

Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD7  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

**Impacto de Extratos Botânicos Aquosos em *Plutella xylostella* L.  
(1758): Estudos de Antibiose e Antixenose**

**Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial**

Dourados - MS  
Março de 2025

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

**Impacto de Extratos Botânicos Aquosos em *Plutella xylostella* L.  
(1758): Estudos de Antibiose e Antixenose**

Defesa 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

Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial

Orientador(a): Rosilda Mara Mussury

Co-orientador(a): Silvana Aparecida de Souza

Dourados - MS

Março de 2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P123i Padial, Isabella Maria Pompeu Monteiro

Impacto de Extratos Botânicos Aquosos em *Plutella xylostella* L. (1758): : Estudos de Antibiose e Antixenose [recurso eletrônico] / Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial. -- 2025.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Rosilda Mara Mussury.

Coorientadora: Silvana Aparecida de Souza.

Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

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

1. bioinseticida. 2. Manejo Integrado de Pragas. 3. toxicidade oral. 4. inseticidas botânicos. 5. bioeconomia. I. Mussury, Rosilda Mara. II. Souza, Silvana Aparecida De. III. 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.

“IMPACTO DE EXTRATOS BOTÂNICOS AQUOSOS EM *Plutella xylostella* L. (1758):  
ESTUDOS DE ANTIBIOSE E ANTIXENOSE”.

Por

**ISABELLA MARIA POMPEU MONTEIRO PADIAL**

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 do orientador

Documento assinado digitalmente  
 ROSILDA MARA MUSSURY FRANCO SILVA  
Data: 05/05/2025 18:22:40-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.<sup>a</sup> Rosilda Mara Mussury Franco Silva  
Orientadora/Presidente - UFGD

Documento assinado digitalmente  
 MARCOS GINO FERNANDES  
Data: 01/05/2025 20:48:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Marcos Gino Fernandes - UFGD  
Membro titular

Documento assinado digitalmente  
 FABRICIO FAGUNDES PEREIRA  
Data: 05/05/2025 20:43:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Participação remota**  
Dr. Fabricio Fagundes Pereira - UFGD  
Membro titular



Documento assinado digitalmente

**MARCIA REGINA FAITA**

Data: 05/05/2025 18:15:35-0300

CPF: \*\*\*.673.989-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Participação remota**

**Dr.<sup>a</sup> Márcia Regina Faita - UFSC**

**Membro titular**

Dissertação aprovada em: 10 de março de 2025

## **BIOGRAFIA**

Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial, natural de Campo Grande – Mato Grosso do Sul nascida em 02 de janeiro de 1999 é filha de Natalia Pompeu e Robson Monteiro Padial. cursou o Ensino Fundamental na Escola Máxima e o Ensino Médio na Escola Oswaldo Tognini (FUNLEC) – Campo Grande/MS.

Graduada em Agronomia – Bacharelado (2017 - 2023) pela Universidade Federal da Grande Dourados. Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) por um ano e Bolsista de Iniciação Científica por 3 anos, trabalhando no laboratório de Interação Inseto-Planta (UFGD) durante esse período. Apresentou o TCC, na área de Entomologia Agrícola, intitulado “EFEITO DE EXTRATOS BOTÂNICOS DE *Styrax camporum* POHL. (STYRACACEAE) SOBRE *Plutella xylostella* (LINNAEUS 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)” (2019), publicado pela Brazilian Journal of Development em 2020. Em 2023 publicou o artigo “Leaf Extracts of *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) Prevent the Feeding and Oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae)” pela *Agronomy* (MDPI) como parte dos trabalhos conduzidos dentro do laboratório e, auxiliou na produção de mais 4 artigos publicados até o presente momento.

Ingressou no curso de Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade em 2023, em que investiga a bioatividade de extratos aquosos de Anacardiaceae, Annonaceae, Rubiaceae e Bignoniaceae sobre os parâmetros biológicos e comportamentais de *P. xylostella*, com bolsa de pós-graduação. Tem previsão de concluir em 2025 essa etapa e se tornar Mestre em Entomologia e Conservação da Biodiversidade com a defesa de tese intitulada “Impacto de Extratos Botânicos Aquosos em *Plutella xylostella* L. (1758): Estudos de Antibiose e Antixenose”.

## **Agradecimentos**

À Deus, pois com Ele tudo posso e sem Ele nada sou.

À Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias pela oportunidade.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Rosilda Mara Mussury pela orientação e paciência.

À Doutoranda Silvana Aparecida de Souza pela amizade, carinho e orientação durante todo o processo.

Aos colegas do Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) em que se desenvolveu toda a pesquisa.

Ao Centro de Estudos em Recursos Naturais – Laboratório de Análise Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em que foram feitas as análises químicas.

A minha mãe, por nunca desistir de mim e sempre me apoiar.

Ao suporte financeiro da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Por fim, todos aqueles que de alguma forma colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

## LISTA DE TABELAS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1: Nomenclatura apresentada, necessária para compreensão do tópico III, da Dissertação de Mestrado “Impacto de Extratos Botânicos Aquosos em <i>Plutella xylostella</i> L. (1758): Estudos de Antibiose e Antixenose”, de Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial.....	19
Tabela 2: Pesticidas botânicos comerciais versus pesticidas sintéticos convencionais.....	22

## LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO I

Tabela 1: Espécie botânica, família e localização de coleta das exsiccatas das espécies botânica utilizadas nos experimentos.....	52
Tabela 2: Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade larval (média $\pm$ SE); ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para duração larval (média $\pm$ SE); e índice de velocidade de mortalidade (IVM) (larvas/dia); de <i>P. xylostella</i> , após ingestão de extratos botânicos em fase larval.....	58
Tabela 3: Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade pupal (média $\pm$ SE); e ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para duração pupal e biomassa pupal (média $\pm$ SE); de <i>P. xylostella</i> , após ingestão de extratos botânicos em fase larval.....	61
Tabela 4: Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo Gaussiano o número de ovos (média $\pm$ SE); e ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para viabilidade dos ovos e período de oviposição (média $\pm$ SE); de <i>P. xylostella</i> , mediante diferentes extratos botânicos.....	61
Tabela 5: Ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para longevidade de machos e fêmeas (média $\pm$ SE); de <i>P. xylostella</i> , após ingestão de extratos botânicos em fase larval.....	62
Tabela 6: Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade dos ovos, larval e pupal (média $\pm$ SE); de <i>P. xylostella</i> , após aplicação tópica em seus respectivos estágios de vida.....	63
Tabela 7: Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para presença de fezes por placa (%), mortalidade larval (%) e ocorrência de supressão alimentar (%) (média $\pm$ SE); de <i>P. xylostella</i> , após aplicação tópica em seus respectivos estágios de vida.....	63

Tabela 8: Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade dos ovos, larval e pupal (média ± SE); de <i>P. xylostella</i> , após aplicação tópica em seus respectivos estágios devida.....	64
Tabela 9. Determinação dos teores (média ± SE) de compostos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides e, avaliação da atividade antioxidante de extratos aquosos (10%) de folhas de <i>C. hydrangeifolia</i> , <i>T. guianensis</i> , <i>D. furfuraceae</i> e <i>A. arvense</i> .....	65
Tabela 10. Determinação da presença de cumarinas, saponinas, antraquinonas, esteroides, triterpenóides e antocianidinas de extratos aquosos (10%) de folhas de <i>C. hydrangeifolia</i> , <i>T. guianensis</i> , <i>D. furfuraceae</i> e <i>A. arvense</i> .....	66

### LISTA DE FIGURAS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1: Estágios do ciclo de vida de <i>P. xylostella</i> ; a) ovo. Fonte: Stéphane Claerebout, Plant Parasites of Europe; b) larva de 4º ínstar. Fonte: Andrew Weeks, Cesar Australia; c) pupa. Fonte: Whitney Cranshaw, IPM Images; d) mariposa. Fonte: Laurens van der Linde, Plant Parasites of Europe.....	24
Figura 2: a) mariposa de <i>P. xylostella</i> . Fonte: Jean-Francois Landry, Ottawa Research and Development Centre; b) último seguimento do abdome de fêmea de <i>P. xylostella</i> . Fonte: Silvana A. de Souza, Anais II BECINT ; c) último seguimento do abdome de macho de <i>P. xylostella</i> . Fonte: Silvana A. de Souza, Anais II BECINT.....	25
Figura 3: a) larvas de <i>P. xylostella</i> de 1º ínstar. b) minas em couve formadas pelo hábito alimentar de larvas de <i>P. xylostella</i> de 1º ínstar. Fonte: Stéphane Claerebout, Plant Parasites of Europe.....	25
Figura 4: Pupa de <i>P. xylostella</i> ; a) vista dorsal b) vista lateral. Fonte: Ken Walker, Museum Victoria.....	26
Figura 5: Folhas e frutos de <i>Tapirira guianensis</i> . Fonte: Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal.....	28
Figura 6: Folhas e fruto de <i>Duguetia furfuracea</i> . Fonte: Vinícius Souza, Adobe Stock....	29
Figura 7: Folhas e flores de <i>Anemopaegma arvense</i> . Fonte: Fitoterapia Brasil.....	30
Figura 8: Folhas e flores de <i>Coussarea hydrangeifolia</i> . Fonte: Plants of the World.....	31

### LISTA DE EQUAÇÕES – CAPÍTULO I

Equação 1: Porcentagem de inibição do DPPH.....	57
Equação 2: Índice de velocidade de mortalidade (IVM).....	57

Equação 3: Índice de Preferência Alimentar.....	58
---	----

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
a) Inseticidas Botânicos.....	15
I. Conceitos Iniciais.....	15
II. Uso de inseticidas botânicos ao longo da história.....	17
III. O mercado de inseticidas botânicos.....	20
IV. Inseticidas botânicos <i>versus</i> sintéticos.....	23
b) <i>Plutella xylostella</i> .....	25
I. Morfologia e comportamento.....	25
II. Importância econômica.....	28
c) Espécies botânicas analisadas.....	29
I. <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. (Anarcadiaceae).....	29
II. <i>Duguetia furfuracea</i> A. St.-Hill (Annonaceae).....	31
III. <i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellf. ex de Souza (Bignoniaceae)....	32
III. IV. <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Benth. e Hook.f. ex Müll.Arg.....	33
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>
<b>4. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>47</b>
<b>5. HIPÓTESES .....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>48</b>
Resumo .....	49
Abstract.....	50
Introdução.....	51
Materiais e Métodos.....	52
Resultados.....	59
Discussão.....	66
Conclusão.....	72
Referências.....	72

## RESUMO GERAL

Nas últimas quatro décadas o mercado de fitossanitários passou por grandes alterações. Os inseticidas químicos sintéticos, vêm perdendo espaço, principalmente, devido à pressão popular, que coloca cada vez mais em pauta a questão da sustentabilidade. Nesse contexto, novas ferramentas e antigos métodos para o controle de pragas ressurgiram. Esse é o caso dos inseticidas botânicos, um método de controle de origem natural e alternativo, que vem ganhando aderência ao mercado. Assim, o estudo visa fornecer dados sobre o potencial inseticida dos extratos aquosos das folhas de *Tapirira guianensis* (EATg), *Coussarea hydrangeifolia* (EACH), *Duguetia furfuracea* (EADf) e *Anemopaegma arvense* (EAAa) sobre *Plutella xylostella*. Este trabalho conduziu experimentos sobre a toxicidade por via oral; a toxicidade tópica sobre o estágio embrionário, larval e adulto; além da preferência alimentar na fase larval. Ao fim, foi feita a caracterização química de compostos majoritários presentes nos extratos. A ingestão do EAAa, EADf e EATg resultou em mortalidade larval, e redução número de ovos postos pelas fêmeas de *P. xylostella*, o que pode ser um indicativo de estresse fisiológico. O extrato EACH não causou mortalidade significativa, apesar de ser um dos extratos com maior quantidade de metabólitos secundários. Apenas o EATg provocou mortalidade significativa em ovos e larvas sob aplicação tópica, sugerindo que o principal modo de ação dos extratos é via ingestão. Além disso, todos os tratamentos foram classificados como fagoderrentes, sendo que o EATg e o EACH reduziram significativamente a área foliar consumida pela larva. Os resultados deste estudo demonstram que os extratos botânicos testados apresentam potencial significativo no controle de *P. xylostella*, principalmente devido à sua toxicidade oral e aos efeitos subletais sobre a reprodução do inseto. Entretanto, para que essas soluções possam ser amplamente adotadas, é essencial que pesquisas futuras explorem a estabilidade dos extratos ao longo do tempo, a viabilidade de sua aplicação em diferentes culturas agrícolas e os potenciais efeitos sobre organismos não-alvos.

**PALAVRAS-CHAVE:** bioinseticida; manejo integrado de pragas; toxicidade oral; inseticidas botânicos; bioeconomia.

## **ABSTRACT**

Over the last four decades, the phytosanitary market has undergone major changes. Synthetic chemical insecticides, which used to be the main way of controlling harmful insects, have been losing ground, mainly due to popular pressure, which has increasingly put the issue of sustainability on the agenda. In this context, new tools and old methods for pest control have resurfaced. This is the case with botanical insecticides, a natural and alternative control method that is gaining market acceptance. This study aims to provide data on the insecticidal potential of aqueous extracts of the leaves of *Tapirira guianensis* (EATg), *Coussarea hydrangeifolia* (EACH), *Duguetia furfuracea* (EADf) and *Anemopaegma arvense* (EAAa) on *Plutella xylostella*. This work conducted experiments on oral toxicity; topical toxicity on the embryonic, larval and adult stages; as well as feeding preference in the larval stage. Finally, the chemical characterization of the major compounds present in the extracts was carried out. Ingestion of EAAa, EADf and EATg resulted in larval mortality and a reduction in the number of eggs laid by *P. xylostella* females, which may be indicative of physiological stress. The EACH extract did not cause significant mortality, despite being one of the extracts with the highest amount of secondary metabolites. Only EATg caused significant mortality in eggs and larvae under topical application, suggesting that the main mode of action of the extracts is via ingestion. In addition, all the treatments were classified as phagodeterrent, with EATg and EACH significantly reducing the leaf area consumed by the larvae. The results of this study show that the botanical extracts tested have significant potential for controlling *P. xylostella*, mainly due to their oral toxicity and sublethal effects on the insect's reproduction. However, for these solutions to be widely adopted, it is essential that future research explores the stability of the extracts over time, the feasibility of their application to different agricultural crops and the potential effects on non-target organisms.

**KEYWORDS:** bioinsecticide; integrated pest management; oral toxicity; botanical insecticides; bioeconomy.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A produtividade agrícola tem sido impulsionada pelo desenvolvimento de variedades de alto rendimento, aprimoramento das práticas culturais, uso de fertilizantes, entre outras técnicas. No entanto, esse aumento na produção muitas vezes resulta em maior susceptibilidade ao ataque de pragas, o que pode levar a perdas significativas tanto em termos percentuais quanto absolutos (OERKE et al., 1994). Sem a utilização de pesticidas, essas perdas poderiam alcançar até 70% das colheitas, destacando a importância dessa estratégia de controle para a segurança alimentar (OERKE, 2005). Contudo, a pressão, principalmente por parte de países desenvolvidos, para a redução do uso de pesticidas sintéticos aumenta na medida em que aumentam os esforços para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam suprir essa demanda. Assim, nas últimas décadas, o mercado fitossanitário tem mudado de direção, buscando alternativas mais seguras para a população e o meio ambiente (MORAIS e MARINHO-PRADO, 2016).

Inseticidas botânicos podem ser definidos como produtos derivados dos metabólitos secundários de plantas, apresentando diversos efeitos sobre insetos daninhos (HIKAL et al., 2017). Eles podem ser encontrados na forma de óleos essenciais, extratos vegetais ou ambos (MIZUBUTI et al., 2007). Antes do sucesso dos inseticidas sintéticos na década de 1940, os inseticidas botânicos eram amplamente usados na proteção de cultivos e produtos armazenados contra pragas. No entanto, os inseticidas sintéticos, com vantagem em termos de eficácia, rapidez, facilidade de uso e baixo custo, fizeram com que os inseticidas botânicos caíssem em desuso, especialmente nos países industrializados (THACKER, 2002; ISMAN, 2008).

Entretanto, a crescente proibição de inseticidas sintéticos devido à toxicidade e persistência ambiental (DOS SANTOS et al., 2007), associada ao aumento dos custos e desafios para desenvolver novas classes de compostos (BERENBAUM, 1988; HEDIN et al., 1993; THACKER, 2002; GRILLI, 2019), impulsionou a adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e o retorno ao mercado dos inseticidas botânicos como alternativas seletivas, menos persistentes e eficazes no manejo da resistência (VENDRAMIM e CASTIGLIONI, 2000; EMBRAPA MILHO E SORGO, 2014; ISMAN e GRIENEISEN, 2014; VACARI et al., 2024).

Plantas capazes de modificar a biologia ou o comportamento de insetos, utilizando mecanismos como antibiose e antixenose, são ferramentas valiosas no controle de pragas, especialmente por seu grande valor ecológico e nutricional (PANIZZI e PARRA, 2012). Esses produtos podem atuar de diversas maneiras, induzindo infertilidade, alterando sistemas hormonais, causando deformações, inibindo alimentação, suprimindo atividade e levando à

mortalidade ao longo do ciclo de vida (ROEL, 2001). Além disso, a aplicação dos inseticidas botânicos pode ocorrer de forma tópica, atravessando o tegumento ou vias respiratórias, ou por ingestão, afetando o aparelho digestivo (GALLO et al., 2002). Compreender esses modos de ação é essencial para orientar estratégias eficazes de manejo de pragas (WINK, 2015).

Os inseticidas botânicos oferecem vantagens significativas tanto para pequenos agricultores quanto para a indústria de agroquímicos. Para os agricultores de pequena escala, extratos vegetais costumam ter um baixo custo de preparo e aplicação, já que muitas plantas podem ser cultivadas localmente e utilizadas diretamente na propriedade, reduzindo a dependência de insumos externos (SOLA et al., 2014; LENGAI et al., 2020). Além disso, a simplicidade do processo de produção e o menor impacto ambiental tornam esses extratos uma solução prática e sustentável. Para a indústria de agroquímicos, os inseticidas botânicos representam uma oportunidade de diversificar o portfólio de produtos, respondendo as demandas de mercado, como vem acontecendo com a compra de pequenas empresas de biopesticidas por multinacionais (MARRONE, 2014; COTTA, 2023). A exploração de compostos bioativos de plantas também oferece um campo promissor para o desenvolvimento de novas formulações comerciais, alinhada às regulamentações mais restritivas e às preferências de consumidores que priorizam práticas agrícolas sustentáveis.

*Plutella xylostella* (Linnaeus 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), amplamente reconhecida como a principal praga de crucíferas no mundo, causa prejuízos econômicos expressivos na fase larval ao destruir tecidos vegetais, impactando cultivos como repolho, brócolis, couve-flor, entre outros (CAPINEIRA, 2002). O manejo em regiões tropicais e subtropicais, dominadas por pequenos agricultores, depende de inseticidas químicos, mas enfrenta sérios desafios devido à rápida evolução da resistência da praga, já registrada para mais de 104 ingredientes ativos (KIRSCH e SCHMUTTERER, 1988; TABASHNIK et al., 1990; APRD, 2025). O rápido surgimento de resistência, intensificado pela aplicação excessiva de pesticidas, ressalta a necessidade de ferramentas alternativas, que podem proporcionar um controle de menor impacto ambiental e garantir a preservação da eficácia do manejo a longo prazo.

O uso de extratos botânicos (em conjunto com outros métodos), representa uma possível solução para minimizar os danos causados por essa praga e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais e a pressão seletiva sobre as populações de *P. xylostella*. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo contribuir para a identificação de plantas que possam apresentar potencial inseticida. Foi conduzida a investigação da toxicidade dos extratos botânicos aquosos das folhas de *Tapirira guianensis* (EATg), *Coussarea hydrangeifolia* (EACH), *Duguetia furfuracea* (EADf) e *Anemopaegma arvense* (EAAa) sobre *P. xylostella*,

tanto por via oral quanto tópica, além da avaliação do impacto desses extratos na preferência alimentar do inseto. A fim de compreender melhor os efeitos de cada planta, também foi realizada a análise química das classes de compostos majoritários presentes em cada extrato.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **a) Inseticidas Botânicos**

#### **I. Conceitos iniciais**

Um ecossistema é formado por fatores bióticos (organismos decompositores, produtores, consumidores) e fatores abióticos, todos interagindo de maneira complexa (LOVATTO, 2012). Embora tanto as plantas quanto os insetos sejam apenas uma parte dos indivíduos que compõe essa cadeia, estudos paleontológicos sugerem que essa relação ocorre há mais de 400 milhões de anos (LABANDEIRA, 2013). Enquanto os insetos colaboram com a polinização e a defesa, as plantas oferecem abrigo, alimento e substrato para oviposição (PANDA e KHUSH, 1995; BALDIN et al., 2019). Por outro lado, a intensidade do ataque de um herbívoro pode ser danosa ao ponto de levar a planta a morte, tornando a interação inseto-planta uma relação dinâmica, que está em constante mudança (BALDIN et al., 2019).

Nesse sentido, insetos e outros herbívoros desafiam a resistência da planta a ataques, que pode responder de diversas formas (STOWE, 1998). Assim, as alterações fenotípicas que podemos observar atualmente são fruto de uma longa história de associações recíprocas entre esses organismos (GOMEZ et al. 2010).

