UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL AUGUSTO DA SILVA

LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS DO CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM *Bacillus thuringiensis* NO BRASIL

CUIABÁ
2025

GABRIEL AUGUSTO DA SILVA

LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS DO CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM *Bacillus thuringiensis* NO BRASIL

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Profa. Dra. Taciana Melissa de Azevedo Kuhn

CUIABÁ

2025

Limitações e Perspectivas do Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) com *Bacillus thuringiensis* no Brasil

Gabriel Augusto da Silva

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica de estudos publicados entre 2010 e 2025, com o propósito de identificar os principais desafios no controle da *Spodoptera frugiperda* por meio do uso de *Bacillus thuringiensis* (Bt). A análise incluiu pesquisas tanto nacionais quanto internacionais, destacando que a praga tem manifestado uma resistência crescente às toxinas Cry, fortemente associada à baixa adesão às áreas de refúgio não-Bt e ao uso repetitivo de genes Cry semelhantes ao longo das safras. O estudo revelou que o êxito do controle com Bt não depende exclusivamente da biotecnologia. É fundamental a adoção de boas práticas agronômicas, como rotação de eventos Cry/Vip, refúgios e diversidade genética, além do fortalecimento de políticas públicas voltadas ao incentivo ao manejo integrado e à sustentabilidade agrícola. Os dados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo da suscetibilidade da praga, capacitação técnica aos produtores e implementação de estratégias de manejo de resistência baseadas em evidências. Assim, os resultados indicam que uma abordagem integrada combinando biotecnologia Bt, práticas agronômicas adequadas e políticas públicas é essencial para retardar o avanço da resistência, assegurar a eficácia do controle biológico e promover uma agricultura mais sustentável no Brasil.

Palavras-chave: Resistência, Controle biológico, Agricultura sustentável.

ABSTRACT

This paper presents a bibliographic review of studies published between 2010 and 2025, with the aim of identifying the main challenges in the control of *Spodoptera frugiperda* through the use of *Bacillus thuringiensis* (Bt). The review comprises both national and international research, highlighting that the pest has exhibited increasing resistance to Cry toxins, which is strongly associated with poor adoption of non-Bt refuge areas and repetitive use of similar Cry genes over multiple growing seasons. The study revealed that success in Bt-based control does not rely exclusively on biotechnology. The adoption of sound agronomic practices—such as rotation of Cry/Vip events, implementation of refuges, and genetic diversity—is essential, along with strengthening public policies that promote integrated pest management and agricultural sustainability. The findings underscore the need for continuous monitoring of pest susceptibility, technical training for producers, and implementation of evidence-based resistance management strategies. Thus, the results indicate that an integrated approach—combining Bt biotechnology, appropriate agronomic practices, and supportive public policy—is crucial to delay the progression of resistance, ensure the efficacy of biological control, and foster more sustainable agriculture in Brazil.

Keywords: Resistance, Biological control, Sustainable agriculture.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as diversas pragas do milho, a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), lagarta-do-cartucho, é uma das principais pragas que afetam a cultura do milho no Brasil, ocasionando prejuízos significativos à produção agrícola. De acordo com Figueiredo et al. (2006), o ataque dessa praga pode reduzir o rendimento dos grãos em até 60%. Além disso, a lagarta-do-cartucho pode causar perdas de produtividade que variam entre 20% e 22%, podendo chegar a até 40% dependendo do nível de ataque e do cultivar utilizado.

A alta capacidade reprodutiva, o comportamento migratório e a resistência crescente aos inseticidas convencionais tornam o controle da *S. frugiperda* cada vez mais desafiador. Além disso, o cultivo contínuo de milho safrinha oferece alimento durante todo o ano para a espécie, agravando o problema. Essa informação é corroborada por diversos estudos e fontes técnicas, como o artigo de Souza e Pelúzio (2023), que discutem o impacto da sucessão contínua de culturas como soja, milho e algodão na proliferação de *S. frugiperda.*

Dentre alternativas sustentáveis, uma das principais é o uso do *Bacillus thuringiensis* (Bt), uma bactéria entomopatogênica, a qual destaca-se como uma estratégia eficaz no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Embora o uso de *B. thuringiensis* ofereça diversas vantagens, entre elas a especificidade e menor impacto ambiental, sua eficácia no Brasil está ameaçada por desafios relacionados à resistência emergente, implementação inadequada dos refúgios e limitações técnicas dos eventos Bt disponíveis.

