas de *S. frugiperda* neste tratamento, aproximando o resultado entre este e a área com feromônios. Além disso, Schirmer et al. (2023) encontraram resultados similares ao testar a associação de feromônio para manejo de *S. frugiperda* em algodão com tecnologia Bt e convencional (não-Bt). A utilização de plantas Bt e de feromônios são técnicas complementares, já que a tecnologia das plantas visa o controle da fase jovem do inseto, enquanto o feromônio visa o manejo dos adultos.

No presente trabalho, os resultados indicam que o uso de feromônio para interromper o acasalamento pode ser utilizado no manejo de *S. frugiperda*. Esta técnica também pode ser usada para o manejo da resistência de insetos, através da interrupção do acasalamento de indivíduos sobreviventes de áreas Bt (Suckling et al. 1990). Além disso, o aumento da adoção da tecnologia pode potencializar a redução do desempenho reprodutivo da fêmea, por atrasar o acasalamento, diminuir significativamente a fecundidade e fertilidade, e prolongar o período de pré-oviposição (Mori & Evenden 2013), e consequentemente contribuir na redução da densidade populacional (Hogg et al. 2021). Assim, pelos relatos de casos de *S. frugiperda* resistentes a plantas transgênicas que expressam proteínas

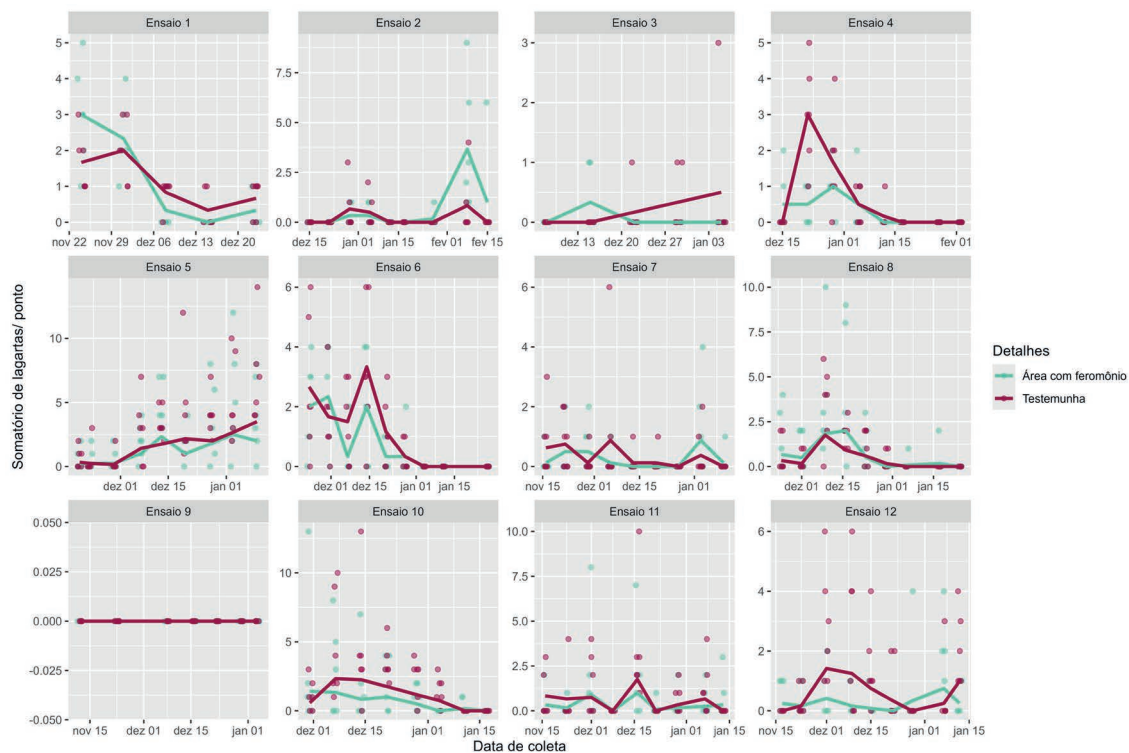


Figura 3. Contagem de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em áreas com feromônio Pherogen® Spray FAW e em áreas testemunha. As linhas verdes e vermelhas representam as médias de captura de todas as armadilhas associadas a uma data de amostragem. Cada ponto da figura representa a contagem de mariposas de cada armadilha.