Sendo sésseis, as plantas desenvolveram um sistema sofisticado para a proteção dos seus tecidos (BALLARÉ 2011; DE MORAES et al., 2001; JINWON et al., 2011; KESSLER e BALDIN, 2001; BALDIN et al., 2019), incluindo um poderoso arsenal químico, advindo de uma série de recombinações que alteraram suas propriedades através da expressão gênica (PANIZZI e PARRA, 1991). Nesse sentido, é possível dividir o metabolismo da planta em primário e secundário. Os metabólitos primários são responsáveis pelas suas funções vitais, eles se encontram em todas as células vegetais (RAVEN et al., 2001). Já o metabolismo secundário, está relacionado com a sobrevivência estratégica da planta, suas substâncias podem atrair polinizadores, ou a protegerem contra herbívoros e microrganismos patogênicos (TAIZ E ZEIGUER, 2004).

Dentre esses metabólitos secundários, pode-se encontrar análogos hormonais de insetos, repelentes, atraentes, toxinas e deterrentes (SAITO e LUCCHINI, 1998). Esses compostos podem ser produzidos de forma constitutiva, isto é, estar presentes na planta de maneira constante, reduzindo a digestibilidade ou repelindo insetos; ou, ser induzida, ocorrendo apenas em resposta a um estímulo externo (LEVIN, 1973; DICKE et al., 2000). A intensidade da expressão gênica varia de acordo com o nível da ameaça enfrentada, a defesa induzida depende da habilidade da planta de integrar múltiplos estímulos, sejam eles do vegetal ou do organismo que a ameaça (JINWON et al., 2011).

Devido a diversidade de substâncias bioativas produzidas pelas plantas contra uma série de insetos de interesse agrônômico, alguns metabólitos secundários de plantas têm sido utilizados através da pulverização como parte estratégica no manejo de pragas, representando uma das táticas de controle (GALLO et al., 2002). Surge então o conceito de inseticida botânico, ou seja, um produto obtido a partir dos metabólitos secundários de plantas, que possui diversos efeitos sobre insetos daninhos (HIKAL et al. 2017; VACARI et al., 2024). Esses inseticidas botânicos podem ser apresentados na forma de óleos essenciais, extratos vegetais ou ambos (MIZUBUTI et al., 2007; RIBEIRO et al., 2023). Eles podem ser elaborados a partir dos órgãos das plantas, como casca, folhas, raízes, flores, frutos, sementes, entre outros; a escolha influenciará os compostos obtidos (LENGAI et al., 2020). A partir disso, as partes da planta são secas e trituradas até se tornarem um pó fino, que tem os princípios ativos extraídos com o auxílio de solventes orgânicos ou água (CHOUGULE e ANDOJI, 2016; FERREIRA et al., 2022; FERREIRA et al., 2023; DE SOUZA et al., 2023; PADIAL et al., 2023; DE SOUZA et al., 2025). Algumas das principais classes de compostos de interesse agrícola são os flavonóides, fenóis, alcalóides, cucurbitacinas, aminas, limonóides, glicósidos, saponinas, cianogênicos, glicosinolatos, monoterpenos, lactonas, sesquiterpênicos e diterpenóides (SAITO e LUCCHINI, 1998).

Geralmente, as plantas usadas como fonte para agroquímicos são facilmente encontradas no meio ambiente, muitas delas usadas como especiarias, ornamentos, alimento ou ainda na medicina tradicional (SRIJITA, 2015). Essa disponibilidade barateia o custo de obtenção e permite que elas sejam mais facilmente integradas na cadeia produtiva do agronegócio (CASTILLO-SÁNCHEZ et al., 2015). Lauraceae, Rutaceae, Lamiaceae, Apocynaceae, Asteraceae, Apiaceae, Cupressaceae, Caesalpinaceae, Lauraceae, Liliaceae, Myrtaceae, Poaceae, Piperaceae, Solanaceae, Sapotaceae e Zingiberaceae são algumas das famílias de plantas mais investigadas em relação ao seu potencial inseticida (VIDYASAGAR e TABASSUM, 2013; GAKUUBI et al., 2016; JNAID et al., 2016, AHMAD et al., 2017; FERREIRA et al., 2022; FERREIRA et al., 2023; DE SOUZA et al., 2023; PADIAL et al., 2023, DE SOUZA et al., 2025).

O modo de ação de um inseticida pode ser definido como a interação bioquímica que ocorre entre o produto e organismo, ele descreverá as enzimas, proteínas e processos biológicos envolvidos nas etapas dessa dinâmica (KHAMBAY et al. 2003; BLOOMQUIST et al. 2008). Entender a maneira como os inseticidas botânicos funcionam é de vital importância dentro do manejo de pragas, uma vez que isso ditará quais as estratégias devem ser empregadas (WINK, 2015). Dentre os mecanismos de ação podemos citar supressão e deterrência, infertilidade, alterações no sistema hormonal, deformações e mortalidade ao

longo de ciclo (ROEL, 2001). O contato dessas substâncias químicas pode se dar oralmente, por meio do aparelho digestivo, ou ainda por aplicação tópica, ao atravessar o tegumento por intermédio das vias respiratórias (GALLO et al., 2002).

Uma vez que os produtos sintéticos são baseados em um único ingrediente ativo, eles tendem a ser mais específicos, seu modo de ação, de maneira geral, é neuro-muscular (WARE, 1983). Em contrapartida, inseticidas botânicos compreendem um conjunto de componentes químicos que podem influenciar tanto os processos comportamentais quanto fisiológicos, através de uma quantidade variada de modos de ação (LENGAI, 2020). Um bom exemplo consiste no extrato de *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), que possui ação antialimentar, antioviposição, repelente e reguladora de crescimento (LENGAI, 2020).

Ao mesmo tempo que inseticidas botânicos são parte do grupo de produtos químico-orgânicos, eles também podem ser enquadrados como uma classe de biopesticida (MENEZES, 2005; GUPTA e DIKSHIT, 2010). Biopesticidas são alternativas ecologicamente amigáveis que tem como proposta controlar pragas através de formulações que ocorram naturalmente e que usem mecanismos não tóxicos (KUMAR e SINGH, 2014).

## **II. Uso de inseticidas botânicos ao longo da história**

O uso de inseticidas é a base sobre a qual o manejo de pragas foi construído (HAYNES, 1988). Existem evidências que remontam a aplicação de inseticidas botânicos na agricultura a 4000 a.C. Civilizações como a egípcia os utilizavam nas épocas faraônicas, bem como a grega e a indiana em 2000 a.C. (WARE, 1983; THACKER, 2002). Nesse mesmo período, a China também já havia desenvolvido diferentes tecnologias para empregar esse produto, as pragas de grãos armazenados eram controladas através da aplicação direta ou da fumigação. Ao fim da idade média, os europeus possuíam conhecimento de diversas espécies de plantas que atuavam no controle de pragas e, até 150 anos atrás, o uso de inseticidas botânicos foi largamente documentado. No século 20, foram os inseticidas botânicos que propiciaram a descoberta das principais classes de compostos hoje utilizadas na formulação de produtos sintéticos, como os organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides (CASIDA, 1973; MCLAUGHLIN, 1973; FLINT e VAN DEN BOSCH, 1981; MARCO et al., 1987; FORGET et al., 1993; CASIDA e QUISTAD, 1998; PERRY et al., 1998; THACKER, 2002).

Entre as décadas de 1930 e 1940 o Brasil participou dessa realidade, o país foi um grande produtor e exportador de inseticidas botânicos, como o piretro, a rotenona e a nicotina (MENEZES, 2005). Foram essas mesmas moléculas que deram origem aos inseticidas de primeira geração (CORRÊA e SALGADO, 2011). Entretanto, no período pós Segunda Guerra Mundial, inicia-se a era da Revolução Verde, momento em que a produção de

alimentos foi intensificada para atingir as demandas globais. Esse efeito foi obtido através da inserção de uma série de tecnologias e insumos agrícolas, como inseticidas sintéticos, fertilizantes e organismos geneticamente modificados (GRASSINI et al., 2013; KUMAR e SINGH, 2014). Após o surgimento dos inseticidas sintéticos, aqueles a base de plantas foram gradualmente caindo em desuso, até se restringirem a pequenos grupos de agricultores tradicionais (FLINT e VAN DEN BOSCH, 1981; CASIDA e QUISTAD, 1998; THACKER, 2002; MAIRESSE, 2005). Algumas das principais desvantagens dos inseticidas botânicos naquela época eram seu custo elevado, disponibilidade limitada e sensibilidade a luz solar, o que provocava uma rápida degradação no meio ambiente (CASIDA e QUISTAD, 1998).

Enquanto a 1ª geração de inseticidas foi composta por moléculas orgânicas de piretrina, rotenona e veratrina, o desenvolvimento dos produtos sintéticos determinou o marco para o surgimento da 2ª geração, representada por organoclorados, carbamatos, organofosforados e piretróides. Ao final da primeira década do século XXI, chegamos a 4ª geração (FARIA, 2009). Contudo, os inseticidas que surgiram logo após primeira, tinham como principal característica o amplo espectro, afetando não apenas pragas agrícolas, mas insetos não-alvo e até mesmo o ser humano (CASIDA e QUISTAD, 1998; FARIA, 2009), o que acarretou consequências importantes no futuro.

As décadas de 1940 e 1950 foram marcadas pelo aumento da criação e comercialização de defensivos agrícolas, sem, no entanto, passarem por rígidas medidas de segurança. À época, vários desses inseticidas eram registrados fundamentando-se apenas em avaliações sobre sua toxicidade aguda em um número limitado de animais (CASIDA e QUISTAD, 1998). Um dos produtos mais importantes que surgiu nesse período foi o dicloro difenil tricloroetano (DDT). A princípio, sua efetividade prometia uma revolução nas estratégias empregadas para o manejo de pragas. Contudo, em menos de dez anos após o seu surgimento, Itália e Suíça protagonizaram os primeiros casos de resistência ao produto (MARICONI, 1988). O uso desregrado desse e de outros produtos orgânicos levou a aplicações cada vez mais regulares e com doses cada vez mais altas, provocando o aumento dos custos com proteção fitossanitária e problemas com pragas tolerantes, surtos de pragas secundárias, ressurgimento de populações, contaminação de alimentos e do meio ambiente (STERN et al., 1959).

Mesmo assim, o DDT só começou a ser proibido na década de 70, após a publicação de “Primavera Silenciosa”, em 1962. O livro reunia relatos dos problemas e riscos causados pelo uso indiscriminado de organoclorados, principalmente do DDT, ao meio ambiente (CARSON, 1962). As denúncias sobre as consequências do uso de certos produtos se intensificaram com a chegada da 3ª geração de inseticidas, que prometia moléculas mais seletivas e menos agressivas ao ecossistema. Assim, os protocolos e critérios utilizados para

avaliação e obtenção do registro de inseticidas foram refinados para garantir sua segurança toxicológica. Alguns exemplos dos produtos dessa geração são os inibidores de respiração celular, reguladores de crescimento e neonicotinóides (CASIDA e QUISTAD, 1998; FARIA, 2009).

Mesmo assim, a contaminação aguda e crônica de produtores, consumidores e de organismos não-alvo pelo uso de defensivos sintéticos se tornou uma situação recorrente pelas próximas duas décadas. A degradação do meio-ambiente e das relações ecológicas de polinização e controle biológico também acabaram por ser afetadas e, a evolução da resistência de pragas a pesticidas, se tornaram graves problemas daquela época (CASIDA, 1973; MCLAUGHLIN 1973; MARCO et al. 1987; FORGET et al. 1993; PERRY et al. 1998).

Essa realidade levou a proibição de uma série de inseticidas sintéticos em vários países, seja devido aos seus altos níveis de toxicidade ou sua persistência no meio ambiente (SANTOS et al., 2007). Soma-se a essa situação o custo e dificuldade para descobrimento e formulação de novas classes de compostos com ação inseticida, que tem aumentado desde 1961 (BERENBAUM, 1988; HEDIN et al., 1993, THACKER, 2002; GRILLI, 2019), de forma que, empresas de agroquímicos, começaram a desenvolver pesquisas na busca por produtos menos persistentes no ecossistema (MANNA, 2004). Por fim, a sociedade tem se preocupado cada vez mais com a contaminação de alimentos via agrotóxicos, pressionando a indústria a buscar por produtos que sejam seguros tanto ao meio ambiente, quanto ao homem (MORAIS e MARINHO-PRADO, 2016).

Esse panorama impulsionou o surgimento de conceitos como o Manejo Integrado de Pragas (MIP) (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2014), juntamente com o retorno de técnicas alternativas de controle, como os inseticidas botânicos, que voltaram a ser estudados (ISMAN e GRIENEISEN, 2014). Assim, o impacto gerado pelas consequências negativas do uso de inseticidas sintéticos pode ser notado pela mudança no direcionamento das pesquisas conduzidas a partir do século XXI. Isman e Grieneisen (2014) conduziram uma análise bibliométrica a respeito de publicações envolvendo inseticidas, revelando que a quantidade de trabalhos elaborados dentro da área de botânicos aumentou de 2% para 21% no período de 1980 a 2011. Contudo, esse volume de informações descrevendo os efeitos de metabólitos secundários de plantas em insetos, não foi acompanhado por uma mudança proporcional no mercado. Entre 1980 e 2000, o neem foi o único produto registrado nos Estados Unidos e em algumas partes da Europa (ISMAN, 2008).

Na década de 90 o governo americano definiu conceitos como “produtos de risco reduzido” e criou uma divisão de biopesticidas cuja regulamentação era menos burocrática,

fomentando o mercado de botânicos (ISMAN, 2015). Mesmo assim, a expansão dos biopesticidas permaneceu lenta pelo menos durante a primeira década dos anos 2000. Mesmo em estados considerados “conscientes” em relação a saúde, como a Califórnia, o uso de biopesticidas continuou constante, cerca de ~0.5% (kg/ ingrediente ativo) em relação a quantidade de pesticidas consumidos entre 2000 e 2010 (DRIPPS et al., 2011). Nesse mesmo período, produtos à base de óleos essenciais haviam começado a ser comercializados nos Estados Unidos, e seu mercado ainda era jovem (GOMEZ et al., 2011).

Em 2011, o segundo inseticida botânico foi aprovado no território americano pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency) mais de 20 anos após o neem. Requier® foi um produto registrado pela AgraQuest, desenvolvido a partir do extrato de *Dysphania ambrosioides* (Amaranthaceae) (L.) Mosyakin e Clemants, rico em terpenóides. Até 2014, apenas três inseticidas botânicos haviam sido aprovados nos Estados Unidos: piretrinas, azadiractina e óleo de casca de laranja (ISMAN, 2015). Por outro lado, a Índia e a China, que à época eram líderes na produção de literatura voltada ao uso de botânicos (ISMAN e GRIENEISEN, 2014), aprovaram pelo menos nove produtos à base de plantas em 2012 e 2013, respectivamente. Alguns exemplos são os extratos de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) Labill., *Cinnamomum camphora* (Lauraceae) (L.) J. Presl. e *Celastrus angulatus* (Celastrales) Maxim. (BAMBAWALE e BHAGAT, 2012). Nessa época, a AgraQuest foi adquirida pela Bayer CropScience, e Requier® foi incorporado ao catálogo de vendas da empresa (ISMAN, 2015). Todos os acontecimentos daquele período revelavam uma tendência do mercado para aquisição e estreitamento de relações entre pequenas companhias de biopesticidas e multinacionais do ramo de agroquímicos e que vem se concretizando (MARRONE, 2014; COTTA, 2023).

Atualmente, o mercado de inseticidas botânicos cresce lentamente, porém de forma constante (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2024). A volta dos inseticidas botânicos ao mercado é um reflexo da necessidade atual de se encontrar opções que sejam mais seletivas, retardem o surgimento de resistência e não persistam no meio ambiente ou nos alimentos (VENDRAMIM e CASTIGLIONI, 2000; BORGES, 2025).

### **III. O mercado de inseticidas botânicos**

#### **a. Conceitos**

Uma vez que maior parte das informações atualizadas sobre o mercado de inseticidas botânicos são encontradas em relatórios comerciais elaborados por empresas privadas, seu objeto de estudo acaba por compreender, muitas vezes, não apenas inseticidas, mas pesticidas

como um todo. Assim, segue abaixo uma tabela de conceitos necessários para melhor compreensão do tópico a seguir:

**Tabela 1.** Nomenclatura apresentada, necessária para compreensão do tópico III.a, da Revisão da Bibliográfica da Dissertação de Mestrado “Impacto de Extratos Botânicos Aquosos em *Plutella xylostella* L. (1758): Estudos de Antibiose e Antixenose”, de Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial, 2025.

Nome	Definição	Fonte
Pesticida	Substância química usada para matar insetos, pequenos animais, plantas ou outros organismos indesejados	CAMBRIDGE DICTIONARY, 2024
Biopesticida	Produtos usados para o controle de pestes (insetos, pequenos animais, plantas ou outros organismos indesejados) através de formulações que ocorram naturalmente e que usem mecanismos não tóxicos	KUMAR e SINGH, 2014
Inseticida	Substância química usada para matar insetos, especialmente aquelas que danificam plantas	CAMBRIDGE DICTIONARY, 2024
Fungicida	Substância química usada para matar ou impedir o crescimento de fungos	CAMBRIDGE DICTIONARY, 2024
Herbicida	Substância química usada para plantas, principalmente daninhas	CAMBRIDGE DICTIONARY, 2024

Fonte: Tabela elaborada pelos autores.

#### b. Panorama Geral

Segundo o relatório realizado pela *ResearchDive* (2024), em 2022 o mercado global de pesticidas foi avaliado em US\$ 45 bilhões, e poderá dobrar esse valor até 2032. Esse é um setor que sempre cresceu desde seu surgimento, entretanto, ele tem passado por mudanças radicais nas últimas três décadas. Um bom exemplo, é o recente caso da União Europeia, que apresentou, no final de 2022, o chamado Regulamento de Uso Sustentável (SUR), com intenção de reduzir pela metade o uso de pesticidas, até 2030. Ainda em fevereiro de 2024, o projeto foi rejeitado pelo Parlamento Europeu, após ser tomado como símbolo de polarização e receber pressão por parte de agricultores europeus (AZEVEDO, 2024). Independente dos motivos que inviabilizaram a prática do projeto, esse evento recente mostra como a tendência

para o desenvolvimento de práticas alternativas de manejo continua aquecida e, recebe apoio não apenas popular, mas também de muitos governos em países desenvolvidos.

Em 2015, os biopesticidas abrangiam 5% do mercado global, e, ao menos nos Estados Unidos, o segmento de botânicos também era de apenas 5% das vendas de biopesticidas. No entanto, as projeções para o desenvolvimento do setor eram positivas. Nos Estados Unidos era esperado um crescimento anual de ao menos 15% até 2025. Nesse ritmo estimava-se que a participação dos biopesticidas aumentasse de 2,5% - em 2006 - para 20% em 2025. Sob tal perspectiva, os pesticidas botânicos passariam a abranger 7% do mercado de pesticidas e 33,33% do segmento de biopesticidas (ISMAN, 2015; OLSON, 2015; SNYDER, 2015).

De acordo com o relatório gerado pela *Precedence Research* em junho de 2024, pode-se dizer que ao menos parte das expectativas criadas há 10 anos foram concretizadas. A análise mostra que o setor de bioinseticidas passou a representar 36.78% do mercado inseticidas ainda em 2023. Seu crescimento exponencial é justificado pelo aumento na conscientização da sociedade em relação aos problemas ambientais e de saúde, que podem ser causados pelo uso de produtos sintéticos. Da mesma maneira, o aumento da demanda por alimentos orgânicos tornou necessário um aumento na variedade de produtos que pudessem ser utilizados nesse tipo de cultivo (PRECEDENCE RESEARCH, 2024).

Atualmente, o mercado de bioinseticidas é aquele com maior crescimento esperado se o compararmos com o segmento de bioherbicidas, biofungicidas ou outros. Ele está avaliado em US\$1,54 bilhões, podendo dobrar seu valor até 2032 (GLOBAL MARKET INSIGHTS, 2024). Mesmo relatórios pessimistas em relação a participação dos bioinseticidas no mercado, o descreveram como o setor com maior crescimento esperado, alcançando um CAGR de 12,23% entre 2023 e 2029 (MORDOR INTELLIGENCE, 2024). Uma vez que o tempo necessário para o lançamento de novos bioinseticidas é menor que o de inseticidas convencionais, eles oferecem uma vantagem econômica para os fabricantes, impulsionando o crescimento desse mercado (GLOBAL MARKET INSIGHTS, 2024).

Os relatórios comerciais recentes quanto ao mercado de pesticidas botânicos, trazem informações contrastantes. De acordo com a *ASD Reports* (2024), que realizou uma análise a respeito do mercado global de pesticidas botânicos em 2022, esse setor valia US\$ 569,7 milhões, com expectativas de alcançar US\$ 1,12 bilhões até 2030 caso alcançasse um CAGR de 8,9% durante esse período. Contudo, segundo a *Roots Analysis* (2024), em 2024 o mercado de biopesticidas estava avaliado U\$7,52 bilhões e, cerca de 25% dele seria representado por extratos de plantas, gerando uma receita de aproximadamente U\$1,88 bilhões para o setor. Além disso, existem relatórios ainda mais otimistas, que avaliaram o setor de pesticidas

botânicos em U\$2,5 bilhões, com um crescimento anual composto de 10% de 2024 até 2032 (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2024).

