



UNIVERSIDADE FEDERAL DA
GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

**EFEITO DE EXTRATO AQUOSO DE *Strychnos pseudoquina* A.
St. Hil SOBRE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797
(Lepidoptera: Noctuidae)**

Elivelto da Silva Cavalcante

Dourados-MS
Julho/2023

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Elivelto da Silva Cavalcante

**EFEITO DE EXTRATO AQUOSO DE *Strychnos pseudoquina* A.
St. Hil SOBRE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797
(Lepidoptera: Noctuidae)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Orientadora: Rosilda Mara Mussury Franco Silva

Dourados-MS
Julho/2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C377e Cavalcante, Elivelto Da Silva

EFEITO DE EXTRATO AQUOSO DE *Strychnos pseudoquina* A. St. Hil SOBRE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) [recurso eletrônico] / Elivelto Da Silva Cavalcante. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Rosilda Mara Mussury Franco Silva.

Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. inseticidas botânicos. 2. inseto-praga. 3. metabólitos secundários. I. Silva, Rosilda Mara Mussury Franco. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

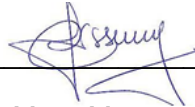
“EFEITO DE EXTRATO AQUOSO DE *Strychnos pseudoquina* A. ST. HIL SOBRE *Spodoptera frugiperda* J.E. SMITH, 1797 (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)”.

Por

ELIVELTO DA SILVA CAVALCANTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Assinatura da orientadora

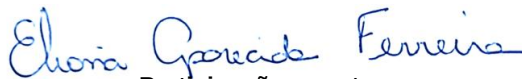


Dr.^a Rosilda Mara Mussury Franco Silva
Orientadora/Presidente - UFGD



Participação remota

Dr.^a Aline do Nascimento Rocha
Membro titular



Participação remota

Dr.^a Eliana Aparecida Ferreira
Membro titular

Dissertação aprovada em: 24 de julho de 2023

Biografia do Acadêmico

Eu ELIVELTO DA SILVA CAVALCANTE, nascido em Jardim, município brasileiro, da região Centro-Oeste do Brasil, no estado de Mato Grosso do Sul, no dia 22 de junho de 1992, no Hospital Marechal Rondon. Filho de Neusa Catarina da Silva Cavalcante e Francisco Moreira Cavalcante, ambos camponeses e com 1º grau escolar incompleto, irmão de Elizangela Silva Cavalcante da Silva (1981), Edinaldo da Silva Cavalcante (1984) e Elizete da Silva Cavalcante (1989). Iniciei os estudos (pré-escola) em 1997 na rede pública de ensino, na Escola Municipal Doutor José Garcia Neto (Nioaque/MS), onde estudei até o 9º ano (2007) completando o Ensino Fundamental. Em 2008 entrei para a Escola Estadual Odete Ignêz Resstel Villas Bôas (Nioaque/MS), na qual estudei os três anos do ensino médio com finalização em 2010. Em 2011 comecei o curso técnico em Meio Ambiente, pelo Instituto Federal do Mato Grosso do Sul - Campus Jardim/MS (IFMS), com duração de 2 anos (2013). Em julho de 2014 prestei o vestibular da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada na cidade de Dourados/MS para o Curso de Licenciatura em Educação do Campo, com habilitação em Ciências da Natureza, no qual fui aprovado. Em outubro de 2018, me formei e na mesma época, me mudei para Dourados com o objetivo de continuar meus estudos. Para me manter na cidade, tive que conseguir trabalho, o que me impossibilitou de seguir estudando, pois não havia liberação da empresa para tal. No final de 2019, prestei um processo seletivo do Estado para dar aulas, fui aprovado e assumi aulas por um período de dois anos. Lecionei em 4 escolas, sendo elas a Escola Estadual Presidente Vargas, a Escola Estadual Menodora Fialho de Figueiredo, a Escola Estadual Professor José Pereira Lins e Centro Educacional Estadual de Jovens e Adultos (CEEJA), extensão Penitenciária Estadual de Dourados (PED), ministrando seis disciplinas, dentro da área de Ciências da Natureza, para alunos do ensino fundamental e médio, até dezembro de 2021. Por estar em sala de aula, em setembro de 2020 decidi iniciar a Pós-graduação em Educação Especial e Inclusiva, pela Faculdade FUTURA com término em novembro de 2021. Ao saber do processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, resolvi me inscrever, por ter interesse na área de Zoologia e com o objetivo de melhorar o trabalho docente. Na graduação meu trabalho de conclusão de curso foi baseado na relação entre os camponeses e a fauna silvestre, baseando-se através do etnoconhecimento de camponeses do assentamento Colônia Nova. Colhi como fruto deste trabalho uma publicação em forma de artigo científico em revista; uma parceria com a minha orientadora da Graduação, Laura Jane Gislotti. Durante minha trajetória participei de vários cursos e formações, onde pude conhecer pessoas e absorver diversos conhecimentos. Os momentos difíceis que me fizeram mais forte e me ajudaram a enfrentar as situações adversas. Aprendi a dar valor às coisas simples que a vida proporciona, ter um olhar voltado à conservação da biodiversidade, a amar não só aqueles que são próximos, como também a ter empatia e buscar compreender os outros. Com o tempo e estudos pude compreender que conhecimento não é algo concreto ou limitado, e que sempre podemos descobrir coisas novas sobre determinado assunto seja observando, investigando e tentando enxergar através da visão de outras pessoas. Embora eu não tenha atingido tudo o que desejo, apesar de estar feliz com o que tenho, percebo que a curiosidade me motiva, me transforma, me faz ter vontade de continuar, me traz novos sonhos a cada passo. Os sonhos que conquistei até aqui me fazem acreditar que tudo é possível.

Agradecimentos

A Deus, pela vida, por minha saúde, e pela família que me deu.

A Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD pela oportunidade de realização do curso de Mestrado possibilitando esse processo de formação profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento da bolsa de estudos, o que possibilitou a permanência no curso.

A Professora Dra. Rosilda Mara Mussury Franco Silva, por me aceitar como orientando e pelo apoio e dedicação, por suas correções e ensinamentos que me permitiram desenvolver diversas habilidades, tanto na escrita quanto na fala, proporcionando melhor desempenho neste processo de formação profissional.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade de todas as disciplinas, pelos conhecimentos, e por aqueles que participaram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

Ao senhor Anastácio Peralta, por ter doado as sementes do milho crioula Asteca, possibilitando a realização da segunda parte do experimento.

Minha colega de laboratório Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial, pela contribuição nas análises estatísticas e Matheus Moreno Mareco da Silva pelas instruções e ensinamentos no manuseio e manutenção da criação de *Spodoptera frugiperda*.

A minha amiga e colega de mestrado, Dilma Marques dos Reis, por sempre me apoiar, e contribuir na melhoria da escrita e por me aconselhar em diversos momentos de dificuldade.

A minha família que sempre me apoiou a seguir os estudos e não desistir, ao meu namorado, Manuel Salvador Colina Lovera, por estar sempre comigo nos momentos difíceis e aos meus colegas de mestrado pelos encontros, bate-papo, orientações e pela força e incentivo na realização deste projeto.

Dedicatória

*Aos meus pais Francisco Moreira Cavalcante e Neusa Catarina da Silva Cavalcante,
mesmo que com pouquíssima escolaridade sempre lutaram por meus estudos e futuro.
A Manuel Salvador Colina Lovera, por sempre estar comigo nos momentos de dificuldade e
de alegria.*

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Formulação da dieta artificial para <i>Spodoptera frugiperda</i> .	28
Tabela 2 - Duração de longevidade (média $\pm$ EP) e classificação não paramétrica das fases larval e pupal, expostas a diferentes concentrações de extrato.	35
Tabela 3 - Duração de longevidade (média $\pm$ EP) e classificação não paramétrica da fase adulta feminina, do período de oviposição e da razão sexual, expostas a diferentes concentrações de extrato.	36
Tabela 4 - Classificação paramétrica usando o modelo Binomial com sobrevivência (média $\pm$ EP) das fases larval e pupal e viabilidade dos ovos em diferentes concentrações de extrato.	36
Tabela 5 - Classificação paramétrica usando o modelo Gaussiano com biomassa pupal, longevidade dos machos adultos, período de pré-oviposição e número de ovos (média $\pm$ EP) em diferentes concentrações de extrato.	37
Tabela 6 - Duração de longevidade (média $\pm$ EP) e classificação não paramétrica das fases larval, pupal e adulta feminina expostas a diferentes concentrações de extrato.	37
Tabela 7 - Classificação paramétrica usando o modelo Binomial com sobrevivência (média $\pm$ EP) das fases larval e pupal e viabilidade de ovos em diferentes concentrações de extrato.	37
Tabela 8 - Classificação paramétrica usando o modelo gaussiano com biomassa pupal, longevidade de machos e fêmeas adultos (média $\pm$ EP em diferentes concentrações de extrato.	38
Tabela 9 - Classificação paramétrica usando o modelo gaussiano número de ovos (média $\pm$ EP) período de pré-oviposição e de oviposição em diferentes concentrações de extrato.	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	17
Figura 2 - Dieta artificial para <i>S. frugiperda</i> .	28
Figura 3 - Obtenção do milho para a experimento com <i>S. frugiperda</i> .	29
Figura 4 - Criação de <i>S. frugiperda</i> em laboratório	30
Figura 5 - Preparo do extrato aquoso de <i>S. pseudoquina</i> .	31
Figura 6 - Exposição de <i>S. frugiperda</i> a <i>S. pseudoquina</i> em dieta artificial.	32
Figura 7 - Exposição de <i>S. frugiperda</i> a <i>S. pseudoquina</i> em dieta natural.	34
Figura 8 - Efeito de extrato aquoso da folha de <i>S. pseudoquina</i> sobre a longevidade larval de <i>S. frugiperda</i> em dieta artificial e dieta natural.	39
Figura 9 - Efeito de extrato aquoso da folha de <i>S. pseudoquina</i> sobre a longevidade pupal de <i>S. frugiperda</i> em dieta artificial e dieta natural.	39
Figura 10 - Efeito de extrato aquoso da folha de <i>S. pseudoquina</i> sobre o período de oviposição de <i>S. frugiperda</i> em dieta artificial e dieta natural.	40
Figura 11 - Efeito de extrato aquoso da folha de <i>S. pseudoquina</i> sobre o número de ovos de <i>S. frugiperda</i> em dieta artificial e dieta natural.	40
Figura 12 - Efeito de extrato aquoso da folha de <i>S. pseudoquina</i> sobre a viabilidade dos ovos de <i>S. frugiperda</i> em dieta artificial e dieta natural.	41

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).....	16
2.1.1 Ciclo de vida e características gerais de <i>Spodoptera frugiperda</i>	17
2.1.2 Hospedeiros de <i>S. frugiperda</i>	18
2.2 Tipos de inseticidas no controle de pragas.....	19
2.2.1 Métodos de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	21
2.2.2 A utilização dos inseticidas botânicos na agricultura familiar.....	23
2.2.3 A <i>Strychnos pseudoquina</i>	25
3 OBJETIVOS.....	26
Geral.....	26
Específicos.....	26
4 HIPÓTESES.....	26
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
5.1 Preparo de dieta artificial para criação e estoque para experimentos com <i>Spodoptera frugiperda</i>	27
5.2 Obtenção do milho para experimento com <i>Spodoptera frugiperda</i> sob efeito de <i>Strychnos pseudoquina</i>	28
5.3 Criação de <i>Spodoptera frugiperda</i> em laboratório.....	29
5.4 Preparo do extrato aquoso de <i>Strychnos pseudoquina</i> para o experimento.....	30
5.5 Exposição de <i>Spodoptera frugiperda</i> a <i>Strychnos pseudoquina</i> em dieta artificial.....	31
5.6 Exposição de <i>Spodoptera frugiperda</i> a <i>Strychnos pseudoquina</i> em dieta natural.....	32
5.7 Análise dos dados.....	34
5.7.1 Análise de dados dos experimentos realizados com <i>S. frugiperda</i> submetidas a extrato aquoso de <i>S. pseudoquina</i>	34
6 RESULTADOS.....	35
7 DISCUSSÃO.....	41
8 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

OBS: Todos os Capítulos estão formatados de acordo com as normas Revista “Journal of Agricultural Science” Fator de Impacto: 2.603.

RESUMO

A *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é praga-alvo na cultura do milho (*Zea mays* L.). Este cereal possui grande importância econômica e está presente na alimentação humana e animal em todos os continentes do mundo. No Brasil, o controle populacional dessa praga vem se tornando um desafio para pequenos e grandes produtores. Os extratos botânicos são aliados fundamentais no controle de pragas, proporcionando uma abordagem sustentável e de baixo impacto ambiental para proteger as culturas agrícolas e preservar a biodiversidade. A flora brasileira, disponibiliza ampla variedade de plantas que podem ser importantes para a produção de bioinseticidas. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial inseticida dos extratos aquosos da falsa-quina (*Strychnos pseudoquina* A. St. Hil) sobre a biologia de *S. frugiperda* em dieta artificial e dieta natural (folhas de milho). Para tanto, testamos as hipóteses de que o extrato aquoso de *S. pseudoquina* pode ser eficaz no controle de *S. frugiperda*, de maneira que os efeitos desse extrato em experimento realizado com folha de milho interferiram mais no ciclo de vida desse inseto do que em experimento com dieta artificial. Com isso, foram realizados os experimentos, com *S. frugiperda*, sendo submetidas a alimentação com as dietas nas diferentes concentrações (controle, 5% e 10%) de extrato aquoso de *S. pseudoquina*, onde os resultados obtidos das concentrações de 5% e de 10% comparados com o controle foram o aumento da longevidade larval, reduções de biomassa pupal, alimentação, número de dias ovipositando, número e viabilidade de ovos e consequentemente, redução de indivíduos da segunda geração. Portanto, sugerimos que o extrato de *S. pseudoquina* pode ser uma alternativa adicional viável para uso na agricultura familiar e orgânica, no entanto, indica-se que sejam realizados testes em campo, utilizando outras partes da planta e outros métodos de extração de substâncias, podendo maximizar a atividade inseticida, bem como em organismos não alvo.

Palavras-chave: inseticidas botânicos; inseto-praga; metabólitos secundários.

ABSTRACT

The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)) (Lepidoptera: Noctuidae) is a major pest of maize (*Zea mays* L.) cultivation. This cereal holds significant economic importance and is a staple in human and animal diets across all continents. In Brazil, controlling this pest has become a challenge for both small and large-scale producers. Botanical extracts are important tools in pest management, offering a sustainable and environmentally friendly approach to safeguarding agricultural crops and preserving biodiversity. The Brazilian flora provides a wide variety of plants that could be important for the production of bioinsecticides. Thus, the aim of this study was to evaluate the insecticidal potential of aqueous extracts from false quina (*Strychnos pseudoquina* A. St. Hil) on the biology of *S. frugiperda* fed on an artificial diet and on maize leaves. To achieve this, we tested the hypotheses that "the aqueous extract of *S. pseudoquina* may be effective in controlling *S. frugiperda*, with the effects of this extract in an experiment conducted with maize leaves interfering more with the life cycle of this insect than in an experiment with artificial diet." Therefore, experiments were conducted with *S. frugiperda* subjected to feeding on the diets; we used different concentrations (control, 5%, and 10%) of aqueous extract of *S. pseudoquina*, where the results obtained from the concentrations of 5% and 10% compared to the control were increased larval longevity, reductions in pupal biomass, feeding, number of days ovipositing, number, and viability of eggs, and consequently, reduction of individuals in the second generation. Therefore, we suggest that the extract of *S. pseudoquina* may be a viable additional alternative for use in family and organic farming; however, it is recommended that field tests be conducted using other parts of the plant and different extraction methods, which may maximize insecticidal activity as well as allow the assessment of effects on non-target organisms.

Keywords: botanical insecticides; insect pest; secondary metabolites.

1 INTRODUÇÃO

A *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera:Noctuidae). Considerada uma das principais pragas da agricultura mundial, a *S. frugiperda* é polífaga, podendo acometer cerca de 350 plantas hospedeiras de 76 famílias botânicas, como: milho, soja, arroz, hortaliças, amendoim e outras (Montezano et al., 2018). As populações de *S. frugiperda* foram divididas em dois grupos geneticamente distintos, mas morfologicamente idênticos. O primeiro grupo a linhagem de milho, com preferência alimentar por gramíneas grandes, como milho, sorgo e outras; e a segunda, a linhagem de arroz que se alimenta preferencialmente de gramíneas menores, como arroz, grama bermuda e outras (Pashley, 1986; Hussain et al., 2021).

