

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO PRESENCIAL – PROEP
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC
CURSO –AGRONOMIA.

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FAGOESTIMULANTE DE BIOINSETICIDA À
BASE DE BACULOVÍRUS E GLICERINA PARA *Spodoptera frugiperda* EM FOLHAS
DE SOJA**

DISCENTE: ERIK RODRIGUES DOS SANTOS
ORIENTADOR: DR. JOÃO ANTÔNIO GONÇALVES E
SILVA

GOIÂNIA
JUNHO/2025

ERIK RODRIGUES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FAGOESTIMULANTE DE BIOINSETICIDA À
BASE DE BACULOVÍRUS E GLICERINA PARA *Spodoptera frugiperda* EM FOLHAS
DE SOJA**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do Centro
Universitário Goiás – UNIGOIÁS como pré-requisito para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador(a): Prof. Dr. JOÃO ANTÔNIO GONÇALVES E
SILVA

**GOIÂNIA
JUNHO/2025**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, Valdisson Cordeiro dos Santos, que partiu em 2010, quando eu tinha apenas 8 anos. Mesmo em tão pouco tempo, deixou em mim palavras que ecoaram por toda a minha caminhada: “Estude, meu filho, seja alguém diferente de mim, com um diploma nas mãos.” Hoje, cada página desta monografia carrega a força desse desejo. Mal sabia ele que, na verdade, eu sempre quis ser pelo menos metade do homem incrível que ele foi em vida. Espero que, de onde estiver, ele sinta orgulho da minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder forças nos momentos de incerteza e por ter sustentado minha caminhada até aqui com propósito e fé.

À minha mãe, Eva Rodrigues Teixeira dos Santos, exemplo de coragem e resiliência, que enfrentou todos os desafios ao meu lado e nunca mediu esforços para que eu pudesse alcançar meus sonhos. Ao meu padrasto, Misael Alves Fernandes, pelo apoio constante, e aos meus irmãos, João Miguel e Davi Lucas, por serem fonte de alegria e motivação.

Estendo minha gratidão ao meu orientador, João Antônio Gonçalves e Silva, pelo acompanhamento técnico e pelas valiosas contribuições durante a construção deste trabalho. À coordenação do curso de Agronomia, pelo suporte acadêmico e institucional ao longo da graduação.

Agradeço ao Laboratório GynLab, unidade da empresa AgBiTech, pela infraestrutura disponibilizada para a condução dos experimentos. Em especial, aos profissionais que colaboraram direta ou indiretamente para a execução das etapas práticas deste estudo.

Aos membros da banca examinadora, expressei meu sincero reconhecimento pelas críticas construtivas, sugestões criteriosas e contribuições essenciais que elevaram o rigor metodológico e científico deste trabalho. O aprimoramento deste TCC é reflexo direto da seriedade com que cada observação foi acolhida e incorporada.

Aos amigos e colegas que estiveram comigo nessa trajetória, oferecendo apoio, incentivo e parceria nos momentos mais desafiadores. Cada contribuição, por menor que pareça, teve importância singular na construção deste trabalho.

Finalizo expressando minha gratidão a todos que, de alguma forma, fizeram parte deste ciclo. Este TCC é o reflexo de muitas mãos, muitos ensinamentos e, sobretudo, de muito esforço coletivo.

EPÍGRAFE

"Confia no Senhor de todo o teu coração, e não te estribes no teu próprio entendimento. Reconhece-o em todos os teus caminhos, e ele endireitará as tuas veredas."

Provérbios 3:5-6

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Copo de 500 mL com dieta artificial e lagartas de Spodoptera frugiperda em segundo ínstar larval. Fonte: Arquivo pessoal	20
Figura 2. Folhas de soja cortadas e higienizadas. Fonte: Arquivo pessoal	21
Figura 3. Soluções preparadas em béqueres para montagem do ensaio. Fonte: Arquivo pessoal.....	22
Figura 4. Discos foliares secando após imersão em solução. Fonte: Arquivo pessoal	22
Figura 5. Modelo de individualização: dois discos foliares (4 × 4 cm) e duas lagartas de Spodoptera frugiperda por placa. Fonte: Arquivo pessoal	23
Figura 6. Vedação das placas com filme plástico PVC. Fonte: Arquivo pessoal.....	23
Figura 7. Escaneamento de discos foliares após exposição. Fonte: Arquivo pessoal.....	24
Figura 8. Análise da área consumida no ImageJ®. Fonte: Arquivo pessoal.....	24
Figura 9. Consumo foliar médio (cm ²) por Spodoptera frugiperda em três comparações de tratamento, com barras de erro representando o desvio padrão (n = 10). (A) Controle (UTC) vs. SfMNPV. (B) Glicerina vs. Controle (UTC). (C) Glicerina vs. SfMNPV	26

RESUMO

A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) é uma das principais pragas da agricultura tropical, destacando-se por sua elevada adaptabilidade, agressividade e resistência a inseticidas. Diante das limitações do controle químico, os baculovírus, como o SfMNPV (*Spodoptera frugiperda* Multiple Nucleopolyhedrovirus), têm se consolidado como alternativas promissoras no manejo biológico. A eficácia desses agentes depende da ingestão do patógeno pelo inseto, o que motiva a investigação de aditivos com potencial fagoestimulante. Este estudo teve como objetivo avaliar o consumo foliar de *S. frugiperda* exposta a folhas de soja tratadas com SfMNPV, glicerina e controle.

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, com lagartas no segundo ínstar, expostas a discos foliares contrastantes em placas de Petri. Foram testadas três comparações com 10 repetições cada: controle vs. vírus, controle vs. glicerina e glicerina vs. vírus. As áreas consumidas foram quantificadas com o software ImageJ® e analisadas por meio do teste t pareado ($p < 0,05$). Apesar das variações médias observadas, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Conclui-se que, nas concentrações testadas, a glicerina e o SfMNPV não alteram significativamente o comportamento alimentar de *S. frugiperda*. Limitações como número reduzido de repetições e uso de folhas maduras foram consideradas na interpretação dos resultados. Os dados sugerem que esses compostos são compatíveis com formulações biológicas, sem comprometer a atratividade foliar ou induzir maior consumo.

Palavras-chave: Lagarta-do-cartucho, controle biológico, manejo integrado de pragas, consumo foliar, sustentabilidade agrícola.

