Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science
http://periodicos.unievangelica.edu.br/fronteiras/
ISSN 2238-8869

Article

Resistência e Manejo Integrado: Desafios Atuais no Controle de *Spodoptera frugiperda* no Brasil

Maria Vitória das Neves Silva de Oliveira[1], Jeremias Maia Gonçalves[2], Alessandra Dias Thompson[3], Cleuma Maria Pereira Cardoso[4], Douglas Rodrigues Olinda[5], Tiago de Melo Sales[6]

[1] Mestranda em Produção Vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. ORCID: 0009-0004-2584-352X. Email: mvagronoma@gmail.com
[2] Engenheiro Agrônomo. Instituto Federal do Pará. ORCID: 0009-0007-9859-5290. Email: jeremiasmaia.agro@gmail.com
[3] Mestranda em Produção Vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. ORCID: 0009-0009-5136-1854. Email: yalehthompson@gmail.com
[4] Mestranda em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares. Instituto Federal do Pará. ORCID: 0009-0009-6572-2649. Email: cardosomra99@gmail.com
[5] Doutorando em Produção Vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. ORCID: 0009-0000-6511-2378. Email: douglasolinnda@gmail.com
[6] Doutor em Entomologia. Instituto Federal do Pará. ORCID: 0000-0002-4923-0881. Email: tiago.sales@ifpa.edu.br

RESUMO
A cultura do milho (*Zea mays*) possui grande importância econômica e social no Brasil, terceiro maior produtor mundial, mas enfrenta desafios significativos devido à lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), praga-chave que pode causar perdas de até 60% em infestações severas. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo revisar, por meio de revisão narrativa, as principais estratégias de controle da *S. frugiperda*, abordando os tipos de controle atualmente disponíveis, discutindo suas limitações e impactos. O manejo tradicional da praga baseia-se principalmente no controle químico e no cultivo do milho Bt (*Bacillus thuringiensis*). No entanto, o uso intensivo de inseticidas, aliado à sobreposição de culturas hospedeiras ao longo do ano, tem acelerado a evolução de resistência, resultando em falhas no controle. O manejo integrado de pragas surge como abordagem fundamental, combinando métodos biológicos, químicos e culturais. Entre os agentes de controle biológico, destacam-se vírus como SfMNPV, fungos entomopatogênicos (*Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*), bactérias (Bt) e parasitoides (*Trichogramma* spp.). Práticas culturais, como rotação de culturas e monitoramento constante da lavoura, complementam as estratégias. Para garantir a eficácia e a sustentabilidade no manejo da lagarta-do-cartucho, é essencial capacitar os agricultores e adotar práticas integradas que reduzam a pressão de seleção sobre as populações da praga. Dessa forma, é possível minimizar perdas de produtividade, prolongar a eficácia das tecnologias disponíveis e promover um manejo mais equilibrado e sustentável da cultura.
Palavras-chave: inseticidas; lagarta-do-cartucho; milho; monitoramento.

ABSTRACT
Corn (Zea mays) cultivation is of great economic and social importance in Brazil, the world's third-largest producer, but faces significant challenges due to the fall armyworm Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a key pest that can cause losses of up to 60% in severe infestations. Therefore, this study aimed to review, through a literature review, the main control strategies for *S. frugiperda*, addressing currently available control strategies and discussing their limitations and impacts. Traditional pest management is mainly based on chemical control and the cultivation of Bt corn. However, the intensive use of insecticides, coupled with the overlapping of host crops throughout the year, has accelerated the evolution of resistance, resulting in control failures and cases of resistance to Bt corn, often due to the incorrect or non-existent adoption of refuge areas. Integrated Pest Management (IPM) emerges as a fundamental approach, combining biological, chemical, and cultural methods. Among the biological control agents, viruses such as SfMNPV, entomopathogenic fungi (*Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*), bacteria (*Bacillus thuringiensis*), and parasitoids (*Trichogramma* spp.) stand out. Cultural practices, such as crop rotation and constant crop monitoring, complement the strategies. To ensure the effectiveness and sustainability in the management of the fall armyworm, it is essential to train farmers and adopt integrated practices that reduce the selection pressure on pest populations. In this way, it is possible to minimize productivity losses, prolong the effectiveness of available technologies, and promote a more balanced and sustainable management of corn.
Keywords: insecticides; fall armyworm; corn; monitoring.

Submissão: 07/05/2026 Aceite: 01/07/2026 Publicação: 14/11/2026

v.15, n.3, 2026 • p. 269-282. • DOI http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2026v15i3.8849

© 2021 by the authors. Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento. Este manuscrito é distribuído nos termos da licença Creative Commons – Atribuição - NãoComercial 4.0 Internacional (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode), que permite reproduzir e compartilhar o material licenciado, no todo ou em parte, somente para fim não comercial; e produzir, reproduzir, e compartilhar material adaptado somente para fim não comercial.

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays*) está amplamente difundida em todo o território brasileiro, permanecendo entre os principais grãos produzidos no país, destacando-se por sua versatilidade e expressiva importância econômica, seja na alimentação humana e animal, na indústria ou na produção de biocombustíveis (Filho, 2015; CNA, 2023). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás apenas dos Estados Unidos e da China, sendo que, em conjunto, esses três países são responsáveis por mais de 60% da produção mundial (Boschiero, 2025).

As condições climáticas favoráveis do Brasil têm contribuído significativamente para a expansão do cultivo do milho. Entretanto, quando o sistema de produção se restringia a uma única safra anual, o controle de pragas e doenças mostrava-se mais eficaz, porém com a adoção do plantio da safrinha a cultura passou a permanecer no campo por períodos mais longos, intensificando os desafios fitossanitários, como o aumento da ocorrência de insetos-praga e de enfezamentos, ocasionando prejuízos econômicos significativos em decorrência da redução da produtividade (Sabato, 2017; Hernández-Trejo *et al*., 2019).

Dentre as principais pragas que ocorrem sobre a cultura do milho pode-se destacar a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), que causa danos significativos durante todo o ciclo da cultura, comprometendo a qualidade e o rendimento do milho na lavoura (Cruz *et al*., 2010; Medyk *et al*., 2025). Outros exemplos relatados que também podem causar danos significativos são lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*), lagarta-do-velho-mundo (*Helicoverpa armigera*), lagarta-elasmo (*Elasmopalpus lignosellus*), cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e percevejo-barriga-verde (*Diceraeus (=Dichelops) furcatus* e *D. melacanthus*) (Gallo *et al*., 2002; Valicente, 2015; Filho *et al*., 2016).

O manejo de *S. frugiperda* na cultura do milho baseia-se, principalmente, no controle químico e do uso de cultivares geneticamente modificadas que expressam proteínas inseticidas derivadas do microrganismo *Bacillus thuringiensis* (Bt). Apesar da ampla adoção da tecnologia do milho Bt no Brasil, o controle químico ainda se mantém como o método mais utilizado para reduzir as populações da praga (Burtet *et al*., 2017).