O milho (*Zea mays* L.) (Cyperales: Poaceae) é produzido por pequenos e grandes produtores, em quase todos os continentes, possui grande importância econômica e tradicional, por ser utilizado de diversas maneiras, tais como, na alimentação humana e animal, utilizado nas indústrias de altas tecnologias para fins cosméticos, medicinais, produção de biocombustíveis, filmes e embalagens biodegradáveis (Paes, 2006; Sologuren, 2015; Melo et al., 2021).

Produzido em todas as regiões do Brasil, a cultura do milho é dividida em duas safras (safra de verão e safra da seca). Entre 2017 e 2018 o país produziu 81,35 milhões de toneladas, com média de 4,89 toneladas por hectare (CONAB, 2018). Dados de 2022, apontam aumento de 226% na produção do cereal em todas as regiões brasileiras, onde a cultura se destaca no Nordeste (411%), seguido pelo Norte (299%), Centro-Oeste (248%), Sudeste (225%) e por último o Sul (143%) (Costa et al., 2022; CONAB, 2022).

A lagarta-do-cartucho, uma das pragas-chave da cultura do milho, afeta o rendimento e a qualidade da produção. Os insetos-praga são considerados causadores de maiores impactos nas produções, sendo os da ordem Lepidoptera, principalmente na fase larval, que necessitam de maiores cuidados e atenção durante a safra (Barros, 2012).

A procura por produtos voltados ao controle de insetos-praga, tem aumentado consideravelmente, junto ao avanço das produções agrícolas, visto que diversos fatores podem reduzir a efetividade desses produtos, interferindo no controle desses insetos. A aplicação de inseticidas químicos, tem sido a principal forma de controle de *S. frugiperda*, contudo, a dificuldade de atingir a lagarta dentro do cartucho, pode provocar seleção de populações resistentes, diminuição de inimigos naturais, aumento do risco de contaminação ambiental, além do aumento de risco de toxicidade para saúde humana e outros animais (Santos, 2004; Cruz, 2008; Bombardi, 2011; Goedel et al., 2021).

Outra medida no controle de insetos-praga tem sido a utilização de variedades de sementes geneticamente modificadas. Contudo insetos como a *S. frugiperda*, desenvolveram resistência ao milho transgênico *Bacillus thuringiensis* (Bt) e a vários tipos de inseticidas devido ao uso excessivo (Tabashnik et al., 2008; Jing et al., 2021).

A resistência de insetos pragas ao milho (Bt) ocorre quando indivíduos com características genéticas que os tornam menos suscetíveis à proteína inseticida sobrevivem após a exposição ao milho (Bt) e passam essas características para sua descendência. Com o tempo, a frequência desses indivíduos resistentes aumenta na população de insetos, comprometendo a eficácia do milho (Bt) no controle das pragas (Fernandes et al., 2019).

Nos últimos anos houve aumento significativo na busca por produtos botânicos para o controle de pragas, por conter substâncias com menores riscos à saúde humana, animal e ao meio ambiente, somado à crescente procura por alimentos saudáveis e isentos de resíduos agrotóxicos (Corrêa & Salgado, 2011). Os metabólitos secundários presentes em raízes, folhas, cascas e sementes das plantas, torna possível a ação inseticida, capacidade que combate o ataque de insetos herbívoros. E os efeitos sobre os insetos podem ser variados, como a morte por toxicidade direta, repelência, redução da alimentação e esterilidade (Mossini & Kemmelmeier, 2005; dos Santos, 2004).

Diversas substâncias bioativas extraídas de plantas, podem ser eficazes e aliadas aos programas de manejo integrado de pragas (MIP), podendo também ser integradas a outros métodos de controle de insetos, possibilitando a redução de efeitos negativos ocasionados pela aplicação descontrolada de inseticidas organossintéticos (Machado et al., 2007; Rodrigues et al., 2023).

Extratos vegetais como, óleos essenciais, extratos aquosos, extratos etanólico, entre outros, utilizados contra insetos, têm aumentado em diversos países industrializados, inclusive no Brasil, especialmente pelo fato do país possuir uma flora rica e diversa (Krinski et al., 2014). A falsa-quina (*Strychnos pseudoquina* A. St. Hil), por exemplo, é angiosperma pertencente à família Loganiaceae, com diversos nomes populares, com quina-do-campo, quina-do-cerrado, quina, entre outros (Brasileiro et al., 2022). A planta ocorre em diversas regiões do Brasil, principalmente em áreas de cerrado (Côrtes et al., 2013).

Há relatos de que o gênero *Strychnos* possuem agentes responsáveis por intoxicações animais, como é caso das estricninas obtidas a partir da extração de um alcaloide presente em espécies como *Strychnos brasiliensis* (Silva et al., 2005; Bulhões, 2022). No entanto, não há na literatura consultada, relatos da utilização de extrato aquoso de *S. pseudoquina* como inseticida botânico no controle de *S. frugiperda* e, dessa forma, a busca por alternativas promissoras para o controle de pragas, que ofereça menor risco de contaminação ambiental,

à saúde humana e à organismos não alvos, pode contribuir significativamente e principalmente com a agricultura familiar e orgânica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

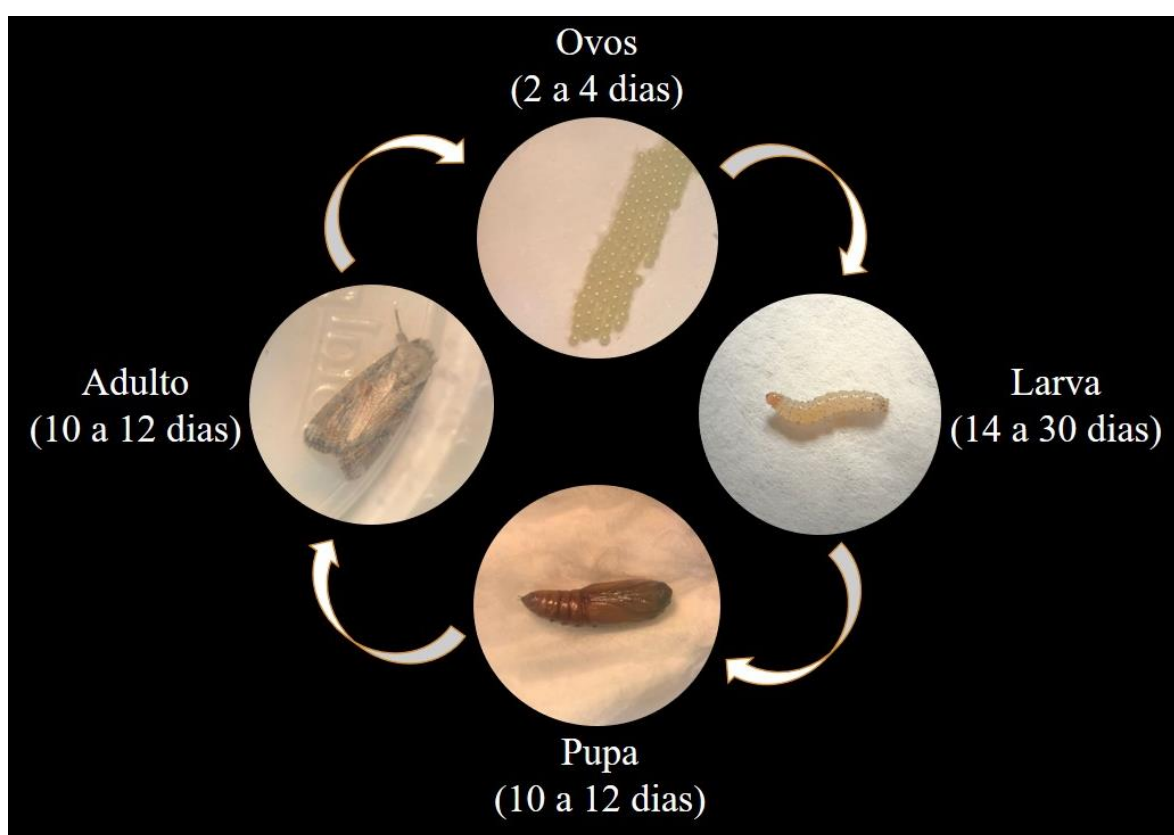
A *S. frugiperda*, uma mariposa nativa das regiões tropicais e subtropicais, é uma espécie de inseto lepidóptero da família Noctuidae conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho. Ela é considerada inseto-praga, e apresenta polífagia, das 30 espécies descritas para o gênero *Spodoptera*, pelo menos 15 são consideradas pragas de culturas de importância econômica, acometendo principalmente culturas de cereais como milho, arroz, trigo, sorgo, entre outras e diversas hortaliças (Pogue, 2002; Barros et al., 2010; Hussain et al., 2021). Afetando principalmente folhas, brotos, espigas e outras partes das plantas, ocasionando redução na produção e a qualidade dos cultivos (Mendes et al., 2014).

A *S. frugiperda* é conhecida por sua alta capacidade de reprodução e dispersão, o que contribui para sua crescente ocorrência em algumas áreas (Gouin et al., 2017; Kaiser et al., 2021). Vários fatores podem estar relacionados a esse aumento, incluindo mudanças climáticas, práticas agrícolas inadequadas, resistência a pesticidas, a falta de inimigos naturais e, principalmente, a sucessão de culturas que aumentam a disponibilidade anual para o seu alimento (Busato et al., 2005; Barros et al., 2010; EFSA, 2020). As temperaturas diurnas elevadas, temperaturas noturnas amenas e períodos secos, são as condições climáticas ideais para o desenvolvimento dessa espécie (EFSA, 2020).

Sua distribuição se dá principalmente no continente Americano desde o Canadá até a Argentina, sendo encontradas recentemente na África (CABI, 2021) com surtos em Benin, Nigéria, São Tomé e Príncipe e Togo (Goergen et al., 2016; IITA, 2016); em países asiáticos foi relatada pela primeira vez em 2018 (Guo et al., 2018; CABI, 2019; Wu et al., 2019; CABI, 2021), na Siri LanKa e China em 2019 e atualmente foi detectada na Austrália e na Oceania (IPPC, 2020; EPPO, 2020; CABI, 2021). No Brasil, *S. frugiperda* é encontrada em todas as regiões, sendo considerada uma das pragas mais devastadoras para a agricultura nacional, apresentando ocorrências e prejuízos em diferentes fases de desenvolvimento das culturas agrícolas (CONAB, 2018).

2.1.1 Ciclo de vida e características gerais de *Spodoptera frugiperda*

O ciclo de vida de *S. frugiperda* é holometábolo, passa por quatro estágios principais: ovo, larva, pupa e adulta (Figura 1). A fêmea adulta após o acasalamento, normalmente no período noturno deposita os ovos em camadas cobertas por escamas protetoras, formando um aglomerado de ovos, geralmente na face inferior das folhas das plantas hospedeiras. Cada postura pode conter de 100 a 300 ovos. A duração do estágio de ovo varia de 2 a 4 dias (Rosa & Barcelos, 2012). As lagartas recém-nascidas (fase imatura), período em que causam os maiores danos na plantação se alimentando das folhas e, à medida que crescem, começam a atacar também a parte reprodutiva da planta (Cruz, 2008; Barros et al., 2010; Mendes et al., 2014).



Fonte: Autor.

Figura 1. Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda*.

O estágio larval, dura cerca de 14 a 30 dias, durante os quais ocorrem cinco a seis mudas de exoesqueleto. Após o último estágio larval, a lagarta se enterra no solo e forma uma pupa marrom escura. A fase de pupa dura aproximadamente 10 a 12 dias, após os quais emerge o adulto e a fase adulta varia entre 10 a 12 dias, em geral, as lagartas são inicialmente claras, passando para pardo-escuras a esverdeadas, até quase preta, dependendo da fase de desenvolvimento (CABI, 2017). Apresentam corpo cilíndrico de 3 a 4 centímetros de

comprimento, mesmo tamanho da envergadura das asas. Com novos adultos o ciclo se reinicia (Souza et al., 2022).

As lagartas iniciam a alimentação de resíduos dos próprios ovos e depois raspam as folhas mais novas da planta, sintoma característico do ataque da praga na lavoura. Em estágio inicial de crescimento podem ocasionar o corte e morte de plantas jovens (Mendes et al., 2014). Com o desenvolvimento, estas aumentam de tamanho e iniciam a perfuração das folhas de seus hospedeiros e se direcionam para a região do cartucho das plantas, parte preferida para o seu desenvolvimento (Cruz, 1995; Cruz et al., 2010; Mendes et al., 2014).

2.1.2 Hospedeiros de *Spodoptera frugiperda*

A *S. frugiperda* é uma espécie polífaga que ataca cerca de 350 espécies vegetais pertencentes a 76 famílias botânicas como milho, trigo, arroz, soja, feijão, algodão, entre outras e hortaliças (Montezano et al., 2018). As populações de *S. frugiperda* são divididas em dois grupos, conhecidos como linhagem de arroz que se alimenta preferencialmente de arroz, grama bermuda e outras gramíneas menores, e a linhagem de milho, com preferência alimentar por milho, sorgo e outras gramíneas grandes (Hussain et al., 2021).

Dentre os hospedeiros de *S. frugiperda* o milho (*Zea mays* L) é o principal alvo de ataques de *S. frugiperda*. Sua domesticação ocorreu há milhares de anos, e o cultivo do milho foi uma das principais razões pelas quais as sociedades agrícolas se desenvolveram em múltiplas regiões, além de ser uma peça central da história mundial dos povos ancestrais, antes e após colonizações. Nas Américas, este cereal possui longa história de domesticação e cultivo por povos indígenas (da Silva Guimarães & Ciccarone, 2012).

Essa Gramínea pertencente à família Poaceae (Cruz, 1995), um dos cereais mais produzidos e consumidos mundialmente, é amplamente utilizado na indústria alimentícia, além de desempenhar papel importante em diversas culturas e culinária, sendo usado em uma ampla variedade de pratos tradicionais em diversos países, pelo seu valor nutricional (Miranda, et al., 2014; Miranda et al., 2021). Também é utilizado na indústria de alta tecnologia para a produção de filmes e embalagens biodegradáveis, assim como serve de matéria-prima na produção de biocombustíveis (Paes, 2006; Sologuren, 2015).

No Brasil sua produção se dá em todas as regiões. Essa produção é dividida em safra de verão (primeira) e safra da seca (segunda), ocupando posição de destaque entre as atividades agropecuárias e ocorrendo na maioria das propriedades rurais e seu valor de produção é superado apenas pela soja. O cereal é, ao mesmo tempo, produto importante e

destacado insumo (matéria-prima de rações) para criadores de aves, suínos, bovinos e outros animais (de Souza et al., 2018).

Mesmo com o avanço da tecnologia, a produtividade média de grãos de milho é de aproximadamente 4,56 toneladas por hectare no Brasil, na safra 2020/21, sendo essa quantidade considerada baixa (CONAB, 2021). Segundo o 8º Levantamento da CONAB (2023), há uma estimativa, que de julho de 2022 a junho de 2023, a safra pode chegar a 313,9 milhões de toneladas de grãos no período. Na safra 2022/23, em relação à 2021/22, são estimados incrementos de 11% para o milho em relação à safra anterior.

A lagarta-do-cartucho pode ocasionar perdas no rendimento de grãos do milho, em até 34%, através dos danos causados nas folhas. Há também redução do número de plantas por área quando há incidência da praga em culturas jovens, podendo causar perdas irreparáveis quando o ataque se dá nas estruturas reprodutivas da planta (Papa & Celoto, 2012).

Novos registros de hospedeiros para *S. frugiperda* têm sido atualizados ao longo dos anos. Recentemente, novos estudos identificaram a mandioca (*Manihot esculenta*), a batata-doce (*Ipomoea batatas*), o feijão (*Phaseolus vulgaris*) e o amendoim (*Arachis hypogaea*) como hospedeiras adicionais com base em experimentos de alimentação e preferência de oviposição (Cruz & Monteiro, 2004; da Silva Lopes, et al., 2008).

Nagoshi et al. (2014) e Tay et al. (2023) também relataram algodão (*Gossypium hirsutum*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) como hospedeiros de *S. frugiperda*. Ressaltando a importância contínua da pesquisa sobre ecologia de *S. frugiperda* e seus hospedeiros.

2.2 Tipos de inseticidas no controle de pragas

O controle de pragas se tornou um desafio importante para os agricultores, e garantia da saúde de suas plantações e a produtividade. No mercado, são diversos os tipos de inseticidas disponíveis, possuindo características específicas e modos de ação. Entretanto, escolher o inseticida apropriado depende do tipo de praga, das condições ambientais e dos objetivos de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Os diversos inseticidas são: inseticidas químicos, inseticidas biológicos, inseticidas botânicos, inseticidas de origem mineral e inseticidas de uso limitado (Van den Berg & Plessis, 2022).