Este trabalho tem como objetivo analisar os principais desafios relatados na literatura científica relacionados ao uso do *Bt* no controle de *S. frugiperda* no Brasil.

2 METODOLOGIA

A construção deste trabalho se baseou em uma pesquisa bibliográfica, com abordagem qualitativa e caráter descritivo. Essa escolha permitiu reunir diferentes estudos já publicados, apresentando os desafios enfrentados no controle de *S. frugiperda* com o uso de *B. thuringiensis* (Bt).

A pesquisa foi conduzida por meio de uma busca sistemática em bases de dados científicas reconhecidas, entre eles o portal da SciELO, Portal de Periódicos da

CAPES, e artigos de pesquisadores da Embrapa. Foram selecionados e priorizados para utilização na escrita materiais publicados entre 2010 e 2025.

A seleção dos conteúdos teve como base os seguintes termos: "*Spodoptera frugiperda"*, "*Bacillus thuringiensis"*, "controle biológico", "resistência" e "manejo integrado de pragas"; assim como as traduções para inglês "Biological Control". "Resistence", "Integrated Pest Management".

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Produção do milho no Brasil

O milho (*Zea mays* L.) é pertencente à família Poaceae, originária, da América do Norte (Silveira et al., 2015). Atualmente é um dos três cereais mais cultivados do mundo, do qual o Brasil é o terceiro maior produtor e exportador.

No Brasil, o milho é cultivado em uma ampla gama, desde pequenos agricultores em áreas rurais à grandes produtores. As plantas de milho seguem padrões de desenvolvimento, sendo que o intervalo de tempo específico entre os estágios de desenvolvimento e o número total de folhas desenvolvidas pode variar dependendo de diferentes fatores, como híbridos utilizados, ano, região, época de semeadura e local, devido às condições climáticas (Magalhães et al., 2002).

O plantio de

milho tem contribuído de forma importante para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro por sua alta produtividade e rápido retorno financeiro, sendo uma boa opção para a diversificação das atividades da propriedade rural (Souza, 2002).

A produção de milho no Brasil é um dos pilares do agronegócio nacional, destacando-se pela sua relevância econômica e estratégica. Nos anos 1980, o Brasil superou a marca de 60 milhões de toneladas de milho, e segundo estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento, em 2024 a produção total de milho no Brasil alcançou cerca de 119,74 milhões de toneladas, representando um crescimento de aproximadamente 3,5 % em relação à safra anterior (115,70 milhões de t) (CONAB, 2024).

3.2 Pragas chave do cultivo

O milho sofre ataques de diversas pragas desde o momento do plantio até a pós-colheita, o que, para Ávila (2015), exige cuidados específicos em cada etapa do desenvolvimento da cultura para evitar perdas significativas. O controle dessas pragas pode ser realizado de três formas principais: por meio do controle químico, com aplicação de inseticidas seletivos quando a infestação atinge níveis críticos; do controle biológico, utilizando inimigos naturais como predadores, parasitoides e microrganismos (fungos, vírus ou bactérias); e por meio de manejos específicos, que incluem práticas culturais, comportamentais e varietais visando prevenir a proliferação dos insetos.

As pragas que afetam a cultura do milho são muitas, porém há algumas com maior importância por causar danos severos, podendo danificar uma plantação inteira (Nery, 2019). Entre as principais pragas que afetam a cultura do milho, Timbó, Menezes e Lima (2023) citam a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), a cigarrinha-do-milho, o pulgão-do-milho, a lagarta da rosca e a lagarta elasmo.

3.3 Biologia e impacto da *Spodoptera frugiperda*

A *S. frugiperda* é um inseto da ordem Lepidoptera, pertencente à família Noctuidae, e está amplamente presente em todo o território brasileiro. É considerada uma das principais pragas agrícolas, especialmente na cultura do milho. Sua importância deve-se não somente aos danos provocados, mas especialmente à dificuldade de seu controle (Gassen, 1996). É uma espécie polífaga e sua ocorrência vem aumentando nos últimos anos devido as condições climáticas favoráveis, fatores relacionados à manejo e mudança no cenário de produção agrícola.

