

CARACTERIZAÇÃO MICROSCÓPICA DO INTESTINO MÉDIO DE POPULAÇÕES RESISTENTES DE *Spodoptera frugiperda* COMO SUBSÍDIO PARA ESTRATÉGIAS DE CONTROLE BIOLÓGICO

MIRELLA OLIVEIRA DAS NEVES¹; REJANE PETER²; LUIS AUGUSTO XAVIER CRUZ³; TEILOR SILVEIRA DA SILVA⁴; ANA PAULA SCHNEID AFONSO DA ROSA⁵; ROSANGELA FERREIRA RODRIGUES⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – mirelladasneves00@gmail.com

²Embrapa Clima Temperado – rejanepeter1@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – laugustocruz@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – teilersilva@gmail.com

⁵Embrapa Clima Temperado – ana.afonso@embrapa.br

⁶Universidade Federal de Pelotas – rosangelaferreirarodrigues@gmail.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

A inovação está relacionada à avaliação e aplicação de uma formulação comercial à base de *Bacillus thuringiensis*, contendo dois isolados bacterianos, como alternativa biológica para o manejo de populações de *Spodoptera frugiperda*, importante praga da cultura do milho. A proposta integra a avaliação de parâmetros biológicos e fisiológicos da praga, incluindo mortalidade, desenvolvimento larval e alterações na estrutura do intestino médio (PARDO-LÓPEZ; SOBERÓN; BRAVO, 2013). Para a caracterização dos efeitos do tratamento, são empregadas técnicas histológicas para o processamento das lagartas e obtenção de cortes transversais, possibilitando a análise microscópica do intestino médio e a identificação de alterações na organização e integridade dos tecidos. Para a obtenção de material histológico adequado, foi desenvolvido e adaptado um procedimento de processamento dos espécimes, permitindo relacionar os efeitos observados sobre a sobrevivência e o desenvolvimento das lagartas às alterações provocadas nos tecidos.

O principal diferencial da inovação está, portanto, na avaliação integrada da ação da formulação de *B. thuringiensis* contendo dois isolados bacterianos e na adaptação do processamento histológico para a caracterização dos efeitos do tratamento. Essa abordagem pode contribuir para ampliar a compreensão da ação da formulação e fornecer informações para o desenvolvimento e aprimoramento de estratégias de controle biológico integradas ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) (AGUIAR et al., 2024). A utilização de agentes de origem biológica pode contribuir para a diversificação das estratégias de manejo e para a redução da dependência exclusiva de inseticidas químicos.

No Brasil, a expansão do setor de bioinsumos reforça a relevância de pesquisas voltadas ao desenvolvimento e à avaliação dessas tecnologias. Em 2025, foram registrados 162 produtos classificados como bioinsumos, segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2026).

2. ANÁLISE DE MERCADO

O público-alvo da inovação compreende produtores rurais, empresas agrícolas, produtoras e distribuidoras de bioinsumos, consultorias agronômicas, cooperativas, profissionais responsáveis pelo manejo fitossanitário e instituições de pesquisa e desenvolvimento voltadas à proteção de cultivos. Destacam-se os produtores de milho e de outras culturas suscetíveis ao ataque de *Spodoptera frugiperda*,

especialmente aqueles que buscam alternativas ao uso exclusivo de inseticidas químicos e estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

O potencial de mercado está relacionado à dimensão do setor de proteção de cultivos, à importância econômica do milho e à expansão dos bioinsumos no Brasil. O mercado brasileiro de defensivos agrícolas movimentou aproximadamente US\$ 19,9 bilhões em 2024, sendo o milho responsável por 16% da área tratada, segundo dados do Sindiveg/Kynetec. O segmento de bioinsumos também apresenta expansão, com 162 produtos classificados como bioinsumos registrados em 2025, segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2026). Para a safra 2025/26, a Conab estima produção de aproximadamente 144 milhões de toneladas de milho no país, reforçando a relevância econômica da cultura.