Sumário

INTRODUÇÃO.....	8
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
1.1. IMPORTÂNCIA AGRONÔMICA DE <i>Spodoptera frugiperda</i>	10
1.2. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS E LIMITAÇÕES DO CONTROLE QUÍMICO.....	11
1.3. BACULOVÍRUS COMO ALTERNATIVA BIOLÓGICA NO CONTROLE	13
1.4. FATORES QUE AFETAM O CONSUMO FOLIAR EM LAGARTAS DE <i>Spodoptera frugiperda</i>	14
1.5. SUBSTÂNCIAS FAGOESTIMULANTES: CONCEITO, MECANISMO E APLICAÇÕES	16
1.6. GLICERINA COMO POTENCIAL FAGOESTIMULANTE PARA <i>Spodoptera frugiperda</i>	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 PREPARO DAS SOLUÇÕES	21
3.2 MONTAGEM EXPERIMENTAL.....	22
3.3 AVALIAÇÃO DO CONSUMO FOLIAR.....	24
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797), conhecida como lagarta-do-cartucho, destaca-se como uma das principais pragas da agricultura nas Américas, afetando culturas como milho, soja, algodão e sorgo. Sua notável capacidade de dispersão, elevada taxa de reprodução e comportamento polífago contribuem para sua ampla distribuição e persistência nas lavouras (SILVA *et al.*, 2021). Estima-se que os danos econômicos causados por essa praga na cultura do milho superem os 400 milhões de dólares anuais apenas no Brasil (BARROS *et al.*, 2022).

O controle químico tem sido o principal método utilizado para o manejo de *S. frugiperda*, com aplicações frequentes de inseticidas sintéticos. No entanto, o uso intensivo desses produtos tem promovido o desenvolvimento de resistência em populações de campo, além de gerar riscos toxicológicos e impactos ambientais consideráveis (CZEPAK *et al.*, 2013). Esse cenário reforça a necessidade de alternativas mais sustentáveis, eficazes e compatíveis com os princípios do manejo integrado de pragas.

Nesse contexto, os baculovírus, como o *Spodoptera frugiperda* Multiple Nucleopolyhedrovirus (SfMNPV), têm se destacado como agentes de biocontrole promissores. Eles apresentam alta especificidade, são inofensivos a organismos não alvo e não deixam resíduos tóxicos no ambiente, o que os torna atrativos do ponto de vista ambiental e regulatório (ZOTTI; CIONI, 2022). Ainda assim, sua efetividade prática é limitada por fatores como a degradação por radiação ultravioleta e a lenta velocidade de ação em comparação aos inseticidas convencionais (CAMPOS *et al.*, 2017).

A ação entomopatogênica do SfMNPV depende, fundamentalmente, da ingestão de uma dose mínima de partículas virais por parte das lagartas. A aplicação do vírus em superfície foliar exige que o inseto consuma o tecido tratado para que ocorra a infecção letal. Em situações nas quais o consumo foliar é reduzido, seja por baixa atratividade da formulação ou por mudanças fisiológicas na praga, a eficácia do controle pode ser severamente comprometida (RODRIGUES *et al.*, 2020).

A fim de superar essa limitação, diversas substâncias têm sido investigadas quanto ao seu potencial fagoestimulante, ou seja, sua capacidade de aumentar a aceitação alimentar e a ingestão de caldas tratadas. Compostos como sacarose, glicose, aminoácidos e extratos vegetais demonstraram efeitos variáveis em diferentes espécies de lepidópteros, dependendo de sua estrutura química e da fisiologia sensorial do inseto (MORAIS *et al.*, 2023). Para *S.*

frugiperda, estudos mais específicos ainda são escassos, e os resultados são frequentemente inconclusivos.

A glicerina, embora seja um aditivo comum em formulações agrícolas e cosméticas devido às suas propriedades higroscópicas, viscosidade e baixa toxicidade, ainda não foi amplamente estudada sob a ótica do comportamento alimentar de pragas agrícolas. Segundo Lima *et al.* (2021), essas características podem influenciar a adesividade e a palatabilidade das caldas aplicadas sobre folhas, podendo interferir na atratividade e aceitação por parte de insetos fitófagos. Até o momento, não foram identificadas publicações que avaliem diretamente o efeito da glicerina no consumo foliar por lagartas de *S. frugiperda*.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da glicerina, aplicada isoladamente ou em associação ao SfMNPV, sobre o comportamento alimentar de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, analisando o consumo foliar em testes de preferência sob condições laboratoriais. Espera-se que os resultados contribuam para o entendimento do papel da glicerina como possível modulador da ingestão e, conseqüentemente, da eficiência de formulações biológicas utilizadas no controle dessa praga.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. IMPORTÂNCIA AGRONÔMICA DE *Spodoptera frugiperda*

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), é um inseto da ordem Lepidoptera e família Noctuidae, considerado uma das principais pragas agrícolas da América Latina devido ao seu alto potencial de dano e ampla distribuição geográfica. A espécie apresenta hábito alimentar polífago e comportamento altamente adaptativo, alimentando-se de diversas culturas, como milho, sorgo, algodão, soja, arroz e pastagens (MONTEZANO *et al.*, 2018). Devido à sua plasticidade ecológica, esse inseto tem sido capaz de colonizar regiões diversas e se estabelecer em ambientes agrícolas com distintas condições climáticas, representando um sério desafio fitossanitário para o setor produtivo.

Na cultura do milho, principal hospedeiro da praga, os danos provocados pelas larvas ocorrem principalmente na fase vegetativa e no início da fase reprodutiva. As larvas raspam as folhas jovens, perfuram o cartucho e podem atingir a espiga, prejudicando a emissão dos estilos-estigmas e comprometendo a formação dos grãos (BARROS *et al.*, 2022). Em casos de infestações severas, perdas superiores a 30% na produtividade da lavoura têm sido documentadas, especialmente quando não há controle efetivo nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura (SILVA *et al.*, 2021). Além do dano direto, o ataque de *S. frugiperda* favorece o estabelecimento de fungos e microrganismos secundários que deterioram os tecidos vegetais, agravando o impacto sobre a produção.

A relevância econômica da praga também está associada aos elevados custos envolvidos em seu controle. Segundo estudos conduzidos por Czepak *et al.* (2013), os produtores recorrem frequentemente a aplicações repetidas de inseticidas químicos, o que aumenta o custo por hectare e promove pressão seletiva sobre as populações da praga. Essa pressão seletiva tem contribuído significativamente para a evolução de resistência a diferentes classes de inseticidas, como organofosforados, piretroides e carbamatos (LEITE *et al.*, 2017). Além disso, casos de resistência a proteínas Cry de milho Bt já foram relatados no Brasil, indicando um esgotamento progressivo das estratégias tradicionais de controle (FARIAS *et al.*, 2014).