Os inseticidas químicos são oriundos de compostos químicos sintéticos, que foram desenvolvidos para matar ou controlar pragas. Os mesmos podem ser classificados em diferentes grupos, como piretroides, organofosforados, carbamatos e neonicotinóides. O

modo de ação de cada grupo é específico e possui eficácia contra diferentes pragas. Porém, é de fundamental importância utilizar esses produtos com cautela para minimizar seus impactos ambientais e a resistência das pragas (Relyea, 2009; Casida & Durkin, 2013).

Os inseticidas biológicos são produzidos através da utilização de derivados de organismos vivos, como fungos, vírus, bactérias e insetos benéficos. Pode ser utilizado para controlar pragas de forma seletiva, sem afetar os inimigos naturais das pragas. Como exemplo pode-se citar o *Bacillus thuringiensis* (Bt), que é eficaz contra larvas de lepidópteros, e os parasitóides de ovos, como *Trichogramma spp* (Van Lenteren, et al., 2018).

Já os inseticidas botânicos, são desenvolvidos através de derivados de plantas, que trazem compostos químicos naturais em sua composição, como propriedades inseticidas. Exemplo desses compostos são as piretrinas, extraídas das flores do crisântemo (*Chrysanthemum spp.*), elas afetam o sistema nervoso dos insetos e são usadas no controle de pulgões, moscas, traças, percevejos e mosquitos (Isman, 2006; Corrêa & Salgado, 2011).

Outra substância é a Azadiractina, extraída das sementes da árvore neem (*Azadirachta indica*), é inseticida e regulador de crescimento de insetos bastante utilizado, que afeta o sistema hormonal dos insetos, interferindo em seu crescimento, desenvolvimento e reprodução. É eficaz no controle de uma ampla variedade de pragas, como pulgões, besouros, moscas brancas e lagartas (Schmutterer, 1999; de Azevedo et al., 2021).

A Rotenona, encontrada em raízes de várias plantas, como *Derris spp.* e *Lonchocarpus spp.* é um inseticida natural com efeito de contato e ingestão. Ela afeta o sistema respiratório dos insetos, inibindo a produção de energia celular. É usada no controle de pragas como ácaros, pulgões, lagartas e moscas-das-frutas (Duke et al., 2010).

E também, os Pirenóides encontrados nas famílias de plantas Asteraceae (família das margaridas) e Lamiaceae (família das mentas), como *Crassocephalum crepidioides* e *Lantana camara*, essas substâncias são inseticidas e repelentes contra mosquitos, moscas e baratas, possuem também propriedades antifúngicas. Eles atuam no sistema nervoso dos insetos, causando paralisia e morte (Moreira et al., 2006; Bashir et al., 2019; Khanikor & Mahanta, 2020).

Os inseticidas botânicos podem ser menos tóxicos para o meio ambiente, mas sua eficácia pode variar dependendo da praga e das condições de aplicação. Dentre algumas vantagens da utilização de inseticidas botânicos, deve-se ressaltar a menor probabilidade de desenvolvimento de resistência do inseto, pois nas plantas, normalmente estão presentes mais do que um princípio ativo (Gallo et al., 2002; Martinez, 2011; Benelli et al., 2018).

Os inseticidas de origem mineral são baseados em minerais, como o cálcio e o enxofre. Principalmente utilizados no controle de ácaros e fungos, mas também podem ter algum efeito sobre pragas de insetos (Carvalho et al., 2019).

E por último os inseticidas de uso limitado: que são usados em situações específicas ou para controle de pragas específicas. Por exemplo, feromônios podem ser usados como atrativos ou armadilhas para monitorar e controlar pragas específicas, como traças e besouros (Whalon et al., 2008).

É indicado que o uso de inseticidas seja feito de forma consciente de acordo com as regulamentações locais. Além disso, é fundamental adotar uma abordagem de manejo integrado de pragas, que combine diferentes estratégias, como rotação de culturas, uso de cultivares resistentes, monitoramento de pragas e adoção de práticas culturais adequadas (Bueno et al., 2022).

2.2.1 Métodos de controle de *Spodoptera frugiperda*

São diversas as estratégias de controle de insetos-praga e é necessário que o agricultor utilize um adequado monitoramento da lavoura, visando determinar o nível populacional da praga (dano econômico) e o correto momento para adoção das medidas de controle disponíveis. Para o controle de *S. frugiperda*, o produtor pode dispor de medidas culturais, estas envolvem o uso de rotação de culturas, plantio de variedades resistentes ou tolerantes (ex. transgênicas/Bt), manejo adequado de plantas daninhas e de restos culturais; controle biológico, sendo a utilização de inimigos naturais (parasitoides, predadores e patógenos) (Barcelos & Angelina, 2018;)

Dos métodos de controle da praga, o uso de controle químico-sintético (agrotóxicos) é prática de maior uso na agricultura mundial. Existem diversos tipos de controle químico, cada um projetado para combater certo tipo de infestações de pragas, mas que podem atingir a organismos não alvos, envenenamento humano, por conta da exposição e resíduos em alimentos, podendo ocasionar outros tantos problemas ambientais (Lobo et al., 2022; Siqueira & Bressiani, 2023).

Uma alternativa é o uso de cultivares Bt, também conhecidos como plantas geneticamente modificadas (GM) que expressam a toxina Bt (*Bacillus thuringiensis*), têm sido amplamente utilizados no controle da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*) em plantações de milho e algodão. (Carreras, 2011; Candell, 2018).

A toxina Bt é produzida naturalmente pela bactéria *Bacillus thuringiensis* e é tóxica para muitas pragas de insetos, quando um ou mais genes Bt são inseridos em uma planta, e

ela passa a produzir a proteína Cry. Assim, quando o inseto se alimenta da planta, como as folhas ou caules, ingere a toxina Bt e acaba morrendo ou sofrendo danos significativos. (Yang et al., 2022)

No entanto, a resistência de insetos a toxinas Bt tem sido um problema crescente em diversas regiões agrícolas. Para superar essa resistência e garantir um controle mais eficaz, tem sido necessário complementar o uso das cultivares Bt com a aplicação de inseticidas sintéticos. Esses inseticidas possuem diferentes modos de ação, o que ajuda a controlar a praga de maneira mais efetiva (Ferreira et al., 2021).

Dentre os desafios para os agricultores está o controle da *S. frugiperda*. A forma de controle através de cultivares Bt tem se mostrado promissor, pois essas cultivares expressam proteínas tóxicas letais para a *S. frugiperda*, que agem atacando o sistema digestivo das lagartas, formando poros nas células intestinais e causando a ruptura das membranas celulares. Isso leva à paralisia do trato digestivo e à morte das lagartas. Porém nem todas as cultivares Bt estão proporcionando um controle eficaz para a lagarta em níveis elevados. Isso ocorre porque a *S. frugiperda* pode desenvolver resistência às proteínas Bt ao longo do tempo (Fernandes et al., 2019).

Portanto, uma alternativa para melhor eficácia é a combinação do uso das cultivares Bt com a aplicação de inseticidas sintéticos e ou controle biológico, este último com a adoção de diferentes inimigos naturais, como o parasitoide de ovos *Trichogramma* e o *Baculovirus*. A associação destes dois inimigos naturais no controle da praga tem apresentado expressivo aumento na demanda pelos produtores, auxiliando em muito, no Manejo Integrado de Pragas (MIP) da cultura do milho. Essas combinações proporcionam diferentes modos de ação, o que ajuda a controlar a praga de maneira mais efetiva (Diniz et al., 2018).

A utilização de inseticidas botânicos combinados com plantas modificadas para o controle de *S. frugiperda* pode ser uma opção interessante, pois a combinação de espécies resistentes e produtos derivados de substâncias naturais encontradas em plantas pode gerar mais eficácia, pois esses inseticidas botânicos têm a capacidade de afetar o sistema nervoso dos insetos, levando à sua morte ou controle populacional (Negrini et al., 2019).

É importante ressaltar que a adoção de estratégias de manejo integrado de pragas (MIP), principalmente o monitoramento constante, uso de cultivares resistentes e aplicação criteriosa de inseticidas, entre outras, é fundamental para minimizar o desenvolvimento de resistência dos insetos aos produtos químicos e riscos ambientais (Souza et al., 2010).

O controle da *S. frugiperda* em diferentes culturas, tem sido realizado na maioria das vezes através de inseticidas químico-sintéticos, a utilização descontrolada de tais produtos, pode ocasionar sérios danos ambientais. Sendo assim, a busca por alternativas menos

agressivas, como o uso de inseticidas botânicos que, através dos metabólitos secundários presentes nas plantas utilizadas em seus preparos, compõem a própria defesa química contra os insetos e podem amenizar os danos ambientais ocasionados pela utilização desenfreada de agrotóxicos, além de serem alternativas viáveis para a agricultura familiar e orgânica, pela não contaminação dos alimentos agrícolas e também pela acessibilidade de produtos oriundos da flora brasileira (Bombardi, 2012).

2.2.2 A utilização dos inseticidas botânicos na agricultura familiar

A utilização de plantas, acompanha a evolução da humanidade. Sendo, os primeiros recursos utilizados pelos povos ancestrais para solucionar problemas relacionados à saúde e eventuais insetos-praga de suas plantações (Takeara et al. 2017; Batista et al. 2019).

A agricultura familiar depende de recursos financeiros e técnicos, contudo, muitas vezes os mesmos podem ser limitados. É comum que os agricultores familiares utilizem conhecimentos empíricos para o manejo de pragas e doenças. Eles observam práticas que funcionam ao longo do tempo, trocam informações com outros agricultores e usam métodos tradicionais de controle de pragas, incluindo o uso de inseticidas botânicos. (Silva et al., 2010; Bitencourt et al., 2020; Lovatto, 2021).

A importância do milho para os indígenas, pequenos agricultores (camponeses), agricultura orgânica, vai muito além da importância econômica. Muitas famílias se sustentam através da agricultura orgânica, dão importância mística ou religiosa, guardam, trocam e repassam sementes crioulas de geração em geração. Uma importante ferramenta para a ciência investigar e conhecer a diversidade genética do milho, a história e cultura dos povos tradicionais (Baniwa, 2006; Ortiz, 2019). Milhos crioulos são importantes para milhões de famílias de agricultores em todo o mundo e possuem forte relação com processos sociais específicos. Métodos de controle são fundamentais para que haja boa produção e a não perda das diversas variedades existentes (Rebollar et al., 2010).

Dos benefícios do uso de inseticidas botânicos na agricultura familiar, o principal é o não envenenamento, além do baixo custo de produção e o fácil acesso aos materiais necessários. As plantas utilizadas para a produção dos inseticidas botânicos podem ser cultivadas localmente ou encontradas facilmente na natureza. Isso reduz a dependência dos agricultores familiares em relação a produtos químicos sintéticos caros e muitas vezes inacessíveis (Damalas & Koutroubas, 2020; Lovatto, 2021).

Os inseticidas botânicos, também chamados de inseticidas naturais são preparados a partir de raízes, cascas, frutos, sementes e folhas, que passam por distintos processos de

extração, dando origem a substâncias vegetais, como óleos essenciais, extratos aquosos e etanólico (Barbosa et al., 2006). Um inseticida botânico amplamente utilizado na agricultura familiar é a piretrina; extraída das flores de diversas espécies do gênero *Chrysanthemum* a piretrina possui ação neurotóxica sobre os insetos e é eficaz no controle de pragas como pulgões, moscas-brancas e mosquitos. Sua utilização é vantajosa por ser de baixa toxicidade para mamíferos e por se degradar rapidamente no ambiente, minimizando os riscos de contaminação (Leite & Bertotti, 2020).

Outro exemplo é o neem (*Azadirachta indica*), uma árvore originária da Índia que possui propriedades inseticidas em suas sementes, folhas e óleo. O óleo de neem é amplamente utilizado como inseticida e propriedades antifúngicas e repelentes. Sua utilização na agricultura familiar é uma alternativa viável para o controle de pragas, como ácaros, lagartas e moscas-das-frutas (Lima & Silva, 2022).

Além da piretrina e do neem, outras plantas têm sido estudadas quanto ao seu potencial inseticida, como a aroeira (*Schinus molle*), a erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*) e o cravo-de-defunto (*Tagetes spp.*). Estudos têm demonstrado que essas plantas possuem atividade inseticida e podem ser utilizadas no manejo de pragas na agricultura familiar (Alarcón et al., 2016; Lovatto, 2021).

Com o passar do tempo, a partir dos conhecimentos tradicionais e locais sobre plantas com potencial inseticidas têm sido amplamente estudados e utilizados em diversos países, se mostrando como alternativa promissora para o controle de pragas de forma mais sustentável pois essas propriedades inseticidas podem ser extraídas e formuladas em produtos comerciais (Isman, 2020; Lovatto, 2021).

Além de reduzir o risco de contaminação humana na alimentação e durante a aplicação do inseticida, também reduz os custos da compra de produtos químicos sintéticos, assim, os inseticidas botânicos contribuem para a preservação da biodiversidade e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. No entanto, é importante combinar o uso desses produtos com outras estratégias de manejo integrado de pragas (MIP), como rotação de culturas, uso de variedades resistentes e monitoramento regular das lavouras, juntamente com a orientação técnica adequada para o uso correto e seguro desses produtos, a fim de obter resultados eficazes e sustentáveis no controle de pragas de maneira a reduzir os impactos ambientais e proteger a saúde dos agricultores e consumidores (Lovatto, 2021; Lima & Silva, 2022).

É indicado que o uso de inseticidas seja feito de forma consciente de acordo com as regulamentações locais. Além disso, é fundamental adotar uma abordagem de manejo integrado de pragas, que combine diferentes estratégias, como rotação de culturas, uso de

cultivares resistentes, monitoramento de pragas e adoção de práticas culturais adequadas (Bueno et al., 2022).

2.2.3 A *Strychnos pseudoquina*

O gênero *Strychnos* possui mais de 200 espécies em todo mundo, essas plantas são conhecidas por seus potenciais metabólitos secundários medicinais (Adebowale et al., 2014). Plantas do gênero são utilizadas na medicina popular, conhecidas por sua eficácia no tratamento de doenças hepáticas e gástricas (Correa, 1926). A maioria destas espécies apresentam-se em forma de cipós ou arbustos de pequeno porte (Thongphasuk et al., 2003; Philippe et al., 2004; Manoel & Guimarães, 2009). Dentre essas espécies está a *Strychnos pseudoquina*, uma angiosperma nativa do cerrado brasileiro, pertencente à família Loganiaceae.

A *S. pseudoquina* é conhecida popularmente como falsa-quina, quina-do-campo, quina-do-cerrado, entre outros. Essa planta possui médio porte (4 a 9 m de altura), de tronco grosso e de casca espessa, folha oval, coriácea, frutas arredondadas (até 4 cm) e de coloração amarela, flores pequenas, perfumadas de coloração creme (Thongphasuk et al., 2003; Philippe et al., 2004; Lorenzi & Matos, 2008; Kuhlmann, 2018; Bonnet et al., 2022).

No Brasil, sua distribuição ocorre nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, sendo utilizada na medicina popular com fins curativos. Dentre as partes mais usadas, estão a casca, entrecasca e folhas, que preparadas através de infusão, apresentam propriedades tônicas, febrífugas, problemas hepáticos e distúrbios estomacais (Silva et al., 2010; Vasconcelos et al., 2011).

A composição química da *S. pseudoquina* pode variar dependendo de fatores como a região geográfica, as condições de cultivo e a época de colheita. No entanto, alguns compostos foram identificados na planta. Entre eles, destacam-se: flavonoides, alcaloides, e ácidos fenólicos, entre outros (Costa & Araujo, 2001).

Acredita-se que os alcalóides sejam os principais constituintes ativos da *S. pseudoquina*. Os alcalóides mais comumente encontrados são a pseudoquina, a strychnina e a brucina. Embora esses compostos sejam conhecidos por suas propriedades medicinais, também podem ser tóxicos a outros organismos dependendo da concentração a eles submetidas (Philippe et al., 2004; Pereira, 2020).

É importante ressaltar que a composição química da planta pode variar em suas diferentes partes, como casca, raiz, folhas e frutos. Além disso, a planta contém outros compostos em quantidades menores que podem desempenhar papéis importantes em suas

propriedades medicinais (Corrêa & Salgado, 2011; Souza et al., 2023). No entanto, não há na literatura consultada nenhum relato do potencial dessa espécie como inseticida botânico para o controle de *S. frugiperda*, com isso, torna-se importante conhecer o modo de ação de *S. pseudoquina* para essa finalidade.