Ainda que haja uma diferença entre os valores das receitas para esse mercado, os relatórios são unânimes ao afirmar que, os biopesticidas microbianos serão o segmento que mais crescerá nos próximos anos (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2024; MORDOR INTELLIGENCE, 2024; ROOTS ANALYSIS, 2024). Atualmente, eles são responsáveis por cerca de 56% do setor de biopesticidas e, mesmo que um expressivo crescimento para todos os tipos de biopesticidas esteja previsto para os próximos anos, espera-se que a atual proporção entre vendas de bioquímicos (extratos de plantas), microbianos e biopesticidas de outras origens, se mantenha quase constante (ROOTS ANALYSIS, 2024).

As perspectivas positivas para o setor de pesticidas botânicos – e o de biopesticidas como um todo – estão ligadas a três principais fatores: o crescimento exponencial – desde a década de 90 – do interesse popular em produtos que sejam mais seguros a saúde humana e ao meio ambiente, a expansão de áreas cultivadas com produtos orgânicos, que tende a continuar aumentando pelos próximos anos; e o enrijecimento generalizado de leis para o desenvolvimento e uso de pesticidas sintéticos (ASD REPORTS, 2024; DATAINTELO e FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2024).

Espera-se que a região do Pacífico Asiático domine o mercado de pesticidas botânicos até 2032, podendo ser avaliada em U\$2,5 bilhões de dólares. Isso se deve, principalmente, a presença de países como Índia e China, que há décadas tem investido de forma intensiva em alternativas para o manejo de pragas, com o objetivo de suprir as demandas do seu próprio mercado interno. Da mesma forma, América do Norte e Europa são parte substancial desse seguimento, principalmente países como os Estados Unidos, Canadá, França, Alemanha e os Países Baixos (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2024).

#### **IV. O Inseticidas botânicos *versus* sintéticos**

Compreender as diferenças entre inseticidas botânicos e sintéticos é essencial para avaliar suas respectivas vantagens e desvantagens, possibilitando o uso complementar e estratégico de ambos no manejo integrado de pragas, com foco em soluções eficazes, sustentáveis e na redução de impactos adversos ao meio ambiente e à saúde humana. A seguir, apresenta-se uma tabela comparativa que esquematiza e sintetiza os principais aspectos distintivos entre esses dois grupos de inseticidas, incluindo características como origem, modo de ação, persistência, seletividade e impacto ambiental.

**Tabela 2.** Inseticidas botânicos comerciais *versus* pesticidas sintéticos convencionais.

<b>FATOR</b>	<b>INSETICIDAS BOTÂNICOS</b>	<b>INSETICIDAS SINTÉTICOS</b>
<b>Ingrediente Ativo</b>	Mistura de vários metabólitos secundários com vários modos de ação. A concentração de ingredientes ativos no produto final deve estar em um determinado nível (geralmente mais alto do que os pesticidas sintéticos) para ser eficaz	Normalmente, um ou dois ingredientes ativos com modo de ação específico, por exemplo, neurotoxinas. Normalmente, é necessária uma pequena quantidade de ingrediente ativo no produto final para um controle eficaz
<b>Manufatura</b>	Métodos simples de extração e mistura; alterações enzimáticas de alguns produtos secundários por enzimas como peroxidases e polifenol oxidase podem ocorrer durante a extração; os materiais geralmente são terceirizados; várias formulações	Síntese de várias etapas de ingredientes ativos; várias formulações; produção interna
<b>Escalabilidade</b>	Limitado, dependendo da disponibilidade de biomassa; padronização química limitada	Escalável para produção em massa; padrões rigorosos em vigor
<b>Vida de Prateleira</b>	Limitado, pode se deteriorar e/ou mudar com o tempo	Relativamente estável e/ou com prazo de validade longo
<b>Custo de Produção</b>	Variável, pode depender da disponibilidade da biomassa vegetal e preço de mercado	Geralmente menor que a de pesticidas botânicos comerciais, especialmente não patenteados
<b>Aplicação</b>	Aplicações limitadas em áreas urbanas, médicas, produtos armazenados, silvicultura e agricultura de larga escala	Várias aplicações em quase todos setores do manejo de pragas
<b>Obstáculos Regulatórios</b>	Alguns produtos possuem isenções, como óleos essenciais, outros requerem registro convencional	Registro convencional

<b>Obstáculos Sociais</b>	Geralmente considerados seguros	Geralmente considerados perigosos
<b>Nichos de Mercado</b>	Principalmente varejo e agricultura familiar	Varejo, agricultura de larga escala, aviação e militar

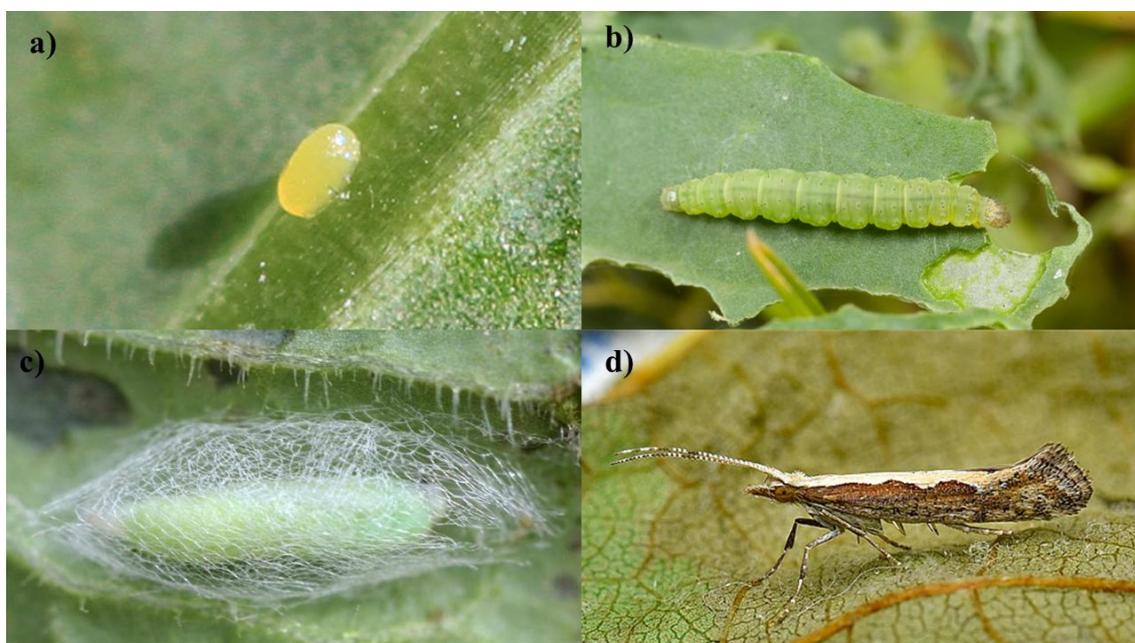
Fonte: Adaptado de Miresmailli e Isman (2014).

## b) *Plutella xylostella*

### I. Morfologia e comportamento

*Plutella xylostella* L. 1758 (Lepidoptera: Plutellidae), também conhecida como traça-das-crucíferas, ataca preferencialmente as Brassicas (TALEKAR e SHELTON, 1993). Essa traça pode ocorrer em uma extensa faixa de temperatura, assim ela possui distribuição cosmopolita e pode ser encontrada na América do Sul, América do Norte, Europa, Sudeste Asiático, Austrália e Nova Zelândia. Entretanto, ela prefere temperaturas mais elevadas para o local do seu desenvolvimento (HARDY, 1938; CAPINEIRA, 2002).

Essa é uma praga com um curto período entre gerações e alta fecundidade, facilitando sua dispersão (TALEKAR e SHELTON, 1993; SAYYED et al. 2008; FURLONG et al., 2013; MACHEKANO et al., 2018; ZHU et al., 2018). Seu ciclo de vida é composto pelos estágios de ovo, larva, pupa e mariposa (TALEKAR e SHELTON, 1993). Ele dura entre 25 a 30 dias, chegando a 12 gerações por ano em países do Hemisfério Sul, que possuem invernos menos rigorosos (Figura 1) (CAPINEIRA, 2002).



**Figura 1.** Estágios do ciclo de vida de *P. xylostella*; a) ovo. Fonte: Stéphane Claerebout, Plant Parasites of Europe; b) larva de 4º ínstar. Fonte: Andrew Weeks, Cesar Australia; c) pupa. Fonte: Whitney Cranshaw, IPM Images; d) mariposa. Fonte: *Laurens van der Linde, Plant Parasites of Europe.*

A flutuação populacional desse inseto pode ser afetada por variáveis climáticas, como chuva temperatura e humidade relativa. Contudo, esse inseto possui alta capacidade de adaptação ao meio e pode ser encontrado mesmo em locais em que suas culturas de interesse não sobrevivem durante o inverno, como o Canadá (CAPINEIRA, 2002; EZIAH et al., 2011; ALAM, et al., 2016; LI et al., 2016).

Os adultos consistem em microlepidópteros de coloração parda, com aproximadamente 9 mm de comprimento e 12-15 mm de envergadura (Figura 2a) (REID e CUTHBERT, 1971; VACARI et al., 2008). Eles são voadores fracos e não podem avançar longas distâncias, permanecendo em torno de 2 metros acima do chão. Contudo, são facilmente arrastados pelo vento (CAPINEIRA, 2002), viajando distâncias que podem alcançar 400-500km por noite (CHAPMAN et al., 2002; HOPKINSON e SOROKA, 2010). As mariposas possuem hábitos noturnos e crepusculares, sendo que a cópula ocorre, quando possível, logo após a emergência e cada fêmea pode ovipositar cerca de 200 ovos (TALEKAR e SHELTON, 1993; ÅSMAN et al., 2001). É possível identificar o macho e a fêmea através da morfologia do último segmento do abdome, enquanto o macho possui uma “fenda” (Figura 2c), as fêmeas possuem duas manchas circulares de tom escuro (Figura 2b) (VACARI, 2009). Esse estágio pode durar de 12 a 16 dias (CAPINEIRA, 2002), a depender das condições abióticas.

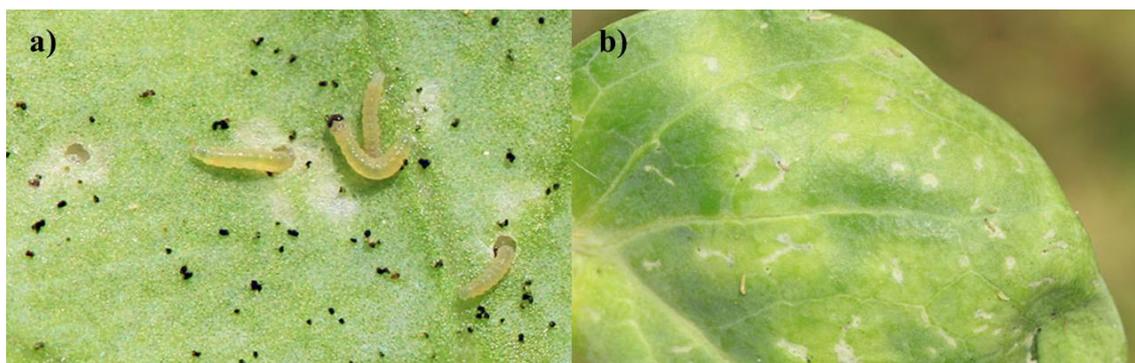


**Figura 2.** a) mariposa de *P. xylostella*. Fonte: Jean-Francois Landry, Ottawa Research and Development Centre; b) último segmento do abdome de fêmea de *P. xylostella*. Fonte:

Silvana A. de Souza, Anais II BECINT; c) último segmento do abdome de macho de *P. xylostella*. Fonte: Silvana A. de Souza, Anais II BECINT.

Os ovos de *P. xylostella* podem ser postos algumas horas após a cópula, caso haja hospedeiros viáveis disponíveis (TALEKAR e SHELTON, 1993; ÅSMAN et al., 2001). Eles são achatados, medindo 0,44mm de comprimento e 0,26mm de largura (CAPINEIRA, 2002). São ovipositados individualmente ou em grupos, preferencialmente nas depressões das folhas ou próximo a nervuras e, seu desenvolvimento leva cerca de cinco dias (TALEKAR e SHELTON, 1993; SILVA e FURLONG, 2013).

O corpo das larvas tem tom esverdeado e cabeça marrom/preta, além disso, ele possui cerdas delimitadas por manchas brancas. Seu corpo é segmentado e possui cinco pares de pernas, sendo que o último par possui um formato de “V” característico (MASON, 2022). O desenvolvimento desse estágio é marcado por quatro ínstar. O primeiro ínstar, dura de 4-7 dias, a larva pode ser incolor e chegar a 1,7mm de comprimento, com 0,16mm de capsula encefálica (Figura 3.a). Nessa fase, ela possui comportamento minador, se alimentando do parênquima foliar e criando um efeito de “rendilhado” na planta (Figura 3.b). Ao fim do primeiro ínstar, ela emerge das minas e se torna visível (CAPINEIRA, 2002).

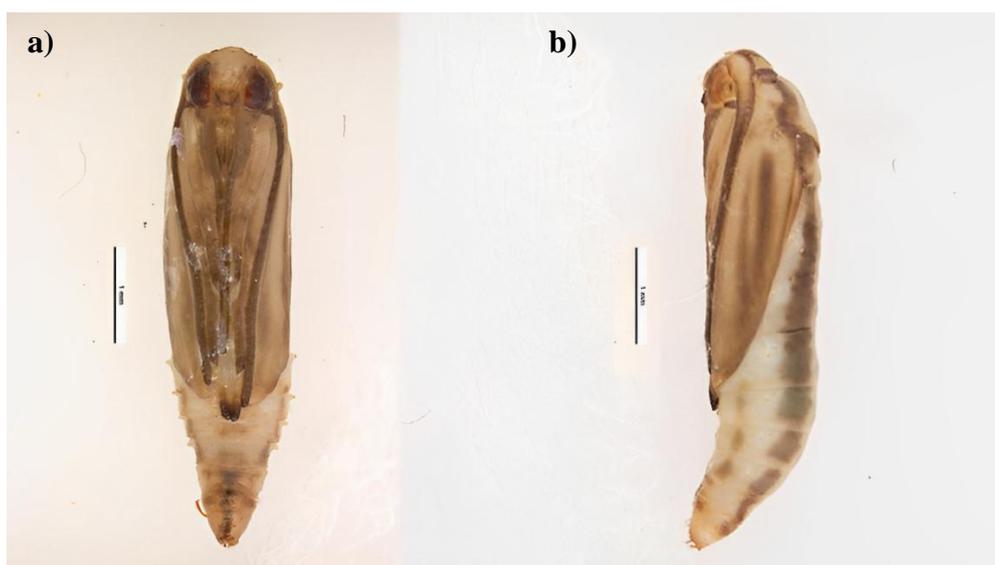


**Figura 3.** a) larvas de *P. xylostella* de 1º ínstar. b) minas em couve formadas pelo hábito alimentar de larvas de *P. xylostella* de 1º ínstar. Fonte: Stéphane Claerebout, *Plant Parasites of Europe*.

No segundo ínstar, o comprimento das larvas alcança 3,5mm e 0,25mm de cápsula encefálica. Elas podem permanecer nesse ínstar de 2-7 dias. É o estágio em que as larvas começam a se alimentar vorazmente da epiderme da folha, criando marcas irregulares de dano em uma das faces, enquanto a outra, geralmente, permanece intacta, criando áreas transparentes na folha. O terceiro ínstar dura entre 2-8 dias e a larva pode crescer até 7mm de comprimento, com cápsula encefálica de 0,37mm. No quarto ínstar, ela chega a 11,2mm

de comprimento e 0,61mm de cápsula encefálica. Essa fase dura de 2-10 dias, nela, as larvas passam a se alimentar da totalidade da folha, criando buracos ovais no tecido (CAPINEIRA, 2002).

No final do último ínstar, elas param de comer e começam a criar um casulo de seda, momento em que entram no estágio de pré-pupa, que pode durar até três dias (GOLIZADEH et al., 2007). As pupas geralmente se formam em locais que possam promover abrigo contra inimigos, elas são do tipo obtecta, com uma coloração que muda gradualmente até atingir um tom marrom, quando próximo da emergência (Figura 4). Possuem de 7 a 9mm e permanecem nesse estágio em média 8,5 dias (CASTELO BRANCO e FRANÇA, 2001; CAPINEIRA, 2002; THULER, 2009).



**Figura 4.** Pupa de *P.xylostella*; a) vista dorsal b) vista lateral. Fonte: Ken Walker, Museum Victoria.

## II. Importância econômica

*Plutella xylostella* provoca danos econômicos durante a fase larval, quando pode chegar a remover completamente o tecido vegetal das folhas, deixando apenas as nervuras. É uma praga perigosa para mudas de plantas, mas pode afetar a formação da cabeça de repolho (*Brassica oleracea* var. capitata), brócolis (*Brassica oleracea* var. italica) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis L.). Além disso, a sua presença no vegetal pode gerar rejeição do produto, mesmo que não haja danos a cultura (CAPINEIRA, 2002).

Ela é considerada a praga mais importante de crucíferas no mundo inteiro (FURLONG et al., 2013) e tem sido especialmente séria no Sudeste Asiático, uma vez que esse tipo de vegetal consiste em uma parte fundamental da dieta chinesa (MASON, 2022). O último levantamento econômico sobre essa espécie mostrou que o custo anual para o seu controle

era estimado em U\$4-5 bilhões (ZALUCKI et al., 2012), valor que saltou de U\$1 bilhão, no início da década de 90, acompanhando o aumento no cultivo de crucíferas e oleaginosas ao redor do mundo (JAVIER, 1992; MASON, 2022).

Atualmente, a base do controle desse inseto consiste, sobretudo, no uso de inseticidas sintéticos, - como indoxacarbe, clorantraniliprole, e metomil - principalmente em países em desenvolvimento, localizados em regiões tropicais e subtropicais, pois a produção é dominada por pequenos agricultores (MASON, 2022; AGROLINK, 2025). Em parte desses locais, os pesticidas podem ser importados de países desenvolvidos a um baixo custo, ao mesmo tempo, alguns governos também subsidiam seu uso. Junta-se isso ao fato que, nessas regiões, *P. xylostella* poder chegar a 20 gerações por ano e torna-se possível compreender a completa dependência de pesticidas químicos para seu controle (MASON, 2022).

Esse cenário, contudo, propiciou um quadro de resistência generalizada de *P. xylostella* a inseticidas, dificultando seu controle. Em 1980, foi confirmada sua resistência a piretróides e logo depois, vários outros produtos se tornaram ineficientes, incluindo *Bacillus thuringiensis* (KIRSCH e SCHMUTTERER, 1988; TABASHNIK et al., 1990; CAPINEIRA, 2002; MASON, 2022). Atualmente, há mais de 1079 casos de resistência arquivados, sendo que ela é resistente a pelo menos 102 ingredientes ativos (APRD, 2025). Alguns autores consideram que uma redução no uso de inseticidas, particularmente na eliminação de piretróides para seu manejo, pode auxiliar a reduzir a população de *P. xylostella*, retornando esse inseto a um status de praga minoritária (CAPINEIRA, 2002).

Nesse sentido, *P. xylostella* continua sendo amplamente usada como inseto modelo para pesquisas que envolvam resistência de pragas a inseticidas e, seus mecanismos de defesa continuam sendo investigados (BANAZEER et al., 2021; CHEN et al., 2023; SHEHZAD et al., 2023; SUN et al., 2023; XIA et al., 2023; LIU et al., 2024). A ineficácia dos inseticidas sintéticos no controle de *P. xylostella*, aliada à rápida evolução de seus mecanismos de resistência, destacam a necessidade de explorar estratégias alternativas. Dessa forma, o uso de inseticidas botânicos surge como uma abordagem promissora, não apenas por oferecer um manejo sustentável e seguro, mas também por reduzir a pressão seletiva, retardando o desenvolvimento de resistência e contribuindo para a manutenção da eficácia dos métodos de controle a longo prazo.

### **c) Espécies botânicas analisadas**

#### **I. *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae)**

A família Anacardiaceae possui 800 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais (MARTINELL e MORAES, 2013). Muitas delas possuem madeira, frutos e

sementes de importância econômica. Contudo, a família é conhecida devido a grande quantidade de plantas tóxicas, característica atribuída a produção de metabólitos secundários presente em folhas, ou secretado em resina (CORREIA e DAVID, 2006).

Dentre as espécies do grupo, *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) é a mais conhecida no Brasil, popularmente chamada de “pau-pombo”. Ela consiste em uma árvore de porte médio, 8-14m de altura, presente principalmente nos solos húmidos da Mata Atlântica (LORENZI, 2002) (Figura 5). Ela é usada em sistemas agroflorestais devido ao seu rápido crescimento e sua madeira pode ser empregada na manufatura de brinquedos, compensados, cabos de vassoura, etc (BERNI et al., 1979; LORENZI, 2002). Na cultura indígena, ela é usada com propósitos medicinais para o tratamento de sintomas como vômito, diarreia, sangramento; e de algumas doenças, dentre elas, lepra, malária, leishmaniose e sífilis (BARROS et al., 1970; MELLO et al., 1971; FRANÇA et al., 1996; DE FILIPPS e MAINA, 2004; GRENAND et al., 2004; ROUMY et al., 2009;).