Nesse contexto, o Mercado Total Endereçável (TAM) corresponde ao mercado brasileiro de proteção de cultivos; o Mercado Disponível Endereçável (SAM) compreende o segmento de soluções biológicas para proteção de cultivos, especialmente aquelas destinadas ao controle de pragas em culturas como o milho; e o Mercado Obtível (SOM) corresponde inicialmente a produtores, cooperativas, empresas de bioinsumos, distribuidores e instituições de pesquisa que possam participar da validação e adoção da tecnologia. A estratégia inicial de inserção no mercado poderá priorizar parcerias com empresas e instituições para validação da solução em diferentes condições de cultivo, possibilitando sua posterior ampliação. Os principais concorrentes compreendem inseticidas químicos convencionais, cultivares de milho Bt e outros produtos biológicos destinados ao controle de *S. frugiperda*. Embora *B. thuringiensis* já seja utilizado como agente de controle biológico, a inovação proposta diferencia-se por associar uma formulação contendo dois isolados bacterianos a uma abordagem integrada de avaliação dos efeitos biológicos e histológicos sobre a praga. Essa característica amplia o potencial de aplicação da tecnologia tanto para o desenvolvimento de estratégias de controle biológico quanto para a geração de informações que subsidiem sua futura validação e utilização no Manejo Integrado de Pragas.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O público-alvo da inovação compreende produtores rurais, empresas agrícolas, produtoras e distribuidoras de bioinsumos, consultorias agronômicas, cooperativas, profissionais responsáveis pelo manejo fitossanitário e instituições de pesquisa e desenvolvimento voltadas à proteção de cultivos. Destacam-se os produtores de milho e de outras culturas suscetíveis ao ataque de *S. frugiperda*, especialmente aqueles que buscam alternativas ao uso exclusivo de inseticidas químicos e estratégias de MIP.

A utilização de *B. thuringiensis* constitui uma das alternativas biológicas estudadas para o manejo de *S. frugiperda*, embora sua eficácia possa variar de acordo com a população da praga, o agente utilizado e as condições de aplicação (SOUZA et al., 2021). Nesse contexto, a proposta também apresenta potencial de interesse para universidades, centros de pesquisa e laboratórios especializados em entomologia, resistência de insetos, controle biológico e histologia, em razão da possibilidade de avaliar conjuntamente efeitos biológicos e alterações estruturais no inseto submetido ao tratamento.

Os principais concorrentes compreendem inseticidas químicos convencionais, cultivares de milho Bt e outros produtos biológicos destinados ao controle de *S. frugiperda*. Nesse cenário, a inovação se diferencia por associar a utilização da

formulação contendo dois isolados de *B. thuringiensis* a uma abordagem de avaliação que considera diferentes indicadores da resposta da praga ao tratamento.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

A avaliação da ação da formulação à base de *Bacillus thuringiensis* sobre *Spodoptera frugiperda* permitiu observar efeitos biológicos e alterações morfológicas no intestino médio das lagartas, quando comparadas ao grupo controle (Fig.1). Os tratamentos consistiram na aplicação do inseticida comercial Acera® (*Bacillus thuringiensis*, isolados 1641 e 1644), nas doses de 400 e 1000 mL ha⁻¹, além de uma testemunha constituída por água destilada. Entre as alterações histológicas identificadas estão modificações no epitélio intestinal, vacuolização celular, alterações nucleares e danos à membrana peritrófica (Fig. 2).

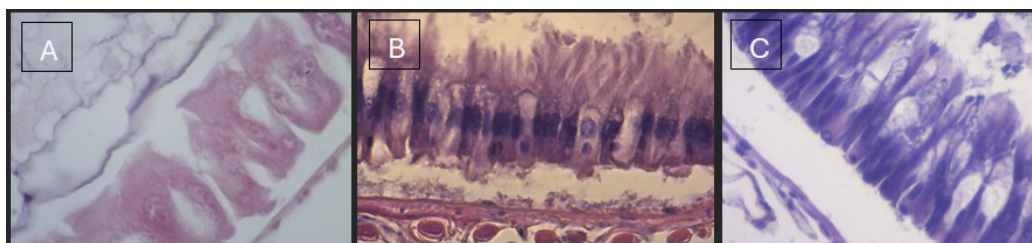


Figura 1- Fotomicrografias do mesêntero de lagartas de *Spodoptera frugiperda* das linhagens SUS (A), MG (B) e YR (C)- grupo controle: água destilada.

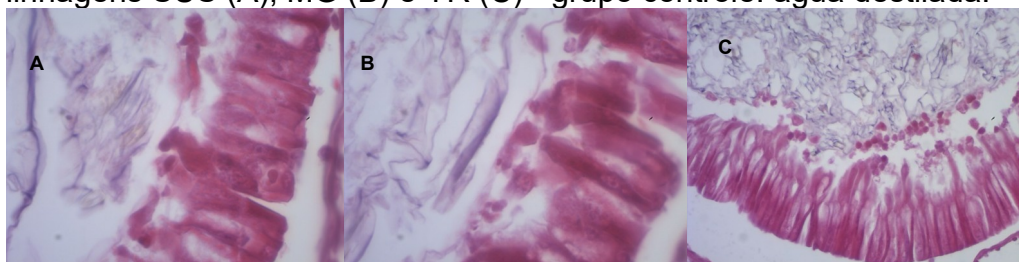


Figura 2- Fotomicrografias do mesêntero de lagartas de *Spodoptera frugiperda* das linhagens SUS (A), MG (B) e YR (C) – tratamento: ACERA 1000mL.