3 OBJETIVOS

Geral

Avaliar o potencial inseticida dos extratos aquosos de *Strychnos pseudoquina* A. St. Hil sobre a biologia de *Spodoptera frugiperda* em dieta artificial e em dieta natural (folha de milho crioulo) com vistas a produção de um controle alternativo do inseto.

Específicos

- a) Comparar os efeitos do extrato aquoso de *S. pseudoquina* sobre *S. frugiperda* em dieta artificial e dieta natural;
- b) Analisar se o extrato aquoso de *S. pseudoquina* provoca alterações no desenvolvimento da *S. frugiperda*;
- c) Avaliar a longevidade e viabilidade das larvas, pupas e vida adulta de *S. frugiperda*;
- d) Verificar se os extratos aquosos de *S. pseudoquina* causa esterilidade e/ou redução de indivíduos (viabilidade dos ovos) em *S. frugiperda*.

4 HIPÓTESES

H0: O extrato aquoso de *Strychnos pseudoquina* não interfere no ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* em dieta artificial e dieta natural e não altera o desenvolvimento do inseto;

H1: O extrato aquoso de *Strychnos pseudoquina* interfere no ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* em dieta artificial e dieta natural levando a mudanças significativas no desenvolvimento do inseto.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado de abril de 2022 a abril de 2023, no Laboratório de Interação Inseto Planta (LIIP), localizado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. As coletas de *Strychnos pseudoquina* foram realizadas no Assentamento Três Corações (lote 155), localizado no distrito de Anhanduí, município de Campo Grande Mato Grosso do Sul (21°13'0.28"S 54°11'0.28"W), no período da manhã (07:30 às 10:30 horas), entre os meses de março e abril de 2022, a identidade do material botânico foi confirmado por especialista, foi registrado no SisGen sob cadastro de acesso número A230887 e possui exsicata sob número 02-V-2024 DDMS 00012434, mantida no Museu da Biodiversidade, localizado na Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da UFGD. Para dar início aos experimentos utilizando *S. frugiperda*, os ovos foram cedidos pelo Laboratório de Interação Inseto-Planta da UFGD.

Para a obtenção das folhas de milho crioulo, para realização da segunda parte do experimento, foram utilizadas sementes de milho crioulo asteca, para evitar o uso de sementes convencionais que são modificadas geneticamente, o que poderia causar interferência nos experimentos. As sementes foram adquiridas através de doação realizada pelo Mestre em Educação e Territorialidade (FAIND-UFGD), Anastácio Peralta.

5.1 Preparo de dieta artificial para criação e estoque para experimentos com *Spodoptera frugiperda*

Para a preparação da dieta artificial, adaptada a partir da metodologia proposta por Grenne et al. (1976), utilizaram-se os ingredientes listados na Tabela 1. Inicialmente, os componentes sólidos foram pesados individualmente em balança analítica de precisão, enquanto os líquidos foram medidos em provetas graduadas (Becker's). Após a pesagem e medição, todos os ingredientes foram reservados temporariamente. Em seguida, o feijão branco foi cozido em panela sob temperatura elevada com 500 mL de água destilada, até atingir uma textura macia e homogênea, por aproximadamente 90 minutos. Com o feijão ainda quente adicionou-se os ingredientes sólidos (exceto o ágar-ágar), misturando-os completamente, em seguida foi batido no liquidificador, adicionando a água destilada aos poucos formando uma mistura homogênea que ficou reservada até o preparo do ágar-ágar.

O ágar-ágar foi dissolvido em água a temperatura ambiente, e levado ao fogo médio, mexendo sempre e deixado por cinco minutos após fervura. Por último, todos os preparos

(mistura e ágar-ágar) foram muito bem misturados, totalizando 3,6 L de dieta artificial. Após a mistura ficar em temperatura ambiente foi colocada em formas plásticas e acondicionadas no refrigerador para a solidificação e estoque (Figura 2).

Tabela 1 - Formulação da dieta artificial para *S. frugiperda*.

INGREDIENTES:	Quantidade de copos/lagartas					
	400	800	1.200	1.600	2.000	G
Ácido ascórbico	7,2	14,4	21,6	28,8	36	G
Ácido sórbico	3,6	7,2	10,8	14,4	18	G
Ágar-ágar	46	92	138	184	230	G
Água destilada	2,8	5,6	8,4	11,2	14	L
Caseína	60	120	180	240	300	G
Feijão branco	150	300	450	600	750	G
Formaldeído (40%)	7,2	14,4	21,6	28,8	36	MI
Gérmen de trigo	120	240	360	480	600	G
Levedo de cerveja	75	150	225	300	375	G
Nipagin	6	12	18	24	30	MI
Proteína de soja	60	120	180	240	300	G
Solução vitamínica	18	36	54	72	90	MI
Tetraciclina	0,226	0,452	0,678	0,904	1,13	G
Volume final:	3,6	7,2	10,8	14,4	18	L

Fonte: adaptada de Grenne et al. (1976).



Acondicionamento da dieta artificial em recipiente plástico.

Fonte: Autor.

Figura 2. Dieta artificial para *S. frugiperda*.

5.2 Obtenção do milho para experimento com *Spodoptera frugiperda* sob efeito de *Strychnos pseudoquina*

O milho foi plantado a cada dois dias para fomentar o experimento até o seu término (Figura 3 A). O cultivo foi realizado em vasos, na casa de vegetação, com temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e irrigação por microaspersão. As folhas do milho foram medidas e coletadas diariamente no estágio V4, sendo uma folha por planta (Figura 3 B e 3 C). Para submeter as larvas ao extrato foram selecionadas apenas a terceira folha de cada planta, para padronizar e evitar inconsistências diversas e alteração na nutrição das lagartas e para simular a alimentação do inseto na fase larval em campo.



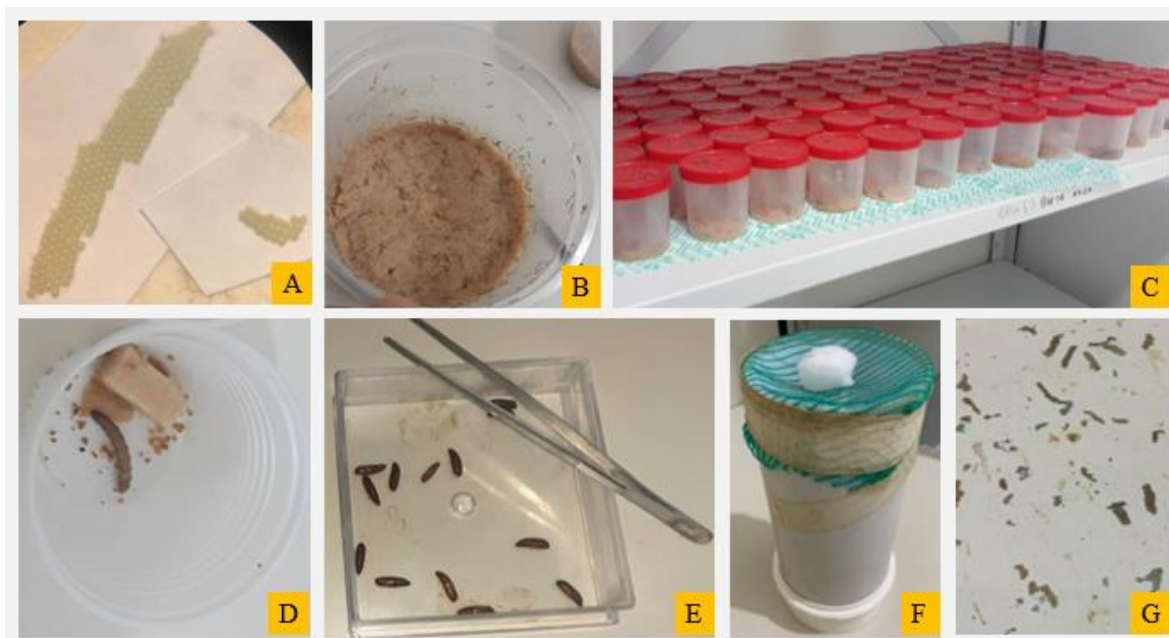
A= Plantio intercalado do milho, fase inicial; B = Milho em desenvolvimento; C= Medição do milho para coleta.
Fonte: Autor.

Figura 3. Obtenção do milho para a experimento com *S. frugiperda*.

5.3 Criação de *Spodoptera frugiperda* em laboratório

Em laboratório, a *S. frugiperda* foi criada, estocada e mantida com dieta artificial sob temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, e umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ com fotoperíodo de 12 horas. Foram coletados os ovos depositados em papel na criação (Figura 4 A) e logo que eclodidos foram colocados em dieta artificial em recipientes pequenos (100 mL) (Figura 4 B e 4 C), contendo 1centímetro cúbico de espessura de alimentação.

Após três dias da eclosão dos ovos, as larvas foram acondicionadas individualmente dado o seu comportamento canibal (Figura 4 D). A manutenção dos recipientes (limpeza e troca de dieta) aconteceram a cada 2 dias, até a fase de pupa (Figura 4 D). As pupas foram coletadas e separadas e acondicionadas em gaiolas feitas em PVC sobre as medidas de 30 cm de altura x 20 cm de diâmetro (Figura 4 E e 4 F), contendo algodão levemente umedecido com água, possibilitando troca gasosa e posterior emergência, cópula e oviposição (fase adulta) (Figura 4 G). Diferente da fase larval, as mariposas (fase adulta) foram alimentadas com mel (*Apis melífera*) diluído em água (40 mL de água para 10 mL de mel = 50 mL), através de algodão umedecido com a mistura. Após o acasalamento e oviposição, as posturas foram coletadas a cada dois dias e transferidas para potes de 250 mL, com dieta artificial para novo ciclo reprodutivo (Figura 4 A e 4 G).



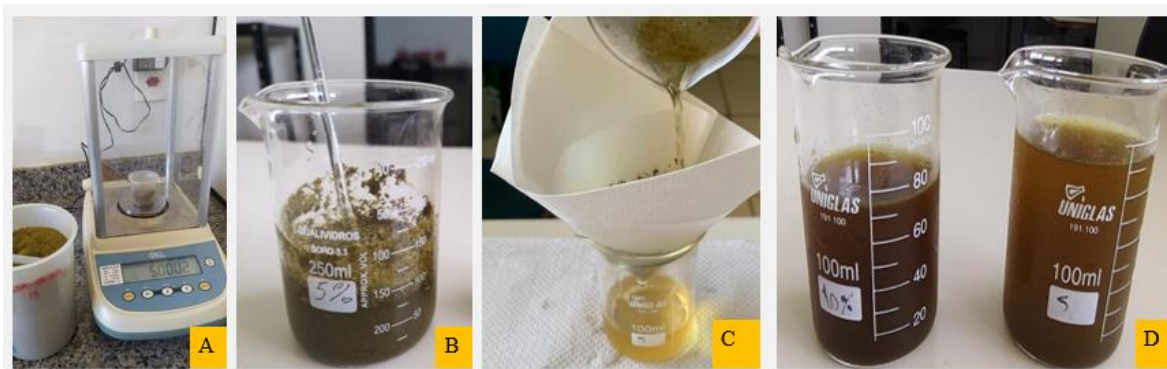
A= Ovos de *Spodoptera frugiperda*; B = Pote plástico com dieta artificial e larvas de *S. frugiperda*; C = Acondicionamento de larvas em sua fase inicial de desenvolvimento, individualizadas em potes coletores; D = Larvas e alimento em recipiente plástico; E = Pupas em recipiente plástico e peça utilizados em pesagens; F = Gaiola de PVC com algodão, acondicionamento para reprodução; G = Folha sulfite A4 contendo posturas/ovos.
Fonte: Autor.

Figura 4. Criação de *S. frugiperda* em laboratório.

5.4 Preparo do extrato aquoso de *Strychnos pseudoquina* para o experimento

Para o preparo do extrato aquoso (Figura 5), as folhas de *S. pseudoquina*, foram coletadas, higienizadas e secas em estufa de ar, durante 72 horas, em temperatura de $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, logo após foram trituradas em moinho de facas, localizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários - FCA da UFGD. O pó resultante foi armazenado em local protegido da luz e em temperatura ambiente.

Para a preparação dos extratos aquosos na concentração de 5%, foi utilizado 1,5g de pó de *S. pseudoquina* para 30 ml de água destilada e para a concentração de 10% foi utilizado 3g de pó para 30 ml de água destilada (Figura 5 A), misturados em Becker's e depois vedado com papel alumínio e deixado em repouso sob refrigeração de $7,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, por 24 horas (Figura 5 B), após esse período, as misturas foram filtradas para a obtenção dos extratos (Figura 5 C). A confecção do extrato aquoso foi realizada 24 horas antes da exposição dos insetos às concentrações, sendo repetido diariamente até o final dos experimentos (Figura 5 D).



A = Balança e recipiente contendo pó de *Strychnos pseudoquina* para pesagem; B = Backer contendo pó de *S. pseudoquina* e água destilada, sendo misturados; C = Mistura sendo coada em papel filtro e acondicionada em Backer; D = Preparado de extrato aquoso acondicionado em Backer's.

Fonte: Autor.

Figura 5. Preparo do extrato aquoso de *S. pseudoquina*.

5.5 Exposição de *Spodoptera frugiperda* a *Strychnos pseudoquina* em dieta artificial

Para exposição de *S. frugiperda* ao extrato aquoso de *S. pseudoquina*, foram preparados cubos de 1 cm³ de dieta artificial, que foram pesados e mergulhados por 40 segundos no extrato aquoso, nas concentrações de 5% e de 10% (Figura 6 A), após a imersão os cubos foram distribuídos sobre papel filtro para a absorção do excesso de umidade (Figura 6 B). Para o tratamento controle, foi realizada imersão apenas em água destilada.

Os cubos de dieta tratados nas concentrações de 5% e de 10%, e o controle foram servidos em potes (100 ml) virados para baixo, onde, sobre a parte interna da tampa, foram colocados disco de papel filtro e a dieta sobre este, para melhor manipulação e higienização (Figura 6 C). A espécie possui comportamento gregário, então foram inoculadas 3 lagartas neonatal em cada pote, e cinco dias após a inoculação, por conta do comportamento canibal, aleatoriamente deixou-se apenas um indivíduo por recipiente do experimento (Figura 6 D).

A troca dos cubos em cada tratamento, limpeza dos potes e a contabilização dos dados foram realizadas diariamente até a morte ou atingirem a fase pupal (Figura 6 D). Após 24 horas da conversão em pupas, foram pesadas e sexadas individualmente (Figura 6 E, 6 F e 6 G), com base na metodologia desenvolvida por Butt & Cantu (1962). Em seguida, transferidas individualmente para copos descartáveis (100 ml), com fundo forrado com fina camada de algodão humedecido com água destilada e cobertos com tampa plástica perfurada, permitindo as trocas gasosas (Figura 6 H).

Após a emergência, os adultos foram agrupados em 10 casais (de mesma idade) por tratamento. Cada casal foi confinado para acasalamento em gaiola confeccionada com pote plástico, revestido internamente com papel sulfite que serviu como estrutura para a

oviposição (Figura 6 I e 6 J). Estes foram alimentados através de algodão embebido em solução de mel a 10%. A cada dois dias foi feita a higienização, a coleta de ovos e a alimentação para evitar a fermentação do preparo.

Para a coleta dos ovos de cada casal, foram retiradas das gaiolas as folhas sulfite com as posturas, os ovos foram contados com auxílio de lupa e acondicionadas em placa de Petri (Figura 6 K), contendo dieta artificial e foram vedadas com plástico filme perfurado para oxigenação, para posteriormente determinar a viabilidade dos ovos e emergência dos indivíduos que foram coletados e contabilizados até o último dia de oviposição ou morte da fêmea. Foram realizadas 50 repetições distribuídas em 10 amostras e 5 subamostras, onde, cada lagarta representou uma repetição, para determinar a normalidade dos dados e permitir a realização da análise de variância.



A = Cubos de dieta artificial embebidos e extrato aquoso de *Strychnos pseudoquina*; B = Cubos de dieta artificial sobre papel filtro e cubos acondicionados em recipiente plástico, processo de absorção de do excesso de umidade; C = Larvas sobre dieta artificial e tampa do pote plástico; D = Larva e dieta artificial sobre tampa do pote plástico; E = Pinça, tampa plástica, algodão e pupa, processo de sexagem e pesagem; F = Ápice do abdômen pupal masculino (a esquerda) e feminino (a direita) de *S. frugiperda*, processo de sexagem; G = balança analítica, pesagem de pupa; H = Adulto de *S. frugiperda* recém emergido e recipiente plástico contendo algodão; I = gaiolas confeccionadas em potes plásticos contendo casal de *S. frugiperda*; J = Adultos de *S. frugiperda* em acasalamento; K = Placa de Petri com ovos e larvas de *S. frugiperda*.