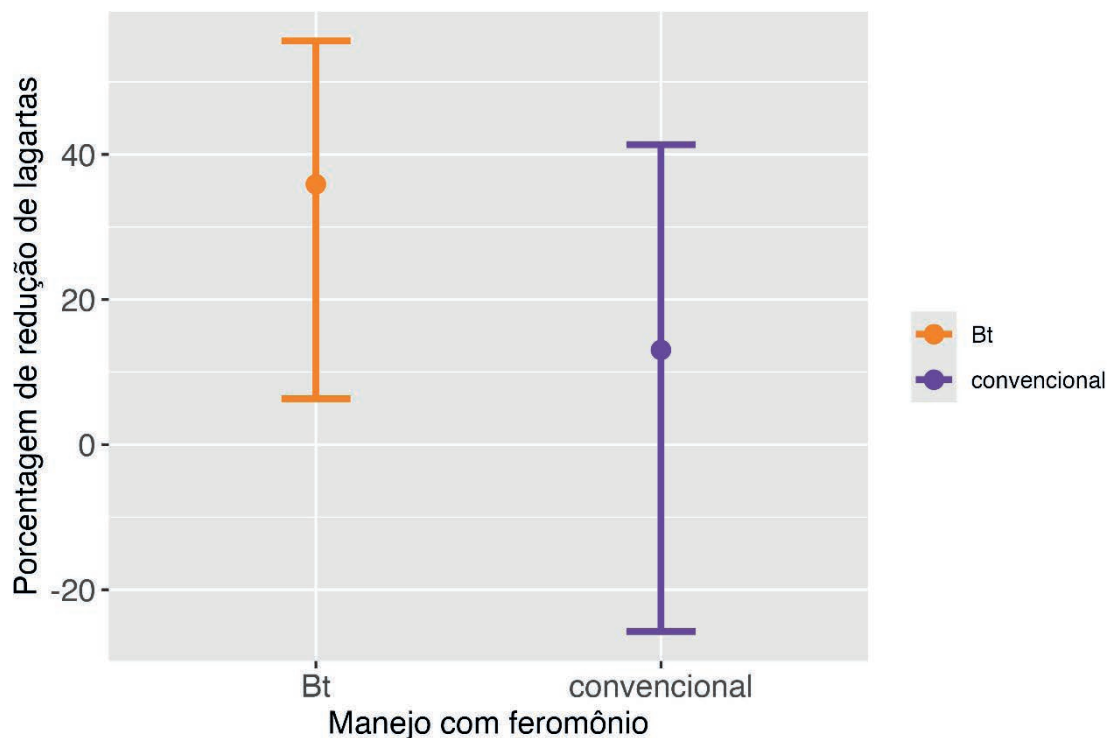


Figura 4. Porcentagem de redução (e intervalo de confiança a 95%) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) quando o manejo com o feromônio Pherogen® Spray FAW foi aplicado em lavours de soja Bt ou convencional, comparado com a área testemunha.

Bt, somados aos casos de resistência a inseticidas foliares sintéticos (Mota-Sanchez & Wise 2023), o uso do Pherogen® Spray FAW pode ser uma ajuda importante para manejar a resistência.

O uso de Pherogen® Spray FAW para confusão sexual reduz a captura de machos adultos de *S. frugiperda* em cultivos de soja, sugerindo uma maior dificuldade de os machos encontrarem fêmeas para o acasalamento em áreas onde este feromônio é aplicado. Além disso, o seu uso reduz a incidência de lagartas de *S. frugiperda* em cultivos com soja Bt. A utilização do manejo comportamental com feromônios se mostra como uma alternativa de controle que pode ser utilizada dentro de programas de manejo integrado de pragas.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos pesquisadores e consultores que contribuíram com valiosas sugestões no desenho experimental e por ajudarem a encontrar fazendas dispostas a receber os ensaios. Também gostaríamos de agradecer ao time de formulação da Provivi e aos times das fazendas que permitiram a realização dos ensaios.