A mobilidade da praga também é um fator agravante. *S. frugiperda* é considerada uma espécie migratória, sendo capaz de realizar longos deslocamentos em curtas janelas temporais. De acordo com pesquisa realizada por Nagoshi *et al.* (2017), fluxos migratórios

dessa espécie têm sido detectados entre países da América do Sul e Central, facilitando a dispersão de populações resistentes e dificultando ações localizadas de controle. Essa característica reforça a necessidade de estratégias regionais e integradas de manejo, já que ações pontuais, isoladas, tendem a ser ineficazes diante da dinâmica populacional da praga.

Estudos também têm demonstrado que a ocorrência de *S. frugiperda* não está restrita às lavouras convencionais, sendo frequente em sistemas agrícolas diversos, incluindo áreas sob cultivo orgânico e agroecológico (VALICENTE; TESSMANN, 2019). Essa versatilidade ecológica evidencia a capacidade adaptativa do inseto, que consegue explorar diferentes nichos alimentares e superar barreiras ambientais. Em função disso, *S. frugiperda* tem sido estudada como modelo biológico para compreensão da resistência a inseticidas, comportamento alimentar, fisiologia digestiva e relações tritróficas entre pragas, hospedeiros e inimigos naturais (ZOTTI; CIONI, 2022).

Portanto, a importância agrônômica de *Spodoptera frugiperda* está amplamente consolidada na literatura científica. Sua capacidade de causar perdas significativas em diversas culturas, somada à resistência a inseticidas e ao comportamento migratório, exige soluções de manejo baseadas em conhecimento científico rigoroso, tecnologia e sustentabilidade. O monitoramento constante, o uso racional de defensivos e a incorporação de métodos alternativos, como controle biológico e aditivos fagoestimulantes, são apontados como caminhos promissores na busca por um manejo eficaz e ambientalmente responsável (FERNANDES *et al.*, 2021).

2.2. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS E LIMITAÇÕES DO CONTROLE QUÍMICO

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma estratégia fundamentada na utilização racional e combinada de diferentes métodos de controle, com o objetivo de manter a população de organismos-praga abaixo do nível de dano econômico. Sua origem remonta à década de 1960, como resposta à intensificação do uso de pesticidas de amplo espectro, que, embora eficazes no curto prazo, causaram desequilíbrios ecológicos e favoreceram a emergência de pragas secundárias e resistência (KOGAN, 1998). A proposta do MIP é integrar práticas culturais, biológicas, químicas e comportamentais em um sistema de tomada de decisão baseado no monitoramento constante das lavouras (ALMEIDA; SILVA, 2019).

No Brasil, o MIP tem ganhado espaço como alternativa ao controle exclusivamente químico, especialmente em culturas como milho, soja e algodão. O seu êxito, contudo, depende da adoção efetiva de práticas como o monitoramento sistemático de populações, a

identificação correta de pragas e inimigos naturais, e a escolha criteriosa de intervenções. De acordo com Hoffmann-Campo *et al.* (2012), o sucesso do MIP está diretamente relacionado à capacitação dos técnicos e produtores, pois o conhecimento técnico é determinante para evitar decisões precipitadas e intervenções desnecessárias. A introdução de bioindicadores, níveis de ação e programas de amostragem padronizados tem sido uma das formas de tornar o MIP operacional e aplicável em larga escala.

Apesar dos avanços conceituais e tecnológicos, o controle químico ainda é a prática mais amplamente utilizada no campo, principalmente devido à sua ação rápida, facilidade de aplicação e ampla disponibilidade no mercado. No entanto, essa abordagem tem sido criticada por promover sérios impactos ambientais e sociais, tais como a contaminação de solos e recursos hídricos, intoxicação de trabalhadores rurais e eliminação de organismos benéficos (CASTILHO *et al.*, 2020). A aplicação repetitiva e em altas doses também contribui para a seleção de indivíduos resistentes, fenômeno já amplamente documentado em populações de *Spodoptera frugiperda* no Brasil e em outros países da América Latina (LEITE *et al.*, 2017).

Casos de resistência de *S. frugiperda* a diferentes princípios ativos, como clorantropilprole, lambda-cialotrina e deltametrina, têm sido relatados em diversas regiões agrícolas brasileiras. Em estudo realizado por Farias *et al.* (2014), foi constatada a resistência da praga às proteínas Cry1F e Cry1Ab em milho Bt, tornando ineficaz uma das principais ferramentas genéticas utilizadas no manejo. Essa resistência é agravada pela ausência de refúgio estruturado e pela utilização contínua da mesma tecnologia por ciclos sucessivos, o que reforça a importância do uso combinado e rotativo de diferentes estratégias de controle dentro dos princípios do MIP (ZOTTI; CIONI, 2022).

Outro problema decorrente do uso excessivo de defensivos é a eliminação de agentes de controle biológico, como parasitoides, predadores e entomopatógenos naturais. Segundo Parra (2014), a redução da biodiversidade funcional dos agroecossistemas compromete o equilíbrio ecológico das áreas cultivadas, favorecendo explosões populacionais de pragas primárias e emergentes. O desequilíbrio entre insetos herbívoros e seus inimigos naturais torna o sistema produtivo mais vulnerável, exigindo intervenções cada vez mais intensas e recorrentes, o que gera um ciclo de dependência química difícil de reverter.

Diante desse cenário, há consenso na literatura científica de que o controle químico, quando utilizado isoladamente, é insustentável a longo prazo e deve ser restrito a situações de emergência, preferencialmente com produtos seletivos e de baixa toxicidade. O MIP, ao contrário, é uma abordagem holística, que considera os princípios da agroecologia, o conhecimento técnico-científico acumulado e a adaptação local das práticas agrícolas

(PALLINI *et al.*, 2021). Sua aplicação efetiva, no entanto, depende da valorização da pesquisa, da extensão rural e da educação continuada dos produtores, além do comprometimento com a sustentabilidade produtiva e ambiental.

2.3. BACULOVÍRUS COMO ALTERNATIVA BIOLÓGICA NO CONTROLE

Baculovírus são vírus pertencentes à família Baculoviridae, reconhecidos como agentes entomopatogênicos altamente específicos para insetos, principalmente da ordem Lepidoptera, o que os torna promissores no controle biológico de pragas agrícolas. Esses vírus são compostos por DNA de fita dupla encapsulado por uma matriz proteica (oclusina) que forma corpos de oclusão viral (OBVs), responsáveis por proteger o genoma viral no ambiente até a ingestão pelo inseto hospedeiro (MOSCARDI, 1999). Uma vez ingerido, o vírus se replica nas células intestinais e se dissemina pelos tecidos do inseto, levando-o à morte em poucos dias, geralmente entre 3 e 7, dependendo da dose e das condições ambientais (CABRERA-WALSH *et al.*, 2017).