Fonte: F = NUNES, V.C.; 2021. A, B, C, D, E, G, H, I, J, K = Autor.

Figura 6. Exposição de *S. frugiperda* a *S. pseudoquina* em dieta artificial.

5.6 Exposição de *Spodoptera frugiperda* a *Strychnos pseudoquina* em dieta natural

Para avaliação da exposição de *S. frugiperda* a *S. pseudoquina* através de dieta natural, as folhas foram coletadas e, em laboratório, para desinfetar, foram higienizadas em bandejas plásticas com mistura de água e hipoclorito de sódio a 1% de concentração, por 15

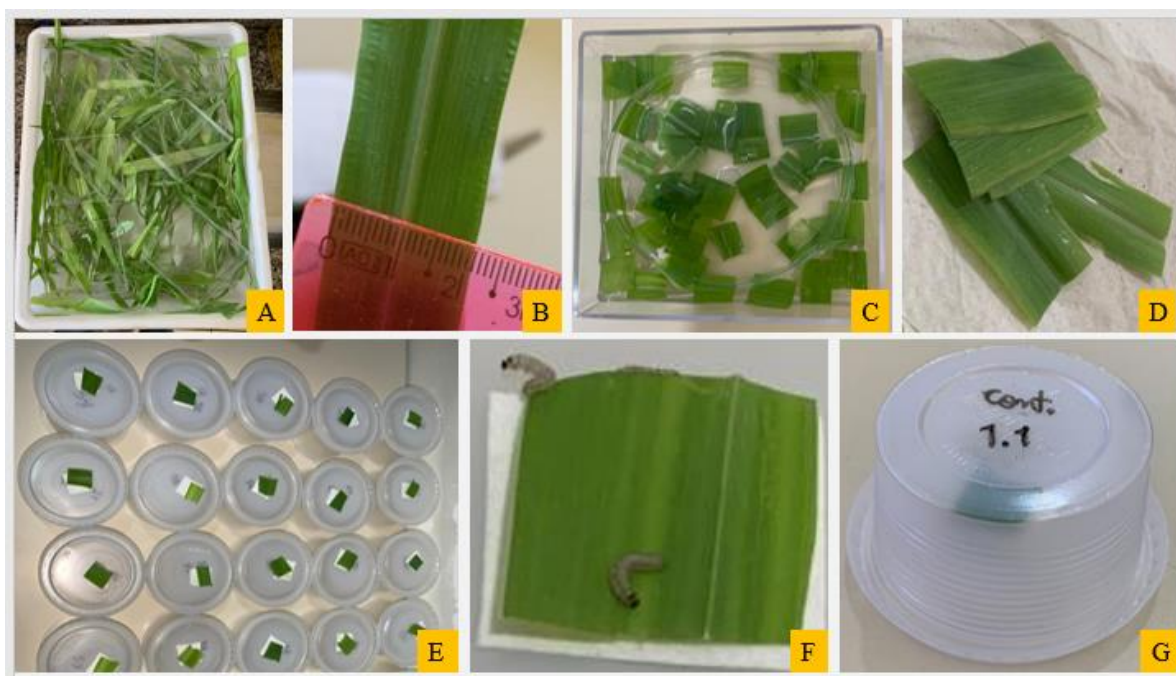
minutos e em seguida lavadas em água corrente (Figura 7 A). As folhas foram secadas com papel toalha, posteriormente medidas e recortadas (5x3 cm²) com tesoura esterilizada com álcool 70% (Figura 7 B). Os recortes das folhas para os tratamentos nas concentrações de 5% e de 10%, foram imersos no extrato aquoso de *S. pseudoquina* e o controle em água destilada por 40 segundos (Figura 7 C), posteriormente os recortes da folha do milho foram dispostos sobre papel filtro para retirada de excesso de umidade (Figura 7 D), em seguida, servidos em potes (100 ml) virados para baixo, onde, sobre a parte interna da tampa, foram colocados papel filtro e o recorte da folha do milho sobre este, para melhor manipulação e higienização (Figura 7 E).

Por conta do comportamento gregário da espécie (anteriormente descrita), foram inoculadas 3 lagartas, e 5 dias após a inoculação 2 foram retiradas, para evitar o canibalismo (Figura 7 F). Os potes estavam perfurados para oxigenação (Figura 7 G).

A troca dos recortes de folha de milho tratadas com os extratos aquosos, limpeza dos potes e a contabilização dos dados foram realizadas diariamente até a morte ou atingirem a fase pupal. Após 24 horas da conversão em pupas, foram pesadas e sexadas individualmente, com base na metodologia desenvolvida por Butt & Cantu (1962). Em seguida, transferidas individualmente para copos descartáveis (100 ml), com fundo forrado com fina camada de algodão umedecido com água destilada e cobertos com tampa plástica perfurada, permitindo as trocas gasosas, para avaliar viabilidade pupal sobre o efeito de *S. pseudoquina*.

Após a emergência, os adultos foram agrupados em 10 casais (de mesma idade) por tratamento. Cada casal foi confinado em gaiola, confeccionada com pote plástico, revestido internamente com papel sulfite que serviu como estrutura para oviposição. Estes foram alimentados através de algodão embebido em solução de mel a 10%. A cada dois dias foi feita a higienização, coleta de ovos e alimentação para evitar a fermentação do preparo.

Para a coleta dos ovos de cada casal, foram retiradas das gaiolas as folhas sulfite com as posturas, os ovos foram contados com auxílio de lupa e acondicionadas em placa de Petri, contendo dieta artificial, vedadas com plástico filme perfurado possibilitando oxigenação, para posteriormente determinar a viabilidade dos ovos e emergência dos indivíduos que contabilizados até o último dia de oviposição ou morte da fêmea. Foram realizadas 50 repetições distribuídas em 10 amostras e 5 subamostras, onde, cada lagarta representou uma repetição, para determinar a normalidade dos dados e permitir a realização da análise de variância.



A= Bandeja plástica contendo folhas de milho, processo de higienização; B = Folha de milho e régua, processo de medir antes de cortar as folhas; C = Recipiente plástico com folha de milho cortadas, submergidas em água destilada sob placa de Petri; D = Recortes de folha de milho sobre papel filtro, processo de secagem; E = Recortes de folha de milho e papel filtro sobre tampa plástica de pote para armazenamento das pupas; F = Larvas de *S. frugiperda* sobre recorte de folha de milho e papel filtro; G = Pote plástico contendo larva de *S. frugiperda* sobre recorte folha de milho e de papel filtro.

Fonte: Autor.

Figura 7. Exposição de *S. frugiperda* a *S. pseudoquina* em dieta natural.

5.7 Análise dos dados

Os parâmetros, analisados referentes a biologia de *S. frugiperda* foram: sobrevivência larval, biomassa de pupas com 24 horas de idade, razão sexual, sobrevivência pupal, período de pré-oviposição, período de oviposição, número de ovos, viabilidade de ovos e a longevidade dos adultos. Para determinar a razão sexual, foi adotada a fórmula proposta por Silveira Neto et al (1976):

$$RS = NF / (NF + NM)$$

RS: Razão Sexual;

NF: Número de fêmeas;

NM: Número de Machos.

5.7.1 Análise de dados dos experimentos realizados com *S. frugiperda* submetidas a extrato aquoso de *S. pseudoquina*

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 tratamentos: 5%, 10% e o controle (água destilada) com 50 repetições por tratamento.

A duração larval, duração pupal e longevidade das fêmeas não se ajustaram a nenhum modelo testado e foram analisadas através do teste de Kruskal Wallis (KW) ($p \leq 0.05$).

O modelo linear generalizado com distribuição binomial com superdispersão foi o que melhor se ajustou aos dados de sobrevivência larval, sobrevivência pupal e viabilidade dos ovos. A qualidade de ajuste dos modelos mencionados foi averiguada com um gráfico meio normal (Moral et al., 2017).

As variáveis biomassa pupal, longevidade dos machos e de fêmeas e o número de ovos apresentaram distribuição normal e foram avaliadas através da ANOVA sendo o teste de post-hoc utilizado foi o Teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

6 RESULTADOS

Nos experimentos realizados com *Spodoptera frugiperda* expostas ao extrato aquoso de *Strychnos pseudoquina* em dieta artificial, foi possível constatar que a duração larval nas concentrações de 5% e 10% foram prolongadas se comparadas ao controle, sendo a concentração de 10% a de maior longevidade. Nas concentrações de 5% e 10%, a fase pupal apresentou maior longevidade e diferiu significativamente do controle (Tabela 2).

Tabela 2 – Duração de longevidade (média $\pm$ EP) e classificação não paramétrica das fases larval e pupal, expostas a diferentes concentrações de extrato.

Concentração (%)	Larval (dias)	(Rank KW)	Pupal (dias)	(Rank KW)
Controle	15,58 $\pm$ 0,20	(32,22 c)	10,22 $\pm$ 0,16	(24,84 b)
5,00	21,34 $\pm$ 0,64	(81,64 b)	15,53 $\pm$ 0,35	(92,75 a)
10,00	27,24 $\pm$ 0,88	(112,64 a)	15,29 $\pm$ 0,43	(88,88 a)
Valor de p		< 0,00001		< 0,00001

Rank KW: Classificação não paramétrica de Kruskal-Wallis.

Valor de p: Valor de probabilidade.

Quanto a longevidade das fêmeas adultas, não houve diferença em nenhum dos tratamentos (Tabela 3). Em relação ao período de oviposição, as concentrações de 5% e de 10% não diferiram entre si, mas houve diferença significativa quando comparadas ao controle, que apresentou prolongamento no período de oviposição (Tabela 3). Em relação à razão sexual não houve diferença em nenhuma das concentrações e controle (Tabela 3).

Tabela 3 - Duração de longevidade (média $\pm$ EP) e classificação não paramétrica da fase adulta feminina, do período de oviposição e da razão sexual, expostas a diferentes concentrações de extrato.

Concentração (%)	Fêmeas (dias)	(Rank KW)	Período de oviposição (dias)	(Rank KW)	Razão sexual (%)	(Rank KW)
Controle	12,80 $\pm$ 1,15	(16,05 a)	9,10 $\pm$ 1,14	(21,60 a)	50,00 $\pm$ 5,05	(65,00 a)
5,00	12,80 $\pm$ 1,15	(16,05 a)	5,00 $\pm$ 0,71	(13,60 b)	48,88 $\pm$ 5,05	(64,24 a)
10,00	12,00 $\pm$ 1,13	(14,40 a)	3,67 $\pm$ 0,76	(9,22 b)	66,66 $\pm$ 4,76	(76,33 a)
Valor de p		= 0,8868		= 0,0049		= 0,1658

Rank KW: Classificação não paramétrica de Kruskal-Wallis

Valor de p: Valor de probabilidade.

Foi possível observar que, não houve diferença significativa quanto a sobrevivência da fase larval (controle, 5% e 10%), diferente da fase pupal, que apresentou diferença significativa entre controle e as concentrações (5% e 10%) que não diferiram entre si (Tabela 4). Contudo, a viabilidade dos ovos foi alta no grupo controle. Em contraste, as concentrações de 5% e 10%, que apresentaram uma redução equivalente na viabilidade.

Tabela 4 - Classificação paramétrica usando o modelo Binomial com sobrevivência (média $\pm$ EP) das fases larval e pupal e viabilidade dos ovos em diferentes concentrações de extrato.

Concentração (%)	Larval (%)			Pupal (%)		Ovos (%)	
Controle	92,00 $\pm$ 3,87	a		100,00 $\pm$ 0,00	a	78,50 $\pm$ 9,12	a
5	90,00 $\pm$ 4,28	a		84,44 $\pm$ 5,46	b	07,11 $\pm$ 3,12	b
10	90,00 $\pm$ 4,28	a		82,22 $\pm$ 5,76	b	03,43 $\pm$ 1,20	b
Valor de p	= 0,9225			= 0,001232		= 0,0001259	

Ordenação do modelo linear generalizado com distribuição binomial.

Valor de p: Valor de probabilidade.

No que se diz respeito à biomassa na fase pupal, houve diferença entre controle e concentrações de 5% e 10%, sendo o controle o que apresentou maior biomassa, já as concentrações de 5% e 10% apresentaram biomassas semelhantes, demonstrando redução (Tabela 5). Quanto ao número de ovos, houve diferenças significativas se compararmos o controle às concentrações de 5% e 10%, essas últimas se (Tabela 4).

Em relação à longevidade dos machos (Tabela 5), não houve diferença entre controle e concentração de 5%, por outro lado, a concentração de 10% diferiu das demais, com redução significativa. Quanto ao período de pré-oviposição (Tabela 5), não houve diferença em nenhuma das concentrações.

Tabela 5 - Classificação paramétrica usando o modelo Gaussiano com biomassa pupal, longevidade dos machos adultos, período de pré-oviposição e número de ovos (média $\pm$ EP) em diferentes concentrações de extrato.

Concentração (%)	Biomassa Pupal (mg)	Macho (dias)	Período de Pré-oviposição (dias)	Nº de ovos
Controle	0,23 $\pm$ 0,003 a	11,60 $\pm$ 0,76 a	3,50 $\pm$ 0,37 a	1.195,60 $\pm$ 84,48 a
5	0,15 $\pm$ 0,005 c	12,00 $\pm$ 0,82 a	5,30 $\pm$ 1,00 a	620,70 $\pm$ 118,77 b
10	0,16 $\pm$ 0,004 b	8,30 $\pm$ 1,23 b	4,22 $\pm$ 0,49 a	445,60 $\pm$ 116,22 b
Valor de p	< 0,00001	= 0,0349	= 0,1896	< 0,00001

Ranking do modelo linear generalizado com distribuição gaussiana.

p-valor: Valor de probabilidade.

Nos experimentos com dieta natural, observamos prolongamento da duração larval nas concentrações de 5% e 10%, diferindo do controle. Em relação à razão sexual, nas concentrações de 5 % e 10% diferiram do controle, mas não diferiram entre ambas (Tabela 6).

Tabela 6 – Duração de longevidade (média $\pm$ EP) e classificação não paramétrica das fases larval, pupal e adulta feminina expostas a diferentes concentrações de extrato.

Concentração (%)	Larval (dias)	(Rank KW)	Pupal (dias)	(Rank KW)	Razão sexual (%)	(Rank KW)
Controle	17,28 $\pm$ 0,34	(42,63 a)	9,71 $\pm$ 0,16	(60,82 a)	38,77 $\pm$ 7,62	(63,17 b)
5	19,72 $\pm$ 0,42	(93,26 b)	10,33 $\pm$ 0,23	(75,76 a)	50,00 $\pm$ 7,80	(70,75 a)
10	19,56 $\pm$ 0,34	(90,61 b)	10,16 $\pm$ 0,23	(68,59 a)	50,00 $\pm$ 7,03	(70,75 a)
Valor de p	< 0,00001		< 0,00001		= 0,4556	

Rank KW: Classificação não paramétrica de Kruskal–Wallis.

Valor de p: Valor de probabilidade.

A sobrevivência larval diferiu significativamente entre o controle e a concentração de 5%, mas a concentração de 10% não apresentou diferença em relação aos demais tratamentos (Tabela 7). Na fase pupal, houve diferença entre o controle e a concentração de 10%, enquanto a concentração de 5% não diferiu significativamente dos outros grupos (Tabela 7). Quanto à viabilidade dos ovos, o controle exibiu alta emergência de larvas, diferindo das concentrações de 5% e 10%, que não apresentaram variação entre si (Tabela 7).

Tabela 7 - Classificação paramétrica usando o modelo Binomial com sobrevivência (média $\pm$ EP) das fases larval e pupal e viabilidade de ovos em diferentes concentrações de extrato.

Concentração (%)	Larval (%)	Pupal (%)	Ovos (%)
Controle	98,00 $\pm$ 2,00 a	97,95 $\pm$ 5,88 a	82,22 $\pm$ 2,69 a
5	84,00 $\pm$ 5,23 b	90,47 $\pm$ 4,58 ab	1,31 $\pm$ 1,09 b
10	88,00 $\pm$ 4,64 ab	81,81 $\pm$ 2,04 b	5,17 $\pm$ 2,30 b
Valor de p	= 0,02928	= 0,02182	< 0,00001

Ranking do modelo linear generalizado com distribuição binomial.

Valor de p: Valor de probabilidade.