**Figura 5.** Folhas e frutos de *Tapirira guianensis*. Fonte: Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal.

É possível encontrar na literatura estudos revelando o perfil químico de *T. guianensis*. Já foram encontrados alquilfenóis citotóxicos das sementes, ferulatos, triterpenos, esteroides, norisoprenoides e flavonoides da casca e folhas (DAVID et al., 1998; LORENZI, 2002). Sua atividade biológica também foi estudada, como o efeito antioxidante e de colinesterase, que foram identificados tanto no caule quanto nas folhas da espécie (MORAIS et al., 2021).

## II. *Duguetia furfuracea* A. St.-Hill (Annonaceae)

A família Annonaceae é Pantropical, presente em quase todos os continentes, como Américas, Ásia e África. Possui em torno de 123 gêneros e 2100 espécies, dentre árvores, arbustos e cipós (MABBERLEY, 2008). Esse grupo é bastante conhecido pelo seu uso extenso contra doenças como a malária, Chagas, leishmaniose e outros protozoários, potencial associado a presença de metabólitos secundários como alcalóides, acetogeninas esteróides e terpenos, que podem ser encontrados em vários órgãos da planta (OCAMPO e OCAMPO, 2006).

*Duguetia furfuracea* A. St.-Hill (Annonaceae) é uma das espécies presente na família Annonaceae, frequentemente encontrada no Cerrado do Brasil Central, próxima a pastagens (Figura 6). *Duguetia furfuracea* consiste em um arbusto perene, ereto e muito ramificado. Além disso, ela possui rápido crescimento vegetativo, dificultando seu controle no pasto (LORENZI, 2000). Dentre seus nomes comuns estão “araticum-bravo”, “ata-brava”, “ata de lobo”, “araticum-do-campo” e “araticum-do-cerrado” (Agra et al., 2007). Ela é popularmente usada para o tratamento de reumatismo, pediculose, dor nos rins e para a cicatrização, sendo que pedidos de patente já foram realizados para seu uso como medicamento para disfunção renal (DA SILVA, 2003).



**Figura 6.** Folhas e fruto de *Duguetia furfuracea*. Fonte: Vinícius Souza, Adobe Stock.

Há uma série de estudos descrevendo a composição química de *D. furfuracea*. No óleo essencial dos ramos, foram encontrados sesquiterpenos, flavonoides e uma diversidade de alcaloides (CAROLLO e HELLMAN-CAROLLO, 2005; CAROLLO e HELLMAN-CAROLLO, 2006; CAROLLO et al., 2006). A partir dos extratos das folhas de *D. furfuracea*

foram encontrados flavonoides e alcaloides (CAROLLO et al., 2006). Além disso, seus extratos etanólicos mostraram efeito citoprotetor no combate de metais pesados e, efeito inseticida contra o mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) (RODRIGUES et al., 2006; FERNANDES et al., 2014).

### III. *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellf. ex de Souza (Bignoniaceae)

A família Bignoniaceae está distribuída, principalmente nas regiões neotropicais, como as Américas. Ela é composta por cerca de 82 gêneros e 827 espécies (LOHMANN e ULLOA, 2007). São, no geral, arbustos lenhosos (algumas trepadeiras) com folhas compostas e inflorescência racemosa ou cimosa (FISCHER, 2004). Poucas espécies possuem importância econômica fora da horticultura, mas várias delas são usadas por indígenas como alimento, recipientes e material ritualístico (GENTRY, 1992). No Brasil, várias plantas dessa família são usadas na medicina popular para casos de reumatismo, diarreia, febre, câncer e infecções microbianas (RAHMATULLAH et al., 2010).

*Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellf. ex de Souza (Bignoniaceae) é uma espécie presente na família Bignoniaceae, endêmica do Cerrado brasileiro (Figura 7) (HOEHNE, 1978; PEREIRA et al., 2007). Ela consiste em um subarbusto perene, medindo de 30-40 cm de altura, com ramificação variada, formando touceiras. Alguns dos seus nomes comuns são “alecrim-do-campo”, “catuaba”, “catuaba-verdadeira” e “catuabinha” (GUPTA, 1995; DURIGAN et al., 2004; LORENZI e MATOS, 2008; SOARES e BERTONI, 2016; DURIGAN et al., 2018; FIRETTI, 2024). As raízes dessa espécie produzem estimulantes e tonificantes para o sistema nervoso central humano, sendo usados pela indústria farmacêutica como matéria prima para fabricação de afrodisíacos (HOEHNE, 1978; MANABE et al., 1992). Os compostos identificados em *A. arvense* são majoritariamente flavonoides, catuabinas, alcaloides e taninos (CHARAM, 1987; ZANOLARI et al. 2005; TABANCA et al., 2007).



**Figura 7.** Folhas e flores de *Anemopaegma arvense*. Fonte: Fitoterapia Brasil.

#### **IV. *Coussarea hydrangeifolia* (Benth.) Benth. e Hook.f. ex Müll.Arg.**

A família Rubiaceae é cosmopolita, contudo, possui maior expressão nos trópicos (MABBERLEY, 2008). Ela é composta por 637 gêneros e cerca de 13.000 espécies, estando entre as quatro classes mais diversas em número de espécies dentro das Angiospermas (MABBERLEY, 2008; MONGRAND et al., 2005; PEREIRA et al., 2010). O Brasil apresenta pelo menos 1.400 dessas espécies, divididas entre 120 gêneros, sendo uma das famílias de maior importância econômica, ornamental e medicinal do país (MABBERLEY, 2008). Além disso, essa família se caracteriza pela produção de metabólitos secundários com potencial farmacológico, que também são usados como marcadores para a identificação de subfamílias no grupo (BARREIRO, 1990; FARIAS, 2006). Algumas das substâncias produzidas são iridoides, alcaloides, antraquinonas, diterpenos, triterpenos e flavonoides (FARIAS, 2006). O uso de suas espécies na medicina popular inclui ação anti-inflamatória, analgésica, antibactericida, antiviral e antioxidante (HEITZMAN, 2005).

Apesar do gênero *Coussarea* ser considerado um grupo restrito dentro da família Rubiaceae, ele é bastante presente na Amazônia e no Cerrado brasileiro (CORREA, 1974). *Coussarea hydrangeifolia* (Benth.) Benth. e Hook.f. ex Müll.Arg. (Rubiaceae) é uma das espécies presente na família Rubiaceae, podendo ser encontrada na Floresta Amazônica, Caatinga, Cerrado, Floresta de Galeria e na Floresta Pluvial Atlântica. Contudo, ela é mais abundante no Cerrado (GOMES, 2003). Consiste em uma planta arbustiva, podendo chegar a uma árvore com 1,5 a 6m de altura, com ramos robustos e flores que são produzidas o ano todo, porém em maior frequência nos últimos dois meses do ano (Figura 8).



**Figura 8.** Folhas e flores de *Coussarea hydrangeifolia*. Fonte: *Plants of the World*.

Alguns dos seus nomes comuns são “chá-paraguaio”, “pau-terra-do-cerrado”, “marmelada-de-cachorro” e “quina-branca” (GOMES, 2003). Acredita-se que o chá de suas folhas possua propriedades tônicas (STANDLEY, 1931). Não foram encontrados estudos desvendando o perfil químico de *C. hydrangeifolia*, entretanto, Hamerski et al. (2005), investigaram glucosídeos obtidos de extratos aquosos dessa espécie e encontraram elevado potencial antioxidante. Costa (2015), conduziu experimentos com extratos botânicos aquosos de *C. hydrangeifolia* e verificou ação fagoderrente e mortalidade larval em *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, M. F.; FRANÇA, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v.17, n.1, p.114-140, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000100021>

AGROLINK. **Traça-das-Crucíferas**. AGROLINK. 2025. Problemas. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/problemas/tracas-das-cruciferas\\_325.html](https://www.agrolink.com.br/problemas/tracas-das-cruciferas_325.html)>. Acesso em: 20 abril 2025.

AHMAD, W.; SHILPA, S.; SANJAY, K. Phytochemical Screening and antimicrobial study of *Euphorbia hirta* extracts. **Journal of Medicinal Plants Studies**, v.5, n.2, p.183-186, 2017.

ALAM, T., RAJU, S. V. S.; RAGHURAMAN, M.; KUMAR, K. R. Population dynamics of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) on cauliflower *Brassica oleracea* L. var. Botrytis in relation to weather factors of eastern uttar pradesh region. **Journal Of Experimental Zoology India**, v.19, n.1, p.289–292, 2016.

APRD. **Arthropod Pesticide Resistance Database**. *Plutella xylostella*. 2025. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=speciessearId=571>>.

ASD REPORTS MARKET RESEARCH. **Global Botanical Pesticides Market - 2023-2030**. Disponível em: <<https://www.asdreports.com/market-research-report-662713/global-botanical-pesticides-market>>. Acesso em: 26 out. 2024.

ÅSMAN K., EKBOM B., RÄMERT B. Effect of Intercropping on Oviposition and Emigration Behavior of the Leek Moth (Lepidoptera: Acrolepiidae) and the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Environmental Entomology**, v.30, n.2, p.288–294, 2001. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.288>

AZEVEDO, G. **UE volta atrás em lei que reduz uso de defensivos agrícolas**. 2024. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/agricultura/ue-volta-atras-em-lei-que-reduz-uso-de-defensivos-agricolas/>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BALDIN, E. L. L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019.

BALLARÉ, C. L. Jasmonate-induced defenses: a tale of intelligence, collaborators and rascals. **Trends Plant Science**, v.16, n.5, p.249-257, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.12.001>

BAMBAWALE, O. M.; BHAGAT S. Registration related issues in effective use of biopesticides in pest management. In: KOUL, O.; G.S. DHALIWAL; KHOKHAR, S.; RAM, S. (org.) **Biopesticides in Environment and Food Security**. Jodhpur: Scientific Publishers, p.265–285, 2012.

BANAZEER A.; Afzal, M. B. S.; Hassan, S.; Ijaz, M.; SHAD, S. A.; SERRÃO, J. E. Status of insecticide resistance in *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) from 1997 to 2019: cross-resistance, genetics, biological costs, underlying mechanisms, and implications for management. **Phytoparasitica**, v.50, n.2, p.465–485, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00959-z>

BARREIRO, E. J. Produtos naturais bioativos de origem vegetal e o desenvolvimento de fármacos. **Química Nova**, v. 13, n. 1, p.29–39, 1990.

BARROS, G. S.; et al. Pharmacological Screening of Some Brazilian Plants. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.22, n.2, p.116-122, 1970. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1970.tb08403.x>

BERENBAUM, M. R. North American ethnobotanicals as sources of novel plant-based insecticides. In: ARNASON, J. T.; PHILOGÈNE, B. J. R., PETER, M. (org.). **Insecticide of plant origin**. Washington: American Chemical Society, 1988.

BERNI, C. A.; BOLZA, E.; CHRISTENSEN, F. J. **South American Timbers: The Characteristics, Properties and Uses of 190 Species (Algunas maderas de America del Sur)**. Melbourne: National Library of Australia Cataloguing-in-Publication Entry, 1979.

BLOOMQUIST, J. R.; BOINA, D. R.; CHOW, E.; CARLIER, P. R.; REINA, M.; GONZALEZ-COLOMA, A. Mode of action of the plant-derived silphinenes on insect and mammalian GABAA receptor/chloride channel complex. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.91, n.1, p.17-23, 2008.

BORGES, A. Expansão dos bioinsumos exige foco na qualidade. **Revista Cultivar**. 2025. Pesticidas. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/expansao-dos-bioinsumos-exige-foco-na-qualidade>>. Acesso em: 20 abril 2025.

CAPINEIRA, J. L. Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae): EENY-119/IN276. **Rev. 5/2000**, v.8, 2002. <https://doi.org/10.32473/edis-in276-2000>.

CAROLLO, C. A.; SIQUEIRA, J. M.; GARCEZ, W. S. ; DINIZ, R. ; FERNANDES, N. G. N-Nitrosoanoinine and N-Nitrosoxylopine, Aporphine Alkaloids from *Duguetia furfuracea*. **Journal of Natural Products**, v.69, n.8, p.1222-1224, 2006. <https://doi.org/10.1021/np0600191>

CAROLLO, C. A.; HELLMANN-CAROLLO, A. R.; SIQUEIRA, J. M.; ALBUQUERQUE, S. Alkaloids and a flavonoid from aerial parts (leaves and twigs) of *Duguetia furfuracea* - Annonaceae. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v.51, n.2, p.837-841, 2006. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072006000200001>

CAROLLO, C. A.; HELLMANN, A. R.; SIQUEIRA, J. M., Sesquiterpenoids from the essential oil from leaves of *Duguetia furfuraea* (Annonaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v.33, n.6, p.647-649, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2004.09.004>

CARSON, R. **Silent Spring**. New York: Houghton Mifflin, 1962.

CASIDA J. E. **Pyrethrum the natural insecticide**. New York: Academic Press, 1973.

CASIDA, J. E.; QUISTAD, G. B. Golden age of insecticide research: past, present, or future? **Annual Review of Entomology**, v.43, p.1-16, 1998. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.1>

CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, F. H. **Histórico e impacto das introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001.

CASTILLO-SÁNCHEZ, L. E. CASTILLO-SÁNCHEZ, L. E.; JIMÉNEZ-OSORNIO, J. J.; DELGADO-HERRERA, M. A.; CANDELARIA-MARTÍNEZ, B.; SANDOVAL-GÍO, J. J. Effects of the hexanic extract of neem *Azadirachta indica* against adult whitefly *Bemisia tabaci*. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v.3, n.5, p.95-99, 2015.

CHAPMAN, J. W.; REYNOLDS, D. R.; SMITH, A. D.; RILEY, J. R.; PEDGLEY, D. E.; WOIWOD, I. P. High-altitude migration of the diamondback moth *Plutella xylostella* to the U.K.: a study using radar, aerial netting and ground trapping. **Ecological Entomology**, v.27, n.6, p.641-650, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00472.x>

CHARAM, I. Há ações afrodisíacas nas plantas medicinais do Brasil? **Folha Médica**, v.94, n.5, p.303-309, 1987.

CHEN, W.; AMIR M. B.; LIAO, Y.; YU, H.; HE, W.; LU, Z. New Insights into the *Plutella xylostella* Detoxifying Enzymes: Sequence Evolution, Structural Similarity, Functional Diversity, and Application Prospects of Glucosinolate Sulfatases. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 29, p. 10952–10969, 2023. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03246>

CHOUGULE, P. M.; ANDOJI, Y. S. Antifungal activity of some common medicinal plant extracts against soil borne phytopathogenic fungi *Fusarium oxysporum* causing wilt of tomato. **International Journal of Development Research**, v.6, n.3, p.7030-7033, 2016.

HEDIN, P. A.; JULIUS J. M.; ROBERT M. H. **Natural and engineered pest management agents**. 1 ed. Washington: American Chemical Society, 1993.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.4, p.500-506, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000400016>

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1974.

CORREIA, S. DE J.; DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Química Nova**, v.29, n.6, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000600026>

COSTA, D. de C. M. **Toxicidade de Extratos Botânicos de Fabácea e Rubiácea para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2015. Dissertação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

COTTA, E. **Pesquisa aponta: há 85 empresas de biológicos no ponto para fusões e aquisições**. AGFeed. 2023. Caminhos do Agro. Disponível em: <<https://agfeed.com.br/caminhos-do-agro/pesquisa-aponta-ha-85-empresas-de-biologicos-no-ponto-para-fusoes-e-aquisicoes/>>. Acesso em: 20 abril 2025.

HEITZMAN, M. E.; NETO, C. C.; WINIARZ, E.; VAISBERG, A. J.; HAMMOND, G. B. Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of *Uncaria* (Rubiaceae). **Phytochemistry**, v.66, n.1, p.5-29, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.10.022>

DA SILVA, C. L. 2003. **Medicinal plant based renal colic treatment agent consists of 250 milligramme capsules based on *Duguetia furfuracea* material**. Dervewent Innovations Index Br20022030-A.

DAVID, J. M. Two new cytotoxic compounds from *Tapirira guianensis*. **Journal of Natural Products**, v.61, n.2, p.287-289, 1998. <https://doi.org/10.1021/np970422v>

MELLO, M. O.; DA COSTA, C. F.; DA S. BARBOSA, M. M. Catálogo das plantas tóxicas e medicinais no Estado da Bahia. **Boletim do Instituto da Bahia**, v.1, p.39–66, 1971.

DE MORAES, C. M.; MESCHER, M. C.; TUMLINSON, J. H. Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. **Nature**, v.29, n.410, p.577-580, 2001. <https://doi.org/10.1038/35069058>

DE SOUZA, S. A.; PADIAL, I. M. P. M.; DOMINGUES, A.; MAUAD, J. R. C.; FORMAGIO, A. S. N.; CAMPOS, J. F.; MALAQUIAS, J. B.; MUSSURY, R. M. An Interesting Relationship between the Insecticidal Potential of *Simarouba* sp. in the Biology of Diamondback Moth. **Sustainability**, v.15, n.10, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15107759>

DE SOUZA, S. A.; PADIAL, I. M. P. M.; DE SOUZA, T. S.; DOMINGUES, A.; FERREIRA, E. A.; MAUAD, M.; CARDOSO, C. A. L.; MALAQUIAS, J. B.; OLIVEIRA, L. V. Q.; FORMAGIO, A. S. N.; MAUAD, J. R. C.; MUSSURY, R. M. Evaluation of Bioinsecticide in the Control of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758): A Laboratory Study for Large-Scale Implementation. **Sustainability**, v.17, 2025. <https://doi.org/10.3390/su17041626>

DE FILIPPS, R. A.; MAINA, S. L.; CREPIN, J. Medicinal Plants of the Guianas (Guyana, Surinam, French Guiana). Washington: National Museum of Natural History, 2004.

DICKE, M.; SHUTTE, C. J.; DIJKMAN, H. Change in behavioral response to herbivore-induced plant volatiles in predatory mite population. **Journal of Chemical Ecology**, v.26, p.1497-1514, 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1005543910683>

DOS SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. PIRETRÓIDES – UMA VISÃO GERAL. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.3, p.339-349, 2007.

DRIPPS, J. E. **The spinosyn insecticides**. Green Trends in Insect Control. Cambridge: Royal Society of Chemistry, p.163–212, 2011.

DURIGAN, G.; BAITELLO, J. B.; FRANCO, G. A. D. C.; SIQUEIRA, M. F. de. **Plantas do cerrado paulista: imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo: Páginas e Letras Editora Gráfica, 2004.

DURIGAN, G.; PILON, N. A. L.; ASSIS, G. B.; SOUZA, F. M.; BAITELLO, J. B. **Plantas pequenas do cerrado: biodiversidade negligenciada**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2018.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Área de Refúgio: Recomendações de uso para o plantio do milho transgênico Bt**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014

EZIAH, V. Y.; ROSE, H. A.; WILKES, M.; CLIFT, A. D.; MANSFIELD, S. Population dynamics of the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Sydney region of Australia. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v.4, n.4, p.1062–1082, 2011. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i4.63044>

FARIA, A. B. C. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.5, n. 2, p.345-357, 2009.

FARIAS, F. M. ***Psychotria myriantha* Müll Arg. (Rubiaceae): Caracterização dos alcalóides e avaliação das atividades anti-quimiotáxica e sobre o sistema nervoso central**. 2006. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FERREIRA, E. A.; DE SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; DA SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; DE CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; DA SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical Screening and Bioactivity of *Ludwigia* spp. in the Control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v.11, n.9, 2020. <https://doi.org/10.3390/insects11090596>

FERREIRA, E.A.; FACA, E. C.; DE SOUZA, S. A.; FIORATTI, C. A. G.; MAUAD, J. R. C.; CARDOSO, C. A. L.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M. Antifeeding and Oviposition Deterrent Effect of *Ludwigia* spp. (Onagraceae) against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Plants**, v.11, n.19, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11192656>

FIRETTI, F. ***Anemopaegma* in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB112500>>. Acesso em: 08 nov. 2024

FISCHER, E.; THEISEN, I.; LOHMANN, L.G. Bignoniaceae. In: KADEREIT, J.W. (org.) **The Families and Genera of Vascular Plants**, v. 7, Berlin: Springer, 2004. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-18617-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-18617-2_2)

FLINT, M. L.; VAN DEN BOSCH, R. **Introduction to integrated pest management**. New York: Plenum, 1981.

FORGET, G.; GOODMAN, T.; DE VILLIERS, A. **Impact of pesticide use on health in developing countries**. Ottawa: International Development Research Centre, 1993.

FORTUNE BUSINESS INSIGHTS. **Biopesticides Market Size Analysis | Global Trend Forecast 2025**. Disponível: <<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/biopesticides-market-100073>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

FRANÇA, F.; LAGO, E.L.; MARSDEN, P.D. Plants Used in the Treatment of Leishmanial Ulcers Due to *Leishmania (Viannia) braziliensis* in an Endemic Area of Bahia, Brazil.

**Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.29, n.3, 1996.  
<https://doi.org/10.1590/s0037-86821996000300002>

FURLONG, M. J., WRIGHT, D. J., DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: problems, progress and prospects. **Annual Review of Entomology**, v.58, p.517-541, 2013. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153605>

GAKUUBI, M. M.; Wanzala, W.; Wagacha, J. M.; Dossaji, S. F. Bioactive properties of *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) essential oils: a review. **American Journal of Essential Oils and Natural Products**, v.4, n.2 p.27-36, 2016.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA, N. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. 1 ed. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GENTRY, A. H. A synopsis of Bignoniaceae ethnobotany and economic botany. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.79, n.1, p.53–64, 1992.