Considerando que o uso inadequado do controle químico pode ocasionar impactos ambientais e seleção de populações resistentes, torna-se fundamental buscar alternativas sustentáveis, como o controle biológico (CB). O CB constitui um dos principais pilares do manejo integrado de pragas (MIP), desempenhando um papel estratégico ao lado do controle comportamental e do controle químico. Essa medida de controle é essencial para as estratégias de manejo, pois garante a manutenção das pragas abaixo do nível de dano econômico (Parra *et al*., 2021).

Nesta perspectiva, o controle biológico com a utilização dos entomopatógenos, incluindo *Bacillus thuringiensis* (Bt), *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, Trichoderma asperellum e Spodoptera frugiperda multiple nucleopolyhedrovirus (SfMNPV) tem se mostrado altamente eficaz no combate a *S. frugiperda* (Pomari *et al*., 2013; Abbas *et al*., 2022; Afandhi *et al*., 2022).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo revisar as principais estratégias de controle de *S. frugiperda*, abordando desde os métodos convencionais, como o controle químico, e alternativas sustentáveis, como o controle biológico, discutindo suas limitações e impactos.

Metodologia

A presente revisão narrativa objetivou reunir, analisar e discutir as principais estratégias de controle de *S. frugiperda*. O referencial teórico foi constituído a partir do levantamento e síntese de materiais científicos indexados em bases de dados reconhecidas, como ScienceDirect, Web of Science, SciELO e Google Scholar, além de consultas a publicações técnicas de instituições de referência, como a Embrapa.

Para a seleção do material, utilizaram-se descritores em português e inglês, combinando os termos "*Spodoptera frugiperda*", "cultura do milho", "controle químico", "controle biológico", "manejo integrado de pragas" e "inovações no controle de pragas", associados aos operadores booleanos "AND" e "OR". A identificação de duplicatas, a triagem e a seleção dos materiais foram conduzidas de forma manual, sem uso de software de gerenciamento de referências ou de triagem.

Foram incluídos artigos originais, revisões, livros e relatórios técnicos publicados nos últimos 20 anos, nos idiomas português, inglês e espanhol. Em razão dessa janela temporal, adotou-se que estudos publicados há mais de 10 anos foram considerados quando descreviam fundamentos biológicos ou comportamentais da praga ainda vigentes na literatura atual, enquanto estratégias de manejo e inovações no controle foram priorizadas a partir de publicações dos últimos 10 anos. Como critérios de exclusão, foram descartados estudos cujo texto completo não estava disponível para acesso e que configuravam duplicidade de conteúdo em relação a outro

Comentado [LB1]: A forma como está citado é como devemos econtrar nas refrências.

Comentado [LB2]: Evite repetir os termos em demasia no mesmo paragráfo, no caso por exemplo de controle.

Comentado [LB3]: A metodologia deve ser um protocolo replicável. O texto atual falha em reprodutibilidade, transparência e rigor na seleção dos dados.

estudo já incluído, mantendo-se apenas a versão mais completa ou mais recente, além dos estudos atualizados sobre as táticas de manejo.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão à leitura de títulos e resumos, foram selecionados 122 trabalhos para leitura na íntegra. A partir desse refinamento, foram filtrados e selecionados os materiais de maior interesse e aderência ao tema. Não foi realizado o registro quantitativo do número de estudos identificados e triados nas etapas anteriores. Os dados obtidos foram analisados de forma qualitativa, e a discussão estruturada em torno das principais categorias de controle (químico, biológico, cultural e manejo integrado), com ênfase nas inovações recentes e suas implicações para o manejo sustentável da praga no cenário agrícola brasileiro.

Revisão de Literatura

Cultura do Milho

O milho (*Zea mays*) é uma espécie da família Poaceae, originário da América Central, sendo uma cultura bastante cultivada no Brasil e no mundo devido a sua grande importância econômica e social, e em todo o relacionamento que a cultura desenvolve com a produção agropecuária. É um dos cereais mais produzidos no mundo por causa da sua diversidade e é cultivado em praticamente todo o território nacional, divide-se em primeira e segunda safra, tornando-se um diferencial comparado a outros países. O estado do Mato Grosso é o principal estado produtor no Brasil (Duarte *et al*., 2021; IBGE, 2024).

A cultura do milho destaca-se como um dos principais produtos agrícolas brasileiros, a produção no país para a safra 2025/26 está estimada em 138,4 milhões de toneladas, a expectativa para o mesmo período é de crescimento tanto nas exportações quanto no consumo interno, projetados em 46,5 milhões e 94,5 milhões de toneladas, respectivamente. As condições climáticas favoráveis nas principais regiões produtoras têm contribuído significativamente para o bom desenvolvimento das lavouras, atualmente predominando nos estágios de floração e enchimento de grãos (CONAB, 2026).

A produtividade do milho é influenciada por diversos fatores, como as características do solo, o clima, o relevo, a presença de organismos vivos e as práticas de manejo adotadas. A interação entre esses fatores faz com que os diversos genótipos respondam de maneira diferente às condições do ambiente, assim o desempenho de uma variedade não depende apenas de suas características genéticas, mas também das condições em que é cultivada. Por essa razão, é essencial definir corretamente a época de plantio, considerando todas as fases do ciclo da cultura e as condições ambientais esperadas em cada uma delas (Guimarães *et al*., 2021).

No contexto nacional, o milho é cultivado sob grande diversidade de ambientes, desde regiões quentes até áreas mais frias, em diferentes altitudes e latitudes, o que resulta em distintos potenciais de produtividade. Nos últimos anos, a região Centro-Oeste e Sul apresentaram uma grande produção e alta produtividade, esse avanço deve-se a vários incrementos como ao manejo, preparo de solo, adubação, sementes geneticamente modificadas, métodos de semeadura, controle de pragas e doenças, plantas daninhas e tecnologias de colheita, além da expansão das áreas destinada à cultura (Artuzo *et al*., 2022).

Em razão do clima favorável, verifica-se o aparecimento de pragas durante todo o desenvolvimento do milho, da germinação das sementes até a maturação fisiológica dos grãos. Os primeiros problemas costumam ocorrer com a presença de lagartas na cobertura vegetal e insetos de solo, progredindo para as pragas de superfície que danificam as plântulas. Em estádios mais avançados, destacam-se as lagartas que se alimentam das folhas e das espigas, seguidas pelos insetos sugadores da parte aérea, que afetam tanto as folhas quanto os grãos em formação (Ávila, 2015).

Morfologia e Biologia da S. frugiperda

Spodoptera frugiperda, conhecida pelo nome popular de lagarta-do-cartucho, é um inseto holometábolo, apresenta metamorfose completa, ou seja, durante seu ciclo de vida passa pelas fases de ovo, larva, pupa e adultos (Cruz, 1995). É considerada uma espécie de natureza polífaga e pode se alimentar de pelo menos 353 plantas hospedeiras de 76 famílias, entre elas as mais conhecidas como milho, soja, sorgo, trigo, cana-de-açúcar e algodão (Montezano *et al*., 2018).