Os ovos são depositados em massa e camadas, em número de até 1000 ovos por fêmea (Ávila et al., 1997). Os ovos possuem coloração verde-clara logo após a oviposição, passando para a coloração alaranjada após cerca de 12 a 15 horas (Cruz, 1995). O trabalho de Giolo et al (2002) mostra que a duração de desenvolvimento da *S. frugiperda* em milho foi de 29,1 dias. Sparks (1979) mostrou em seu trabalho que *S. frugiperda* quando em altas populações, deposita seus ovos em objetos e plantas não-hospedeiras.

As lagartas provocam sérios danos às lavouras, como a raspagem e o desfolhamento de folhas, assim como a perfuração das espigas, o que pode comprometer significativamente a produtividade (Valicente e Tessmann, 2019).

Um dos fatores que dificulta o manejo da praga é seu ciclo de vida curto e a facilidade com que se adapta a diferentes regiões e sistemas de cultivo. Estudos mais recentes, destacam a importância de se manter um monitoramento constante, principalmente em áreas de monocultura, onde a infestação tende a ocorrer de forma mais severa e frequente.

3.4 Controle de *Spodoptera frugiperda*

Sendo a principal praga da cultura do milho, os danos causados por *S. frugiperda* podem chegar a 52% (Cruz, 1993). No período vegetativo (Zotti et al. 2004), estudando os níveis de dano e controle econômico, através de infestação artificial de lagartas de *S. frugiperda* para a cultivar Pioneer 30F33 em casa de vegetação, constataram que o estádio V4 é o mais suscetível aos danos da lagarta, enquanto os estádios V8 e V12 são os mais tolerantes.

O controle da praga é baseado principalmente no controle químico, o qual possui efeito rápido, reduzindo a população e prevenindo a ocorrência de danos severos, buscando manter a qualidade e produção dos grãos (Medeiros el al., 2022). Atualmente 312 produtos são liberados para uso no controle de *S. frugiperda* em milho (Agrofit, 2025).

No entanto, o uso excessivo e sem a devida rotação de princípios ativos de inseticidas químicos pode levar a populações resistentes de pragas, as quais passam a não ser mais controladas efetivamente ao longo dos anos (Omoto et al., 2013). Esse fator, junto a características biológicas de *S. frugiperda*, como seu elevado potencial reprodutivo e ciclo biológico muito curto, e a sobreposição de culturas hospedeiras (as chamadas “pontes verdes”), tem resultado em falhas de controle da espécie.

A aplicação de baculovírus e o uso de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (pulverizado ou com genes incorporados em plantas transgênicas), tem se mostrado uma alternativa de controle se *S. frugiperda* muito importante nas últimas décadas. Esses biopesticidas são altamente específicos e eficazes, e podem substituir ou complementarem o manejo com inseticidas químicos com eficiência, infectando apenas a espécie alvo sem causar danos a organismos benéficos, plantas, animais

ou seres humanos (Embrapa, 2021). No Brasil, produtos como VirControl S.f., Spodovir e CartuchoVIT, desenvolvidos por parcerias envolvendo a Embrapa, cobriram milhões de hectares em diferentes estados, com destaque para o crescimento acelerado desde a safra 2017/18 (Embrapa, 2021). Já o uso de Bt, tem sido ainda mais representativo nos programas de MIP atuais.

3.5 *Bacillus thuringiensis*: fundamentos e aplicação no controle de *Spodoptera frugiperda*

Diversos grupos de patógenos de insetos têm uma longa trajetória no controle biológico de pragas, destacando-se especialmente bactérias como *Bacillus thuringiensis*, fungos entomopatogênicos, inúmeras espécies de baculovírus, além de nematoides entomopatogênicos, todos empregados com sucesso como agentes de controle biológico (Cory, 2012). Segundo Silva et al. (2020), a adoção de estratégias inovadoras no manejo de pragas, como o uso de controle biológico aliado a tecnologias sustentáveis, é essencial para reduzir os prejuízos econômicos e os impactos ambientais causados por insetos de importância agrícola.