**GLOBAL MARKET INSIGHTS. Biopesticides Market Share Analysis Report 2022-2030**. Disponível em: <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/biopesticides-market>>. Acesso em: 26 out. 2024.

GOLIZADEH, A.; KAMALI, K.; FATHIPOUR, Y.; ABBASIPOUR, H. Temperature-dependent Development of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Two Brassicaceous Host Plants. **Insect Science**, v.14, n.4, p.309-316, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00157.x>

GOMES, M. Reavaliação taxonômica de algumas espécies dos gêneros *Coussarea* Aubl. e *Faramea* Aubl. (Rubiaceae, tribo Coussareae). **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.3, p.449-466, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000300011>

GOMEZ, L. E.; HASTINGS, K.; YOSHIDA, H. A.; DRIPPS, J. E.; BAILEY, J.; ROTONDARO, S.; STEVE, K.; PAROONAGIAN, D. L.; DHADIALLA, T. S.; BOUCHER, R. The Bisacylhydrazine Insecticides. In: Lopez, O.; Bolanosin, J. F. (org.) **Green Trends in Insect Control**. The Royal Society of Chemistry, 2011.

GRASSINI, P.; ESKRIDGE, K. M.; CASSMAN, K. G. Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. **Nature Communications**, v.4, n.2918, 2013. <http://doi.org/10.1038/ncomms3918>.

GRENAND, P. et al. **Pharmacopées Traditionnelles en Guyane: Créoles, Wayãpi, Palikur; Guides Illustrés**. Marseille: IRD Éditions, 2004. Disponível em: <<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/42318>>. Acessado em: 10 jan. 2025.

GRILLI, M. **Custo alto inibe lançamento de novas moléculas de agrotóxicos para hortifruti**. Globo Rural. 2019. Pesquisa e Tecnologia. Disponível em: <<https://globo.com/Noticias/Pesquisa-e-Tecnologia/noticia/2019/11/custo-alto-inibe-lancamento-de-novas-moleculas-de-agrotoxicos-para-hortifruti.html>>. Acesso em: 20 abril 2025.

GUPTA, M. P. **270 Plantas medicinales ibero-americanas**. Bogotá: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología, 1995.

GUPTA, S.; DIKSHIT, A. K. Biopesticides: An ecofriendly approach for pest control. **Journal of Biopesticides**, v.3, n.1, p.186-188, 2010.

HAMERSKI, L. et al. Phenylpropanoid glucosides from leaves of *Coussarea hydrangeifolia* (Rubiaceae). **Phytochemistry**, v.66, n.16, p.1927-1932, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.06.019>

HARDY, J. E. *Plutella maculipennis*, Curt., its natural and biological Control in England. **Bulletin of Entomological Research**, v.29, n.4, p. 343-372, 1938. <https://doi.org/10.1017/S0007485300026274>

HIKAL, W. M.; ROWIDA, S. B.; HUSSEIN, A. H. S. A. Botanical Insecticide as Simple Extractives for Pest Control. **Cogent Biology**, v.3, n.1, 2017. <https://doi.org/10.1080/23312025.2017.1404274>

HOEHNE, M.V. **Plantas e substâncias vegetais tóxicas e medicinais**. São Paulo: Departamento de Botânica do Estado, 1978.

HOPKINSON, R. F., SOROKA, J. J. Air trajectory model applied to an in-depth diagnosis of potential diamondback moth infestations on the Canadian Prairies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.150, n.1, p.1-11, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.07.015>

SILVA, R., FURLONG, M. J. Diamondback Moth Oviposition: Effects of Host Plant and Herbivory. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v.143, n.3, p.218-30, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01255.x>

ISMAN, M. B. Botanical insecticides: for richer, for poorer. **Pest Management Science**, v.64, n.1, p.8-11, 2008. <https://doi.org/10.1002/ps.1470>

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, v.19, n.3, p.140-145, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.11.005>

ISMAN, M. B. A renaissance for botanical insecticides? **Pest Management Science**, v.71, n.12, p.1587-1590, 2015. <https://doi.org/10.1002/ps.4088>

JAVIER, E. Q. Diamondback moth and other crucifer pests. In: 2nd international workshop, 1990, Taiwan. **Anais [...]**. Taiwan: The World Vegetable Center's Present and Future, 1992. Trabalho 16833. Disponível em: <<https://worldveg.tind.io/record/16833?v=pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

JINWON, K.; QUAGHEBEUR, H.; FELTON, G. W. Reiterative and interruptive signaling in induced plant resistance to chewing insects. **Phytochemistry**, v.72, n.13, p.1624-34, 2011. <https://10.1016/j.phytochem.2011.03.026>

JNAID, Y.; YACOUB, R.; AL-BISKI, F. Antioxidant and antimicrobial activities of *Origanum vulgare* essential oil. **International Food Research Journal**, v.23, n.4. p.1706-1710, 2016.

- KESSLER, A.; BALDWIN, I. T. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. **Science**, v.16, n.291, p.2142-2144, 2001. <https://doi.org/10.1126/science.291.5511.2141>
- KHAMBAY, B. P.; BATTY, D.; JEWESS, P. J.; BATEMAN, G. L.; HOLLOMON, D. W. Mode of action and pesticidal activity of the natural product dunnione and of some analogues. **Pest Management Science**, v.59, n.2, p.174-182, 2003. <https://doi.org/10.1002/ps.632>
- KIRSCH, K., SCHMUTTERER, H. Low efficacy of a *Bacillus thuringiensis* (Berl.) formulation in controlling the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in the Philippines. **Journal of Applied Entomology**, v.105, n.3, p.249-255, 1988. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1988.tb00183.x>
- KUMAR S.; SINGH, A. Biopesticides for integrated crop management: Environmental and regulatory aspects. **Journal of Biofertilizers e Biopesticides**, v.5, n.1, 2014. <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e121>
- LABANDEIRA, C. C. A paleobiologic perspective on plant–insect interactions. **Current Opinion in Plant Biology**, v.16, n.10, p.414–421, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.06.003>
- LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI, J. W.; MBEGA, E. R. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. **Scientific African**, v.7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>
- LEVIN, D. The role of trichomes in plant defense. **The Quarterly Review of Biology**, v.48, n.1, p.3-15, 1973.
- LI, Z.; FENG, X.; LIU, S.-S.; YOU, M.; FURLONG, M. J. Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China. **Annual Review of Entomology**, v.61, n.1, p.277–296, 2016. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023622>
- FERNANDES, L. C. N.; FRANCELINO, V. T.; FIGUEIREDO, L. N.; BATISTA, A. L. B.; FERREIRA, M. E. F.; REGINA, K. M.; MELO, C. H. D. Protective action of *Duguetia furfuracea* (A. St.-Hil.) Saff. against toxicity due to mercury chloride in *Escherichia coli*. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v.19, n.3, p.179-188, 2014.
- LIU, J. Tian, Z.; Li, R.; Ni, S.; Sun, H.; Yin, F.; Li, Z.; Zhang, Y.; Li, Y. Key Contributions of the Overexpressed *Plutella xylostella* Sigma Glutathione S-Transferase 1 Gene (*PxGSTs1*) in the Resistance Evolution to Multiple Insecticides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 72, n. 5, p. 2560–2572, 2024. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c09458>
- LOHMANN, L. G., AND C. U. ULLOA. **Bignoniaceae in iPlants prototype checklist**. 2007. Disponível em: <<http://www.iplants.org>>. Acessado em: 10 jan. 2025.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2000.
- LORENZI, H. **Brazilian Trees: A Guide to the Identification and Cultivation of Brazilian Native Trees**. 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. de A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas**. 2 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2008.

LOVATTO, P. **As Plantas Bioativas como Estratégia à Transição Agroecológica na Agricultura Familiar**. 2012. Tese. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

MABBERLEY, D. J. **Plant-book**. 3 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

MACHEKANO, H., MVUMI, B. M.; NYAMUKONDIWA, C. Loss of coevolved basal and plastic responses to temperature may underlie trophic level host-parasitoid interactions under global change. **Biological Control**, v.118, p.44–54, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.12.005>

MAIRESSE, L. A. S. **Avaliação da Bioatividade de Extratos de Espécies Vegetais, Enquanto Excipientes de Aleloquímicos**. Tese. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MANABE, H.; et al. Effects of catuaba extracts on microbial and HIV infection. **In Vivo**, v.6, n.2, p.161-166, 1992.

MANNA, S.; BHATTACHARYYA, D.; MANDAL, T. K.; DEY, S. Neuropharmacological effects of deltamethrin in rats. **Journal of Veterinary Science**, v.7, n.2, p.133-136, 2006. <https://doi.org/10.4142/jvs.2006.7.2.133>

MARCO G. J.; HOLLINGWORTH R. M.; DURHAM, W. **Silent Spring Revisited**. Washington: American Chemical Society, 1987.

MARICONI, F. M. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas**. Tomo 1. São Paulo: Nobel, 1988.

MARRONE, P. G. **The market and potential for biopesticides, in Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities**. Washington: American Chemical Society, p. 245–258, 2014.

MARTINELL, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

MASON, P. *Plutella xylostella* (diamondback moth). **CABI Compendium**, v. CABI Compendium. 2022. Disponível em: <<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/42318>>. Acesso em: Acessado em: 10 jan. 2025.

MCLAUGHLIN, G. A. **History of pyrethrum**. New York: Academic Press, 1973.

MENEZES, E. L. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005.

MIZUBUTI, E. S.; JÚNIOR, V. L.; FORBES, G. A. Management of late blight with alternative products. **Pest Technology**, v. 2, p.106–116, 2007.

MONGRAND, S.; BADO, A.; PATOUILLE, B.; LACOMBLEZ, C.; CHAVENT, M.; BESSOULE, J. J. Chemotaxonomy of the Rubiaceae family based on leaf fatty acid composition. **Phytochemistry**, v.66, n.5, p.549-559, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.12.021>

- MORAIS, L. A. S.; MARINHO-PRADO, J. S. **Defensivos Agrícolas Naturais: Uso e Perspectivas**. Brasília: Embrapa, 2016.
- MORAIS, S. M.; LOPES, F. F. S.; FONTENELE, G. A.; SILVA, M. V. F.; FERNANDES, V. B.; ALVES, D. R. Total phenolic content and antioxidant and anticholinesterase activities of medicinal plants from the State's Cocó Park (Fortaleza-CE, Brazil). **Research, Society And Development**, v.10, n.5, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14493>
- MORDOR INTELLIGENCE. **Global Biopesticides Market - Growth, Trends, and Forecast (2020 - 2025)**. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biopesticides-market-industry>>.
- OCAMPO, D.S.; OCAMPO, C. Bioactividad de la familia Annonaceae. **Revista Universidad de Caldas**, v.26, n.1-2, p.135–155, 2006.
- OERKE, E. C.; DEHNE, H. W.; SCHÖNBECK, F.; WEBER, A. **Crop production and crop protection—estimated losses in major food and cash crops**. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-00683-7>
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**, v.144, n.1, p.31-43, 2006. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- OLSON, S. An Analysis of the Biopesticide Market Now and Where it is Going. **Outlooks on Pest Management**, v. 26, n. 5, p. 203–206, 2015.
- PADIAL, I. M. P. M.; DE SOUZA, S. A.; MALAQUIAS, J. B.; CARDOSO, C. A. L.; PACHÚ, J. K. DA S.; FIORATTI, C. A. G.; MUSSURY, R. M. Leaf Extracts of *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) Prevent the Feeding and Oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Agronomy**, v.13, n.3, 2023. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030890>
- PANDA, N.; KHUSH, G. S. **Host plant resistance to insects**. 1 ed. CAB International, 1995.
- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia Nutricional de Insetos e suas Implicações no Manejo de Pragas**. São Paulo: Manole, 1991.
- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Insect Biocology and Nutrition for Integrated Pest Management**. 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. <https://doi.org/10.1201/b11713>
- PEREIRA, A. M. S. et al. Seed germination and triterpenoid content of *Anemopaegma arvense* (Vell.) Steffeld varieties. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.54, p.849–854, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10722-006-9161-x>
- PEREIRA, C. G.; MEIRELES, M. A. A. Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: Fundamentals, applications and economic perspectives. **Food and Bioprocess Technology**, v.3, p.340–372, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0263-2>
- PERRY, A. S.; YAMAMOTO, I.; ISHAAYA, I.; PERRY, R. Y. **Insecticides in Agriculture and Environment: Retrospects and Prospects**. Berlin: Springer Verlag, 1998.
- PRECEDENCE RESEARCH. **Insecticides Market Size to Surpass USD 34.74 Billion by 2033**. Disponível em: <<https://www.precedenceresearch.com/insecticides-market>>. Acesso em: 25 out. 2024.

RAHMATULLAH, M.; SAMARRAI, W.; JAHAN, R.; RAHMAN, S.; SHARMIN, N.; MIAJEE, Z. U. M. E. U.; CHOWDHURY, M. H.; BARI, S.; JAMAL, F.; BASHAR, A. B. M. A.; AZAD, A. K.; AHSAN, S. An Ethnomedicinal, Pharmacological and Phytochemical Review of Some Bignoniaceae Family Plants and a Description of Bignoniaceae Plants in Folk Medicinal Uses in Bangladesh. **Advances in Natural and Applied Sciences**, v.4, n.3, p.236-253, 2010.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Koogan. Rio de Janeiro, 2001.

REID, W. J.; CUTHBERT, F. P. Control of caterpillars on commercial cabbage and other cole crops in the south. Disponível em: <<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19650303340>>

RESEARCHDIVE. **Pesticides Market by Target (Herbicides, Fungicides, Insecticides, and Others), Type (Bio-pesticides, Chemical Pesticides, and Others), Crop Type (Vegetables e Fruits, Oilseeds e Pulses, Cereals e Grains, Commercial Crops, Plantation Crops, and Others), Formulation (Liquid and Dry), and Region (North America, Europe, Asia-Pacific, and LAMEA): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023-2032**. Disponível em: <<https://www.researchdive.com/9242/pesticides-market>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J. D.; BALDIN, E. L. **Inseticidas botânicos no Brasil: aplicações, potencialidades e perspectivas**. Piracicaba: FEALQ, 2023.

RODRIGUES, A. M. S.; PAULA, J. E. de; DEGALLIER, N.; MOLEZ, J. F.; ESPÍNDOLA, L. S. Larvicidal activity of some Cerrado plant extracts against *Aedes aegypti*. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v.22, n.2, p.314-317, 2006. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2006\)22\[314:LAOSCP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2006)22[314:LAOSCP]2.0.CO;2)

ROEL, A. R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o Desenvolvimento Rural Sustentável. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v.1, n. 2, p. 43-49, 2001.

ROOTS ANALYSIS. **Biopesticides Market Size, Growth, Trends, Global Industry Report [2035]**. Disponível em: <<https://www.rootsanalysis.com/reports/biopesticides-market.html>>. Acesso em: 26 out. 2024.

ROUMY, V.; FABRE, N.; PORTET, B.; BOURDY, G.; ACEBEY, L.; VIGOR, C. ; VALENTIN, A. ; MOULIS, C. Four Anti-Protozoal and Anti-Bacterial Compounds from *Tapirira guianensis*. **Phytochemistry**, v.70, n.2, p.305–311, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.10.003>

SAITO, M. L.; LUCCHINI, F. **Substâncias Obtidas de Plantas e a Procura por Praguicidas Eficientes e Seguros ao Meio Ambiente**. Série Documentos nº 12. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998.

SAYYED, A. H.; SAEED, S.; NOOR-UI-ANE, M.; CRICKMORE, N. Genetic, biochemical, and physiological characterization of spinosad resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.5, 1658–1666, 2008. [https://doi.org/110.1603/0022-0493\(2008\)101\[1658:gbapco\]2.0.co;2](https://doi.org/110.1603/0022-0493(2008)101[1658:gbapco]2.0.co;2)

SHEHZAD, M.; BODLAH, I.; SIDDIQUI, J. A.; BODLAH, M. A.; FAREEN, G. A.; ISLAM, W. Recent insights into pesticide resistance mechanisms in *Plutella xylostella* and possible management strategies. **Environmental Science and Pollution Research**, v.30, p.95296–9531, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29271-5>

SNYDER, C. **The Biopesticide Market is Thriving**. 2015. Disponível em: <[www.farmchemicalsinternational.com](http://www.farmchemicalsinternational.com)>. Acessado em: 10 jan. 2025.

SOARES, A. M.; BERTONI, B. W. **Espécies medicinais nativas da região Centro-Oeste: *Anemopaegma arvense***. Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro - Região Centro-Oeste. Brasília: Biblioteca do Ministério do Meio Ambiente, 2016.

SOLA, P.; MVUMI, B. M.; OGENDO, J. O.; MPONDA, O.; KAMANULA, J. F.; NYIRENDA, S. P.; BELMAIN, S. R.; STEVENSON, P.C. Botanical pesticide production, trade and regulatory mechanisms in sub-Saharan Africa: Making a case for plant-based pesticidal products. **Food Security**, v.6, p.369–384, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0343-7>

SRIJITA, D. Biopesticides: an eco-friendly approach for pest control. **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v.4, n.6, p. 250–265, 2015.

STANDLEY, P. C. The Rubiaceae of Bolivia. **Publications of the Field Museum of Natural History**, v.7, n.3, p.253-339, 1931. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2327>

STERN, V. M. et al. The integrated control concept. **Hilgardia**, v.29, n.2, p.81-101, 1959.

STOWE, K. A. Experimental evolution of resistance in Brassica: Correlated response of tolerance in lines selected for glucosinolate content. **Evolution**, v.52, n.3, p.703-712, 1998. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1998.tb03695.x>

SUN, X.; HUA, W.; WANG, K.; SONG, J.; ZHU, B.; GAO, X.; LIANG, P. A novel V263I mutation in the glutamate-gated chloride channel of *Plutella xylostella* (L.) confers a high level of resistance to abamectin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.230, p.123389–123389, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123389>

TABANCA, N. et al. Flavan 3-ol-phenylpropanoid conjugates from *Anemopaegma arvense* and their antioxidant activities. **Planta Medica**, v.73, n.10, p.1107-1111, 2007. <https://doi.org/10.1055/s-2007-981563>

TABASHNIK, B. E.; CUSHING, N. L.; FINSON, N.; JOHNSON, M. W. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, v.84, p.49-55, 1990. <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.1671>

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology**, v.38, n.1, p.275-301, 1993.

THACKER J. M. R. **An introduction to arthropod pest control**. 1 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

- THULER, R. T. **Criação de insetos: da base à biofábrica**. Jaboticabal: Edição própria, 2009.
- VACARI, A. M. **Caracterização biológico-comportamental de *Podisus nigrispinus* (DALLAS, 1851) predando *Plutella xylostella* (L., 1758)**. 2009. Tese. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- VACARI, A. M.; VOLPE, H.; GOULART, R. M.; VIANA, C. L. T. P.; BENVENGA, S. R.; CARVALHO, J. S.; THULER, R. T.; BORTOLI, S. Integração de métodos de controle de pragas em hortaliças: experiência prévia para uma aplicação segura. *In: Araújo, E. S. Tópicos em entomologia agrícola*. Ribeirão Preto: Maxicolor Gráfica e Editora, 2008.
- VACARI, A. M.; BORDINHON, W. B. S.; LIMA, V. O. **Inseticidas botânicos: nova categoria de defensivos agrícolas**. Revista Campo e Negócios. 2024. Artigos. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/inseticidas-botanicos-nova-categoria-de-defensivos-agricolas/>>. Acesso em: 20 abril 2025.
- VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. **Aleloquímicos, resistência e plantas inseticidas**. Bases e técnicas do manejo de insetos. Santa Maria: UFSM, 2000.
- VIDYASAGAR, G. M.; TABASSUM, N. Antifungal investigations on plant essential oils: a review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v.2, p.19-28, 2013.
- WARE, G. W. **Pesticides: Theory and application**. San Francisco: Freeman, 1983.
- WINK, M. Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites. **Medicines (Basel)**, v.2, n.3, p.251-286, 2015. <https://doi.org/10.3390/medicines2030251>
- XIA, X.; WANG, Q.; GURR, G. M.; VASSEUR, L.; HAN, S.; YOU, M. Gut bacteria mediated adaptation of diamondback moth, *Plutella xylostella*, to secondary metabolites of host plants. **MSystems**, v.8, n.6, 2023. <https://doi.org/10.1128/msystems.00826-23>
- ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v.105, n.4, p.1115-1129, 2012. <https://10.1603/EC12107>
- ZANOLARI, B.; GUILLET, D.; MARSTON, A.; QUEIROZ, E. F.; PAULO, M. de Q.; HOSTETTMANN, K. Methylpyrrole tropane alkaloids from the bark of *Erythroxylum vacciniifolium*. **Journal of Natural Products**, v.68, n.8, p.1153-1158, 2005. <https://doi.org/10.1021/np040144h>
- ZHU, L.; Li, Z.; ZHANG, S.; XU, B.; ZHANG, Y.; ZALUCKI, M. P.; WU, Q.; YIN, X. Population dynamics of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) in northern China: The effect of migration, cropping patterns and climate. **Pest Management Science**, v.74, n.8, p.1845–1853, 2018. <https://doi.org/10.1002/ps.4885>

#### **4. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a bioatividade dos extratos aquosos das folhas de *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellf. ex de Souza (Bignoniaceae), *Coussarea hydrangeifolia* (Benth.) Benth. e Hook.f. ex Müll.Arg., *Tapirira guianensis* Aubl. (Anarcadiaceae) e *Duguetia furfuracea* A. St.-Hill (Annonaceae), na concentração de 10%, sobre as características biológicas e comportamentais *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae).