A alta especificidade dos baculovírus para determinados grupos de insetos é uma de suas maiores vantagens, pois reduz os riscos de efeitos adversos sobre organismos não-alvo, como inimigos naturais e polinizadores. Essa característica torna o uso de baculovírus uma ferramenta compatível com os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e da agricultura sustentável (CASTRO *et al.*, 2022). Além disso, os baculovírus são biodegradáveis, não deixam resíduos tóxicos nos alimentos ou no ambiente, e não apresentam riscos à saúde humana, características que os colocam em vantagem em relação aos inseticidas químicos tradicionais (PEREIRA; FERNANDES, 2019).

No Brasil, o uso de baculovírus no controle de *Spodoptera frugiperda* tem sido objeto de estudos desde a década de 1980, culminando no desenvolvimento de formulações comerciais baseadas principalmente no nucleopoliedrovírus da espécie (*Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus – SfMNPV). Segundo Valicente e Tuelher (2015), esse baculovírus apresenta elevada patogenicidade contra larvas da praga em diferentes estágios, especialmente nos ínstaes iniciais. Os resultados de campo mostram que sua aplicação pode reduzir significativamente a população de *S. frugiperda*, desde que as condições ambientais sejam favoráveis à sua persistência foliar e ingestão pelas lagartas.

Apesar dessas vantagens, a principal limitação do uso de baculovírus em campo é sua instabilidade frente à radiação ultravioleta (UV). A exposição à luz solar pode degradar rapidamente os corpos de oclusão viral, reduzindo a viabilidade do patógeno nas folhas e

exigindo reaplicações frequentes (ARAÚJO *et al.*, 2021). Outro fator que afeta a eficácia do vírus é a exigência de ingestão para que ocorra a infecção: ao contrário de inseticidas de contato, os baculovírus só atuam se forem consumidos pelas larvas. Assim, qualquer fator que reduza a atratividade ou a palatabilidade da formulação pode comprometer seu desempenho (SIEBER *et al.*, 2018).

A lentidão na ação letal dos baculovírus também é considerada um fator limitante quando comparado aos inseticidas químicos de efeito rápido. Enquanto produtos químicos podem provocar paralisia e morte em horas, os baculovírus geralmente levam alguns dias para causar mortalidade, o que pode ser percebido negativamente por produtores que esperam resultados imediatos após a aplicação (VENTURA *et al.*, 2020). No entanto, essa limitação pode ser mitigada pelo uso de formulações melhoradas, aditivos sinérgicos ou pela integração com outros métodos de controle no escopo do MIP.

Diante dessas limitações, diversos estudos têm buscado formas de otimizar a aplicação de baculovírus, seja por meio do uso de protetores contra UV, seja pela incorporação de aditivos que aumentem a ingestão pelos insetos, como açúcares, aminoácidos, óleo de soja e compostos atrativos naturais (ZANOTTI *et al.*, 2019). A combinação dessas estratégias visa ampliar a eficácia do controle, prolongar o tempo de permanência do vírus nas folhas e garantir que as lagartas se alimentem do material tratado antes de causar danos significativos à cultura. Nesse contexto, o estudo de substâncias com potencial fagoestimulante, como a glicerina, passa a ser relevante, pois pode contribuir para aumentar a probabilidade de ingestão do vírus e, consequentemente, o sucesso do controle biológico.

2.4. FATORES QUE AFETAM O CONSUMO FOLIAR EM LAGARTAS DE *Spodoptera frugiperda*

O comportamento alimentar de larvas de *Spodoptera frugiperda* é influenciado por uma série de fatores internos e externos, que determinam a taxa de ingestão, a escolha da planta hospedeira e a intensidade dos danos causados. Entre os fatores internos, destaca-se o estágio de desenvolvimento larval. Segundo Lima *et al.* (2010), larvas em estágios iniciais (L1 e L2) consomem menos material vegetal, mas têm maior taxa relativa de crescimento, enquanto ínstares mais avançados (L4 a L6) apresentam maior capacidade de destruição devido ao aumento do tamanho corporal e da musculatura mandibular. Isso implica que o

tempo de exposição ao alimento e o ínstar avaliado são variáveis cruciais para a interpretação dos dados de consumo.

Além do estágio larval, o perfil fisiológico e metabólico da lagarta também interfere na taxa de alimentação. Estudos conduzidos por Scriber e Slansky (1981) demonstraram que a eficiência da conversão alimentar, a digestibilidade e o balanço energético das dietas variam conforme a composição química das folhas e o estado nutricional do inseto. Fatores como a presença de taninos, lignina e alcaloides nas folhas podem reduzir o consumo e comprometer a performance larval, mesmo quando a espécie hospedeira é conhecida por ser adequada do ponto de vista nutricional. Dessa forma, as condições bioquímicas da planta no momento da coleta dos discos foliares tornam-se determinantes para o comportamento de alimentação.

Entre os fatores externos, destaca-se a idade da planta, que está diretamente relacionada à qualidade nutricional e à composição dos tecidos foliares. De acordo com Baldin *et al.* (2014), folhas mais jovens tendem a apresentar maior teor de proteínas solúveis, menor lignificação e maior teor de água, tornando-se mais atrativas e palatáveis às lagartas. Em contrapartida, folhas senescentes ou mais desenvolvidas possuem maior concentração de compostos de defesa estrutural, como sílica e celulose, que reduzem a taxa de alimentação e aumentam o tempo de alimentação necessário para atingir o mesmo valor energético. Esse efeito é particularmente relevante quando se utilizam discos foliares de plantas em estágio reprodutivo, como vagens formadas, uma vez que tais folhas apresentam alterações morfológicas e químicas significativas.

A composição da superfície foliar também exerce influência direta sobre a alimentação. A presença de ceras epicuticulares, tricomas ou resíduos de defensivos pode afetar tanto a aceitação quanto a taxa de ingestão das folhas. Conforme registrado por Piesik *et al.* (2009), superfícies foliares com alta quantidade de compostos voláteis ou estruturas físicas abrasivas tendem a desencorajar o início da alimentação, mesmo quando a composição nutricional da folha é favorável. Além disso, condições de armazenamento dos discos, como temperatura e tempo entre a coleta e o uso, podem causar perda de umidade e alteração no teor de compostos voláteis, interferindo diretamente na atratividade.

Outro aspecto importante é a interação entre estímulos visuais e químicos que levam à escolha alimentar. Segundo Bernays e Chapman (1994), lagartas tomam decisões alimentares com base em um conjunto de sinais químicos (gustativos e olfativos) e físicos (cor, textura e forma), sendo esses estímulos processados por órgãos sensoriais localizados principalmente nas peças bucais e antenas. A ausência ou presença de determinados compostos pode induzir comportamentos de preferência ou de rejeição, o que explica a

variabilidade observada em experimentos de livre escolha, mesmo com populações homogêneas de insetos.