Não foram observadas diferenças significativas, no que diz respeito à biomassa pupal e à longevidade dos machos entre os tratamentos. No entanto, a longevidade das fêmeas do

controle e da concentração de 5% não diferiram entre si, enquanto a concentração de 10% apresentou diferença significativa em relação aos demais grupos (Tabela 8).

Tabela 8 - Classificação paramétrica usando o modelo gaussiano com biomassa pupal, longevidade de machos e fêmeas (média $\pm$ EP em diferentes concentrações de extrato).

Concentração (%)	Biomassa Pupal (mg)		Machos (dias)		Fêmeas (dias)	
Controle	0,10 $\pm$ 0,002	a	9,50 $\pm$ 0,58	a	10,80 $\pm$ 0,85	b
5	0,99 $\pm$ 0,002	a	7,70 $\pm$ 0,67	a	10,30 $\pm$ 0,81	b
10	0,99 $\pm$ 0,003	a	8,30 $\pm$ 1,23	a	14,60 $\pm$ 0,74	a
Valor de p		= 0,2977		= 0,2444		= 0,0013

Ranking do modelo linear generalizado com distribuição gaussiana.

Valor de p: Valor de probabilidade.

O número de ovos e período de oviposição no controle foi maior, diferindo-se das concentrações de 5% e 10%, que não se diferiram entre si. Não houve diferença no período de pré-oviposição em todas as concentrações (Tabela 9).

Tabela 9 - Classificação paramétrica usando o modelo gaussiano número de ovos (média $\pm$ EP), período de pré-oviposição e de oviposição em diferentes concentrações de extrato.

Concentração (%)	Nº de ovos		Período de pré-oviposição (dias)		Período de oviposição (dias)	
Controle	892,90 $\pm$ 94,54	a	2,90 $\pm$ 0,23	a	10,10 $\pm$ 0,43	a
5	519,00 $\pm$ 76,52	b	3,33 $\pm$ 0,64	a	6,77 $\pm$ 0,77	b
10	602,66 $\pm$ 62,22	b	3,33 $\pm$ 0,37	a	6,77 $\pm$ 0,76	b
Valor de p		= 0,0067		= 0,3361		= 0,0013

Ranking do modelo linear generalizado com distribuição gaussiana.

Valor de p: Valor de probabilidade.

Comparando os resultados dos experimentos (dieta artificial e dieta natural), nas concentrações (5% e 10%) do extrato aquoso de folhas de *S. pseudoquina*, verifica-se prolongamento na longevidade larval, se comparado ao controle, principalmente no experimento com dieta artificial, onde houve maior significância (Figura 8).

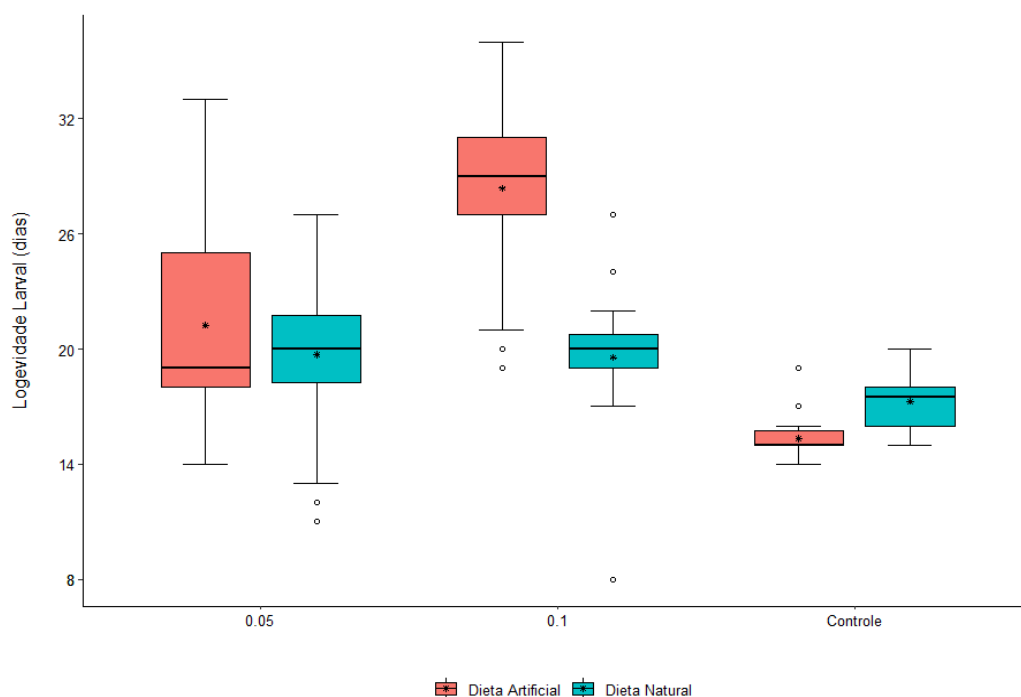


Figura 8. Efeito de extrato aquoso da folha de *Strychnos pseudoquina* sobre a longevidade larval de *Spodoptera frugiperda* em dieta artificial e dieta natural.

No experimento com dieta artificial houve prolongamento na longevidade da fase larval, enquanto no experimento com dieta natural (folha de milho crioulo) esse prolongamento foi inferior (Figura 9).

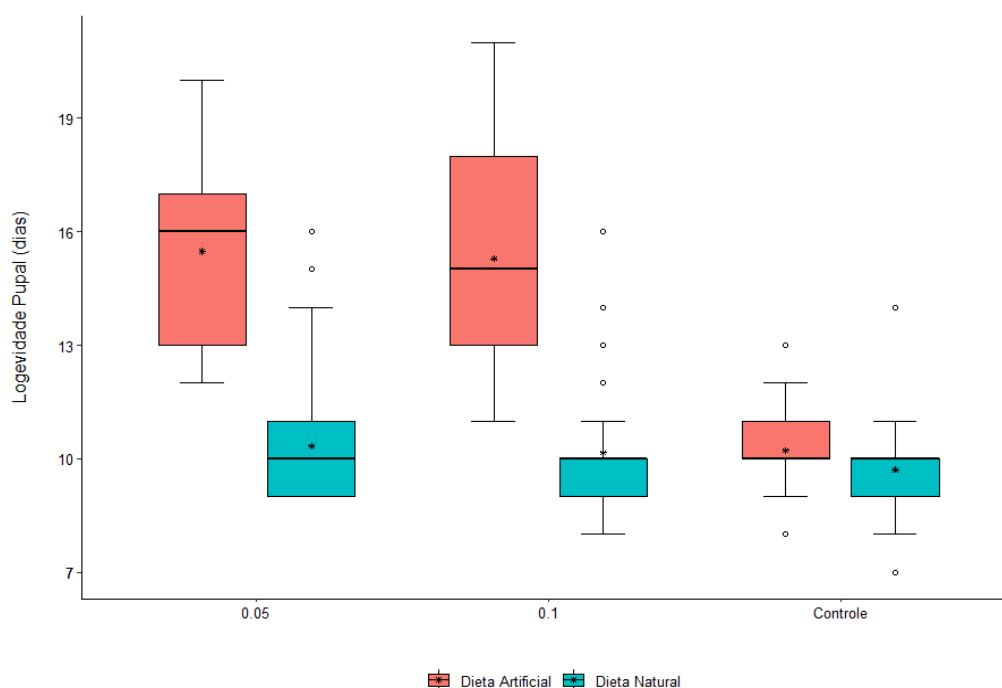


Figura 9. Efeito de extrato aquoso da folha de *S. pseudoquina* sobre a longevidade pupal de *S. frugiperda* em dieta artificial e dieta natural.

Ambos os experimentos mostraram que o extrato da planta nas concentrações 5% e 10% reduziram o período de oviposição de *S. pseudoquina*, diferindo do controle (Figura 10).

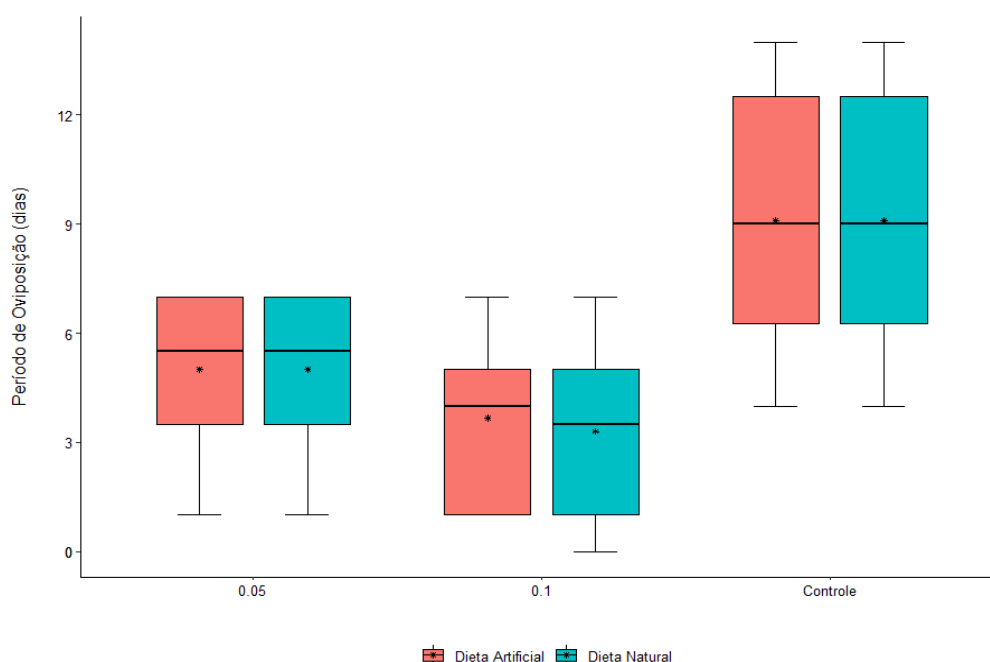


Figura 10. Efeito de extrato aquoso da folha de *S. pseudoquina* sobre o período de oviposição de *S. frugiperda* em dieta artificial e dieta natural.

Também houve equivalência de resultados, em relação a redução no número de ovos, para ambos os experimentos, que utilizaram as concentrações de extrato aquoso, em comparação ao controle (Figura 11).

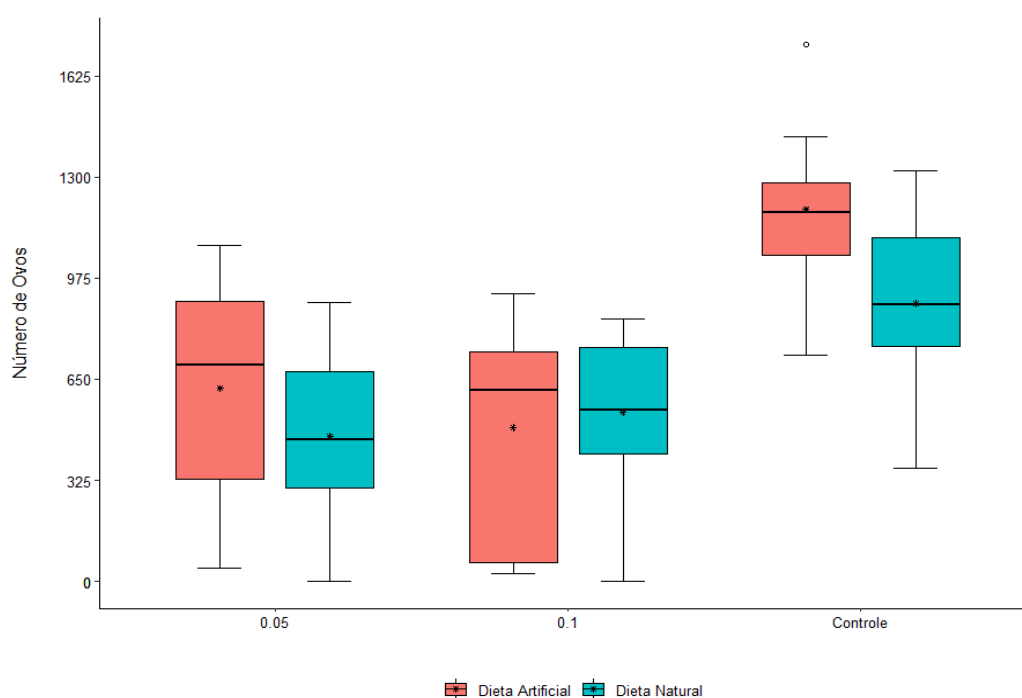


Figura 11. Efeito de extrato aquoso da folha de *S. pseudoquina* sobre o número de ovos de *S. frugiperda* em dieta artificial e dieta natural.

A viabilidade dos ovos foi reduzida em ambos os experimentos nos quais as larvas de *S. frugiperda* foram expostas ao extrato em todas as concentrações testadas (5% e 10%), em comparação com aquelas expostas apenas à água destilada (controle) (Figura 12).

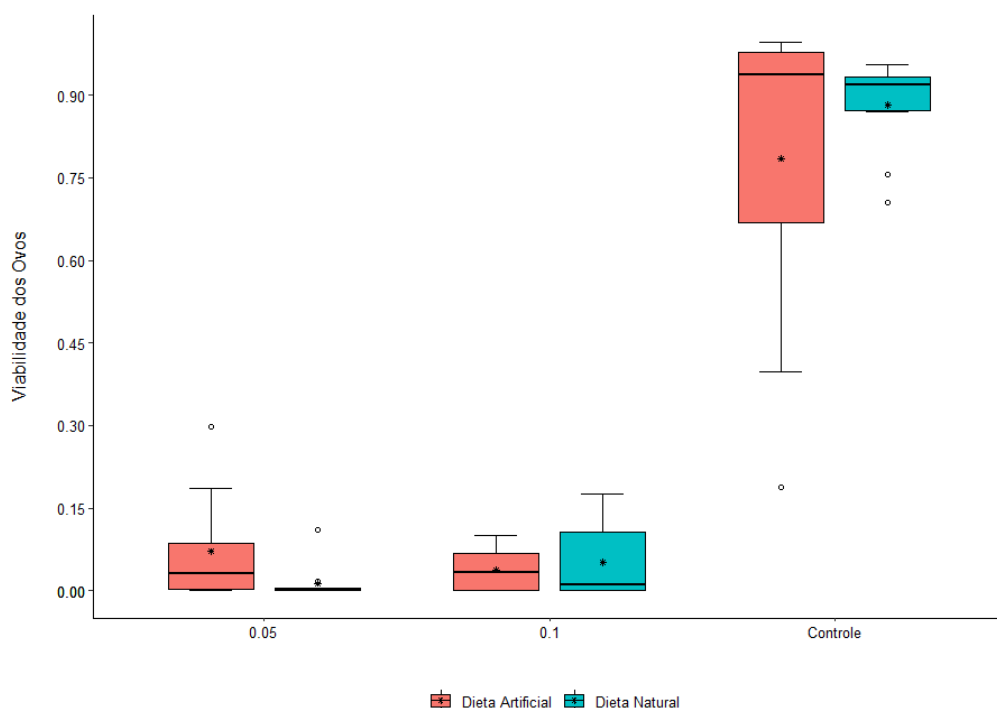


Figura 12. Efeito de extrato aquoso da folha de *S. pseudoquina* sobre a viabilidade dos ovos de *S. frugiperda* em dieta artificial e dieta natural.

7 DISCUSSÃO

Os experimentos com extrato aquoso de *Strychnos pseudoquina* nas concentrações de 5% e 10% em dieta artificial e em dieta natural (folha de milho) sobre *Spodoptera frugiperda* apresentaram resultados promissores quando comparados ao controle. Houve prolongamento na longevidade larval do inseto em experimento realizado com dieta artificial. Em experimento com dieta natural, esse prolongamento foi menos acentuado.

A redução na eficiência de conversão do alimento ingerido, pode ocasionar o prolongamento na fase larval (Tanzubil & McCaffery, 1990), onde o efeito inibidor da alimentação das larvas provocadas pelas substâncias presentes nas plantas induz a mudança de estágio. Experimentos realizados com *Spodoptera litura* (Fabricius), utilizando extratos de plantas das meliáceas: *Trichilia americana* (Wheeler & Isman, 2001) e *Trichilia connaroides* (Xie et al., 1994) apontaram resultados parecidos.

No experimento com dieta artificial, observou-se um prolongamento da longevidade pupal, enquanto que, com dieta natural esse prolongamento foi menor. No entanto, a

viabilidade das pupas foi reduzida em ambos os experimentos nos quais se utilizou o extrato. Além disso, no experimento com dieta artificial, constatou-se uma redução na biomassa pupal, resultado também observado no experimento com dieta natural. Segundo Hernandez & Vendramim (1996), extratos de plantas podem ocasionar danos a insetos, como em seus estudos, utilizando extratos aquosos de Meliaceae, observou interferência no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda*.