#### **5. HIPÓTESES**

**H<sub>0</sub>** Os extratos vegetais não comprometem a viabilidade, desenvolvimento, reprodução e preferência alimentar de *P. xylostella*.

**H<sub>1</sub>** Os extratos vegetais comprometem a viabilidade, desenvolvimento, reprodução e preferência alimentar de *P. xylostella*.

# **CAPÍTULO I**

**EXTRATOS BOTÂNICOS NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE *Plutella xylostella* L.  
(1758): TOXICIDADE ORAL, TÓPICA E FAGODETERRÊNCIA  
(Formato seguindo as normas ABNT, 2023)**

**EXTRATOS BOTÂNICOS NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE *Plutella xylostella* L.  
(1758): TOXICIDADE ORAL, TÓPICA E FAGODETERRÊNCIA**

**Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial<sup>1</sup>; Silvana Aparecida de Souza Rosilda<sup>1</sup>; Mara Mussury<sup>1</sup>;**

<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, mestranda programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. E-mail: [bellapadial@hotmail.com](mailto:bellapadial@hotmail.com); [mussuryufgd@gmail.com](mailto:mussuryufgd@gmail.com); [silvanaadesouza@gmail.com](mailto:silvanaadesouza@gmail.com);

**Resumo**

A demanda do mercado por produtos fitossanitários que sejam considerados sustentáveis cresce ano após ano, principalmente em países desenvolvidos. Nesse sentido, o ressurgimento de inseticidas botânicos como ferramenta viável para controle de pragas já é uma realidade e, o número de pesquisas abordando o tema teve um grande salto desde o final do século XX. Esses produtos possuem composição química complexa, uma vez que são formados por uma gama de substâncias que atuam em sinergia, de forma que um mesmo inseticida pode apresentar mais de um mecanismo de ação. Assim, este trabalho avaliou a toxicidade tópica, toxicidade via oral e efeito fagodeterrente de extratos botânicos aquosos das folhas de *Anemopaegma arvense* (EAAa), *Coussarea hydrangeifolia* (EACH), *Tapirira guianensis* (EATg), and *Duguetia furfuracea* (EADf) sobre *Plutella xylostella*. Além disso, o trabalho identificou as classes de compostos majoritários em cada tratamento. No experimento de toxicidade oral, larvas de 1º ínstar de *P. xylostella* foram alimentadas com dieta natural tratada todos os dias até seu empupamento e, seus parâmetros biológicos foram avaliados até o final da fase adulta. Para o experimento de toxicidade tópica, indivíduos de até 24h em estágio de ovo, pupa e larva foram individualizados e o tratamento foi aplicado sobre o corpo do indivíduo. Para determinação da preferência alimentar, larvas de 3º ínstar *P. xylostella* foram colocadas em placas de Petri com quatro discos de couve, duas com tratamento e duas com controle, para que a área foliar consumida fosse avaliada. Os principais efeitos dos extratos após a ingestão foram a mortalidade larval média de 45% e redução do número dos ovos durante a fase adulta. Contudo, eles não apresentaram toxicidade tópica, com exceção do extrato aquoso de *T. guianensis*, que causou mortalidade de 30% em larvas de terceiro ínstar. O EACH foi o único que não apresentou efeito letal e subletal em *P. xylostella* durante os experimentos de toxicidade. Além disso, todos os tratamentos foram classificados como fagodeterrentes. Dos extratos, foram identificados taninos, flavonoides, triterpenóides,

cumarinas, alcaloides, dentre outros. Os resultados mostram que as plantas avaliadas apresentam potencial para serem usadas no controle de pragas agrícolas, porém, mais estudos devem ser conduzidos.

**Palavras-chave:** Inseticidas botânicos; manejo integrado de pragas; traça-das-crucíferas; bioinseticida.

### **Abstract**

Market demand for phytosanitary products that are considered sustainable grows year after year, especially in developed countries. In this sense, the resurgence of botanical insecticides as a viable tool for pest control is already a reality, and the number of research studies on the subject has leapt since the end of the 20th century. These products have a complex chemical composition, since they are made up of a range of substances that act synergistically and may have more than one mechanism of action, so that the same insecticide can be toxic orally, topically or via inhalation. Thus, this study evaluated the topical toxicity, oral toxicity and phagodeterrent effect of aqueous botanical extracts from the leaves of *Anemopaegma arvense* (EAAa), *Coussarea hydrangeifolia* (EACH), *Tapirira guianensis* (EATg), and *Duguetia furfuracea* (EADf) on *Plutella xylostella*. In addition, the work identified the classes of major compounds in each treatment. In the oral toxicity experiment, first-stage *P. xylostella* larvae were fed treated with natural diet every day until pupation and their biological parameters were assessed until the end of the adult stage. For the topical toxicity experiment, individuals up to 24 hours old in the egg, pupa and larva stages were individualized and the treatment was applied to the epidermis. To determine food preference, third-stage *P. xylostella* larvae were placed in Petri dishes with four cabbage disks, two with treatment and two with control, so that the leaf area consumed could be evaluated. The main effects of the extracts after ingestion were an average larval mortality of 45%, a reduction in pupal duration and a reduction in the number of eggs during the adult stage. However, they showed no topical toxicity, except for the aqueous extract of *T. guianensis*, which caused 30% mortality in third-stage larvae. EACH was the only one that did not show a lethal or sublethal effect on *P. xylostella* during the toxicity experiments. In addition, all the treatments were classified as phagodeterrent. The extracts identified tannins, flavonoids, triterpenoids, coumarins, alkaloids, among others. The results show that the plants evaluated have the potential to be used to control agricultural pests, but further studies should be carried out.

**Key-words:** Botanical insecticides; integrated pest management; Diamondback moth; bioinsecticide.

## Introdução

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) pode ser definido como uma estratégia holística que visa manter o nível populacional de pragas agrícolas abaixo de seus respectivos níveis de dano econômico, minimizando o uso de pesticidas químicos (STERN et al., 1959; SMITH e BOSCH, 1967; DENT, 2000). Por sua própria definição, essa abordagem requer que diferentes métodos sejam implementados, exigindo conhecimento a respeito do ecossistema, custo/benefício, tolerância de uma cultivar, entre outros (LUCKMANN e METCALF 1982; KOGAN e JEPSON 2007). Dentre as possíveis táticas a serem empregadas, estão aquelas relacionadas a bioecologia, alimentação e nutrição dos insetos (PANIZZI e PARRA, 2012).

Plantas que desenvolveram resistência a insetos através de atributos químicos e podem alterar a biologia (antibiose) ou preferência (antixenose) deles por determinada espécie vegetal são um exemplo que se encaixa dentro da cartela de ferramentas do MIP (PANIZZI e PARRA, 2012; BALDIN et al., 2019). Sendo atrativas ou repelentes, essas plantas têm um grande apelo ecológico-nutricional, porém muitas delas ainda não foram completamente exploradas porque são pouco compreendidas (PANIZZI e PARRA, 2012; RIBEIRO et al., 2023). Uma vez que o MIP surge para atender a busca do mercado por ferramentas mais seguras ao ecossistema e a saúde humana, ele trouxe consigo a volta dos inseticidas botânicos, como meio de suprir essa demanda (VENDRAMIM e CASTIGLIONI, 2000; EMBRAPA MILHO E SORGO, 2014). Assim, nos últimos anos, a comunidade científica tem intensificado as pesquisas buscando elucidar o potencial inseticida de diversas de plantas (ISMAN e GRIENEISEN, 2014).

A ação de inseticidas pode ocorrer através da penetração da cutícula (ação de contato), inalação do sistema traqueal (ação fumegante), ou ainda via oral; os inseticidas que são ingeridos pelo inseto após a translocação na planta são chamados de sistêmicos (GULLAN e CRANSTON, 2017). Uma vez que os inseticidas botânicos possuem complexa combinação de componentes químicos, é possível que ele influencie tanto os processos comportamentais quanto fisiológicos, através de mecanismos de ação variados (LENGAI et al., 2020). Nesse sentido, torna-se interessante avaliar diferentes métodos de aplicação de um mesmo produto.

*Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) é a principal praga de crucíferas ao redor do mundo (FURLONG et al., 2013; AGRICULTURE VICTORIA, 2024), sobretudo no Sudeste Asiático, já que a dieta dessa região inclui muitos vegetais desse grupo (MASON, 2022). Seu controle é realizado por meio de inseticidas químicos, com enfoque em regiões tropicais e subtropicais, uma vez que nesses locais *P. xylostella* pode chegar a 20 gerações em um ano (MASON, 2022). Contudo, o uso exacerbado da mesma classe de

compostos, como piretróides, no seu controle é considerado um dos fatores que levou esse inseto ao nível de praga, sendo atualmente, resistente a 104 ingredientes ativos (CAPINEIRA, 2002; APRD, 2025).

Uma vez que seu controle químico ocorre principalmente em países subdesenvolvidos (MASON, 2022), o estudo do efeito de inseticidas botânicos sobre essa praga torna-se particularmente relevante, pois esses produtos podem ser confeccionados de maneira caseira, utilizando recursos locais, com um custo reduzido (RIBEIRO et al., 2023). Assim, eles podem ser uma solução viável para agricultores familiares que buscam reduzir sua dependência de produtos químicos sintéticos, muitas vezes inacessíveis ou inadequados para suas realidades, favorecendo o uso diversificado de ferramentas para um manejo de pragas ecologicamente correto.

Nesse contexto, o presente trabalho analisou o potencial inseticida de quatro espécies botânicas presentes no Cerrado brasileiro sobre *P. xylostella*: *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellf. ex de Souza (Bignoniaceae), *Coussarea hydrangeifolia* (Benth.) Benth. e Hook.f. ex Müll.Arg., *Tapirira guianensis* Aubl. (Anarcadiaceae) e *Duguetia furfuracea* A. St.-Hill (Annonaceae).

## **Materiais e Métodos**

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP), localizado no prédio LAPACA, na unidade 2 da Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

### **a) Criação-estoque de *P. xylostella***

A criação foi estabelecida em ambiente controlado sob temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa  $70 \pm 5\%$  e fotoperíodo de 12 horas. Larvas de *P. xylostella* foram coletadas em hortas de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, no ano de 2024 e transferidas para potes de plástico (30 x 15 x 12 cm), contendo uma folha de papel toalha e duas folhas de couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala*), que serviram como fonte de alimentação. A couve utilizada foi previamente higienizada com hipoclorito de sódio (5%) e esterilizada com luz UV por 15 minutos (comprimento de onda 253,7nm e nível de radiação  $55\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). As larvas permaneceram nos potes até o empupamento, quando foram removidas e armazenadas em gaiolas de adultos (9 x 19 x 19 cm).

Nas gaiolas dos adultos foram colocados discos de couve, dispostos sobre discos de papel filtro (ambos com  $4\text{ cm}^2$  de  $\emptyset$ ), usados como substrato para oviposição. Algodão embebido em uma solução de mel a 10 mg/mL foi utilizado como fonte

alimentar para os adultos. Após a oviposição, os discos de couve e de papel filtro foram levados para potes plásticos (30 x 15 x 12 cm), local onde permaneceram até a emergência das larvas.

A manutenção da criação foi realizada diariamente, quando as folhas de couve eram substituídas por novas. Todos os indivíduos utilizados na condução dos experimentos foram retirados da criação-estoque.

#### **b) Elaboração dos extratos botânicos aquosos**

A coleta aconteceu em agosto de 2023, no período matutino, entre 07h00 e 11h00 no assentamento Lagoa Grande em Itahum, MS (Tabela 1). As folhas de cada planta foram destacadas e higienizadas em água corrente. Posteriormente, o material foi seco em estufa de circulação forçada de ar por três dias a 40° C e triturado em moinho de facas, a fim de se obter um pó fino, que foi armazenado em potes plásticos. Cada espécie vegetal foi identificada e sua exsicata depositada no Herbário DDMS-UFGD.

**Tabela 1.** Espécie botânica, família e localização da coleta das espécies botânica utilizadas nos experimentos.

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Localização</b>
<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	Assentamento Lagoa Grande <sup>1</sup>
<i>Coussarea hydrangeifolia</i>	Rubiaceae	Assentamento Lagoa Grande <sup>1</sup>
<i>Duguetia furfuraceae</i>	Annonaceae	Assentamento Lagoa Grande <sup>1</sup>
<i>Anemopaegma arvense</i>	Bignoniaceae	Assentamento Três Corações <sup>2</sup>

<sup>1</sup> coordenadas: -21°59'41.8662" S e -55°19'24.24" W; <sup>2</sup> coordenadas: 21°13'32,5S e 54°11'18,2" W;

O extrato aquoso foi preparado a partir do método de maceração, sendo 3g de pó da planta misturados em 30mL de água destilada (concentração de 10%). A mistura foi homogeneizada com auxílio de um bastão de vidro, deixada para descansar durante 24h em ambiente refrigerado e então filtrada com o auxílio de papel filtro. O extrato foi elaborado diariamente durante o período de realização dos experimentos. Os extratos

obtidos foram de *T. guianensis* (EATg), *C. hydrangeifolia* (EACH), *D. furfuracea* (EADf) e *A. arvense* (EAAa).

### c) Toxicidade oral dos extratos sobre *P. xylostella*

A metodologia utilizada para a condução do experimento foi adaptada de Padiál et al. (2023). Larvas de 48h foram individualizadas em placas de Petri (5 cm de Ø). Dentro de cada placa, foi colocado um disco de papel filtro (5 cm de Ø) umedecido em água destilada e dois discos de couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) (4 cm de Ø), submerso dentro do seu respectivo tratamento, durante 30 segundos, e deixado secar naturalmente. A placa de Petri foi tampada com papel filme e furado com auxílio de uma agulha para circulação de ar. A troca dos discos foi realizada diariamente durante toda a fase larval de *P. xylostella*. Os parâmetros avaliados no estágio larval foram: duração e viabilidade larval. Além disso, o índice de velocidade de mortalidade (IVM) (Equação 2).

Posteriormente, as pupas foram coletadas e, com 24h, foram pesadas utilizando uma balança analítica de precisão (Bel Mark com 0.001 g). Elas foram transferidas para tubos de ensaio tampados com algodão até a emergência. Os parâmetros avaliados no estágio pupal foram: duração, viabilidade e biomassa pupal.

Com a emergência dos adultos, casais de até 24h foram individualizados em gaiolas (10,5 cm Ø x 9 cm) contendo algodão umedecido em uma solução de mel em 10% de concentração, um disco de papel filtro e um disco de couve (ambos com 9 cm Ø). As gaiolas foram inspecionadas diariamente, os ovos postos nos discos foram armazenados em placas de Petri (9 cm Ø) e, posteriormente, tampadas com papel filtro. Esse procedimento durou até a morte dos adultos. Aos 4 e 5 dias após a oviposição foi feita a contagem das lagartas, a partir dos ovos armazenados. Os parâmetros avaliados na fase adulta foram: número de ovos, viabilidade dos ovos, longevidade dos machos e fêmeas e, período e oviposição.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com 50 indivíduos para cada tratamento. O controle utilizado foi água destilada. A duração/longevidade compreende a quantidade de dias que um indivíduo permaneceu entre um estágio e outro; a sobrevivência é condição do indivíduo ter passado ou não para o seguinte estágio; a biomassa pupal foi obtida através da pesagem de indivíduos da mesma idade (24h); o número de ovos se dá através da contagem direta nos discos de couve; a viabilidade dos ovos é a porcentagem de ovos que eclodiram; e o período de oviposição compreende a quantidade de dias entre primeira e a última postura.

#### **d) Toxicidade tóxica dos extratos sobre larvas de *P. xylostella***

A metodologia para a condução do experimento foi adaptada de Santos et al. (2015). Larvas de terceiro ínstar foram individualizadas em placas de Petri (5 cm de Ø) contendo um disco de papel filtro (5 cm de Ø) e, com o auxílio de uma Micropipeta Biopet 8 Canais BSN023A, receberam aplicação tóxica de 0,05mL de dos respectivos tratamentos (EATg, EACCh, EADf, EAAa).

Após 5 minutos, as larvas foram transferidas para outra placa de Petri (5 cm de Ø) contendo um disco de couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) (5 cm de Ø). Os discos de couve foram trocados diariamente. As larvas foram monitoradas por quatro dias e a mortalidade foi contabilizada mediante falta de movimento observável, mesmo sob estímulo mecânico. Cada tratamento foi composto por 30 repetições, cada uma com uma larva de *P. xylostella*. O controle utilizado foi água destilada.

#### **e) Toxicidade tóxica sobre pupas de *P. xylostella***

A metodologia para a condução do experimento foi adaptada de Santos et al. (2015). Pupas de até três dias foram alinhadas sob uma folha de papel filtro e, com o auxílio de uma Micropipeta Biopet 8 Canais BSN023A, receberam aplicação tóxica de 0,05mL de seus respectivos tratamentos. Após 5 minutos, as pupas foram individualizadas em placas de Petri (5 cm de Ø). As pupas foram monitoradas por sete dias, e a mortalidade foi contabilizada mediante a emergência do adulto. Cada tratamento foi composto por 30 repetições, cada uma com uma pupa de *P. xylostella*. O controle utilizado foi água destilada.

#### **f) Toxicidade tóxica dos extratos sobre ovos de *P. xylostella***

A metodologia para a condução do experimento foi adaptada de Liu et al. (2019). Ovos de *P. xylostella* de até 24h foram retirados da criação-estoque e posteriormente organizados em grupos de 10 em folhas de papel filtro. Os fragmentos de papel foram imersos nos seus respectivos tratamentos por 5 segundos, deixados para secar em temperatura ambiente por 20 minutos e então, individualizados em placas de Petri fechadas (5 cm de Ø). As placas foram monitoradas a cada 24h por 5 dias e o número de larvas eclodidas foi contabilizado (sobrevivência dos ovos). Cada tratamento foi composto por 10 repetições, cada um com 10 ovos de *P. xylostella*. O controle utilizado foi água destilada.

### **g) Preferência alimentar de *P. xylostella***

A metodologia para a condução do experimento foi adaptada de Padial et al. (2023). Placas de Petri (10cm de Ø) foram previamente higienizadas e, em seguida, sua base foi coberta com um disco de papel filtro (10cm de Ø). Discos de 4cm de Ø. foram submersos em seu respectivo tratamento por 30 segundos e deixados para secar naturalmente. Na placa, foram posicionados 4 discos de couve de forma cruzada e equidistante, sendo dois discos tratados com extrato e dois tratados com água destilada. No centro da placa, uma larva de 3º ínstar de *P. xylostella* foi disposta.

As larvas permaneceram em contato com os discos por 48 horas e, logo após, foram removidas. Os discos foram retirados e escaneados. A área foliar de cada disco foi medida com auxílio do programa ImageJ (Schneider, 2012). Os parâmetros avaliados foram: presença de fezes por placa, mortalidade larval por placa, supressão alimentar (presença de mordida de prova nos discos tratados) por placa, e área foliar consumida por placa. Além disso, o índice de preferência alimentar foi calculado a partir da área foliar consumida (Equação 3). Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 30 repetições por tratamento. O controle utilizado foi água destilada.

### **h) Análise química dos extratos**

#### **h.1) Determinação dos teores de compostos fenólicos**

Para quantificar o teor de compostos fenólicos, foi adicionado 0,1 mL de amostra em 0,5 mL do reagente de Folin–Ciocalteu e 1 mL de etanol 70 %, após 1 minuto de incubação, foi adicionado 1,5 mL de carbonato de sódio 20% e realizada a leitura em espectrofotômetro (Global Trade Technology, Brasil) no comprimento de onda de 760 nm (DJERIDANE et al., 2006). A quantificação foi realizada por meio de uma curva analítica de ácido gálico e o resultado expresso em µg ácido gálico equivalente (GAE) por mL do extrato.

#### **h.2) Determinação dos teores de flavonoides**

Para quantificar os flavonoides, foi adicionado 1 mL de cloreto de alumínio 2% em metanol a 1 mL de amostra e após 15 minutos de reação foi realizado a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 430 nm e o resultado foi expresso em µg rutina equivalente (ER) por mL de extrato (DJERIDANE et al., 2006).

#### **h.3) Determinação dos teores de taninos**

O teor de taninos foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Denis (PANSERA et al., 2003) com adaptações nos volumes dos reagentes, sem alterar as

proporções. Adicionou-se 0,5 mL de reagente de Foli-Denis em 0,5 mL de amostra (1 mg mL<sup>-1</sup>), agitando e aguardando 3 minutos. Sequencialmente, adicionou-se 0,5 mL de carbonato de sódio 0,75 mol L<sup>-1</sup>, homogeneizando e aguardando a reação por 2h em local escuro. A absorbância foi medida no comprimento de onda de 725 nm e o resultado foi expresso em mg de equivalente de ácido tânico (TAE) por mL de extrato.