Bacillus thuringiensis (Bt) é descrita como uma bactéria de ocorrência natural, classificada como gram-positiva, conhecida por sua capacidade de produzir, durante a fase de esporulação em um dos polos da célula (proteínas cristalinas (Cry)) com ação inseticida bastante específica. A espécie pode ser utilizada de duas maneiras principais: por meio da aplicação de produtos comerciais contendo a bactéria, geralmente via pulverização, ou através de cultivares transgênicas que foram geneticamente modificadas para expressar os genes responsáveis pela produção das toxinas. O milho Bt é uma importante tática de proteção de plantas dentro do Manejo Integrado de Plantas (MIP), pois além de reduzir as perdas causadas por pragas (Betz; Hammond; Fuchs, 2000)

Com a utilização de alguns métodos de transformação genética tais como o uso de *Agrobacterium*, transformação direta de cloroplasto e biobalística, genes de Bt codificadores de proteínas Cry foram expressos (Borba, 2017).

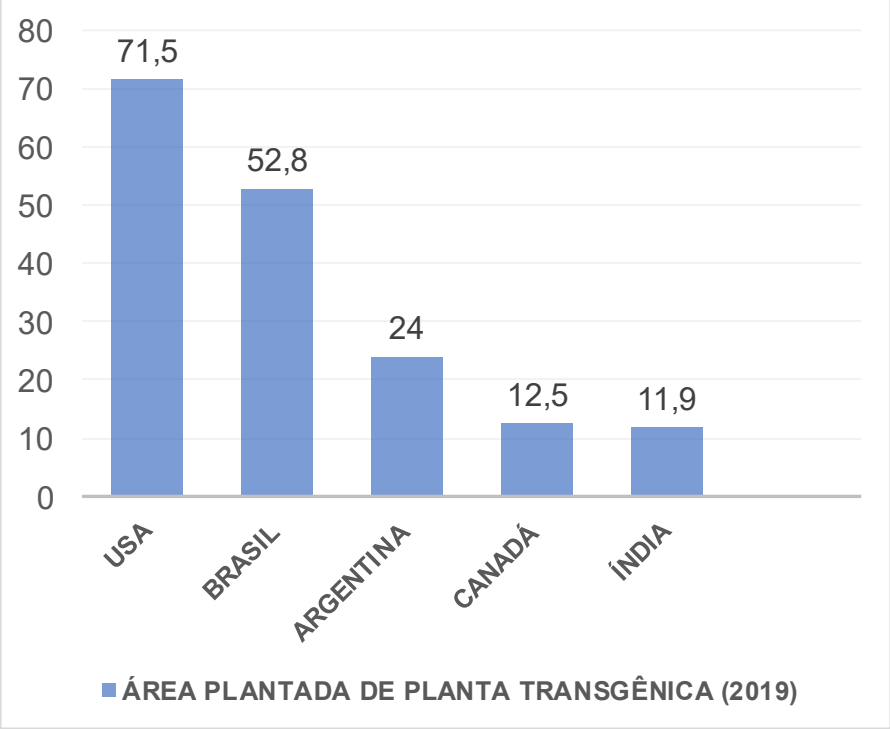
A eficácia das formulações comerciais pode variar dependendo do estágio de desenvolvimento das larvas e das condições ambientais no momento da aplicação, o que reforça a importância do uso técnico e estratégico desse método (Lima et al., 2021).

O milho Bt é obtido por meio da inserção de um ou mais genes da bactéria *B. thuringiensis* que permitem à planta produzir proteínas inseticidas direcionadas a pragas específicas; assim, ele possibilita reduzir o ataque de insetos em até 90 % e, ao diminuir os danos causadas pelas pragas nas espigas, também reduz significativamente a probabilidade de colonização por fungos (Feldmann et al. 2023).

No Brasil, o uso de cultivares Bt em larga escala teve início por volta da década de 2010, sendo o milho Bt o principal destaque. A tecnologia foi rapidamente adotada pelos produtores, impulsionada pela expectativa de reduzir o uso de inseticidas químicos e promover uma agricultura mais sustentável. A introdução de abordagens inovadoras, justificam a necessidade de desenvolver novos projetos econômicos que possam reduzir os prejuízos causados por esta praga (César e Cruz, 2025).

Conforme dados da Figura 1, em 2019, o Brasil era o segundo país no ranking mundial em plantio de culturas transgênicas, com um total de 52,8 milhões de hectares cultivados, destacando-se soja, milho, algodão e, mais recentemente, cana-de-açúcar geneticamente modificados (Isaaa, 2019).

Figura 1: Ranking mundial de área plantada no ano de 2019 com plantas transgênicas.