Logo após a postura, os ovos apresentam coloração verde-clara, tornando-se alaranjados após cerca de 12 a 15 horas e escurecendo próximo à eclosão. As larvas recém-nascidas são esbranquiçadas e adquirem coloração esverdeada após iniciarem a alimentação. No primeiro instar, medem cerca de 1,9 mm de comprimento; no segundo, de 3,5 a 4 mm; e no terceiro, de 6,3 a 6,5 mm, com coloração marrom-clara no dorso e esverdeada na parte ventral. No quarto e quinto instares, o corpo torna-se mais escuro e pode atingir até 18 mm. No último instar, a lagarta apresenta cor marrom-acinzentado no dorso e esverdeado na região ventral e subventral, com

manchas marrom-avermelhadas nesse último também. A cabeça exibe uma marca em forma de "Y" invertido, uma característica importante da espécie (Cruz, 1995).

Na cultura do milho, as lagartas mais jovens raspam preferencialmente as folhas mais novas, enquanto as mais desenvolvidas abrem furos e consomem grandes porções do tecido foliar, deixando o cartucho destruído. Devido ao comportamento canibal, normalmente apenas uma lagarta consegue se desenvolver por cartucho. No entanto, é possível observar lagartas em diferentes instares dentro do mesmo cartucho, separadas pelas lâminas das folhas. Ao final do desenvolvimento larval, elas penetram no solo e se transformam em pupas de coloração avermelhada, tornam-se mais escuras próximo a emergência da fase adulta (Gallo *et al*., 2002; Valicente, 2015).

O inseto adulto apresenta-se como uma mariposa com cerca de 35mm de envergadura, possuindo asas anteriores de coloração pardo-escura e asas posteriores branco-acinzentadas, possuem hábito noturno, sendo mais ativos durante as noites quentes. Durante o dia, as mariposas de *S. frugiperda* permanecem abrigadas sob a folhagem, próximas ao solo ou entre as folhas fechadas do cartucho do milho (Gallo *et al*., 2002; Cruz *et al*., 2010).

Danos e perdas causados pela S. frugiperda

Em infestações severas, a lagarta-do-cartucho pode causar perdas significativas na cultura do milho, com reduções de produtividade em até 60%, dependendo da intensidade do ataque e da fase de desenvolvimento da planta. O milho é mais sensível entre os estádios de 8 a 10 folhas. A adoção de medidas de controle deve ser iniciada quando cerca de 10% das plantas apresentarem sintomas característicos, como folhas raspadas, indicando o início da infestação (Cruz *et al*., 2021).

A lagarta pode penetrar no colmo por meio do cartucho, formando galerias descendentes que atingem o ponto de crescimento e resultam no sintoma conhecido como "coração morto". Outro tipo de dano ocorre quando há o seccionamento parcial ou total da base do colmo, podendo levar a morte da planta. O ponto de inserção da espiga também pode ser atacado, causando perda total da produção devido à ausência de formação de grãos ou a queda da espiga ainda em desenvolvimento. Além disso, são frequentes os danos diretos aos grãos em formação dentro da espiga, provocados pela alimentação das lagartas, e os danos indiretos, decorrentes da penetração de microrganismos como fungos e bactérias, o que reduz a qualidade dos grãos (Cruz, 2008).

Após a formação do cartucho, as lagartas se movem para o interior do milho, onde ficam protegidas. Essa localização dificulta a chegada e a ação dos defensivos, principalmente o químico (Carvalho *et al*., 2013; Barcelos; Angelini, 2018). O comportamento alimentar característico das larvas, aliado ao seu rápido desenvolvimento, constitui provavelmente um dos principais fatores que comprometem a eficácia dos inseticidas em condições de campo. Portanto, compreender como os mecanismos de resistência se distribuem e com que frequência ocorrem é de grande importância (Berg; Plessis, 2022).

Métodos de Controle da S. frugiperda

Controle químico

O controle de pragas do milho é feito através de variados inseticidas. As pragas iniciais, que atacam sementes, raízes e plântulas, são geralmente controladas por meio do tratamento de sementes, método vantajoso pela facilidade de uso, menor consumo de ingrediente ativo por área e menor custo. Já as pragas que atacam as partes vegetativas e reprodutivas são controladas principalmente por pulverizações (costais, tratorizadas, aéreas ou via irrigação). O sucesso no controle depende da compatibilidade da formulação do inseticida com o equipamento e a praga, além de fatores como época de aplicação, tipo de bico, vazão e qualidade da água que influenciam diretamente (Viana *et al*., 2012).

O controle químico de *S. frugiperda* pode ser realizado de forma eficiente em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. Os inseticidas penetram no organismo dos insetos por três vias principais: através da cutícula (ação de contato ou dérmica), pela inalação no sistema traqueal ou pela ingestão oral no sistema digestivo (Gullan; Cranston, 2017).

Atualmente, há registros de 335 produtos fitossanitários para o controle de *S. frugiperda*. O grupo químico mais relevante é o piretróide com 91 ocorrências (Figura 1), seja como ingrediente principal ou em combinação. Seguido por benzoiluréia com 59 registros, metilcarbamato de oxima com 45 registros, organofosforado com 30 registros e antranilamida com 29 (Agrofit, 2026).



Figura 1. Inseticidas registrados no sistema Agrofit, para o controle de S. frugiperda na cultura do milho. Fonte: elaborado pelos autores (2026).

A escolha de uma molécula inseticida para o controle de uma praga deve considerar o nível de controle necessário, evitando que os danos ultrapassem os limites econômicos. Além do custo, é importante avaliar fatores como eficiência, toxicidade, seletividade, persistência no ambiente e possibilidade de rotação com inseticidas de diferentes modos de ação, a fim de reduzir o risco de resistência (Viana *et al*., 2012).

No Brasil, os inseticidas químicos ainda representam uma ferramenta essencial no manejo de *S. frugiperda*, especialmente em áreas onde a praga apresenta resistência ao milho Bt. O uso intensivo desses produtos tem sido amplamente relatado, com registros de dez a quatorze aplicações por ciclo da cultura, variando conforme o nível de infestação e as condições locais de resistência (Valicente; Tueller, 2009; Fatoretto *et al*., 2017; Berg; Plessis, 2022).

De forma geral, a aplicação de inseticidas no manejo de *S. frugiperda* é recomendada quando a infestação atinge o nível de controle (NC), o qual pode variar conforme o estádio de desenvolvimento da cultura. Um estádio mais avançado é caracterizado por cerca de 20% das plantas com sintomas de raspagem e/ou início de furos nas folhas, o que corresponde aos níveis 3 e 4 da escala de Davis (tabela 1). No entanto, para alcançar maior eficiência no controle e ganhos em produtividade, a intervenção pode ser iniciada a partir de 10% das plantas com nota 3. Nesse estágio, observam-se pequenas lesões circulares e algumas lesões alongadas, de formato retangular e até 1,3 cm de comprimento, nas folhas do cartucho. Esse critério de NC é amplamente utilizado como base técnica para a decisão de aplicação de inseticidas químicos (Davis *et al*., 1992).