#### **h.4) Determinação dos teores de alcaloides**

Foi utilizado a metodologia de Oliveira et al. (2006), com adaptações. Para cada amostra de extrato foi retirada uma alíquota de 4 mL e acidificou-se a pH entre 2-2,5 com HCl 1mol L<sup>-1</sup>. Em seguida transferiu-se 4 mL da solução acidificada, de cada repetição, para tubos de ensaio e adicionou-se, a cada tubo, 0,2 mL do Reagente de Dragendorff e centrifugou-se a 2400 RPM durante 30 minutos, após a centrifugação desprezou-se o sobrenadante e tratou-se o resíduo com 0,1 mL de álcool etílico absoluto. Posteriormente adicionou-se 0,2 mL de sulfito de sódio a 1% e centrifugou-se novamente a 2400 RPM durante 30 minutos, e a seguir desprezou-se o sobrenadante e tratou-se o resíduo com 0,2 mL de ácido nítrico concentrado.

Após os procedimentos descritos transferiu-se o conteúdo resultante, de cada repetição, para balões volumétricos de 5 mL e completou-se o volume com água destilada, em seguida foi retirado 0,5 mL desta solução e adicionou-se 2,5 mL de tiouréia a 3% (m:V). Para cada amostra foi realizada a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 435 nm. O branco foi obtido pela mistura de ácido nítrico e tiouréia. A concentração de alcaloides foi calculada preparando uma curva analítica, empregando a berberina como padrão, nas concentrações de 1,40 a 4,10 µg mL<sup>-1</sup>. Com os dados obtidos do padrão foi plotada a curva de absorbância versus concentração de berberina e ajustada uma regressão linear.

#### **h.5) Avaliação da atividade antioxidante**

Foi adicionado 0,1 mL de amostra em 2 mL de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) 0,004% (m/v) e aguardou-se a reação sob abrigo de luz por 30 minutos (CAPANOGLU et al., 2008). Para o controle foi utilizado etanol. Após o tempo reacional foram realizadas as leituras em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm. A porcentagem de inibição do DPPH foi calculada conforme a equação 1 (Equação 1) e as análises de potencial antioxidante foram realizadas em triplicata:

(Equação 1)

$$Inibição_{\%} = \frac{Absorvância\ de\ controle - Absorvância\ da\ amostra}{Absorvância\ de\ controle} \times 100$$

#### **h.7) Prospeção fitoquímica semiquantitativa**

A prospecção fitoquímica foi realizada para algumas classes em que os testes quantitativos não puderam ser realizados e foram feitas por meio de testes semiquantitativos, seguindo a metodologia de Filho et al. (2021). As classes analisadas foram: cumarinas, saponinas, antraquinonas, esteroides e triterpenoides, proteínas, aminoácidos e antocianidinas. Foi utilizado teste de cruzes em que: (-) negativo, (+) fraco positivo, (++) moderado positivo e (+++) forte positivo (++++).

### **i) Análise Estatística**

O ajuste dos dados foi testado para os modelos Gaussino, gama (inverse link, identity, log, quadratic functions), binomial e quasi binomial. Todos os dados que não se adequaram a esses modelos foram analisados através do ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis, a um nível de significância de 5%. A qualidade do ajuste dos modelos mencionados acima foi avaliada com um gráfico meio normal. Todos os modelos foram analisados utilizando o programa R 4.2.0 (R CORE TEAM, 2016).

O índice de velocidade de mortalidade (IVM) foi calculado usando a fórmula adaptada de Maguire (1962) (Equação 2).

(Equação 2)

$$IVM = \frac{\Sigma \text{Larvas mortas em } t^1}{t^1}$$

Onde,

IVM = índice de velocidade de mortalidade (larvas/dia)

t<sup>1</sup> = tempo de duração do experimento (dias)

O efeito de fagoterrência foi avaliado utilizando o Índice de Preferência Alimentar de Kogan e Goeden (1970). O índice classifica as substâncias como fagoestimulantes se o índice for maior do que 1, neutras se igual a 1 e fagoterrêntes se menor do que 1, através da fórmula:

(Equação 3)

$$IPA = \frac{2A}{M+A}$$

Onde,

A = área consumida dos discos tratados;

M = áreas consumidas dos discos não tratados.

## **Resultados**

### **a) Toxicidade oral**

Os experimentos de toxicidade oral avaliaram os efeitos provocados pela ingestão dos tratamentos durante a fase larval dos indivíduos. A duração larval diferiu em relação ao controle para os extratos avaliados, com exceção do ECh (GL = 4,  $p < 0,0001$ ). Nenhum dos tratamentos causou prolongamento da duração larval, sendo que a maior redução foi causada pelo EADf (GL = 4,  $p < 0,0001$ ). Da mesma maneira, a viabilidade larval de *P. xylostella* apresentou redução para o EATg, EADf, EAAa, mas não para ECh (GL = 4,  $p = 0,0002$ ). Além disso, o EADf foi aquele que apresentou maior índice de velocidade de mortalidade (IVM) (larvas/dia) (Tabela 2).

O EADf promoveu uma redução de 47,41% na duração do estágio larval em comparação ao controle, enquanto o percentual foi de 24,30% para EATg e EAAa, que apresentaram não diferiram entre si. Os extratos que induziram mortalidade registraram média de 44,67% de letalidade, sem diferenças estatísticas entre eles, embora o índice de viabilidade média associado ao EADf tenha sido cerca de 40% superior ao observado nos tratamentos com EATg e EAAa.

**Tabela 2.** Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade larval (média  $\pm$  SE); ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para duração larval (média  $\pm$  SE); e índice de velocidade de mortalidade (IVM) (larvas/dia); de *P. xylostella*, após ingestão de extratos botânicos em fase larval.

Tratamento	Viabilidade Larval (%)	Duração Larval (dias)	(RANK KW)	IVM (larvas/dia)
Controle	88,00 $\pm$ 4,64 (a) n=50	6,18 $\pm$ 0,24 n=50	159,60 (a)	0,583
EATg	54,16 $\pm$ 7,26 (c) n=50	4,31 $\pm$ 0,25 n=50	101,14 (c)	2,444
EADf	56,00 $\pm$ 7,09 (bc) n=50	3,28 $\pm$ 0,19 n=50	62,22 (d)	3,666
EAAa	55,81 $\pm$ 7,66 (bc) n=50	5,00 $\pm$ 0,28 n=50	122,67 (bc)	2,111
ECh	75,60 $\pm$ 6,78 (ab) n=50	6,02 $\pm$ 0,43 n=50	141,63 (ab)	0,750
	GL = 4 p = 0,0002	GL = 4 p < 0,0001		

\*As médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente em nível de significância de 5%; n= número de repetições.

Em relação a biomassa pupal, o único tratamento que mostrou redução a do controle foi o EAC<sub>h</sub>, com uma queda de 12,19% (GL = 4, p < 0,0001). A viabilidade pupal também foi afetada pelos tratamentos, o EAT<sub>g</sub> e o EAA<sub>a</sub> provocaram mortalidade de 18,53% e 24,62%, respectivamente (GL = 4, p = 0,0018). O EAC<sub>h</sub> não apresentou mortalidade pupal, contudo, ele prolongou a duração desse estágio em 28,63%, enquanto o EAT<sub>g</sub>, o EAD<sub>f</sub> e o EAA<sub>a</sub> diminuíram seu número de dias em aproximadamente 29% (Tabela 3).

**Tabela 3.** Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade pupal (média ± SE); e ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para duração pupal e biomassa pupal (média ± SE); de *P. xylostella*, após ingestão de extratos botânicos em fase larval.

Tratamento	Viabilidade Pupal (%)	Duração Pupal (dias)	(RANK KW)	Biomassa Pupal (mg)	(RANK KW)
Controle	95,45 ± 3,17 (a) n=44	4,61 ± 0,26 n=44	83,01 (b)	4,84 ± 0,17 n=44	81,28 (a)
EAT <sub>g</sub>	76,92 ± 8,42 (b) n=16	3,38 ± 0,17 n=26	56,88 (c)	4,89 ± 0,12 n=26	84,86 (a)
EAD <sub>f</sub>	88,46 ± 6,38 (ab) n=26	3,19 ± 0,07 n=26	44,32 (c)	4,57 ± 0,17 n=26	71,01 (ab)
EAA <sub>a</sub>	70,83 ± 9,47 (b) n=24	3,20 ± 0,17 n=24	49,79 (c)	5,96 ± 1,61 n=24	65,64 (ab)
EAC <sub>h</sub>	100 ± 0 (ab) n=26	6,46 ± 0,13 n=26	125,07 (a)	4,25 ± 0,25 n=26	58,69 (b)
	GL = 4 p = 0,0018	GL = 4	p < 0,0001	GL = 4	p = 0,1128

\*As médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente em nível de significância de 5%; n= número de repetições.

A fertilidade das fêmeas caiu após ingestão do extrato de todos os tratamentos, indicando que a exposição aos tratamentos provocou redução no número de ovos postos. O EAD<sub>f</sub>, o EAA<sub>a</sub> e o EAT<sub>g</sub> foram aqueles que mais reduziram a oviposição em 62,06%, 59,99% e 52,26%, respectivamente, enquanto o EAC<sub>h</sub> promoveu uma queda de 29,56%. A viabilidade dos ovos não diferiu significativamente em relação ao controle. O período de

oviposição foi afetado de maneiras diferentes. Para o EATg e o EADf o número de dias do período fértil das fêmeas caiu 43,39% e 66,98%, respectivamente. Já para o ECh, houve um aumento de 30,47% no número de dias de oviposição (Tabela 4).

**Tabela 4.** Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo Gaussiano o número de ovos (média  $\pm$  SE); e ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para viabilidade dos ovos e período de oviposição (média  $\pm$  SE); de *P. xylostella*, mediante diferentes extratos botânicos.

Tratamento	Viabilidade Ovos (%)	(RANK KW)	Número de Ovos	Período de Oviposição (dias)	(RANK KW)
Controle	70,60 $\pm$ 9,22 n=10	18 (a)	199,00 $\pm$ 13,98 (a) n=10	10,60 $\pm$ 1,70 n=10	18,05 (b)
EATg	77,87 $\pm$ 3,90 n=6	17,83 (a)	95,00 $\pm$ 11,17 (bc) n=6	6,00 $\pm$ 0,93 n=6	11,25 (cd)
EADf	55,41 $\pm$ 5,35 n=4	18,75 (a)	75,50 $\pm$ 17,13 (c) n=4	3,50 $\pm$ 0,50 n=4	3,62 (d)
EAAa	69,69 $\pm$ 9,34 n=4	14 (ab)	78,50 $\pm$ 13,23 (c) n=4	6,50 $\pm$ 0,86 n=4	13,75 (bc)
ECh	55,41 $\pm$ 5,35 n=6	7,83 (ab)	140,16 $\pm$ 26,38 (b) n=6	13,83 $\pm$ 1,74 n=6	24,83 (a)
	GL = 4		GL = 4	GL = 4	
	p = 0,1686		p < 0,0001	p < 0,0021	

\*As médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente em nível de significância de 5%; n= número de repetições.

A longevidade dos adultos não diferiu significativamente em relação ao controle para nenhum dos extratos, apesar de ter ocorrido queda no número de dias da fase adulta, tanto para machos quanto para fêmeas. Apenas o ECh mostrou efeito contrário, em que o número

de dias foi estendido em 30,76% e 19,78% para machos e fêmeas, respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Ranqueamento não paramétrico de Kruskal-Wallis para longevidade de machos e fêmeas (média  $\pm$  SE); de *P. xylostella*, após ingestão de extratos botânicos em fase larval.

Tratamento	Longevidade dos Machos	(RANK KW)	Longevidade das Fêmeas	(RANK KW)
Controle	20,80 $\pm$ 2,84 n=10	17,35 (ab)	18,50 $\pm$ 1,97 n=10	16,45 (ab)
EATg	14,50 $\pm$ 2,18 n=6	11,00 (b)	17,00 $\pm$ 1,57 n=6	14,41 (ab)
EADf	12,00 $\pm$ 1,78 n=4	8,50 (b)	13,75 $\pm$ 0,62 n=4	9,75 (b)
EAAa	14,75 $\pm$ 2,17 n=4	11,25 (b)	15,00 $\pm$ 1,47 n=4	10,37 (b)
EACH	27,20 $\pm$ 1,65 n=5	23,30 (a)	22,16 $\pm$ 2,30 n=6	22,25 (a)
GL = 4			GL = 4	
p = 0,0405			p = 0,1420	

\*As médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente em nível de significância de 5%; n= número de repetições.

### b) Toxicidade tópica

Os experimentos de toxicidade tópica avaliaram os efeitos provocados pela aplicação tópica dos tratamentos nos indivíduos em estágio de ovo, larva e pupa (Tabela 6).

A aplicação tópica sobre ovos e larvas mostrou que apenas o tratamento o EATg foi diferente do controle, com mortalidade de 26,67% e 30%, respectivamente. Para a viabilidade pupal, o EADf foi aquele que provocou maior mortalidade (44%), porém, nenhum tratamento diferiu significativamente.

**Tabela 6.** Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade dos ovos, larval e pupal (média  $\pm$  SE); de *P. xylostella*, após aplicação tópica em seus respectivos estágios de vida.

<b>Tratamento</b>	<b>Viabilidade dos Ovos (%)</b>	<b>Viabilidade Larval (%)</b>	<b>Viabilidade Pupal (%)</b>
Controle	87,00 ± 3,37 b n=10	93,33 ± 4,64 b n=30	100,00 ± 0,00 ab n=30
EATg	73,33 ± 4,68 a n=10	70,00 ± 8,50 a n=30	86,66 ± 6,31 b n=30
EADf	85,00 ± 4,01 ab n=10	96,67 ± 3,33 b n=30	56,66 ± 9,20 a n=30
EAAa	88,88 ± 3,33 b n=10	85,00 ± 4,64 ab n=30	95,00 ± 2,83 b n=30
EACH	83,00 ± 3,77 ab n=10	93,33 ± 4,63 b n=30	93,33 ± 4,63 b n=30
	GL = 4 p = 0,0586	GL = 4 p = 0,0171	GL = 4 p < 0,0001

\*As médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente em nível de significância de 5%; n= número de repetições.

### c) Preferência alimentar de *P. xylostella*

A presença de fezes não diferiu significativamente entre os tratamentos ( $p = 0,4085$ ), sendo que ela ocorreu em cerca de 97% de todas as repetições. A mortalidade larval variou significativamente entre os tratamentos ( $p = 0,0354$ ). O maior índice de mortalidade foi observado no EACH, que diferiu significativamente de EADf e EAAa, mas não diferiu do EATg (Tabela 7).

A ocorrência de supressão alimentar também apresentou diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0,0001$ ), sendo que, o EADf foi aquele que mostrou menor ocorrência de supressão. O EAAa e o EACH foram aqueles que provocaram maior supressão alimentar, impedindo o consumo foliar de, em média, 10 repetições por tratamento (Tabela7).

**Tabela 7.** Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para presença de fezes por placa (%), mortalidade larval (%) e ocorrência de supressão alimentar (%) (média ± SE); de *P. xylostella*, após aplicação tópica em seus respectivos estágios de vida.

<b>Tratamento</b>	<b>Presença de Fezes (%)</b>	<b>Mortalidade Larval (%)</b>	<b>Supressão Alimentar (%)</b>
-------------------	------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

<b>EATg</b>	94,11 ± 4,09 a n=30	11,76 ± 5,60 ab n=30	14,70 ± 6,16 ab n=30
<b>EADf</b>	97,14 ± 2,85 a n=30	5,71 ± 3,98 b n=30	5,71 ± 3,98 a n=30
<b>EAAa</b>	100 ± 0,00 a n=30	8,57 ± 4,80 b n=30	34,28 ± 8,14 bc n=30
<b>EACH</b>	97,14 ± 2,85 a n=30	28,57 ± 7,74 a n=30	34,28 ± 8,14 c n=30
<b>P</b>	0,4085	0,0354	>0,0001

\*As médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente em nível de significância de 5%; n= número de repetições.

Todos os tratamentos foram classificados como "fagoderrentes", sugerindo que a aplicação dos extratos reduziu o consumo alimentar de *P. xylostella*. O índice de preferência variou entre os tratamentos, com valores de 0,467 (EACH) a 0,814 (EAAa). O tratamento EACH apresentou o menor índice de preferência, indicando uma menor atratividade alimentar em comparação com os demais tratamentos, que apresentaram valores superiores a 0,75. Além disso, a área foliar consumida não diferiu entre os tratamentos, com exceção do EATg e do EACH, que apresentaram diferença significativa entre a área consumida em discos tratados com extrato e controle (Tabela 8).

**Tabela 8.** Ranqueamento paramétrico, utilizando modelo binomial para viabilidade dos ovos, larval e pupal (média ± SE); de *P. xylostella*, após aplicação tópica em seus respectivos estágios de vida.

Tratamento	Área Foliar Consumida (cm <sup>2</sup> )		P	Índice de Preferência	Classificação
	Extrato	Controle			
<b>EATg</b>	0,342 ± 0,092 Ab n=30	0,772 ± 0,135 Aa n=30	0,018	0,780	Fagoderrente
<b>EADf</b>	0,403 ± 0,098 Aa n=30	0,630 ± 0,111 Aa n=30	0,152	0,758	Fagoderrente
<b>EAAa</b>	0,440 ± 0,099 Aa n=30	0,724 ± 0,134 Aa n=30	0,141	0,814	Fagoderrente

<b>EACH</b>	0,301 ± 0,124 Ab n=30	0,650 ± 0,118 Aa n=30	>0,00 1	0,467	Fagoderrente
<i>P</i>	0,2011	0,9563			

\*As médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna e, minúsculas na mesma linha, diferem significativamente em nível de significância de 5%; n= número de repetições.

#### d) Análise química

Compostos fenólicos, flavonoides, taninos, cumarinas, saponinas, antraquinonas, esteroides e triterpenóides, foram encontrados em todos os extratos vegetais. O EATg foi aquele que apresentou maior quantidade de compostos fenólicos (cerca de 51% maior que a média), flavonoides (cerca de 30% maior que a média), alcaloides (juntamente com EACH, cerca de 47% maior que a média) e taninos (juntamente com EACH, cerca de 50% maior que a média). O EAAa foi aquele que continha a menor quantidade dessas substâncias (Tabela 9).

**Tabela 9.** Determinação dos teores (média ± SE) de compostos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides e, avaliação da atividade antioxidante de extratos aquosos (10%) de folhas de *C. hydrangeifolia*, *T. guianensis*, *D. furfuraceae* e *A. arvense*.

<b>Tratamento</b>	<b>Compostos fenólicos</b> (µg AGE g <sup>-1</sup> )	<b>Flavonoides</b> (µg RE g <sup>-1</sup> )	<b>Potencial antioxidante</b> (%)	<b>Taninos</b> (µg ATE g <sup>-1</sup> )	<b>Alcaloides</b>
<b>EACH</b>	198,76 ± 0,13 n=3	84,71 ± 0,02 n=3	47,51 ± 0,09 n=3	27,48 ± 0,12 n=3	66,42 ± 0,03 n=3
<b>EATg</b>	257,06 ± 0,04 n=3	101,35 ± 0,06 n=3	87,95 ± 0,02 n=3	24,14 ± 0,02 n=3	61,47 ± 0,06 n=3
<b>EADf</b>	179,00 ± 0,04 n=3	86,02 ± 0,01 n=3	99,00 ± 0,06 n=3	13,33 ± 0,01 n=3	50,04 ± 0,04 n=3
<b>EAAa</b>	146,00 ± 0,02 n=3	45,80 ± 0,02 n=3	77,68 ± 0,32 n=3	11,11 ± 0,01 n=3	14,35 ± 0,06 n=3

\* EACH = *C. Hydrangeifolia*; EATg = *T. guianensis*; EADf = *D. Furfuraceae*; EAAa = *A. arvense*.

Para cumarinas, saponinas e antraquinonas, o teste das cruzes revelou fraco positivo para todos os extratos, com exceção de ECh. O EADf e o ECh foram classificados como moderado positivo para triterpenóides, enquanto os outros, apenas fraco positivo. Antocianidinas foram as substâncias presentes em menor quantidade, sendo que apenas o EADf foi classificado como falso positivo (Tabela 10).

**Tabela 10.** Determinação da presença de cumarinas, saponinas, antraquinonas, esteroides, triterpenóides e antocianidinas de extratos aquosos (10%) de folhas de *C. hydrangeifolia*, *T. guianensis*, *D. furfuraceae* e *A. arvense*.

Tratamento	Cuma- rinas	Saponinas	Antraqui- nonas	Esteroides	Triterpe- nóides	Antociani- dinas
<b>ECh</b>	++	+	+	+++	+++	-
<b>EATg</b>	+	+	+	+++	++	-
<b>EADf</b>	+	+	+	+++	+++	+
<b>EAAa</b>	+	+	+	++	+	-

\* ECh = *C. Hydrangeifolia*; EATg = *T. guianensis*; EADf = *D. Furfuraceae*; EAAa = *A. arvense*.

\*\* teste das cruzes = (-) negativo, (+) fraco positivo, (++) moderado positivo e (+++) forte positivo (++++)

## Discussão

### a) Toxicidade oral

Dentre os tratamentos avaliados, o EATg, o EAAa e o EADf foram aqueles que provocaram maior mortalidade larval (em média 48%). Além disso, o EATg e o EADf estiveram dentre aqueles que apresentaram maior quantidade de diferentes classes de compostos, como flavonoides, alcaloides e triterpenóides.