Fonte: Adaptado da Sociedade Nacional de Agricultura, 2020

Apesar do sucesso inicial no controle de pragas, começaram a surgir relatos de falhas na eficácia do Bt ao longo do tempo. Esse cenário acendeu o alerta para a necessidade de revisar as estratégias de manejo adotadas até então, reforçando a importância de práticas agronômicas bem estruturadas. A eficiência do Bt pode variar bastante, dependendo do híbrido utilizado e, principalmente, da correta implementação das áreas de refúgio — uma das principais medidas para retardar a resistência das pragas (Resende et al., 2014).

3.6 Resistência da *S. frugiperda* ao Bt: causas e estudos

Já foram relatados diversos casos de espécies de Lepidoptera resistentes às proteínas Bt (Oliveira, 2023). Entre os casos relatados se destacam os registros de *S. frugiperda* resistente ao milho Bt Cry1F, em Porto Rico (Storer et al., 2010), e também a milho nos Estados Unidos (Huang et al., 2014). No Brasil, estudos de Farias et al. (2014) já relatavam resistência em uma população do inseto, no Oeste da Bahia.

São diversas as vantagens para a agricultura moderna com a tecnologia Bt, entre elas a menor dependência do uso de inseticidas químicos, entretanto também há riscos, como citado por Mendes e Waquil (2009), a utilização inadequada, como a falta das áreas de refúgios, podem levar ao desenvolvimento de indivíduos resistentes à proteína Cry.

Confiar exclusivamente no uso de cultivares Bt pode acelerar o processo de resistência da praga, comprometendo a longevidade da tecnologia (Valicente e Tessman, 2019). Por isso, o controle com Bt deve estar inserido em um contexto mais amplo, baseado no uso racional e combinado com outras táticas sustentáveis. A inclusão de práticas agroecológicas no sistema de produção pode atuar de forma complementar ao Bt, contribuindo para o aumento da resiliência dos agroecossistemas e promovendo uma agricultura mais equilibrada e sustentável (Oliveira et al., 2022).

3.7 Limitações do uso exclusivo de Bt e recomendações para o manejo

A exposição contínua da *Spodoptera frugiperda* às proteínas Bt tem contribuído significativamente para a seleção de populações resistentes. A utilização contínua de milho Bt com a expressão em baixa dose da proteína inseticida, baixa

adoção de áreas de refúgio e com proteínas que compartilham o mesmo modo de ação, vem expondo as populações de *S. frugiperda* a uma intensa pressão de seleção, favorecendo a evolução da resistência (Rodrigues, 2024)

Para manter a eficiência do controle, deve-se adotar principalmente as áreas de refúgio ou a rotação de diferentes mecanismos de ação (quando disponíveis), isso porque a manutenção da tecnologia é consequência do manejo a médio prazo. Insetos inicialmente raros na população, portadores de alelos resistentes, conseguem sobreviver e se acumular em número, o que, após algumas gerações, leva à perda da eficácia da tecnologia (Tabashnik et al., 2013).

Nas áreas de refúgio, deve-se, portanto, cultivar o milho convencional na mesma época de semeadura e com o mesmo ciclo do híbrido Bt cultivado, de modo que apresentem desenvolvimento fenológico semelhante (Lourenção et al., 2010).

A presença de áreas de refúgio são extremamente importantes para o bom funcionamento da tecnologia Bt, uma vez que essas áreas são como um reservatório de insetos suscetíveis, os quais quando em cruzamento com os insetos resistentes acabam resultando em uma descendência suscetível. Essa estratégia reduz significativamente as chances e o tempo de evolução de uma possível resistência nas populações de insetos, contribuindo para a preservação da eficácia das táticas de controle empregadas (Lourenção et al., 2010).

Como medida integrada no auxílio para retardar a evolução da resistência das populações à tecnologia Bt, destaca-se a importância dos programas de monitoramento genético da praga como ferramenta essencial para a detecção precoce de casos de resistência (Horikoshi, 2016). Esses programas permitem também orientar acerca de estratégias de manejo adaptadas às realidades regionais, contribuindo para a manutenção da eficácia do Bt e a sustentabilidade do sistema produtivo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de *Bacillus thuringiensis* (Bt) como agente de controle contra *Spodoptera frugiperda* no Brasil representa uma forte estratégia dentro de programas de Manejo Integrado de Pragas.