Por fim, o estresse ambiental ou a manipulação experimental também podem afetar o consumo. Fatores como manipulação física dos insetos, luz contínua ou interrupções frequentes durante o experimento podem gerar respostas comportamentais atípicas, como apatia, movimentação excessiva ou recusa alimentar. Como apontado por Ferreira *et al.* (2018), a padronização das condições de bioensaios é essencial para garantir a reprodutibilidade dos dados e a fidedignidade das conclusões. Portanto, o entendimento profundo dos fatores que afetam o consumo foliar é indispensável para o delineamento e interpretação de experimentos envolvendo avaliação de preferência alimentar e ingestão em *S. frugiperda*.

2.5. SUBSTÂNCIAS FAGOESTIMULANTES: CONCEITO, MECANISMO E APLICAÇÕES

Substâncias fagoestimulantes são compostos químicos capazes de induzir, intensificar ou manter o comportamento alimentar de insetos fitófagos, por meio de estímulos sensoriais específicos. Segundo Schoonhoven, van Loon e Dicke (2005), os insetos herbívoros utilizam quimiorreceptores localizados nas peças bucais, palpos e antenas para reconhecer compostos presentes na superfície vegetal ou liberados durante a mastigação. Essas substâncias funcionam como sinais de que o alimento é seguro e nutricionalmente adequado, sendo fundamentais para a aceitação e ingestão da planta hospedeira.

Em muitos casos, os fagoestimulantes estão naturalmente presentes nos tecidos vegetais, como açúcares solúveis, aminoácidos livres e ácidos orgânicos. Esses compostos são detectados pelas lagartas por meio de papilas gustativas especializadas e desencadeiam respostas alimentares imediatas, mesmo em ambientes com múltiplas opções alimentares (CHAPMAN, 2003). A intensidade do estímulo varia conforme a espécie de inseto, o estado nutricional do indivíduo e a concentração da substância no substrato. Para *Spodoptera frugiperda*, por exemplo, estudos apontam que a sacarose, o ácido glutâmico e o ácido málico possuem efeito positivo sobre o início e a continuidade da alimentação (REDDY; GUEL, 2011).

O uso de substâncias fagoestimulantes na agricultura tem sido explorado como ferramenta complementar no manejo integrado, especialmente para otimizar a eficácia de produtos de ingestão obrigatória, como os bioinseticidas à base de baculovírus. De acordo com Alvarenga *et al.* (2019), a adição de fagoestimulantes a formulações virais pode

aumentar significativamente a probabilidade de ingestão por lagartas, encurtando o tempo até a infecção e ampliando a eficiência do biocontrole. Além disso, substâncias atrativas podem mascarar odores indesejáveis ou aditivos repelentes presentes em algumas formulações, tornando o material foliar mais palatável.

Diversos compostos têm sido avaliados com esse propósito, entre eles mel, melaço, açúcares simples, extratos vegetais, aminoácidos, derivados proteicos e até compostos industriais de baixo custo. Estudos conduzidos por Zanotti *et al.* (2019) demonstraram que a adição de açúcares simples à calda de pulverização contendo baculovírus resultou em maior consumo foliar por *S. frugiperda* em bioensaios laboratoriais, o que se refletiu em taxas de mortalidade mais elevadas. Resultados semelhantes foram relatados por Mendes *et al.* (2020), ao utilizarem extrato de levedura como aditivo alimentar para lagartas em formulações de bioinseticidas.

O efeito fagoestimulante está diretamente relacionado à dose, à forma de aplicação e à estabilidade da substância na superfície foliar. Substâncias higroscópicas ou com alta solubilidade podem ser mais facilmente absorvidas ou degradadas em condições de campo, o que compromete sua persistência e eficácia (HASSANALI *et al.*, 2005). Por isso, é fundamental que estudos com fagoestimulantes considerem não apenas a atratividade em condições controladas, mas também sua viabilidade agronômica, estabilidade química e compatibilidade com os demais componentes da calda de pulverização.

Ainda que os resultados em laboratório sejam promissores, a aplicação em campo requer padronização de formulações, testes de compatibilidade e validação agronômica. Conforme salientado por Oliveira e Leite (2021), o uso de substâncias fagoestimulantes na agricultura deve ser visto como uma estratégia de intensificação ecológica do manejo de pragas, buscando maximizar o desempenho dos bioinseticidas sem recorrer a moléculas sintéticas de ação direta. Assim, a investigação de novos compostos com potencial fagoestimulante, especialmente aqueles de baixo custo e baixa toxicidade, representa uma linha promissora para a agricultura sustentável.

2.6. GLICERINA COMO POTENCIAL FAGOESTIMULANTE PARA *Spodoptera frugiperda*

A glicerina (propano-1,2,3-triol) é um composto orgânico amplamente utilizado em diferentes setores industriais, incluindo as indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética, devido à sua baixa toxicidade, solubilidade em água, estabilidade química e propriedades

higroscópicas (VIEIRA *et al.*, 2020). No contexto agrícola, seu uso tem sido explorado como veículo, umectante e aditivo em formulações de aplicação foliar, especialmente naquelas voltadas para controle biológico de pragas (SILVA *et al.*, 2021).

Acredita-se que a glicerina, por sua natureza higroscópica, possa contribuir para a manutenção da umidade nas superfícies tratadas, retardando o ressecamento dos tecidos foliares. Essa propriedade, embora amplamente documentada para fins tecnológicos (VIEIRA *et al.*, 2020), vem sendo testada na agricultura como forma de estabilizar caldas contendo entomopatógenos, preservando sua viabilidade por mais tempo em condições ambientais adversas (SILVA *et al.*, 2021). De modo indireto, essa retenção de umidade pode influenciar a palatabilidade das folhas, uma vez que tecidos vegetais mais suculentos e com menor grau de lignificação são preferidos por larvas de *S. frugiperda* (BALDIN *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2010).

No entanto, deve-se enfatizar que ainda não há consenso na literatura quanto ao papel direto da glicerina como fagoestimulante para lagartas de *S. frugiperda*. A maioria dos estudos disponíveis se restringe a formulações contendo outros aditivos alimentares, como açúcares simples, extratos vegetais ou aminoácidos, cujos efeitos sobre a ingestão já foram mais bem caracterizados (REDDY; GUEL, 2011; ZANOTTI *et al.*, 2019). Ainda assim, a similaridade físico-química da glicerina com esses compostos, especialmente no que diz respeito à viscosidade e ao dulçor residual, motiva sua investigação como potencial modificador do comportamento alimentar.