Tabela 1. Escala de notas (0 a 9) para avaliação dos danos causados por *S. frugiperda* no cartucho do milho (Davis *et al*., 1992; Fernandes *et al*., 2003).

Nota	***Descrição dos danos***
0	Planta sem danos
1	Planta com pontuações (mais que uma pontuação por planta)
2	Planta com pontuações; 1 a 3 lesões circulares pequenas (até 1,5cm)
3	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (até 1,5 cm)
4	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (maiores que 1,5 cm e menores que 3,0 cm)
5	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maiores que 3,0 cm) em 1 a 2 folhas; mais 1 a 5 furos ou lesões alongadas até 1,5 cm
6	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maiores que 3,0 cm) em 2 ou mais folhas; mais 1 a 3 furos grandes (maiores que 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
7	Planta com 3 a 5 lesões alongadas grandes (maiores que 3,5 cm) em 2 ou mais folhas; mais 3 a 5 furos grandes (maiores que 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
8	Planta com muitas lesões alongadas (mais de 5) de todos os tamanhos na maioria das folhas. Muitos furos médios a grandes (mais que 5) maiores que 3,0 cm
9	Planta com muitas folhas, na quase totalidade, destruídas

Fonte Davis *et al*., 1992; Fernandes *et al*., 2003.

A eficiência dos inseticidas no controle de lagartas depende do seu modo de ação, que pode influenciar a velocidade com que causam a morte do inseto. Enquanto os inseticidas neurotóxicos agem rapidamente, os inibidores da síntese de quitina, como o lufenuron, apresentam efeito mais lento, pois só atuam durante o

processo de muda (Busato *et al*., 2006). Entre as diferentes opções de inseticidas estudadas para o controle de *S. frugiperda*, mesmo que alguns ainda não possuam registro específico para essa praga, destacam-se os produtos pertencentes aos grupos das diamidas, reguladores de crescimento de insetos, espinosinas e organofosforados (Teodoro *et al*., 2013; Oliveira; Nunes, 2017).

Controle biológico

O controle biológico é definido como um fenômeno natural que desempenha um papel fundamental, consistindo na regulação de plantas e animais pela ação de seus inimigos naturais, sendo eles os agentes de mortalidade biótica. A diversidade dos agentes de mortalidade biótica é ampla, integram os macroorganismos como os insetos e ácaros, e os microrganismos fungos, vírus, bactérias, nematoides, protozoários, além de predadores maiores como aranhas, anfíbios, peixes, répteis, aves e mamíferos (Parra *et al*., 2021).

O mercado atual de produtos biológicos disponibiliza um total de 98 registros (Figura 2). O grupo mais predominante é das bactérias (representado por *B. thuringiensis*), com 48 registros. Em seguida aparecem os vírus, com 20 ocorrências. Os parasitoides e os fungos são os que aparecem com um menor registro, com 13 e 8 ocorrências, respectivamente (Agrofit, 2026).

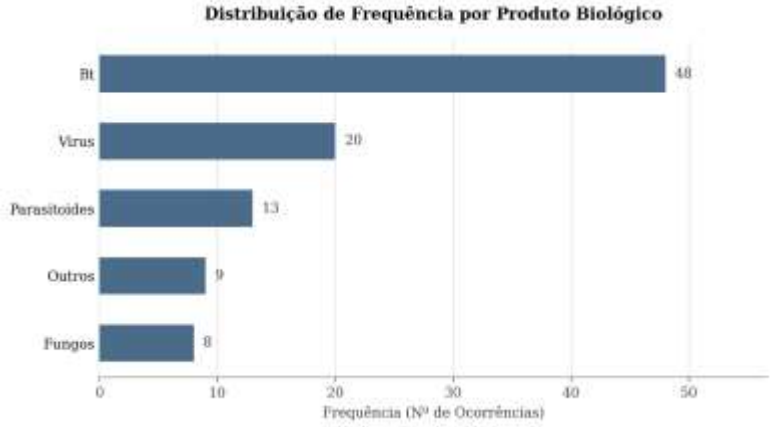


Figura 2. Inseticidas biológicos registrados no sistema Agrofit, para o controle de S. frugiperda na cultura do milho. Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Fungos Entomopatogênicos

Os fungos entomopatogênicos tem como principais hospedeiros os afídeos, moscas-brancas, gafanhotos, moscas, besouros, lagartas, tripes e ácaros, apresentando um amplo espectro de ação, sendo capazes de colonizar diversas espécies de insetos e ácaros. Além disso, diferenciam-se de outros grupos patogênicos por possuírem a capacidade de infectar todos os estágios de desenvolvimento de seus hospedeiros (Alves *et al*., 2008).

Os fungos invadem os insetos por diferentes vias, sendo a principal delas a penetração através da cutícula ou tegumento. Após a infecção, o fungo se multiplica rapidamente no interior do corpo do hospedeiro, provocando sua morte pela destruição dos tecidos e, pela ação de toxinas fúngicas. Com a morte do inseto, o fungo frequentemente emerge do corpo e produz esporos, que se disseminam pelo vento, pela chuva ou pelo contato com outros insetos, podendo originar epizootias. Os insetos infectados apresentam redução na alimentação e nos movimentos, tornando-se lentos e, geralmente, morrem em pouco tempo, muitas vezes permanecendo presos às folhas ou ramos em posição ereta (Valicente, 2009).

M. anisopliae e *B. bassiana* têm se mostrado eficientes no controle de S. frugiperda em seu estágio inicial de desenvolvimento, apresentando efeito ovicida. Estudos indicam que ambas as espécies de fungos apresentam rápida ação sobre os ovos da praga, com mortalidade significativa observada a partir de 96 horas (quatro dias) após a imersão dos ovos em duas suspensões fúngicas, uma contendo *M. anisopliae* e a outra *B. bassiana* (Maddalena *et al*., 2024). Dessa forma, representam uma alternativa promissora para o manejo mais sustentável de pragas em agroecossistemas.

Isolados fúngicos de *B. bassiana* e *M. anisopliae* selecionados a partir de coleções Unioeste, do Instituto Biológico de São Paulo e da ESALQ/USP, demonstraram patogenicidade contra *S. frugiperda*. Alguns isolados de *B. bassiana* (Unioeste 26 e Unioeste 64) destacaram-se por promoverem as maiores taxas de mortalidade confirmada, seguidos por outros de desempenho intermediário. De modo geral, os isolados de *B. bassiana* demonstraram maior virulência em comparação aos de *M. anisopliae*, sendo que apenas um isolado desta última espécie (CB 417) apresentou mortalidade semelhante à dos isolados mais eficientes de *B. bassiana* (Thomazoni *et al*., 2009).