Esses achados demonstram a possibilidade de utilizar a análise histológica por microscopia óptica como ferramenta complementar à avaliação dos efeitos de produtos de controle biológico, permitindo relacionar alterações teciduais à exposição ao tratamento.

A integração dos dados biológicos e histológicos amplia a caracterização da resposta de *S. frugiperda* à formulação estudada. A continuidade da pesquisa permitirá avaliar a consistência desses efeitos em diferentes condições experimentais e aprofundar a caracterização da ação da formulação. Também serão necessárias etapas posteriores de validação em casa de vegetação e campo para avaliar sua aplicabilidade em programas de MIP.

A principal contribuição científica e tecnológica está na associação entre a avaliação dos efeitos biológicos da formulação e a caracterização histológica do intestino médio da praga. Essa abordagem poderá gerar informações úteis para a compreensão dos efeitos do tratamento sobre o inseto-alvo e subsidiar o aprimoramento de estratégias de controle biológico.

A utilização de agentes microbiológicos, como *B. thuringiensis*, pode contribuir para a diversificação das estratégias de manejo de *S. frugiperda* e para a redução da

dependência exclusiva de inseticidas químicos. Os resultados obtidos poderão beneficiar produtores rurais, empresas de bioinsumos, profissionais da área agrícola e instituições de pesquisa, além de subsidiar futuras etapas de desenvolvimento, validação e eventual transferência da tecnologia.

5. CONCLUSÕES

A inovação proposta associa a avaliação dos efeitos biológicos de uma formulação comercial à base de *Bacillus thuringiensis*, contendo dois isolados bacterianos, à caracterização histológica do intestino médio de *Spodoptera frugiperda*. Os resultados obtidos em laboratório, incluindo alterações no epitélio intestinal, vacuolização celular, alterações nucleares e danos à membrana peritrófica, fornecem evidências da resposta morfológica da praga ao tratamento e ampliam a caracterização de seus efeitos.

A continuidade dos estudos, com validação em diferentes condições experimentais e posterior avaliação em casa de vegetação e campo, será necessária para determinar a consistência dos resultados e a aplicabilidade da tecnologia. Nesse sentido, a proposta apresenta potencial para contribuir para o desenvolvimento de estratégias de controle biológico e para a diversificação das ferramentas utilizadas no Manejo Integrado de Pragas.

O avanço dessas etapas poderá favorecer futuras parcerias com instituições de pesquisa e empresas do setor de bioinsumos, visando ao desenvolvimento, à validação e à eventual transferência da tecnologia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F.M.; ALEXANDRE, N.A. de A.; BARROS, S.A.; SILVA, M.V.G.F.; TAVARES, A.N.G.; OLIVEIRA, M.C. de; PINHO, J.M.R.; VALICENTE, F.H. Manejo integrado de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho: efeito de diferentes combinações de *Bacillus thuringiensis*, baculovirus e inseticida químico. In: EVENTO DE PESQUISA DA EMBRAPA MILHO E SORGO, 2024. Anais... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2024.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção de grãos na safra 2025/26 chega a 361,7 milhões de toneladas. *ConabCast*, Brasília, 15 set. 2026. Disponível em: https://cast.conab.gov.br/post/2026-09-5_12_lev_graos/. Acesso em: 17 set. 2026.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Mapa divulga balanço anual de registros de agrotóxicos e bioinsumos em 2025. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2026. Documento eletrônico. Acessado em 10 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/>.

PARDÓ-LÓPEZ, L.; SOBERÓN, M.; BRAVO, A. *Bacillus thuringiensis* insecticidal three-domain Cry toxins: mode of action, insect resistance and consequences for crop protection. **FEMS Microbiology Reviews**, Oxford, v.37, n.1, p.3-22, 2013.

SINDIVEG – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA VEGETAL. Dados de mercado: mercado de defensivos no Brasil – 2024 x 2023. São Paulo: Sindiveg, 2025. Disponível em: <https://sindiveg.org.br/wp-content/uploads/2025/04/2024-Dados-de-mercado-.pdf>. Acesso em: 17 set. 2026.

SOUZA, T.C. de; et al. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*: a review. **Insects**, Basel, 2021.