O efeito fagoestimulante de substâncias depende de múltiplos fatores, como concentração, forma de aplicação, compatibilidade com o substrato vegetal e resposta específica da espécie-alvo. Mendes *et al.* (2020) destacam que aditivos utilizados em formulações virais devem apresentar não apenas atratividade gustativa, mas também não comprometer a estabilidade e a distribuição do patógeno na superfície da folha. No caso da glicerina, sua viscosidade elevada pode representar tanto uma vantagem (maior fixação) quanto uma limitação (formação de película densa que inibe o consumo), conforme apontado por Alvarenga *et al.* (2019) em formulações com outros compostos espessantes.

Além dos aspectos gustativos e físicos, é necessário considerar os efeitos da glicerina sobre a interação do inseto com o patógeno. Ferreira *et al.* (2018) alertam que modificações na superfície foliar podem afetar o padrão de alimentação, a localização do vírus e o tempo de contato necessário para a ingestão de doses letais. Nesse contexto, o uso da glicerina deve ser avaliado não apenas quanto à preferência alimentar induzida, mas também em relação à

eficiência final do controle, especialmente quando associada a bioinseticidas como os baculovírus.

Diante disso, embora não haja ainda comprovação empírica robusta da glicerina como fagoestimulante direto para *S. frugiperda*, seu uso em formulações experimentais é promissor e justifica investigações mais aprofundadas. A combinação entre disponibilidade comercial, baixo custo, baixa toxicidade e potencial funcional torna a glicerina um candidato relevante para estudos de otimização de formulações biológicas. Entretanto, os resultados devem ser interpretados com cautela, e novos ensaios controlados são essenciais para validar sua eficácia sob diferentes condições experimentais e ambientais (OLIVEIRA; LEITE, 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no primeiro semestre de 2025 no Laboratório GynLab, unidade de pesquisa da empresa AgBiTech, localizado em Goiânia, Goiás (GO). As lagartas utilizadas pertenciam à geração F-20 da colônia mantida em condições laboratoriais controladas, criadas em ambiente com temperatura de 25 a 26 °C, umidade relativa entre 80% e 85% e fotoperíodo de 14 horas de luz e 10 horas de escuro.

As posturas foram coletadas de mariposas adultas recém-emergidas e alocadas em copos plásticos de 500 mL contendo aproximadamente 10 mL de dieta artificial à base de farinha de feijão, germe de trigo, levedura de cerveja e leite em pó, utilizada pelas larvas até a fase de pupa (Figura 1).



Figura 1. Copo de 500 mL com dieta artificial e lagartas de *Spodoptera frugiperda* em segundo ínstar larval. Fonte: Arquivo pessoal.

As folhas de soja utilizadas como substrato alimentar foram cultivadas em estufa da estação experimental da empresa, sem aplicação de defensivos agrícolas. Após a coleta, foram higienizadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1% (v/v), preparada com diluição de água sanitária comercial, durante cinco minutos, seguidos de três enxágues em água corrente. As folhas foram então cortadas em discos de 4 × 4 cm para padronização da área foliar (Figura 2).



Figura 2. Folhas de soja cortadas e higienizadas. Fonte: Arquivo pessoal.

3.1 PREPARO DAS SOLUÇÕES

Três tratamentos foram avaliados neste estudo, todos com volume final padronizado em 200 mL. Para garantir essa padronização, os volumes de Tween® 80 e dos ingredientes ativos (vírus ou glicerina) foram subtraídos previamente do volume de água destilada, antes da adição, de modo a manter o volume total constante em todas as soluções:

- **T1 (Controle):** solução preparada com 199,9 mL de água destilada e 100 µL de Tween® 80, resultando em concentração de 0,05% (v/v) de surfactante;
- **T2 (Vírus - SfMNPV):** solução composta por 199,7 mL de água destilada, 100 µL de Tween® 80 (0,05%) e 200 µL da suspensão viral comercial, ajustada para concentração de $2,5 \times 10^9$ OBs/mL;
- **T3 (Glicerina):** solução preparada com 100 mL de glicerina pura (PA) e 99,95 mL de água destilada, à qual foram adicionados 50 µL de Tween® 80, garantindo a mesma concentração de 0,05% (v/v) e totalizando 200 mL.

As soluções foram preparadas em béqueres de 500 mL (Figura 3) e homogeneizadas por 10 minutos em agitador magnético com barra de agitação.



Figura 3. Soluções preparadas em béqueres para montagem do ensaio. Fonte: Arquivo pessoal.

Os discos foliares foram completamente submersos nas soluções correspondentes por 30 segundos, deixados escorrer em papel toalha e parcialmente secos à temperatura ambiente por aproximadamente uma hora (Figura 4).



Figura 4. Discos foliares secando após imersão em solução. Fonte: Arquivo pessoal.

3.2 MONTAGEM EXPERIMENTAL

As unidades experimentais consistiram em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo dois discos foliares com tratamentos contrastantes, posicionados de forma equidistante e apoiados sobre papel filtro umedecido com 1 mL de água destilada para manter a umidade interna. Três combinações foram testadas:

- Controle × Vírus (T1 × T2);
- Glicerina × Controle × (T3 × T1);
- Glicerina × Vírus (T3 × T2).

Cada comparação foi composta por 10 repetições independentes, totalizando 30 placas. Em cada uma delas foram introduzidas duas lagartas de *Spodoptera frugiperda* no

segundo ínstar larval (L2), previamente submetidas a jejum por quatro horas. Os discos foram oferecidos simultaneamente (Figura 5), e não foram utilizadas placas com folhas controle isoladas.



Figura 5. Modelo de individualização: dois discos foliares (4×4 cm) e duas lagartas de *Spodoptera frugiperda* por placa. Fonte: Arquivo pessoal.

As placas foram vedadas com filme plástico PVC para evitar fuga das lagartas (Figura 6) e armazenadas ao acaso dentro de uma câmara tipo B.O.D., com temperatura de 28 °C, umidade relativa de 65% e fotoperíodo de 14:10 horas (claro:escuro), por 48 horas.

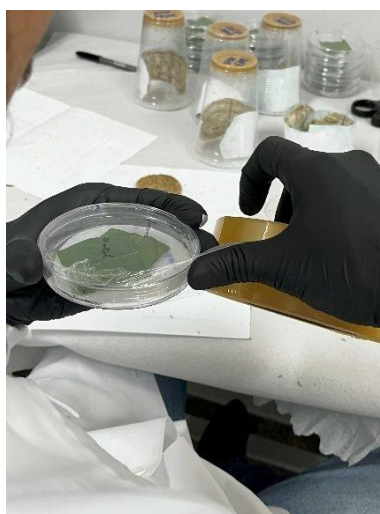


Figura 6. Vedação das placas com filme plástico PVC. Fonte: Arquivo pessoal.