Um estudo realizado na Indonésia identificou que *B. bassiana s.l.* e *Trichoderma asperellum s.l.* foram eficientes no controle de *S. frugiperda*, que ocasionaram mortalidade larval de 71% e 62%, respectivamente. Os resultados obtidos indicaram que *T. asperellum s.l.* possui maior potencial como agente de biocontrole dessa praga. Além disso, o trabalho constitui o primeiro registro da letalidade direta de um isolado de *Trichoderma* sobre larvas de *S. frugiperda*, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre o uso desse fungo no manejo biológico de insetos-praga (Afandhi *et al*., 2022).

Em seu trabalho Xu *et al.* (2025) investigaram as respostas imunológicas de *S. frugiperda* à infecção pelo fungo *Metarhizium rileyi*, utilizando sequenciamento de RNA e análises microscópicas. Os resultados mostraram que a resposta imune varia conforme o avanço da infecção. Na fase inicial (0–48h), o fungo penetra na cutícula e a lagarta ativa mecanismos de defesa, como vias metabólicas e imunológicas. Entre 48–96h, ocorre a disseminação do fungo na hemolinfa, com intensificação da resposta celular, incluindo fagocitose e produção de espécies reativas de oxigênio. Na fase final (96–120h), a atividade imunológica diminui. Nesse estágio, a lagarta morre e o fungo emerge da cutícula, formando novos conídios (Xu *et al*., 2025).

Há registro de bioinseticida formulado à base do fungo *Cordyceps javanica* (sin. *Isaria javanica*), como o Izaturbo®, que é indicado para diversas culturas e apresenta eficácia no controle da lagarta-do-cartucho, sendo aplicado por pulverização foliar em intervalos regulares (Vitiia, 2025).

Vírus Entomopatogênicos

Atualmente, a maioria dos vírus registrados para uso como biopesticidas são os baculovírus causam infecção em lepidoptera (Gullan; Cranston, 2017). Para o controle da lagarta-do-cartucho, as pesquisas têm se concentrado em dois tipos específicos de baculovírus, que são o vírus de granulose (granulovírus - GV) e o vírus de poliedrose nuclear (nucleopoliedrovírus - NPV) (Cruz, 2000).

O vírus de poliedrose nuclear de *S. frugiperda* (VPNSf) é específico para a lagarta-do-cartucho, sendo a larva a fase mais suscetível à infecção. A infecção geralmente ocorre pela ingestão de alimento contaminado, mas também pode ser via ovos, espiráculos ou por parasitoides. Após a ingestão, o pH alcalino do intestino dissolve o vírus, que se multiplica nas células e tecidos internos, levando a larva a morte em um período de 6 a 8 dias após a ingestão. A larva libera pela cavidade bucal um líquido contendo poliedros, que atua como inóculo e contamina o cartucho da planta, ocorrendo a disseminação da infecção para novos hospedeiros (Cruz, 2000).

Os principais sintomas da infecção por baculovírus começam com o aparecimento de manchas no tegumento, diminuição na ingestão de alimento, amarelecimento e uma aparência oleosa da epiderme. Com a progressão da doença, as lagartas perdem a mobilidade, escurecem devido à desintegração dos órgãos internos e, tipicamente, sobem para as partes mais altas da planta, ficando dependuradas, característica bem específica do vírus. As larvas da lagarta-do-cartucho apresentam um padrão de infecção consistente, os órgãos internos são totalmente destruídos e, no momento da morte, o tegumento exibe coloração rosa-clara e liquefação total (Weinzierl; Henn, 1989; Cruz, 2000; Barreto *et al*., 2005).

Alguns trabalham indicam que o aumento da densidade populacional de lagartas favorece a infecção pelo microrganismo, uma vez que a maior concentração de hospedeiros intensifica a replicação viral e eleva o número de infecções viáveis. Observou-se maior mortalidade, de 83,5% e 85%, nas densidades de 10 e 5 lagartas de 2º ínstar, respectivamente, enquanto nas lagartas de 5º ínstar a mortalidade reduziu-se em 50%, evidenciando que estágios mais avançados apresentam menor suscetibilidade ao vírus (Bolonheiz *et al*., 2010).

Em 2017, a Embrapa criou o primeiro produto comercial registrado à base de *Baculovirus spodoptera*, o CartuchoVIT, sendo considerado um dos melhores agentes de controle biológico devido a sua segurança e facilidade de manuseio. O produto é economicamente vantajoso, pois requer poucas aplicações, em geral duas, o que gera menor custo com máquinas agrícolas e com mão de obra. Em termos de eficácia, avaliações de campo atestam que o bioinseticida alcança uma taxa de mortalidade entre 75% e 95% em lagartas-do-cartucho com até cinco dias de idade (Embrapa, 2017).

Bactérias Entomopatogênicas

A bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) é um bioinseticida microbiano produzido industrialmente para controle de pragas, especialmente lepidópteros, em culturas e florestas. Sua importância ocorre da sua capacidade de produzir inclusões proteicas chamada de cristal, sendo o seu modo de ação bastante seletivo. Ao ser ingerido, a bactéria libera delta-endotoxinas cristalinas (protoxinas) que são ativadas pelas proteases do intestino médio alcalino da larva, esta ativação permite a ligação aos receptores intestinais, o que destrói a integridade celular, levando à morte do inseto. Em comparação com as larvas mais velhas ou adultos, as larvas de instares iniciais são mais suscetíveis à ação do Bt, enquanto permanece inofensivo para mamíferos e humanos (Gullan; Cranston, 2017).

Uma revisão científica analisou o papel das bactérias intestinais de *S. frugiperda* em sua adaptação, reprodução e resistência a pesticidas. Microrganismos como Enterococcus e Enterobacter auxiliam na digestão de compostos tóxicos, síntese de vitaminas e regulação metabólica, além de aumentar a tolerância a inseticidas. A composição da microbiota varia de acordo com fatores como dieta, fase de desenvolvimento, sexo e ambiente. O estudo também aponta que a manipulação desses microrganismos pode ser uma estratégia promissora no controle da praga. Entre as alternativas destacam-se a técnica do inseto incompatível (IIT), o uso de microrganismos modificados e a aplicação de peptídeos antimicrobianos (Yan *et al*., 2025).

Um estudo realizado por Gomes *et al.* (2018) com uma linhagem bacteriana 358.1 evidenciaram efeitos no desenvolvimento de *S. frugiperda*, causando aumento no tempo da fase larval e alterações durante a metamorfose. Esses efeitos foram observados principalmente na fase de pupa e na emergência dos adultos, que apresentaram asas atrofiadas, indicando prejuízo ao seu desenvolvimento normal.

O desenvolvimento do controle biológico por Bt foi impulsionado pela codificação da proteína Cry (delta-endotoxina) por um único gene cry, facilitando a manipulação biotecnológica. No final do século XX, isso resultou na diversificação estratégica do Bt, seja pelo aumento da produção de toxinas, pela prospecção de novas variedades com espectro de ação ampliado, ou, principalmente, pela engenharia genética que permitiu a criação de plantas transgênicas (plantas Bt) (Capalbo *et al*., 2005). O milho Bt é uma cultura geneticamente modificada que recebeu genes da bactéria Bt e promove o controle de lagartas, como as da ordem Lepidoptera (Díaz *et al*., 2024).