Quando a biomassa das pupas expostas à extratos é menor que a biomassa das pupas do controle, sugere-se que, as substâncias presentes na planta provocam diminuição no consumo e utilização do alimento, que pode ser ocasionado por efeitos deterrente e/ou repelente, oriundo das defesas da planta (metabólitos secundários) utilizada no preparo do extrato. Além disso, a *S. pseudoquina* possui alcaloides e flavonoides. Esses metabólitos secundários se sobressaem como agentes na defesa de plantas, contra o ataque de pragas, agindo na inibição da alimentação e por consequência redução de crescimento (Gordon-Weeks & Pickett, 2009; Rezende et al., 2016; Melo et al., 2021).

Por conseguinte, pupas de biomassa inferior darão origem a adultos pequenos, acarretando problemas na cópula destes indivíduos e as fêmeas serão menos fecundas. Sendo assim, a ação dos extratos pode estar correlacionada com a baixa ingestão de alimento ocasionada pela toxicidade dos extratos (5% e 10%), levando ao prolongamento larval e pupal, ou pelo efeito após a ingestão das dietas tratadas, afetando a fisiologia do inseto (Fonseca et al., 2018).

Resultados como estes, são de grande importância, pois quando um extrato afeta diretamente a fase larval, interfere diretamente nos danos causados às plantas, seja por mortalidade direta ou através da diminuição da alimentação. Relatos de Freitas et al. (2014), apontam que o uso de extrato de *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae), sobre *S. frugiperda* reduziu o desenvolvimento da fase pupal, afetando o ganho de peso das pupas. O efeito de metabólitos secundários presentes nas plantas, podem estar associados a baixa eficiência de conversão alimentar no mesentério do inseto e das células do canal alimentar, afetando a fisiologia do trato digestivo e o ganho de peso (Martinez & Van Endem, 1999).

Ambos experimentos, demonstraram redução no período de oviposição, redução no número de ovos e redução na viabilidade de ovos de *S. frugiperda*, apontando que as concentrações de extrato (5% e 10%) de *S. pseudoquina* foram eficientes, fato justificado através do controle. Em pesquisa utilizando o extrato do caule de *Psychotria goyazensis*, destacou-se a eficácia na mortalidade de *S. frugiperda* (100% dos indivíduos), além de interferir na taxa de eclosão de ovos (Nascimento et al., 2011).

Redução da reprodução é um fator importante. Embora tenha ocorrido oviposição, a não fecundação dos ovos diminuiu a densidade populacional de indivíduos da próxima geração. Essa diminuição pode ser devido a presença de substâncias do metabolismo secundário da planta sobre os tecidos e órgãos endócrinos. Sendo assim, a ingestão do extrato, pode ter provocado irregularidades nos órgãos reprodutores e, culminando na baixa viabilidade de ovos. Em estudo, utilizando o extrato aquoso de folhas de *Melia azedarach*, constataram a mortalidade total de larvas de *S. frugiperda*, além de o extrato afetar negativamente o peso de lagartas e pupas e reduzir acentuadamente a fecundidade dos adultos, interferindo no número de ovos e assim o volume de dispersão (Gallegos & Maroneze, 2009).

Estudos de Cosme et al. (2022), mostraram que independentemente da concentração utilizada de inseticida botânico a base de azadirachtina, seus efeitos são tão prejudiciais quanto aos observados para clorpirifós e teflubenzurom e provoca redução na viabilidade dos ovos de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae), assim como o inseticida a base de lambdacialotrina, que provocou mortalidade de todos os embriões.

Os testes realizados em laboratório, utilizando o extrato aquoso de *S. pseudoquina* sobre *S. frugiperda*, apontaram resultados importantes. Porém, existe a necessidade de mais estudos para análise de resultados em campo. Possivelmente, o uso em grandes plantações (agronegócio), não seria viável pela quantidade necessária de material botânico para a produção dos extratos aquosos.

No entanto seu uso para pequenas produções, como a agricultura familiar, poderia ser uma alternativa viável, já que o resultado em laboratório, mostrou redução significativa no número de indivíduos da segunda geração. Além de ser menos agressivo ao meio ambiente e a saúde humana e animal, baixa persistência ambiental e possuir fácil acesso e modo de aplicação.

O manejo agroecológico traz maior segurança à saúde dos agricultores, pela baixa ou nenhuma toxicidade dos ingredientes usados, outra vantagem para os pequenos produtores na utilização desses produtos é que os materiais podem estar disponíveis em suas propriedades, ou possuir baixo custo, além da redução da possibilidade de intoxicação, que pode ser ocasionada por resíduos de agrotóxicos em alimentos e uso incorreto durante a aplicação dos mesmos (Marques & Silva, 2021; Figueiredo et al., 2023). As técnicas agroecológicas são mais eficientes quando aplicadas em áreas de agricultura familiar, pois suas características causam menores modificações ao ambiente, além de ocupar menores áreas de plantio, se comparado ao agronegócio, e por possuir uma maior diversidade produtiva (Lovatto, 2021; Faleiros et al., 2022).

8 CONCLUSÃO

O extrato aquoso de *S. pseudoquina*, ocasionou a redução no desenvolvimento larval, redução da biomassa pupal, período de pré-oviposição, período de oviposição, número de ovos e viabilidade dos ovos, resultando na redução de indivíduos da segunda geração. Contudo há necessidade que sejam realizados testes em campo, utilizando diferentes concentrações, métodos de extração de substâncias, e/ou de outras partes da planta, além de analisar se há risco de contaminação ambiental, a saúde humana e de organismos não-alvos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebowale, A., Naidoo, Y., Lamb, J., & Nicholas, A. (2014). Comparative foliar epidermal micromorphology of Southern African *Strychnos L.* (Loganiaceae): taxonomic, ecological and cytological considerations. *Plant systematics and evolution*, 300, 127-138.
- Alarcón, R., Guzmán, T., Penieres, J., & Navarrete, R. (2016). Actividad repelente e insecticida de hojas, flores y extractos de llama del bosque (*Spathodea campanulata* B.), en gorgojos de granos almacenados (*Sitophilus zeamais* M.). *La Calera*, 16(27), 94-99.
- Azevedo, F. R., Guimarães, J. A., Braga Sobrinho, R., & Lima, M. A. A. (2021). Eficiência de produtos naturais para o controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. *Arquivos do instituto biologico*, 72, 73-79.
- Baniwa, G. D. S. L. (2006). O índio brasileiro: o que você precisa saber sobre os povos indígenas no Brasil de hoje. *Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade*, 17-25.
- Barbosa, F. R., Da Silva, C. S. B., & Carvalho, G. D. L. (2006) Uso de inseticidas alternativos no controle de pragas agrícolas. 2006.
- Barcelos, P. H. S., & Angelini, M. R. (2018). Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias Bts (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 35-40.
- Barros, E. M., Torres, J. B., & Bueno, A. F. (2010). Oviposição, Desenvolvimento e Reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Diferentes Hospedeiros de Importância Econômica. *Neotropical Entomology*, 39(6), 996-100. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600023>
- Barros, R. (2012) Pragas do milho. In: Pedroso, R. S. Tecnologia de produção: soja e milho 2011/2012, (14) 275-296.
- Bashir, S., Jabeen, K., Iqbal, S., Javed, S., & Naeem, A. (2019). Lantana camara: phytochemical analysis and antifungal prospective. *Planta Daninha*, 37.
- Batista, L. A., Brandão, E. G., Rosas, L. V., Pinto, M. N., Pantoja, T. M. A., Araújo, T. V., & Lima, R. A. (2019). Levantamento de plantas medicinais utilizadas contra parasitoses e verminoses intestinais no município de Atalaia do Norte – AM. *Biota Amazônia*, 9(2), 35-39. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v9n2p35-39>.
- Brasileiro, D. P., Ferreira, E. D. C., Santos, S. D. S., Carvalho, T. K. N., Felix, C. D. M. P., Barros, R. F. M. D., & Lucena, R. F. P. D. (2022). Conhecimento e uso da vegetação em uma comunidade rural no entorno do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Nordeste, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 9(21), 75-95.
- Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D., & Maggi, F. (2018). The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Industrial crops and products*, 122, 308-315.
- Bitencourt, S. O., SASAYA, M. K., & GARLET, J. (2020). Levantamento etnobotânico de plantas inseticidas em comunidades rurais de Alta Floresta–MT.

- Bombardi, L. M. (2011). Intoxicação e morte por agrotóxicos no Brasil: a nova versão do capitalismo oligopolizado. *Boletim Dataluta*, 45, 1-21.
- Bombardi, L. M. (2012). Agrotóxicos e agronegócio: arcaico e moderno se fundem no campo brasileiro. *Direitos humanos no Brasil*, 2012, 75-86.
- Bonnet, O., Beniddir, MA, Champy, P., Kagisha, V., Nyirimigabo, A., Hamann, C., & Frédérich, M. (2022). A exploração por redes moleculares de alcaloides de *Strychnos* revela a ocorrência inesperada de estricnina em sete espécies de *Strychnos*. *Toxicon*, 215, 57-68.
- Bueno, A. D. F., Ga, C., Nogueira, M. A., De Medeiros, F. H. V., De Medeiros, F. C. L., Hungria, M., & Hirose, E. (2022). Compatibilidade no uso de bioinsumos e insumos sintéticos no manejo da cultura da soja.
- Bulhões, R. S. D. (2022). Revisão de literatura: uso da toxicologia na medicina veterinária forense.
- Busato, G. R., Grützmacher, A. D., Garcia, M. S., Giolo, F. P., Zotti, M. J., & Bandeira, J. D. M. (2005). Exigências térmicas e estimativa do número de gerações dos biótipos "milho" e "arroz" de *Spodoptera frugiperda*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, 329-335.
- Butt, B. A., & Cantu, E. (1962). Sex determination of lepidopterous pupae. USDA. *Agricultural Research Service Report*, 33,1-7.
- CABI. (2017). How to identify fall armyworm. A4 flyer. Plantwise. Retrieved from.
- CABI. (2019). Invasive Species Compendium: *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). Disponível em <<https://www.cabi.org/ISC/datasheet/29810>>. Acesso em: 5 de jun. 2023.
- CABI (2021). *Spodoptera frugiperda*. In: Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. www.cabi.org/isc acesso em 02/02/2023.
- Candell, A. D. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) del híbrido de Maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5(1), 47-56.
- Carreras, B. (2011). Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 129-133.
- Carvalho, J. H., da Silva, L. T., Leal, I. L., Moura, G. S., Kruppa, M. F., Iulli Martins, B., & Portolan, I. B. (2019). Utilização de Derivados Vegetais e Minerais no Controle do Gorgulho do Milho. *Cadernos de Agroecologia*, 14(1).
- Casida, J. E., & Durkin, K. A. (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual review of entomology*, 58, 99-117.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira De Grãos. v.5-Safra 2017/18, n.5-Quinto levantamento, fevereiro 2018.p.15-21, 2018.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Séries históricas das safras: milho. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 12 de abril de 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, n. 2 segundo levantamento, novembro. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>> Acesso em: 12 jan. 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 9, nono levantamento, junho. 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em: 30 jun. 2023.

- Cosme, L. V., Carvalho, G. A., & Moura, A. P. (2022). Efeitos de inseticidas botânico e sintéticos sobre ovos e larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) em condições de laboratório. *Arquivos do Instituto Biológico*, 74, 251-258.
- Costa, A. A., & Araújo, G. M. D. (2001). Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Acta botanica brasílica*, 15, 63-72.
- Costa, L. M. D., Canever, M. D., & Fagundes, N. D. S. (2022). Evolução da produção de milho das diferentes safras no Brasil. Anais de eventos científicos UFPel. Acesso em 15/6/2023. <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/9593>
- Correa, P. M., (1926). Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas, first ed. vol. VI, Imprensa Oficial, Rio de Janeiro.
- Corrêa, J. C. R., & Salgado, H. D. N. (2011). Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 13, 500-506.
- Cruz, I., & Monteiro, M.A.R. (2004) Controle biológico da lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos de *Trichogramma pretiosum*. *Comunicado Técnico 114: Embrapa Milho e Sorgo*, 4p., 1ª edição.
- Cruz, I. (1995). A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 45p. (Circular Técnica 21).
- Cruz, I. (2008). Manejo de pragas da cultura do milho. *A Cultura do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo*, 303-362.
- Cruz, I., Figueiredo, M., & Da Silva, R. B. (2010). Monitoramento de adultos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) em algumas regiões produtoras de milho no Brasil.
- Damalas, C. A., & Koutroubas, S. D. (2020). Botanical pesticides for eco-friendly pest management: Drawbacks and limitations. *Pesticides in Crop Production: Physiological and Biochemical Action*, 181-193.
- Diniz, N. F., Luski, P. G. G., Queiroz, A. P., Silva, N. R. A., Bueno, A. D. F., Neves, P. M. O. J., & de OLIVEIRA, M. C. N. (2018). Efficiency of Baculovirus *spodoptera* associated with herbicides in the control of *Spodoptera frugiperda*. *Documentos-Embrapa Soja*, (401), 27-37.
- Duke, S. O., Cantrell, C. L., Meepagala, K. M., Wedge, D. E., Tabanca, N., & Schrader, K. K. (2010). Natural toxins for use in pest management. *Toxins*, 2(8), 1943-1962.
- EFSA. Pest survey card on *Spodoptera frugiperda*. Delbianco, A, Kinkar, M, Vos, S, 2020. Cartão de levantamento de pragas em *Spodoptera frugiperda*. Publicação de apoio da EFSA, 2020, v.17, n.7. EN-1895.29pp. doi: 10.2903/sp.efsa.2020.EN-1895. 2020.EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Série Desafios Do Agronegócio Brasileiro (NT2) Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. 2019.
- EPPO. Global Database. Distribution details in Australia *Spodoptera frugiperda* na Austrália. 2020. Disponível em: <https://gd.eppo.int/taxon/LAPHFR/distribution/AU>. Acesso em 15 de abr de 2023.
- Faleiros, M. V., Faleiros, J. H., Oliveira, R. C., Rocha, E. C., Luz, J. M. Q., & da Silva Arruda, A. (2022). Atividade inseticida do extrato etanólico de *Eugenia dysenterica* (Myrtaceae) sobre formigas cortadeiras. *Scientia Plena*, 18(10).
- Fernandes, T., Oliveira, M., Batista, F. D. C., Ribeiro, V., Gomes, E., Valicente, F., & Oliveira-Paiva, C. A. (2019). Potencial de isolados de *Bacillus thuringiensis* para controle de fungos fitopatogênicos e

- promoção de crescimento vegetal. Folheto. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Acesso em 15/6/2023. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1117372/potencial-de-isolados-de-bacillus-thuringiensis-para-controle-de-fungos-fitopatogenicos-e-promocao-de-crescimento-vegetal>
- Ferreira, F., Thiesen, L., Corassa, J. D. N., Nardon, A., Dos Santos, L. V., Rosa, D., & Pitta, R. (2021). Uso Eficaz de Benzoato de Emamectina Para o Manejo de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Milho. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Acesso em 15/6/2023. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1139399>. <https://doi.org/10.37486/1809-8460.ba12001>
- Freitas, A. F., Pereira, F. F., Formagio, A. S. N., Luccheta, J. T., Vieira, M. C., & Mussury, R. M. (2014). Efeitos de extratos metanólicos de espécies de *Annona* no desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 43, 446–452.
- Figueiredo, A. R., da Silva, Y. V., da Silva Gualberto, L., Guarda, E. A., & Guarda, P. M. (2023). CONTAMINAÇÃO POR AGROTÓXICOS E SEGURANÇA ALIMENTAR EM HORTAS COMUNITÁRIAS DA CIDADE DE PALMAS-TO. DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, 2(1).
- Fonseca, J., Couto, I. F. S., da Silva, R. M., Fioratti, C. A. G., Pereira, F. F., Mauad, M., ... & Mussury, R. M. (2018). Efeito de extratos metanólicos de *Stryphnodendron adstringens* (MART) coville na alimentação e reprodução de *Plutella xylostella* L.(Lepidoptera: Plutellidae). *Interciencia*, 43(3), 182-187.
- Gallegos, D. M. N., & Maroneze, D. M. (2009). Efeito de extrato aquoso de *Melia azedarach* no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Semina: Ciências Agrárias*, 30(3), 537-550.
- Gallo, D., Nakano, O. N., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L. C., Batista, G. C. D. D., Berti Filho, E., & Bat, S. (2002). *Entomologia agrícola*. In *Entomologia agrícola*, 920-920.
- Greene, G. L., Leppla, N. C., & Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of economic entomology*, 69(4), 487-488.
- Goedel, A. D., Faita, M. R., & Poltronieri, A. S. (2021). Resistência varietal de milho doce crioulo a *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae). *Research, Society and Development*, 10(13), e411101321309-e411101321309.
- Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., & Tamò, M. (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PloS one*, 11(10), e0165632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>
- Gouin, A., Bretaudeau, A., Nam, K., Gimenez, S., Aury, J. M., Duvic, B., ... & Fournier, P. (2017). Two genomes of highly polyphagous lepidopteran pests (*Spodoptera frugiperda*, Noctuidae) with different host-plant ranges. *Scientific reports*, 7(1), 11816.
- Gordon-Weeks, R., & Pickett, J. A. (2009). Role of natural products in nature: plant-insect interactions. *Plant-derived Natural Products: Synthesis, Function, and Application*, 321-347.
- Guo, J., Zhao, J., He, K., Zhang, F., & Wang, Z. (2018). Potential invasion of the crop-devastating insect pest fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to China. *Plant Protection*, 44(6), 1-10.
- Hernandez, C. R., & Vendramim, J. D. (1996). Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Manejo Integrado de Plagas*, 42, 14-22.