A análise dos estudos mostrou que o *Bacillus thuringiensis* (Bt) é, de fato, uma ferramenta valiosa no controle da *Spodoptera frugiperda*, mas seu uso isolado, sem planejamento e sem boas práticas no campo, tem favorecido o surgimento populações resistentes. A falta de áreas de refúgio, o uso contínuo dos mesmos genes e a ausência de manejo integrado são pontos que enfraquecem a efetividade da tecnologia.

Apesar dos desafios, para superar essas barreiras e garantir a longevidade da tecnologia Bt no país, destacam-se o desenvolvimento de seleção de estirpes de Bt com maior eficiência tóxica ou subletal; a adoção de tecnologias empilhadas (Cry + Vip), que combinam diferentes mecanismos de ação para reduzir o risco de resistência cruzada; e a implementação rigorosa de estratégias de Manejo de Resistência de Insetos (MRI), incluindo refúgios estruturados, rotação de genes Bt, e integração com outros métodos de controle, como inseticidas seletivos e práticas culturais.

REFERÊNCIAS

AGROFIT – **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2025. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 01 set. 2025.

ÁVILA, C. J.; DEGRANDE, P. E.; GOMEZ, S. A. **Insetos-praga: reconhecimento, comportamento, danos e controle.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Milho Informações Técnicas. Dourados, 1997.

ÁVILA, C. J. **Manejo integrado das principais pragas que atacam a cultura do milho no país**. 2015. Disponível em <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Protecao_plantas-artigo2.pdf>. Acesso em 25 de jul. 2025.

BETZ, F. S.; HAMMOND, B. G.; FUCHS, R. L. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis* protected plants to control insect pests. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v.32, p.156-173, 2000.

BORBA, N. M. C. **Alimentos Transgênicos no Brasil: Revisão da Literatura.** 2017. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão, Universidade Federal do Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/23865>. Acesso em 08 set. 2025.

CÉSAR, F. R. C. F.; CRUZ, J. A. Produtividade e resistência de híbridos de milho transgênicos Bt a *Spodoptera frugiperda* associados com controle químico. **Científica**, v. 53, n. 1, p. 1396, 2025. DOI: 10.5016/1984-5529.2025.v53.1396.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Primeira estimativa para safra de grãos 2024/25 indica produção de 322,47 milhões de toneladas**. Brasília, 15 out. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5770-primeira-estimativa-para-safra-de-graos-2024-25-indica-producao-de-322-47-milhoes-de-toneladas>. Acesso em 27 jul. 2025.

COSTA, M. A. G.; GRÜTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. S.; ZOTTI, M. J.; HÄRTER, W. R.; NEVES, M. B. Avaliação dos níveis de dano e controle econômicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho cultivar Pioneer 30F33. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. 2004, Gramado. **Anais**. Gramado: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. 1 CD-ROM. Disponível em: <https://www.seb.org.br/admin/files/book/book_qMjzLZIrpZUg.pdf>. Acesso em 27 jul. 2025

CORY, J. S. Evolution and the microbial control of insects. **Evolutionary applications**, v. 5, p. 455- 469, 2012.

CRUZ, I. **Principais pragas e seu controle**. In: CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. de A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA, F. G. F. T. de C.; SANS, M. A.; PEREIRA

FILHO, I. S. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. p. 143-160. (Recomendação Técnica, 1).

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica 21, p.45, 1995. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/475779>. Acesso em 14 set. 2025.

EMBRAPA. **Bioinseticidas à base de baculovírus para o controle de lagartas.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/11033/bioinseticidas-a-base-de-baculovirus-para-o-controle-de-lagartas?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 27 jul. 2025.

FARIAS, J. R. et al. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v. 64, p. 150-158, 2014.

FELDMANN, N. A. et al. Tecnologia Bt no controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 2, p. 255–276, 2023.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1693–1698, 2006. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2006.v41.7334.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 127 p.

GIOLO F P, GRUTZMCHER A D, GARCIA M S, BUSATO G R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, p. 219-224, 2002.

HORIKOSHI, R. J. **Dominância funcional e monitoramento da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a tecnologias Bt no Brasil.** 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-10052016-104045/. Acesso em: 17 set. 2025.