Contudo, para preservar a eficácia e durabilidade do milho Bt, o produtor precisa implantar uma área de refúgio. No Brasil, a implementação da área de refúgio necessita da semeadura de 10% da área cultivada com milho Bt, utilizando híbridos não-Bt de porte e ciclo vegetativo similares. O distanciamento entre o refúgio e o milho transgênico é limitado a 800 metros, que é a distância máxima de dispersão dos adultos da lagarta-do-cartucho. O objetivo central é sincronizar o cruzamento entre os possíveis insetos resistentes sobreviventes da área Bt e os insetos suscetíveis emergidos no refúgio. Em glebas grandes, que excedem essa distância, faixas de refúgio internas são obrigatórias para assegurar que o cruzamento (Carneiro *et al*., 2009; Díaz *et al*., 2024).

O milho Bt proporciona uma grande vantagem, pois reduz o ataque de insetos nas espigas em até 90% e, por causa dessa menor perfuração, diminui a chance de crescimento de fungos que entrariam por danos causados na planta. Assim, sofre menos danos por pragas do que o milho comum, o que resulta em maior produtividade (Carneiro *et al*., 2009).

Parasitoides e Predadores

Diversos parasitoides e predadores são importantes reguladores naturais da população da lagarta-do-cartucho. Dentre esses, tem destaque para o predador *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) e os parasitoides *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae), *Chelonus insularis* (Hymenoptera: Braçonidae) e *Campoletis flavicincta* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Esses inimigos naturais são essenciais, pois atuam sobre ovos e/ou larvas de até cerca de 1,5 cm, eliminando a praga antes que causem danos significativos à lavoura (Cruz, 1995).

As espécies do gênero *Trichogramma* são importantes parasitoides de ovos, são vespas pequenas cujas fêmeas depositam seus ovos dentro dos ovos do hospedeiro e completando seu ciclo de vida. A espécie mais utilizada e comercializada é a *Trichogramma pretiosum*, sua aplicação em lavouras é feita através da liberação em massa, logo após o surgimento das posturas ou dos adultos da mariposa. Este método de liberação é o preferencial, pois não causa danos à planta. As vespas *Trichogramma* tem preferência por ovos de lepidoptera, que compreendem algumas das principais pragas agrícolas (Figueiredo *et al*., 2015).

A eficiência dos parasitóides liberados no campo depende de diversos fatores, como quantidade de insetos liberados, densidade da praga, espécie de *Trichogramma*, número e época das liberações, método de distribuição, fenologia da cultura, presença de inimigos naturais e condições climáticas. É fundamental realizar avaliações antes e após as liberações, a fim de compreender o comportamento e a eficiência do parasitóide, permitindo

ajustes no manejo. A avaliação pode incluir a distribuição de ovos em pontos estratégicos e a análise de danos nas folhas por meio de amostragem e escalas de danos (Cruz, 1995).

O parasitoide *Telenomus remus*, específico para ovos, é amplamente utilizado no controle biológico da *S. frugiperda*, pois consegue parasitar todas as camadas dos ovos do hospedeiro. A aplicação correta dessa tática consiste na liberação do parasitoide em três semanas consecutivas, garantindo maior eficiência no controle dos ovos da praga na cultura do milho (Ivan *et al*., 2016).

Desafios Encontrados

O controle de pragas tem enfrentado grandes dificuldades, principalmente quando se fala de controle químico. O registro de casos de resistência de insetos a inseticidas é um problema antigo. No entanto, com o avanço da indústria de agrotóxicos, a frequência desses casos aumentou, levando ao surgimento de espécies multirresistentes, que demonstram múltiplos mecanismos de resistência a diversos grupos químicos (Rosa; Martins, 2011).

No Brasil, tem-se observado nos últimos anos o relato de insucessos no controle da *S. frugiperda* com a aplicação de determinados inseticidas na cultura do milho. Essa ineficácia é notável em relação aos produtos tradicionais como os piretróides e organofosforados. Como resposta a essa dificuldade, alguns agricultores têm recorrido ao aumento das dosagens do produto por conta própria, superando os níveis recomendados em rótulo ou bula, ou à utilização de misturas inadequadas, em uma tentativa de restabelecer o controle satisfatório da praga. Assim, ocasionando casos de resistência dos insetos aos produtos químicos e redução da população de inimigos naturais, além do aumento do custo de produção (Valicente; Cruz, 1991; Poletti; Omoto, 2003; Rosa; Martins, 2011).

Um dos principais desafios no controle de *S. frugiperda* está justamente relacionado às suas características bioecológicas, que favorecem a rápida adaptação e o desenvolvimento de resistência aos métodos de manejo disponíveis. O alto potencial reprodutivo, o ciclo biológico curto e o hábito polífago permitem que a praga mantenha populações numerosas ao longo do ano, especialmente em regiões onde ocorre a sobreposição ou sucessão de cultivos de plantas hospedeiras. Esse cenário resulta em exposição contínua a inseticidas e proteínas de Bt, intensificando a pressão de seleção e acelerando a evolução de resistência (Omoto *et al*., 2013).

Em relação ao milho Bt, muitos produtores resistem à implementação correta da área de refúgio, destacando a necessidade de métodos de comunicação mais eficazes. É fundamental orientar os agricultores a realizar o monitoramento constante das lavouras para identificar falhas de controle e o avanço de infestações por pragas secundárias (Leite *et al*., 2011).

Um dos principais obstáculos para a adoção do controle biológico em propriedades rurais é a falta de conhecimento do agricultor para distinguir pragas de insetos benéficos (como inimigos naturais e polinizadores, como as abelhas). Portanto, há uma urgência em capacitar esses produtores. Estratégias eficazes para aumentar a conscientização sobre a importância da biodiversidade incluem o uso de materiais visuais e a realização de cursos práticos, ministrados diretamente na propriedade (Cruz, 2022).

Considerações Finais

O controle eficiente de *S. frugiperda* exige a adoção dos princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP), que buscam manter a eficácia e a sustentabilidade das estratégias de manejo. Entre as principais práticas recomendadas estão a preservação dos inimigos naturais, o monitoramento constante das populações da praga e a integração de diferentes táticas de controle, como biológico, culturais, químicos e biotecnológicos.

O levantamento de produtos fitossanitários, com predomínio de piretróides e organofosforados, reflete a ainda forte dependência do controle químico. Contudo, o uso intensivo e, muitas vezes, inadequado desses produtos tem acelerado o surgimento de populações resistentes, comprometendo a eficácia a médio e longo prazo dessa ferramenta.