3.3 AVALIAÇÃO DO CONSUMO FOLIAR

Ao final do período experimental, os discos foliares remanescentes foram digitalizados com scanner plano (Figura 7) e analisados quanto à área consumida utilizando o software ImageJ®, versão 1.53t (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012), conforme metodologia descrita por Ferreira *et al.* (2018) (Figura 8). A unidade de medida foi a área consumida por disco individual. Como os discos apresentavam tratamentos distintos, não foi realizada média entre as lagartas.



Figura 7. Escaneamento de discos foliares após exposição. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 8. Análise da área consumida no ImageJ®. Fonte: Arquivo pessoal.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram organizados em planilha eletrônica e analisados no ambiente estatístico R, versão 4.3.2 (R CORE TEAM, 2023), com auxílio do pacote “agricolae”, específico para experimentos agrícolas. A normalidade dos resíduos foi testada pelo método de Shapiro-Wilk. Para comparação entre os discos contrastantes de cada placa, foi utilizado o teste t pareado, considerando nível de significância de 5% ($p < 0,05$). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 9 apresenta a comparação entre os tratamentos quanto ao consumo foliar médio por lagartas de *Spodoptera frugiperda*, acompanhado dos respectivos desvios padrão. A análise estatística foi conduzida por meio do teste t pareado para cada contraste específico, adotando nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Na comparação entre o tratamento com baculovírus (SfMNPV) e o controle (UTC) [Figura 9A], observou-se consumo médio de 4,32 cm² no tratamento com vírus e de 2,57 cm² no controle, com desvios padrão de $\pm 1,85$ e $\pm 1,45$, respectivamente. O valor de p obtido foi de 0,059, o que indica tendência de maior consumo, porém sem diferença estatisticamente significativa.

No segundo contraste, entre glicerina e controle [Figura 9B], o consumo médio foi de 3,65 cm² para a glicerina ($\pm 1,60$) e de 1,51 cm² para o controle ($\pm 1,19$), com $p = 0,057$. Apesar da diferença numérica entre as médias, os dados também não apresentaram significância estatística.

Na comparação entre glicerina e SfMNPV [Figura 9C], os consumos médios foram de 1,57 cm² ($\pm 1,00$) para glicerina e 0,89 cm² ($\pm 0,61$) para o vírus, com $p = 0,094$. A menor magnitude das médias nessa comparação reflete um padrão de menor consumo geral entre os dois tratamentos.

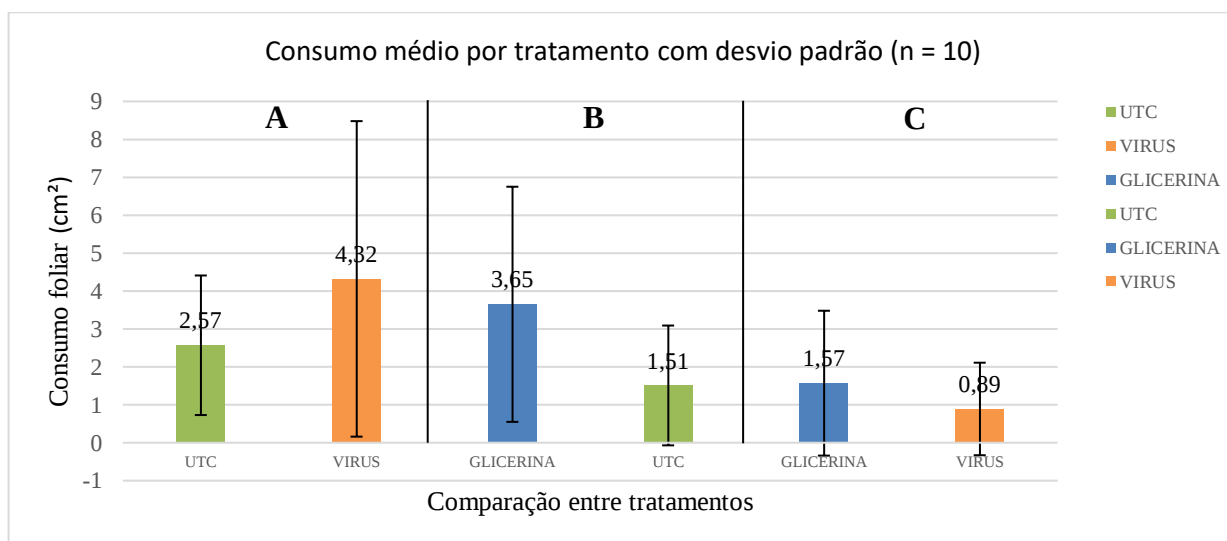


Figura 9. Consumo foliar médio (cm²) por *Spodoptera frugiperda* em três comparações de tratamento, com barras de erro representando o desvio padrão (n = 10).
(A) Controle (UTC) vs. SfMNPV.
(B) Glicerina vs. Controle (UTC).
(C) Glicerina vs. SfMNPV.

A ausência de significância estatística pode ser parcialmente atribuída à variabilidade biológica intrínseca entre os indivíduos, ao número limitado de repetições ($n = 10$) e ao curto período de exposição (48 horas), fatores que tendem a reduzir o poder do teste estatístico, conforme alertam Montgomery (2012) e Quinn e Keough (2002). Além disso, as lagartas utilizadas pertencem à geração F-20 de uma colônia mantida exclusivamente com dieta artificial, o que pode ter influenciado negativamente sua capacidade de consumir tecido vegetal devido à menor seletividade bucal, como sugerido por Gómez *et al.* (2017).

Em relação à glicerina, embora seja reconhecida por sua capacidade higroscópica, que poderia teoricamente manter a umidade nas superfícies foliares e melhorar a palatabilidade (AVILA; ZOTTI, 2018), não foram observados efeitos fagoestimulantes estatisticamente evidentes. Isso corrobora os resultados obtidos por Ferreira (2023), que avaliou compostos naturais e também não observou aumento significativo no consumo por *S. frugiperda*.

Um possível fator que merece consideração é o comportamento canibalístico de *S. frugiperda* (CHAPMAN *et al.*, 1999), especialmente em condições de confinamento com múltiplos indivíduos por unidade experimental. Ainda que tal comportamento não tenha sido observado diretamente neste estudo, sua relevância se destaca como hipótese teórica ao se considerar a produção comercial do baculovírus a partir de lagartas ultraprocessadas. Especula-se que resíduos de proteínas ou compostos atrativos possam estar presentes na formulação, exercendo potencial efeito fagoestimulante indireto. Essa possibilidade, embora não confirmada, poderia justificar o aumento de consumo observado em algumas repetições do tratamento com SfMNPV.