HUANG, F.; QURESHI, J.A.; MEAGHER JR, R.L.; REISIG, D.D.; HEAD, G.P.; ANDOW, D.A.; NI, X.; KERNS, D.; BUNTIN, G.D.; NIU, Y.; YANG, F.; DANGAL, V. Cry1F resistance in fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: single gene versus pyramided Bt maize. **PLoS One,** v.9, e112958, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0112958.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS (ISAAA). **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2019**. Ithaca, NY: ISAAA, 2019. Disponível em:

<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/default.asp>. Acesso em: 14 set. 2025.

LIMA, T. V. et al. Eficiência de formulações comerciais de *Bacillus thuringiensis* em diferentes estágios larvais de *Spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Entomologia Aplicada**, v. 36, n. 1, p. 11–20, 2021.

LOURENÇÃO, A. L. F.; BARROS, R.; MELO, E. P. **Milho Bt: uso correto da tecnologia.** In: FUNDAÇÃOMS. Tecnologia e produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno. 2010. p. 79-89.

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, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 170).

MAGALHÃES, P. C. et al. **Ecofisiologia da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, n. 22).

MEDEIROS, L. et al. Estratégias de manejo químico e seus impactos na sustentabilidade agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, n. 9, p. 1–10, 2022.

NERY, F. G. P. et al. **Desenvolvimento de um sistema especialista em aplicativo móvel para o controle de danos da broca do milho em milho solteiro**. 2019. 66 f. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26555/5/DesenvolvimentoSistemaEspecialista.pdf>. Acesso em 25 de jul. 2025.

OLIVEIRA, R. **Toxicidade de proteínas bacterianas e análise in silico de Vip3A em população Cry-resistente de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/a9e22380-a1a7-448c-b210-2bce5653ad52>. Acesso em: 14 set. 2025.

OLIVEIRA, R. L. et al. Desempenho agronômico e ambiental de cultivares Bt frente à pressão de pragas no Cerrado. **Cadernos de Agricultura Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 55–67, 2022. **O Milho Bt no Brasil: a Situação e a Evolução da Resistência de Insetos**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920730/1/doc133.pdf>.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; FARIAS, J.R. **Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas e plantas Bt.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2013.

RESENDE, D. C.; WAQUIL, J. M.; FARIAS, J. R.; TARDIVO, H. C.; OLIVEIRA, W. S.; BERNARDI, O. Adoção da área de refúgio e manejo de resistência de insetos em milho Bt. **Revista de Política Agrícola**, n. 3, p. 48-61, 2014.

RODRIGUES, R. F. **Avaliação da morfologia microscópica de populações resistentes de *Spodoptera frugiperda***. Universidade Federal de Pelotas, 2024.

Disponível em: <https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u8440>. Acesso em: 14 set. 2025.

SCHNEPF, E. et al. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 62, n. 3, p.775-806, 1998.

SILVA, J. O.; COSTA, L. G.; ALMEIDA, F. S. Abordagens inovadoras no manejo de pragas: alternativas sustentáveis para a agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 3, p. 120-130, 2020.

SOUZA, E. **Cultura do milho**: uma opção para diversificação das atividades da propriedade rural. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 4 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, n. 50).

SOUZA, H. D. D.; PELÚZIO, J. M. **Distribuição espaço-temporal de *Spodoptera frugiperda* em milho safrinha**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFT, 18., 2023, Palmas. Anais... Palmas: Universidade Federal do Tocantins, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sicuft2022/549973-distribuicao-espaco-temporal-de-spodoptera-frugiperda-em-milho-safrinha>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SPARKS, A. N. A review of the biology of the fall armyworm. **Florida Entomologist**, v. 62, p. 82-87, 1979.

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.

TABASHNIK, B. E.; BRÉVAULT, T.; CARRIÈRE, Y. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. **Nature Biotechnology**, v. 31, n. 6, p. 510-521, 2013.

TIMBÓ, F. V. A. M.; MENEZES, T. A.; LIMA, R. P. Principais pragas que afetam a cultura do milho. **Revista Foco**, v. 16, n. 10, p. 01–11, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n10-187

VALICENTE, F. H.; TESSMANN, D. J. Biocontrole da lagarta-do-cartucho com *Bacillus thuringiensis*: histórico, aplicação e resistência. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 515–528, 2019.