Nesse contexto, o controle biológico, as práticas culturais e o manejo integrado, são alternativas promissoras. Essas ações integradas são fundamentais para enfrentar os desafios de controle e garantir a sustentabilidade no manejo de *S. frugiperda.*

Referências

Abbas AF, Ullah M, Hafeez M, Han X, Dara MZN, Gul H, Zhao CR 2022. Biological Control of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Agronomy* 12(11):2704. https://doi.org/10.3390/agronomy12112704

Afandhi A, Fernando I, Widjayanti T et al. 2022. Impact of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), Invasion on Maize and the Native *Spodoptera litura* in East Java, Indonesia, and Evaluation of the Virulence of Some Indigenous Entomopathogenic Fungus Isolates for Controlling the Pest. *Egypt J Biol Pest Control* 32:48. https://doi.org/10.1186/s41938-022-00541-7

Agrofit [homepage on the Internet]. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); c2026 [cited 2026 Apr 13]. Available from: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.

Alves SB, Lopes RB, Vieira SA, Tamai MA 2008. Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In SB Alves, RB Lopes (eds.). *Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios*. FEALQ, Piracicaba, p. 69-110.

Artuzo FP, Foguesatto CR, Machado JAD, Oliveira L, Souza ÂRL 2019. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. *Rev Agroneg Meio Amb* 12(2):515-540. https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p515-540

Ávila CJ. Proteção de plantas: manejo integrado das principais pragas que atacam a cultura do milho no país. *Revista Visão Agrícola* [serial on the Internet]. 2015 Jul/Dec [cited 2025 Oct 5];(13). Available from: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Protecao_plantas-artigo2.pdf.

Barcelos PHS, Angelini MR 2018. Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias Bt (*Bacillus thuringienses*) na cultura do milho. *Rev Agric Neotrop* 5(1):35–40. https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.1824

Barreto MR, Guimaraes CT, Teixeira FF, Paiva E, Valicente FH 2005. Effect of Baculovirus spodoptera isolates in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and their characterization by RAPD. *Neotrop Entomol* 34(1):67-75.https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000100010

Bolonheiz H, Oliveira NC, Balan MG 2011. Eficiência de Baculovirus spodoptera e lufenuron no controle de diferentes ínstares e densidades populacionais da lagarta do cartucho em milho. *Rev Campo Digital* 5(1). Available from: https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/594.

Boschiero BN [homepage on the Internet]. 5 Maiores produtores de milho do mundo em 2025: produção e exportação. Blog Agroadvance [updated 2025; cited 2026 Jun 06]. Available from: https://agroadvance.com.br/blog-5-maiores-produtores-de-milho-do-mundo/.

Burtet LM, Bernardi O, Melo AA, Pes MP, Strahl TT, Guedes JVC 2017. Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in southern Brazil. *Pest Manag Sci* 73(2):2569-2577. https://doi.org/10.1002/ps.4660

Busato GR, Grützmacher AD, Garcia MS, Zotti MJ, Nörnberg SD, Magalhães TR, Magalhães JB 2006. Suseptibilidade de lagartas dos biótipos milho e arroz de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas com diferentes modos de ação. *Cienc Rural* 36(1):15-20. https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100003

Capalbo DMF, Arantes OMN, Suzuki MT 2005. Bacillus thuringiensis. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Available from: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/15480/bacillus-thuringiensis. Acesso em: 26 out. 2025.

Carneiro AA, Guimaraes CT, Valicente FH, Waquil JM, Vasconcelos MJV, Carneiro NP, Mendes SM 2009. *Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga*. Circular técnica 135, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 25 pp. Available from: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/748936. Acesso em: 30 out. 2025.

Carvalho RA, Omoto C, Field LM, Williamson MS, 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.org/10.1371/journal.pone.0062268.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) [homepage on the Internet]. Brasília: CONAB; c2025 [updated 2025; cited 2026 Apr 11]. Produção de grãos é estimada em 353,4 milhões de toneladas em 2025/26. Available from:https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-e-estimada-em-353-4-milhoes-de-toneladas-em-2025-26-com-inicio-da-colheita-das-culturas-de-primeira-safra.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) [homepage on the Internet]. Brasília: CNA; c2023 [updated 2023 Apr 24; cited 2025 Oct 4]. Milho é um dos cereais mais nutritivos e versáteis do mundo. Available from: https://www.cnabrasil.org.br/noticias/milho-e-um-dos-cereais-mais-nutritivos-e-versateis-do-mundo.

Cruz I 1995. *A lagarta-do-cartucho na cultura do milho*. Circular Técnica 21, Embrapa-CNPMS, Sete Lagoas, 45 pp. Available from: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/475779. Acesso em: 10 out. 2025.

Cruz I 2000. Utilização do baculovírus no controle da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*. In IS Melo, JL Azevedo (eds.). *Controle biológico*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, cap. 8, p. 201-230. Available from: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/484158. Acesso em: 16 out. 2025.

Cruz I, Figueiredo ML C, Silva RB 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. Documentos 93, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 42 pp. Available from: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/879462. Acesso em: 06 out. 2025.

Cruz I, Waquil JM, Santos JP, Viana PA, Salgado LO 1986. *Pragas da cultura do milho em condições de campo: métodos de controle e manuseio de defensivos*. Circular técnica 10, EMBRAPA-CNPMS, Sete Lagoas, 75 pp. Available from: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/475356. Acesso em: 13 out. 2025.

Cruz I, Viana PA, Waquill JM [homepage on the Internet]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; c2021 [cited 2025 Oct 10]. Pragas da Fase Vegetativa e Reprodutiva. Available from: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas/pragas/pragas-da-fase-vegetativa-e-reprodutiva.

Cruz JC, Karam D, Monteiro MAR, Magalhães PC (eds.) 2008. *A cultura do milho*. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 517 pp.

Davis FM, Ng SS, Williams WP 1992. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. *CABI Agric Biosci* [serial on the Internet]. [cited 2025 Oct 20]. Available from: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19931170718.

Díaz AS, Leal GN, Silva NF, Venâncio MG S, Figueiredo KG, Oliveira JAC, Lopes NJ [homepage on the Internet]. Santa Maria: Revista Cultivar; c2024 [updated 2024 Jul 31; cited 2025 Oct 26]. *Spodoptera frugiperda*: uma ameaça significativa para a agricultura brasileira. Available from: https://revistacultivar.com.br/artigos/spodoptera-frugiperda-uma-ameaca-significativa-para-a-agricultura-brasileira.

Duarte JO, Mattoso MJ, Garcia JC [homepage on the Internet]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; c2021 [cited 2025 Oct 10]. Importância socioeconômica do milho. Available from: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica.

EMBRAPA [homepage on the Internet]. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; c2017 [updated 2017 May 9; cited 2025 Oct 26]. Pesquisa cria primeiro inseticida à base de vírus contra lagarta-do-cartucho. Available from: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/22266550/pesquisa-cria-primeiro-inseticida-a-base-de-virus-contra-lagarta-do-cartucho.

Fatoretto JC, Michel AP, Silva Filho MC, Silva N 2017. Adaptive potential of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae)) limits Bt trait durability in Brazil. *J Integr Pest Manag* 8(1):17.https://doi.org/10.1093/jipm/pmx011.