- Hussain, A. G., Wennmann, J. T., Goergen, G., Bryon, A., & Ros, V. I. (2021). Viruses of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: a review with prospects for biological control. *Viruses*, 13(11), 2220. <https://doi.org/10.3390/v13112220>
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture), 2016. First report of outbreaks of the “Fall Armyworm” on the African continent. IITA Bulletin, No. 2330. Available online: <http://bulletin.iita.org/.../>
- IPPC - International Plant Protection Convention. (2020). First detection of *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) in Torres Strait. Rome: IPPC. Disponível em; <https://www.ippc.int/en/countries/australia/pestreports/2020/02/first-detection-of-spodoptera-frugiperda-fall-armyworm-in-torres-strait/> Acesso em: 4 jan. 2023.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 45-66.
- Isman, M. B. (2020). Inseticidas botânicos no século XXI – cumprindo sua promessa? *Revisão Anual de Entomologia*, 65, 233-249.
- Jing, W. A. N., Huang, C., Li, C. Y., Zhou, H. X., Ren, Y. L., Li, Z. Y., & Wan, F. H. (2021). Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 646-663.
- Kaiser, I. S., Kanno, R. H., Bolzan, A., Amaral, F. S., Lira, E. C., Guidolin, A. S., & Omoto, C. (2021). Baseline response, monitoring, and cross-resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to sodium channel blocker insecticides in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 114(2), 903-913.
- Khanikor, Binita., & Mahanta, J. (2020). Phytochemical screening and bioefficacy of *Lantana camara* L. against American Cockroach, *Periplaneta americana* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(7), 1732-1736.
- Krinski, D., Massaroli, A., & Machado, M. (2014). Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36, 225-242.
- Kuhlmann, M. (2018). *Frutos e sementes do Cerrado: espécies atrativas para fauna* (Vol. 2). Frutos Atrativos do Cerrado.
- Lorenzi, H., & Matos, F. D. A. (2008). Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2ª edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 544.
- Leite, T. V. P., & Bertotti, D. L. (2020). Efeito dos inseticidas botânicos aplicados no manejo agroecológico de pragas na cultura do milho doce. *Revista Brasiliense de Agroambiente e Desenvolvimento Sustentável*, 1(1).
- Lima, R. R., & Silva, F. P. (2022). NIM (*Azadirachta indica*): Uma Abordagem Sobre Uso Como Inseticida Natural. *Revista Científica Acertte-ISSN 2763-8928*, 2(10), e21099-e21099.
- Lobo, Y. J. G., Figueiredo, Y. G., Melo, J. O. F., Oliveira, M. V. D. F., Delgado, O. T., Cedro, W. L., & Barbian, L. D. P. J. (2022). Revisão Bibliográfica Sobre O Uso De Nim (*Azadirachta Indica* A Juss.) Para O Controle De Lagartas De *Spodoptera frugiperda*. *Fitoquímica: Potencialidades Biológicas Dos Biomas Brasileiros-Volume 2*, 2(1) 160-169.
- Lovatto, P. B. (2021). *Fitoprotetores botânicos: União de saberes e tecnologias para transição agroecológica*. Editora Appris.
- Machado, L. A., Silva, V. B., & Oliveira, M. D. (2007). Uso de extratos vegetais no controle de pragas em horticultura. *Biológico, São Paulo*, 69(2), 103-106.

- Manoel, E. A., & Guimarães, E. F. (2009). O gênero *Strychnos* (Loganiaceae) no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 60, 865-877.
- Marques, J. M. G., & Silva, M. (2021) Estimation of chronic dietary intake of pesticide residues. *Rev. Saúde Pública*, 55(36), 1-9.
- Martinez, S. S. (2011). O nim: *Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção. In *O NIM: Azadirachta indica: natureza, usos múltiplos, produção* (pp. 205-205).
- Martinez, S. S., & Van Emden, H. F. (1999). Sublethal concentrations of azadirachtin affect food intake, conversion efficiency and feeding behaviour of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bulletin of Entomological Research*, 89(1), 65-71.
- Melo, B. M. C., Matos, A. P., Cunha, G. O. S., Bernardo, A. R., Menezes, A. C. S., Vieira, P. C., & Fernandes, J. B. (2021). Flavonoides e Atividade Inseticida Sobre *Spodoptera frugiperda* de *Myrsine coriacea* (Primulaceae). *Revista Virtual de Química*, 13(4), 953-958.
- Melo, J. C., dos Santos, S. F., & de Sales Ferreira, J. C. (2021). A mandioca e o milho como base da alimentação de povos indígenas e ribeirinhos e a transição alimentar nos dias atuais. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 52934-52951.
- Mendes, S., Rodrigues, J., Dos Santos, C. D., Rodrigues, G., Viana, P., Barbosa, T., & De Oliveira, M. F. (2014). Bioecologia e injúrias de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho.
- Miranda, R. A., Lício, A. M. A., PURCINO, A., Paulinelli, A., PARENTONI, S., DUARTE, J. D. O., & de OLIVEIRA, I. R. (2014). Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil.
- Miranda, R. A., Duarte, J. D. O., Garcia, J., & Duraes, F. (2021). Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho. Sete Lagoas: *Embrapa Milho e Sorgo*, 2021. 27 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1132079>. Acesso em: 23 de junho de 2022.
- Montezano, D. G., Sosa-Gómez, D. R., Specht, A., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. D., & Hunt, T. E. (2018). Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African entomology*, 26(2), 286-300.
- Moral, R. A., Hinde, J., & Demétrio, C. G. B. (2017). Half-Normal Plots and Overdispersed Models in R: The hnp Package. *J. Stat. Softw.* 81, 1–23.
- Moreira, M. D., Picanço, M. C., Silva, E. D., Moreno, S. C., Martins, J. C., Venzon, M., & Pallini, A. (2006). Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. *Controle alternativo de pragas e doenças. Viçosa: EPAMIG/CTZM*, 89-120.
- Mossini, S. A. G., & Kimmelmeier, C. A. (2005). árvore nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos Usos. *Acta Farmacêutica*, 24(1) 48-139.
- Nagoshi, R. N., Adamczyk, J. J., Meagher, R. L., Gore, J., & Jackson, R. (2014). Using stable isotope analysis to examine fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in a cotton habitat. *Journal of Economic Entomology*, 100(5), 1569-1576. <https://doi.org/10.1093/jee/100.5.1569>
- Nascimento, N., Petacci, F., Felício, J. S., Graziotti, G. H., Souza Jr, A. A., & Freitas, S. S. (2011). Efeito inseticida de extratos de plantas do Cerrado sobre *Spodoptera frugiperda* e *Sitophilus zeamais*. *Planta Daninha*, 11(3), 435-441.

- Negrini, M., Fidelis, E. G., Schurt, D. A., Silva, F. D. S., Pereira, R. S., & Bizzo, H. R. (2019). Atividade inseticida de óleos essenciais para o controle da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*. *Arquivos do instituto Biológico*, 86.
- Ortiz, R. I. (2019). Observações sobre a educação escolar indígena e saberes tradicionais Guarani e Kaiowá em Dourados, Mato Grosso do Sul: múltiplas veredas, diferentes perspectivas. *Realização*, 6(12), 95-107.
- Paes, M. C. D. (2006). Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Embrapa Milho e Sorgo Circular Técnica 75- ISSN 1679-1150 p. 65.
- Papa, G., & Celoto, F. J. (2012). Lagarta-do-cartucho. In.: BARROSO, A. L. L.; GARCIA, J. F.; SIMÕES NETO, D. E. Milho: Desafios Fitossanitários e Manejo Sustentável. Jaboticabal, SP, 2012, p. 11-13 (Boletim Técnico 1)
- Pashley, D. P. (1986). Host-associated genetic differentiation in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): a sibling species complex?. *Annals of the Entomological Society of America*, 79(6), 898-904.
- Pereira, R. R. (2020) ZOOTOPONÍMOS: A FAUNA E SEU REFLEXO NA TOPONÍMIA DE MATO GROSSO DO SUL. *Tendências toponímicas no estado de Mato Grosso do Sul*, 120.
- Philippe, G., Angenot, L., Tits, M., & Frédérick, M. (2004). About the toxicity of some Strychnos species and their alkaloids. *Toxicon*, 44(4), 405-416.
- Pogue, G. M. (2002). A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). *Mem Am Entomol Soc*, 43, 1-202.
- Rebollar, P. B. M., Miller, P. R. M., & Carmo, V. B. D. (2010). Desenvolvimento rural e práticas tradicionais de agricultores familiares: o caso do milho no vale do Capivari, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 5(2), 174-186.
- Relyea, R. A. (2009). A cocktail of contaminants: how mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. *Oecologia*, 159(2), 363-376.
- Rezende, F. M., Rosado, D., Moreira, F. A., & de Carvalho, W. R. S. (2016). Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. *Laboratório de Ensino de Botânica*, 93.
- Rodrigues, S., Diogo, B. S., Antunes, S. C., & Lourenço, I. (2023). Biopesticidas: desafios para a investigação. *Revista de Ciência Elementar*, 11(2).
- Rosa, A. P. S. A., & Barcelos, H. T. (2012). Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho.
- Schmutterer, H. (1999). The scale insects, whiteflies, aphids and psyllids of the neem tree, *Azadirachta indica* (Meliaceae). *Entomologica*, 33, 339-345. DOI: <https://doi.org/10.15162/0425-1016/855>
- Santos, L. M., Redaelli, L. R., Diefenbach, L. M. G., & Efrom, C. F. S. (2004). Fertility and longevity of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn genotypes. *Ciencia Rural (Brazil)*.
- Silva, B. C., Costa, E. C., Saldanha, M. A., Procknow, D., de Souza, P. D., Croda, J. P., & Capitani, L. C. (2020). Métodos de controle e prevenção de insetos-praga em povoamentos florestais. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 48477-48496.
- Silva Guimarães, F., & Ciccarone, C. (2012). Para além das fronteiras nacionais. O milho como agência nas histórias sociais. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, 2, 86-103.
- Silva Lopes, G., Lemos, R. N. S., Machado, K. K. G., Maciel, A. A. S., & Ottati, Â. L. T. (2008). Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). *Revista Caatinga*, 21(3), 134-140.

- Silva, M. A. B. D., Melo, L. V. L., Ribeiro, R. V., Souza, J. P. M. D., Lima, J. C. S., Martins, D. T. D. O., & Silva, R. M. D. (2010). Levantamento etnobotânico de plantas utilizadas como anti-hiperlipidêmicas e anorexígenas pela população de Nova Xavantina-MT, Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20, 549-562.
- Silva, M. A., Souza-Brito, A. R. M., Hiruma-Lima, C. A., Santos, L. C., Sannomiya, M., & Vilegas, W. (2005). *Strychnos L.* da América do Sul e Central. *Revista brasileira de Farmacognosia*, 15, 256-267.
- Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D., & Nova, N. V. (1976). Manual de ecologia dos insetos. *Ceres Piracicaba, Brazil*. 419.
- Siqueira, B. B., & Bressiani, T. S. C. (2023). O uso de agrotóxicos e os impactos na saúde do trabalhador rural: uma revisão sobre o herbicida glifosato. *Revista Vértices*, 25(2), e25218576-e25218576.
- Sologuren, L. (2015). Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. *Visão agrícola*, 13(1), 8-13.
- Souza, A. E., Reis, J. G. M., Raymundo, J. C., & Pinto, R. S. (2018). Estudo da produção do milho no Brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas. *South American Development Society Journal*, 4(11), 182-182.
- Souza, K. M. O. D., Lemos, A., Matos, F. S., Duarte, A. A. D. L., Sousa, H. M., Tofanini, B. P., & Santos, L. M. D. (2022). Uso De *Capsicum Chinense* Como Inseticida Botânico Sobre A Mortalidade De *Spodoptera frugiperda* (Je Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Na Cultura Da Soja: Uma Revisão. *Fitoquímica: Potencialidades Biológicas Dos Biomas Brasileiros-Volume 2*, 2(1), 215-225.
- Souza, T. F., Fevero, S., & Conte, C. D. O. (2010). Bioatividade de óleos essenciais de espécies de eucalipto para o controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Brasileira de Agroecologia*, 5(2), 157-164.
- Souza, M. R., Brito, E. C. B., Furtado, L. S., Barco, V. S., da Cruz, L. L., Moraes-Souza, R. Q., ... & Volpato, G. T. (2023). Maternal-fetal toxicity of *Strychnos pseudoquina* extract treatment during pregnancy. *Journal of Ethnopharmacology*, 311, 116459.
- Tabashnik, B. E., Gassmann, A. J., Crowder, D. W., & Carrière, Y. (2008). Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. *Nature biotechnology*, 26(2), 199-202.
- Takeara, R., Gonçalves, R., Ayres, V. S., & Guimarães, A. C. (2017). Biological properties of essential oils from the Piper species of Brazil: a review. *Aromat. Med. Plants-Back Nat*, 4, 81-93.
- Tanzubil, P. B., & McCaffery, A. R. (1990). Effects of azadirachtin and aqueous neem seed extracts on survival, growth and development of the African armyworm, *Spodoptera exempta*. *Crop Protection*, 9(5), 383-386.
- Tay, W. T., Meagher Jr, R. L., Czepak, C., & Groot, A. T. (2023). *Spodoptera frugiperda*: ecology, evolution, and management options of an invasive species. *Annual Review of Entomology*, 68, 299-317.
- Thongphasuk, P., Suttisri, R., Bavovada, R., & Verpoorte, R. (2003). Alkaloids and a pimarane diterpenoid from *Strychnos vanprukii*. *Phytochemistry*, 64(4), 897-901. doi:10.1016/S0031-9422(03)00508-9
- Van den Berg, J., & du Plessis, H. (2022). Chemical control and insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 115(6), 1761-1771. <https://doi.org/10.1093/jee/toac108>
- Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63, 39-59.

- Vasconcelos, J. M., Rodrigues, M. A., Vasconcelos Filho, S. C., Sales, J. F., Silva, F. G., & Santana, J. G. (2011). Dormancy break in seeds of "quina" (*Strychnos pseudoquina* A. St.-Hil.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13, 507-511.
- Whalon, M. E., Mota-Sanchez, D., & Hollingworth, R. M. (2008). Analysis of global pesticide resistance in arthropods. In *Global pesticide resistance in arthropods* (pp. 5-31). Wallingford UK: CABI.
- Wheeler, D. A., & Isman, M. B. (2001). Antifeedant and toxic activity of *Trichilia americana* extract against the larvae of *Spodoptera litura*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 98(1), 9-16.
- Wu, Q. L., Jiang, Y. Y., & Wu, K. M. (2019). Analysis of migration routes of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) from Myanmar to China. *Plant Prot*, 45(2), 1-6.
- Xie, Y. S., Isman, M. B., Gunning, P., Mackinnon, S., Arnason, J. T., Taylor, D. R., & Towers, G. H. N. (1994). Biological activity of extracts of *Trichilia* species and the limonoid hirtin against lepidopteran larvae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 22(2), 129-136.
- Yang, F., Wang, Z., & Kerns, D. L. (2022). Resistance of *Spodoptera frugiperda* to Cry1, Cry2, and Vip3Aa proteins in Bt corn and cotton in the Americas: Implications for the rest of the world. *Journal of Economic Entomology*, 115(6), 1752-1760.