A tendência visual de maior consumo nos tratamentos com glicerina e SfMNPV em comparação ao controle sugere que esses compostos não inibem a alimentação, o que é importante do ponto de vista do desempenho inicial de bioinseticidas. Contudo, a ausência de significância estatística limita as interpretações conclusivas sobre qualquer possível estímulo alimentar.

Por fim, a ausência de efeito fagoestimulante pode ser tecnicamente vantajosa. Em formulações comerciais, como o Cartugen®, compostas por baculovírus com aditivos como a glicerina, a não estimulação do consumo pode evitar perdas foliares adicionais. Entretanto, é fundamental destacar que este estudo não avaliou mortalidade ou letalidade viral, não sendo possível afirmar qualquer relação entre o consumo e a eficiência entomopatogênica do vírus.

Estudos futuros com maior número de repetições, escolhas múltiplas, monitoramento de mortalidade e inclusão de lagartas recém-eclodidas podem oferecer dados mais robustos sobre o potencial fagoestimulante ou repelente desses compostos.

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste experimento indicaram que, nas condições avaliadas, a adição de glicerina ou de baculovírus (*Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus, SfMNPV) às folhas de soja não promoveu aumento significativo no consumo foliar por lagartas de *Spodoptera frugiperda*. Embora as médias visuais tenham sugerido variações entre os tratamentos, a análise estatística não revelou diferenças significativas, descartando o efeito fagoestimulante sob os parâmetros testados.

Fatores como o número limitado de repetições ($n = 10$), o tempo reduzido de exposição (48 horas) e a variação natural entre os indivíduos podem ter influenciado a sensibilidade do teste estatístico. Ainda assim, a ausência de estímulo alimentar relevante indica que os aditivos utilizados, em especial o SfMNPV, não comprometem a oportunidade de ingestão do patógeno em níveis mínimos eficazes, o que representa uma característica desejável em formulações comerciais de bioinseticidas. Para aprofundar a compreensão sobre esses efeitos, recomenda-se a realização de ensaios futuros com maior robustez experimental, inclusão de testes com escolha múltipla e, preferencialmente, avaliação da mortalidade larval associada ao consumo.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. D. *et al.* Uso de aditivos alimentares para aumentar a eficácia de baculovírus em lagartas de *Spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 3, p. 145–152, 2019.
- AVILA, C. J.; ZOTTI, M. J. Glicerina e inseticidas biológicos: formulações e aplicações sustentáveis. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 3, p. 120–128, 2018.
- BALDIN, E. L. L. *et al.* Aspectos bioecológicos e manejo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista de Agricultura**, v. 89, n. 1, p. 29–41, 2014.
- BARROS, R. *et al.* Impacto econômico do ataque de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 66, p. 15–23, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2022-0015>.
- CAMPOS, E. V. R. *et al.* Polymeric and lipid nanoparticles for sustained release of insecticides: Physical and biological characterization. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1–13, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00529-3>.
- CHAPMAN, R. F. Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 455–484, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112629>.
- CHAPMAN, R. F.; BERNAYS, E. A.; SIMPSON, S. J. Host-plant selection by phytophagous insects. In: **Physiological mechanisms in insect-host interactions**. Springer, Dordrecht, 1999. p. 169–200.
- CZEPAK, C. *et al.* First reported occurrence of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) resistance to Bt maize in Brazil. **Pest Management Science**, v. 69, p. 101–105, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3344>.
- EMBRAPA. **Sistema Plantio Direto**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- FERREIRA, D. M. Avaliação do consumo foliar de *Spodoptera frugiperda* submetida a bioinseticidas com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Proteção de Plantas**, v. 28, n. 1, p. 25–32, 2023.
- FERREIRA, G. R. *et al.* Procedimentos metodológicos para bioensaios com lagartas de *Spodoptera frugiperda* em laboratório. **Boletim Técnico da Embrapa Milho e Sorgo**, v. 120, p. 1–18, 2018.
- GÓMEZ, D. R.; LOPES, L. A.; CASTRO, M. E. Efeito da dieta artificial prolongada na morfologia e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Colombia Journal of Entomology**, v. 43, n. 2, p. 155–162, 2017.
- HASSANALI, A. *et al.* Chemical ecology of plant–insect interactions: prospects for pest management. **Pure and Applied Chemistry**, v. 77, n. 8–9, p. 1551–1559, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1351/pac200577081551>.

LIMA, M. S. *et al.* Consumo foliar de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p. 497–503, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500004>.

LIMA, M. V. *et al.* Influence of formulation additives on physicochemical properties and insecticidal efficacy of botanical-based sprays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 12, p. 3557–3565, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07259>.

MENDES, J. M. *et al.* Extrato de levedura como aditivo fagoestimulante em formulações de bioinseticidas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 91–99, 2020.

MONTEZANO, D. G. *et al.* Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v. 26, n. 2, p. 286–300, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012. 752 p.

MORAIS, R. M. *et al.* Feeding behavior modulation by natural and synthetic compounds in Lepidoptera larvae: Implications for pest control. **Pest Management Science**, v. 79, p. 1012–1024, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.7298>.

OLIVEIRA, D. G.; LEITE, M. G. Substâncias atrativas e fagoestimulantes em formulações virais para controle de *S. frugiperda*. **Cadernos de Agroecologia**, v. 16, n. 1, p. 234–241, 2021.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 537 p.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

REDDY, G. V. P.; GUEL, A. Behavioral responses of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to selected kairomones and food attractants. **Environmental Entomology**, v. 40, n. 3, p. 610–616, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1603/EN10187>.

RODRIGUES, F. H. C. *et al.* Ingestion of baculovirus-based formulations by *Spodoptera frugiperda* larvae: effects of surfactants and feeding stimulants. **Biocontrol Science and Technology**, v. 30, n. 8, p. 857–869, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1759313>.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, v. 9, p. 671–675, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>

SCHOONHOVEN, L. M.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. **Insect-Plant Biology**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2005.

SILVA, D. M. *et al.* Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to insecticides: A global analysis. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 1, p. 1–11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toaa236>.

SILVA, R. A. *et al.* Estabilidade de formulações virais com aditivos higroscópicos no controle de lepidópteros-praga. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa*, v. 22, p. 1–10, 2021.

VIEIRA, M. S. *et al.* Glicerina na agricultura: usos, efeitos e perspectivas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 2, p. 149–158, 2020.

ZANOTTI, T. M. *et al.* Efeito de aditivos alimentares sobre a eficácia de baculovírus no controle de lagartas em soja. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 3, p. 202–210, 2019.

ZOTTI, M. J.; CIONI, J. P. Baculovirus-based biopesticides for *Spodoptera frugiperda* management: Advances and challenges. **Biocontrol Science and Technology**, v. 32, n. 3, p. 219–235, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2021.2011801>.