Informações de Financiamento

O estudo teve suporte financeiro de Provivi®.



Contribuições dos Autores

APK: Validation and Writing – original draft; RSR: Validation and Writing – original draft. ALF: Validation and Writing – review & editing; BMF: Validation. K.T.: Data curation, Formal analysis and Writing – review & editing; KB: Data curation, Formal analysis and Writing – review & editing; TA: Conceptualization, funding acquisition and Writing – review & editing; TG: Conceptualization, funding acquisition and supervision.

Declaração de Conflito de Interesse

Os autores APK, RSR, ALF, BMF, KT, KB, TA e TG estavam associados a Proviwi® durante a condução do projeto.

Material Suplementar

Dados suplementares para este artigo podem ser acessados em: <https://www.bioassay.org.br/index.php/bioassay/article/view/ba20002/223>.

Referências

- Amaral, F. S.; Guidolin, A. S.; Salmeron, E.; Kanno, R. H.; Padovez, F. E.; Fatoletto, J. C.; Omoto, C. (2020) Geographical distribution of Vip3Aa20 resistance allele frequencies in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Brazil. *Pest Management Science*, 76(1): 169-178. doi: [10.1002/ps.5490](https://doi.org/10.1002/ps.5490)
- Amaral, F. S.; Kano, R. H.; Nascimento, A.; Guidolin, A. S.; Omoto, C. (2023) Trends towards lower susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Teflubenzuron in Brazil: an evidence for field-evolved resistance. *Insects*, 14(2): 129. doi: [10.3390/insects14020129](https://doi.org/10.3390/insects14020129)
- Araújo, W. A.; Degrande, P. E.; Malaquias, J. B.; Silvie, P. J.; Scoton, A. M. N.; Pachú, J. K. S. (2023) Cut off behavior of *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seedlings. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66: e23220386. doi: [10.1590/1678-4324-2023220386](https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220386)
- Ávila, C. J. (2017) Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). In: Ávila, C. J. (Ed.), *Pragas da soja: conheça e previna-se*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste.
- Barros, E. M.; Torres, J. B.; Bueno, A. F. (2010) Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. *Neotropical Entomology*, 39(6): 996-1001. doi: [10.1590/s1519-566X2010000600023](https://doi.org/10.1590/s1519-566X2010000600023)
- Bortolotto, O. C.; Pomari-Fernandes, A.; Bueno, R. C. O. F.; Bueno, A. F.; Cruz, Y. K.; Sanzovo, A.; Ferreira, R. B. (2015) The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. *Agronomy Science and Biotechnology*, 1(1): 25. doi: [10.33158/asb.2015v1i1p25](https://doi.org/10.33158/asb.2015v1i1p25)
- Cocco, A.; Deliperi, S.; Delrio, G. (2013) Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. *Journal Applied Entomology*, 137(1-2): 16-28. doi: [10.1111/j.1439-0418.2012.01735.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2012.01735.x)
- Hogg, B. N.; Cooper, M. L.; Daane, K. M. (2021) Areawide mating disruption for vine mealybug in California vineyards. *Crop Protection*, 148, 105735. doi: [10.1016/j.cropro.2021.105735](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105735)
- Iqbal, M.; Marman, M.; Arintya, F.; Broms, K.; Clark, T.; Srigiriraju, L. (2023) Mating disruption technology: An innovative tool for managing yellow stem borer (*Scirpophaga incertulas* Walker) of rice in Indonesia. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(2): 129-129. doi: [10.5994/jei.20.2.129](https://doi.org/10.5994/jei.20.2.129)
- Kenis, M.; Benelli, G.; Biondi, A.; Calatayud, P. A.; Day, R.; Desneux, N.; Harrison, R. D.; Kriticos, D.; Rwomushana, I.; Van Den Berg, J., et al. (2022) Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Generalis*, 43(2): 287-241. doi: [10.1127/entomologia/2022/1659](https://doi.org/10.1127/entomologia/2022/1659)