Fernandes OD, Parra JRP, Neto AF, Pícoli R, Borgatto AF, Demétrio CGB 2003. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev Bras Milho Sorgo* 2(2):25–35. Available from: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104589/1/Efeito-milho.pdf. Acesso em: 15 out. 2025.

Figueiredo MLC, Cruz I, Silva RB, Foster JE 2015. Biological control with *Trichogramma pretiosum* increases organic maize productivity by 19.4%. *Agron Sustain Dev* 35:1175-1183. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0312-3.

Gallo D et al. 2002. *Entomologia agrícola*. 2. ed., FEALQ, Piracicaba.

Gomes JM, Godoy MS, Barreto RVG, Lira AG, Lima AG 2018. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) por bactérias. *Rev Verde Agroecol Desenv Sustent* 13(2):156-162. doi.org/10.18378/rvads.v13i2.5826

Guimarães DP, Sans LMA, Landau EC [homepage on the Internet]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; c2021 [cited 2025 Oct 10]. Zoneamento agropecuário. Available from: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/zoneamento-agropecuario.

Gullan PJ, Cranston PS 2017. *Insetos: fundamentos da entomologia*. 5. ed., Editora Roca, Rio de Janeiro, 912 pp.

Hernández-Trejo A, Drouaillet BE, Herrera RR, Giron JMG, Arellano SAP, Hernández EO 2019. Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Rev Mex Cienc Agríc* 10(4):803–813. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [homepage on the Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; c2025 [cited 2025 Oct 10]. Produção de milho em grão no Brasil. Available from: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/milho-em-grao/br.

Ivan IAF, Silva KR, Loboschi DL, Araújo-Junior LP, Santos AJPS, Pinto AS 2016. Número de liberações de *Telenomus remus* no controle de ovos de *Spodoptera frugiperda* em milho de segunda safra. In *Anais do 31º Congresso Nacional de Milho e Sorgo*. Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves, RS, p. 289-293. Available from: https://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/1153.pdf. Acesso em: 19 out. 2025.

Leite NA, Mendes SM, Waquil JM, Pereira EJG 2011. *O milho Bt no Brasil: a situação e a evolução da resistência de insetos*. Documentos 133, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 46 pp. Available from: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/920730. Acesso em: 30 out. 2025.

Maddalena A, Abreu KG, Brito CH, Santana RF, Santos JPO, Salustino AS, Morais MM, Ribeiro LS, Silva RB 2024. Avaliação do efeito de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). *J Environ Anal Progress* 9(1):060–064. https://doi.org/10.24221/jeap.9.1.2024.6577.060-064

Medyk MA, Ferreira LG, Waureck A 2025. Controle biológico e químico de pragas na cultura do milho. *Scientia Rural* 29(1).

Montezano DG, Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt TE 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *Afr Entomol* 26:286–300. https://doi.org/10.4001/003.026.0286

Oliveira HF, Nunes J 2017. Eficiência de inseticidas no controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura da soja. *Cultivando o Saber* (Edição Especial):162-176.

Parra JRP et al. 2021. Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira. FEALQ, Piracicaba, 592 pp.

Pereira Filho IA 2015. *Cultivo do milho*. 9. ed., Sistema de Produção 1, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas.

Poletti M, Omoto C 2003. Resistência de inimigos naturais a pesticidas: Exploração de inimigos naturais a pesticidas em programas de manejo integrado de pragas. *Biotecnol Cienc Desenv* 6(30):16-26.

Pomari AF, Bueno AF, Bueno RCOF, Menezes Junior AO, Fonseca ACPF 2013. Releasing number of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Platygastridae) against *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in corn, cotton and soybean. *Cienc Rural* 43:377-382. https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000013

Rosa APSA, Martins JFS 2011. Manejo da resistência de Spodoptera frugiperda a inseticidas na cultura do milho: situação atual. Documentos 334, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 18 pp.

Sabato EO 2017. Enfezamentos e viroses no milho. In *Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis: livr de palestras*. Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, cap. 7, p. 196-219. Available from:http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1081658. Acesso em: 04 out. 2025.

Teodoro AV, Procopio S, Bueno AF, Negrisoli Junior AS, Carvalho HWL, Negrisoli CRC B, Brito LF, Guzzo EC 2013. *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae): novas pragas de cultivos da região Nordeste. Comunicado Técnico 131, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 7 pp. Available from:http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/977625. Acesso em: 15 out. 2025.

Thomazoni D, Mamprim AP, Di Francisco L, Martinelo L, Marchese LPC, Formentini MA, Fanti ALP, Alves LFA 2009. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* visando o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Cad Agroecol* 4(1). Available from: https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/4418. Acesso em: 06 nov. 2025.

Valicente FH 2009. Controle biológico de pragas com entomopatógenos. *Inf Agropec* 30(251):48-55. Available from: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/574316. Acesso em: 03 nov. 2025.

Valicente FH 2015. *Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho*. Circular Técnica 208, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 13 pp. Available from: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1017489/1/circ208.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

Valicente FH, Cruz I 1991. *Controle biológico da lagarta-do-cartucho, Spodoptera frugiperda, com o baculovírus*. Circular Técnica 15, EMBRAPA-CNPMS, Sete Lagoas, 14 pp. Available from: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/471750. Acesso em: 30 out. 2025.

Valicente FH, Tuelher ES 2009. *Controle biológico da lagarta-do-cartucho, Spodoptera frugiperda, com baculovírus*. Circular Técnica 114, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 14 pp. Available from: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/660134/1/Circ114.pdf. Acesso em: 22 out. 2025.

Van Den Berg J, Du Plessis H, Reisig D 2022. Chemical control and insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *J Econ Entomol* 115(6):1761-1771. https://doi.org/10.1093/jee/toac108

Viana PA, Mendes SM, Cruz I 2012. *Guia de inseticidas para a cultura do milho*. Comunicado Técnico 204, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. Available from: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/954465. Acesso em: 13 out. 2025.

Vittia [homepage on the Internet]. São Joaquim da Barra: Vittia; c2025 [cited 2026 Apr 13]. Izaturbo®: inseticida microbiológico à base de *Cordyceps javanica*. Available from: https://vittia.com.br/produto/izaturbo/.

Weinzierl R, Henn T 1989. *Inseticidas microbianos*. Circular 1295, Faculdade de Agricultura, Universidade de Illinois, 11 pp.

Wordell Filho JA, Ribeiro LP, Chiaradia LA, Madalóz JC, Nesi CN 2018. *Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo*. Boletim Técnico 170, Epagri, Florianópolis, p. 84.

Xu P, He Z, Gao X, Zeng X, Wei D, Long X, Yu Y 2025. Research on the expression of immune-related genes at different stages in the third-instar larvae of *Spodoptera frugiperda* infected by *Metarhizium rileyi*. *Insects* 16(2):199. doi.org/10.3390/insects16020199

Yan XR, Li JN, Sun ZY, Yan CC 2025. An insight into biology, function and pest management guidance of gut microbiota in *Spodoptera frugiperda*. *Insects* 16(12):1237. doi.org/10.3390/insects16121237