- Lance, D. R.; Leonard, D. S.; Mastro, V. C.; Walters, M. L. (2016) Mating disruption as a suppression tactic in programs targeting regulated Lepidopteran pests in US. *Journal of Chemical Ecology*, 42: 590-605. doi: [10.1007/s10886-016-0732-9](https://doi.org/10.1007/s10886-016-0732-9)
- Machado, E. P.; Rodrigues Jr., G. L. S.; Führ, F. M.; Zago, S. L.; Marques, L. H.; Santos, A. C.; Nowatzki, T.; Dahmer, M. L.; Omoto, C.; Bernardi, O. (2020) Cross-crop resistance of *Spodoptera frugiperda* selected on Bt maize to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins in Brazil. *Scientific Reports*, 10: 10080. doi: [10.1038/s41598-020-67339-1](https://doi.org/10.1038/s41598-020-67339-1)
- Miller, J. R.; Gut, L. J. (2015) Mating disruption for the 21st Century: Matching technology with mechanism. *Environmental Entomology*, 44(3): 427-453. doi: [10.1093/ee/nvv052](https://doi.org/10.1093/ee/nvv052)
- Mori, B. A.; Evenden, M. L. (2013) When mating disruption does not disrupt mating: fitness consequences of delayed mating in moths. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 146(1): 50-65. doi: [10.1111/j.1570-7458.2012.01309.x](https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01309.x)
- Mota-Sanchez, D.; Wise, J. C. (2023) The Arthropod Pesticide Resistance Database. <https://www.pesticideresistance.org/search.php>. Access on: 02.v.2024.
- Nagoshi, R. N. (2009) Can the amount of corn acreage predict fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation levels in nearby cotton? *Journal of Economic Entomology*, 102(1): 210-218. doi: [10.1603/029.102.0130](https://doi.org/10.1603/029.102.0130)
- Peruca, R. D.; Coelho, R. G.; Silva, G. G.; Pistori, H.; Ravaglia, L. M.; Roel, A. R.; Alcantara, G. B. (2018) Impacts of soybean-induced defenses on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) development. *Arthropod-Plant Interactions*, 12: 257-266. doi: [10.1007/s11829-017-9565-x](https://doi.org/10.1007/s11829-017-9565-x)
- Santos-Amaya, O. F.; Tavares, C. S.; Pereira, E. J. G. (2024) Shared genetic basis of resistance to Cry1F protein in three independent Brazilian strains of fall armyworm. *Crop Protection*, 175: 106442. doi: [10.1016/j.cropro.2023.106442](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106442)
- Schirmer, F. G.; Favetti, B. M.; Clark, T.; Galvan, T.; Cordeiro, E. M.; Vivan, L.; Tran, K.; Broms, K.; Miranda, R. (2023) Supressão de acasalamentos e redução de danos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) no algodoeiro. *Entomological Communications*, 5: ec05026. doi: [10.37486/2675-1305.ec05026](https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec05026)
- Stürmer, G. R.; Cargnelutti Filho, A.; Sari, B. G.; Burtet, L. M.; Guedes, J. V. C. (2014) Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(3): 1177-1186. doi: [10.5433/1679-0359.2014v35n3p1177](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1177)
- Suckling, D. M.; Shaw, P. W.; Khoo, J. G. I.; Cruickshank, V. (1990) Resistance management of lightbrown apple moth, *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 18(2-3): 89-98. doi: [10.1080/01140671.1990.10428077](https://doi.org/10.1080/01140671.1990.10428077)
- Toscano, L. C.; Gonzatto, F. A.; Cardoso, A. M.; Maruyama, W. I. (2010) Interactions of maize hybrids grown in the off-season and chemical control of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797). *Revista Agrarian*, 3(7): 24-33.
- Witzgall, P.; Kirsch, P.; Cork, A. (2010) Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36: 80-100. doi: [10.1007/s10886-009-9737-y](https://doi.org/10.1007/s10886-009-9737-y)
- Zarbin, P. H.; Rodrigues, M. A.; Lima, E. R. (2009) Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova*, 32: 722-731. doi: [10.1590/s0100-40422009000300016](https://doi.org/10.1590/s0100-40422009000300016)