A quantidade e qualidade nutricional de um alimento, bem como a presença de compostos secundários (aleloquímicos), impactam no comportamento, fisiologia e ecologia de um inseto, inclusive seu potencial reprodutivo e respectiva contribuição para as próximas gerações. Dessa forma, ele se torna o resultado do que ele consome (PANIZZI e PARRA, 2012). Essa questão é particularmente importante na fase larval de Lepidoptera, que tem como principal função a alimentação para aquisição de proteínas e nutrientes (PANIZZI e

PARRA, 2012). Por exemplo, *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), produziu adultos com deformidades nas asas após serem alimentadas com uma dieta artificial que não continha óleo de gérmen de trigo, mostrando o impacto que a dieta apresenta nos indivíduos (PANIZZI e PARRA, 2012).

Diversos estudos já demonstraram que como a ingestão de aleloquímicos podem induzir estresse fisiológico em larvas, levando uma taxa de crescimento reduzida, aumento de mortalidade e alterações comportamentais (PADIAL et al., 2023; FERREIRA, et al. 2020; DE SOUZA et al., 2023, DE SOUZA et al., 2025). Existem pelo menos três formas pelas quais os organismos reduzem ou inativam a resposta antialimentar aos compostos secundários das plantas. Primeiro, a presença de hidratos de carbono pode suavizar o sabor desagradável de alguns desses compostos (GLEDINNING et al., 2000). Segundo, o maior tempo de exposição pode levar a adaptações no sistema gustativo, seja ele periférico ou central (SCHOONHOVEN, 1978; USHER et al., 1988). Por fim, consumir alimentos com compostos tóxicos por um período prolongado pode estimular a produção de enzimas responsáveis pela desintoxicação do inseto, como a P450 (BRATTSTEN et al. 1977). Contudo, mesmo que esses mecanismos permitam que os insetos tolerem algum composto potencialmente tóxico, eles podem gerar algum ônus metabólico.

Nesse sentido, compostos fenólicos podem atuar dificultando ou reduzindo a digestão de insetos (PALO e ROBBINS, 1991) e, o encurtamento da duração pupal, observado para o EATg, o EADf e o EAA, pode ter sido uma estratégia de sobrevivência de *P. xylostella* a uma condição de estresse, comportamento observado em estudos anteriores (PADIAL et al., 2023, de SOUZA et al., 2023). O encurtamento do número de dias de um indivíduo em estágio larval no campo pode ser interessante do ponto de vista agrônomo, uma vez que, para *P. xylostella*, é na fase de larva que ocorrem os principais danos às culturas de interesse econômico.

Além disso, a mortalidade na fase larval e a redução da duração pupal também podem ter sido induzidas pela privação do alimento através da supressão ou deterrência alimentar, já que, não são apenas os requerimentos nutricionais que importam, mas também a quantidade de alimento assimilada e convertida em tecido (PANIZZI e PARRA, 2012). Por exemplo, para atingir o estágio de pupa, a larva precisa apresentar um tamanho mínimo, no entanto, condições alimentares inadequadas podem levar à metamorfose antecipada, ainda em um instar mais jovem (CHAFINO et al., 2019; TRUMAN, 2019). A larva recorre a isso para aumentar as chances de sobrevivência diante da escassez de recursos.

Nesse sentido, a duração larval em todos os extratos que provocaram mortalidade foi reduzida e, a queda no número de dias desse estágio foi inversamente proporcional ao aumento do índice de velocidade de mortalidade (IVM).

Também é interessante notar que o EAAa, que esteve entre as maiores taxas de mortalidade, demonstrou conter a menor quantidade de metabólitos secundários. No sentido inverso, o EACCh não provocou mortalidade significativamente diferente ao controle, mesmo estando entre os tratamentos com abundância desses aleloquímicos. Classes de compostos, como as identificadas nos extratos, podem apresentar uma variedade de substâncias e, nem todas serão igualmente nocivas a uma determinada espécie de organismo, ou terão o mesmo mecanismo de ação (GAJGER e DAR, 2021). Assim, mesmo que o EACCh possua maior quantidade de compostos fenólicos, alcaloides, triterpenóides, e outros, é possível que eles não sejam nocivos a *P. xylostella*. Enquanto isso, o contrário pode ocorrer com o EAAa.

O único tratamento que provocou redução da biomassa pupal foi o EACCh. A biomassa pupal pode ser usada como indicador da saúde reprodutiva dos insetos (SALINAS, 1990; MOLLER, 1998; COSTA et al., 2004). Contudo, outros parâmetros também podem ser avaliados, como tamanho das fêmeas, tamanho dos machos, tamanho dos ovos, além da observação de estruturas morfológicas internas, como o número de ovariolos.

A fase adulta foi a segunda mais afetada durante os experimentos de toxicidade oral. Houve queda superior a 50% no número de ovos postos para o EATg, o EADf e o EAAa; o período de oviposição foi reduzido em aproximadamente 43,5% e 67% para o EATg e o EADf, respectivamente. Além disso, é possível observar que nos tratamentos em que houve maior queda no período de oviposição das fêmeas também foram aqueles que mais reduziram o número de ovos postos. Enquanto isso, o único extrato que promoveu aumento do período de oviposição também foi aquele que reduziu a biomassa pupal. Como já discutido, o estresse juvenil pode afetar o *fitness* ao longo da vida. Em insetos holometábolos, como borboletas, o ciclo sob condições de estresse pode levar a adultos de capacidade reprodutiva reduzida, ou ainda uma menor longevidade (NIITEPÖLD e BOGGS, 2022).

Isso ocorre porque a quantidade e qualidade do alimento ingerido durante a fase larval influenciam diretamente o desenvolvimento reprodutivo da fêmea, determinando o número de ovariolos por ovário e, conseqüentemente, a quantidade de ovos produzidos (SALINAS, 1990; MOLLER, 1998; COSTA et al., 2004). Neste estudo, todos os tratamentos levaram a uma redução no número total de ovos postos, sem comprometer sua viabilidade. Esses resultados sugerem que o impacto negativo no desempenho reprodutivo foi causado, principalmente, por alterações na quantidade de estruturas reprodutivas das fêmeas.

Vale destacar que, embora a longevidade dos machos não tenha sido significativamente reduzida, a duração da fase adulta diminuiu, em média, 34% nos tratamentos com EATg, EADf e EAAa, o que pode indicar que os extratos também provocaram efeitos subletais sobre os machos adultos. A transferência de fluidos da vesícula seminal durante a cópula pode fornecer nutrientes essenciais para a fêmea, sustentando suas funções metabólicas, o desenvolvimento reprodutivo e a viabilidade embrionária da progênie (WHEELER, 1996; GILLOTT, 2003). A importância dessa dinâmica pode ser especialmente relevante em espécies poliândricas ou que necessitam de múltiplas cópulas para otimizar a reprodução (FOX, 1993; WHEELER, 1996; WOLFNER, 2002).

## **b) Toxicidade tópica**

A aplicação tópica dos tratamentos mostrou que o EATg foi o único que provocou efeito ovicida e larvicida, enquanto nenhum dos extratos provocou mortalidade pupal significativa, embora as pupas de EADf tenha apresentado sobrevivência de apenas 56,66%.

Há uma série de estudos testando e comparando o efeito de aplicações tópicas e via ingestão em pragas agrícolas e urbanas (MOYSES e GFELLER, 2001; MA et al., 2013; SIERRAS e SCHAL, 2017). Isso porque, de maneira geral, inseticidas tóxicos por contato também serão tóxicos via oral e, há ainda aqueles que irão agir simultaneamente pela inalação, contato e ingestão (GULLAN e CRANSTON, 2017).

Em um estudo a respeito do efeito de extratos botânicos sobre a oviposição e o desenvolvimento de *P. xylostella*, Torres et. al (2006), descreve a morfologia do ovo desse inseto contendo um córion rugoso, além de ter observado a presença de microporos de 0,8 µm, utilizados para trocas gasosas. Os microporos podem auxiliar a penetração do extrato, uma vez que na aplicação tópica, substâncias químicas atravessam o tegumento através das vias respiratórias (GALLO et al., 2002). Além disso, Torres et al. (2006) relatam que o córion dos ovos de *P. xylostella*, permite a aderência de substâncias e favorece a ação pós-embrionária.

Enquanto isso, a cutícula de larvas de corpo mole é fina e flexível (GULLAN e CRANSTON, 2017), permitindo maior permeabilidade de substâncias. Ao mesmo tempo pupas desenvolvem tegumento enrijecido para proteção contra predadores e dessecação (RAFAEL et al., 2024), o que pode dificultar a absorção dos tratamentos e auxiliar na explicação do comportamento dos extratos.

Pode-se dizer que, à princípio, os extratos botânicos não provocaram toxicidade por contato, indicando que seu modo de ação é exclusivamente via ingestão. Contudo, além da letalidade, também é possível observar outros parâmetros, como a saúde reprodutiva de

fêmeas e machos que foram expostos aos extratos, como forma de identificar seus efeitos subletais.

### **c) Preferência alimentar**

O estágio larval é marcado pela ingestão de grandes quantidades de alimento e baixa seletividade, o que pode levar ao consumo de partes pouco nutritivas das plantas, como nervuras foliares (PANIZI e PARRA, 2012). A nutrição quantitativa e dietética avalia não apenas as necessidades nutricionais básicas, mas também a proporção de alimento ingerido, assimilado e convertido em crescimento (BECK, 1972; SCRIBER e SLANSKY, 1981). A compreensão do consumo e aproveitamento do alimento, aliada ao estudo da fisiologia e do comportamento na escolha das plantas hospedeiras, tem aplicações que vão além da nutrição básica, influenciando a ecologia das comunidades de insetos, a resistência de plantas hospedeiras e o controle biológico (PANIZI e PARRA, 2012).

A preferência alimentar de lagartas é determinada por quimiorreceptores presentes nas peças bucais, que parecem desempenhar um papel na seleção química e mecânica dos alimentos (DE BOER, 1993). As sensilas gustatórias também são responsivas a odores, assim, os estímulos olfativos e gustativos podem se sobrepor, sendo difícil distingui-los no processo de alimentação. Além disso, elas, possuem um número constante entre as lagartas, independentemente de seus hábitos alimentares ou posição taxonômica (STÄDLER e HANSON, 1975; PANIZI e PARRA, 2012), o que pode indicar que instar larval não afeta a capacidade do inseto de reconhecer as melhores fontes de alimento. As células sensíveis nos quimiorreceptores respondem a compostos químicos específicos das plantas, classificando-os como atrativos, desagradáveis ou tóxicos. Essas células, chamadas deterrentes, estão restritas a quatro classes de sensilas e contêm receptores para diversas moléculas. No entanto, ainda há pouco conhecimento sobre os padrões de sinalização dessas células (MA, 1972; VAN LOON e SCHOONHOVEN, 1999; GLENDINNING et al., 2000).

Uma vez que todos os tratamentos foram classificados como fagodeterrentes, os resultados obtidos corroboram a influência de compostos botânicos na preferência e aceitação alimentar de *P. xylostella*. Contudo, a preferência alimentar, não deve ser confundida com aceitabilidade. A aceitabilidade refere-se ao reconhecimento da planta como recurso alimentar viável, baseado principalmente na sua composição química, em especial seus aleloquímicos (VAN LOON, 1996). Já a preferência alimentar envolve um contexto de escolha, no qual o inseto estabelece uma hierarquia entre os hospedeiros potenciais, considerando não apenas compostos químicos, mas também outras características nutricionais das fontes de alimento (PANIZI e PARRA, 2012).

Já a supressão alimentar, foi observada apenas nas placas em que os extratos impediram a ocorrência de mordidas de prova nos discos tratados, o que ocorreu exclusivamente em 34% das repetições com EAAa e ECh. Isso pode significar que, de maneira geral, as lagartas expostas ao extrato precisaram realizar o reconhecimento gustativo antes de escolher a fonte de alimento. Além disso, a presença de fezes em todas as placas sugere que o consumo dos extratos por 48 horas não comprometeu a assimilação dos nutrientes adquiridos, ao menos no curto prazo em larvas de ínstares mais desenvolvidos, uma vez que os experimentos de toxicidade oral apresentaram mortalidade média de 45% para o EATg, EADf e EAAa. Compreender esses efeitos é essencial a integração dos tratamentos como ferramenta dentro do Manejo Integrado de Pragas, pois permite avaliar o potencial de extratos vegetais como agentes de controle, seja reduzindo o consumo de plantas hospedeiras.

#### e) Análise Química

As classes encontradas em maior quantidade foram os alcaloides, flavonoides triterpenóides. O consumo de aleloquímicos pode afetar seu desempenho e, os compostos identificados nos extratos botânicos possuem extensa literatura mostrando seu potencial inseticida.

Os alcaloides são substâncias que provocam ação deterrente e anti-alimentar, além disso, eles também podem ser tóxicos, afetando o metabolismo e crescimento de insetos ao inibir o processo de transcrição do DNA, a biossíntese de algumas proteínas e afetar os receptores de neurotransmissores (BHAMBHANI et al., 2021; YANG et al., 2021).

Os flavonoides são compostos fenólicos que afetam, sobretudo, a alimentação dos insetos e seu comportamento reprodutivo, mas alguns deles, como as agliconas, podem inibir a ATPase mitocondrial e as oxidases dependentes do citocromo P450, conseqüentemente, mostrando ação larvicida (SIMMONDS, 2001). Por exemplo, a quercitina, um dos mais importantes metabólitos secundários, é também o flavonoide com maior distribuição e, pode inibir o crescimento de *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), *Heliothis virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Oedaleus asiaticus* (Bey-Bienko) (Orthoptera: Acrididae) (CUI et al., 2019).

Dentro do grupo dos triterpenóides, muitos apresentam toxicidade via contato, ingestão oral, ação antialimentar e inibidora de crescimento, além de já terem sido testados em uma série de importantes pragas agrícolas, como *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) e *P.*

*xylostella*. (ALVARENGA e FERRO, 2005; GONZÁLEZ-COLOMA et al., 2011; CHRISTENHUSZ e BYNG, 2016; LIN et al., 2021). Contudo, seu mesmo mecanismo de ação foi estudado majoritariamente para azadiractina, e poucas outras moléculas foram testadas (LIN et al., 2021).

A presença desses compostos em inseticidas botânicos representa uma ferramenta valiosa para o manejo integrado de pragas, oferecendo uma alternativa sustentável aos inseticidas sintéticos. Sua diversidade de modos de ação, incluindo efeitos deterrentes, tóxicos, e inibidores do crescimento, contribui para reduzir a resistência das pragas e minimizar impactos ambientais. Além disso, sua origem natural pode favorecer a compatibilidade com inimigos naturais, auxiliando na preservação do equilíbrio ecológico. Dessa forma, o uso estratégico de extratos botânicos ricos em seu metabolismo secundário pode aprimorar programas de controle de pragas, tornando-os mais eficazes e ambientalmente responsáveis.

## **Conclusão**

Os resultados indicam que os extratos botânicos testados podem ser eficazes no controle de *P. xylostella* devido à toxicidade oral, aos efeitos sobre a reprodução e sobre a palatabilidade do alimento tratado, embora a toxicidade por contato seja limitada. A variação nos efeitos dos diferentes extratos destaca a complexidade dos compostos secundários presentes nas plantas e a necessidade de mais estudos para entender os mecanismos de ação específicos, isolar os compostos ativos e testar sua eficácia de maneira mais detalhada. Além disso, é fundamental considerar não apenas os efeitos letais, mas também os subletais, como a saúde reprodutiva e a capacidade de sobrevivência das gerações subsequentes. Para pequenos agricultores, os inseticidas botânicos podem ser uma alternativa econômica e acessível, favorecendo práticas agrícolas mais sustentáveis e melhorando a saúde das culturas. Este estudo reforça a necessidade de mais pesquisas para otimizar o uso de extratos botânicos e promover um manejo integrado de pragas mais eficiente e ambientalmente responsável.

## **Referências**

AGRICULTURE VICTORIA. **Diamondback moth**. Disponível em: <<https://agriculture.vic.gov.au/biosecurity/pest-insects-and-mites/priority-pest-insects-and-mites/diamondback-moth>>.

ALVARENGA, N.; FERRO E. A. Bioactive Triterpenes and Related Compounds from Celastraceae. **Studies in Natural Products Chemistry**, v.30, p.635-702, 2005. [https://doi.org/10.1016/S1572-5995\(05\)80044-4](https://doi.org/10.1016/S1572-5995(05)80044-4)

APRD. Arthropod Pesticide Resistance Database. *Plutella xylostella*. 2025. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=speciessearchId=571>>

BALDIN, E. L. L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019.

AUTOR, A. A.; AUTOR, B. B.; AUTOR, C. C. Título do livro. edição. Cidade, Estado ou País: Editora, ano.

BECK, S. D. Nutrition, adaptation and environment. In: RODRIGUEZ, J. G. (org.) **Insect and Mite Nutrition**. Amsterdam: North-Holland Publishing Co, 1972.

BHAMBHANI, S.; KONDHARE, K. R.; GIRI, A. P. Diversity in Chemical Structures and Biological Properties of Plant Alkaloids. **Molecules**, v.26, n.11, 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26113374>

BRATTSTEN, L. B.; WILKINSON, C. F.; EISNER, T. Herbivore plant interactions mixed function oxidases and secondary plant. **Science**, v.196, p.1349–52, 1977.

BUSTAMANTE-TEIXEIRA, M. T.; FAERSTEIN, E.; LATORRE, M. R. Técnicas de análise de sobrevida. **Cadernos de Saúde Pública**, v.18, n.3, p.579-594, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2002000300003>

CAPANOGLU, E.; BEEKWILDER, J.; BOYACIOGLU, D.; HALL, R.; DE VOS, R. Changes in antioxidant and metabolite profiles during the production of tomato paste. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.3, p.964–973, 2008. <https://doi.org/10.1021/jf072990e>

CAPINEIRA, J. L. Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae): EENY-119/IN276. **Rev. 5/2000**, v.8, 2002. <https://doi.org/10.32473/edis-in276-2000>

CHAFINO, S.; UREÑA, E.; CASANOVA, J.; CASACUBERTA, E.; FRANCHMARRO, X.; MARTÍN, D. Upregulation of E93 gene expression acts as the trigger for metamorphosis independently of the threshold size in the beetle *Tribolium castaneum*. **Cell reports**, v.27, n.4, p.1039-1049, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.03.094>

CHRISTENHUSZ, M. J. M.; BYNG J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase. **Phytotaxa**, v.261, n.3, p.201–217, 2016. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>

COSTA, E. L.; SILVA, N. R. F. P.; FIÚZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biológica Leopoldensia**, v. 26, p. 173-185, 2004.

CUI, B.; HUANG, X.; LI, S.; HAO, K.; CHANG, B. H.; TU, X.; PANG, B.; ZHANG, Z. Quercetin affects the growth and development of the grasshopper *Oedaleus asiaticus* (Orthoptera: Acrididae). **Journal of Economic Entomology**, v.112, p.1175–1182, 2019. <https://doi.org/10.1093/jee/toz050>

DE BOER, G. Plasticity in food preference and diet-induced differential weighting of chemosensory information in larval *Manduca sexta*. **Journal of Insect Physiology**, v.39, p.17–24, 1993.

DE SOUZA, S. A.; PADIAL, I. M. P. M.; DE SOUZA, T. S.; DOMINGUES, A.; FERREIRA, E. A.; MAUAD, M.; CARDOSO, C. A. L.; MALAQUIAS, J. B.; OLIVEIRA, L. V. Q.; FORMAGIO, A. S. N.; MAUAD, J. R. C.; MUSSURY, R. M. Evaluation of Bioinsecticide in the Control of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758): A Laboratory Study for Large-Scale Implementation. **Sustainability**, v.17, 2025. <https://doi.org/10.3390/su17041626>

DE SOUZA, S. A.; PADIAL, I. M. P. M.; DOMINGUES, A.; MAUAD, J. R. C.; FORMAGIO, A. S. N.; CAMPOS, J. F.; MALAQUIAS, J. B.; MUSSURY, R. M. An Interesting Relationship between the Insecticidal Potential of *Simarouba* sp. in the Biology of Diamondback Moth. **Sustainability**, v.15, n.10, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15107759>

DENT, D. **Insect Pest Management**. 2 ed. CABI, 2000.

DJERIDANE, A.; YOUSFI, M.; NADJEMI, B.; BOUTASSOUNA, D.; STOCKER P.; VIDAL, N. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. **Food Chemistry**, v.97, n.4, p.654-660, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028>

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Área de Refúgio: Recomendações de uso para o plantio do milho transgênico Bt**. Sete Lagoas: EMBRAPA MILHO E SORGO, 2014.

FERREIRA, E. A.; DE SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; DA SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; DE CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; DA SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical Screening and Bioactivity of *Ludwigia* spp. in the Control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v.11, n.9, 2020. <https://doi.org/10.3390/insects11090596>

FILHO, A. C. P. DE M.; FILHO, J. G. DE O.; CASTRO, C. F. DE S. Estudo físico-químico, fitoquímico e atividades biológicas do extrato do fruto maduro de *Brosimum gaudichaudii* Tréc. (Moraceae). **Scientific Electronic Archives**, v.14, n.7, 2021. <http://doi.org/10.36560/14720211309>

FOX, C. W. The influence of maternal age and mating frequency on egg size and offspring performance in *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Oecologia**, v.96, p.139-146, 1993.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. **Annual Reviews Entomology**, v. 58, p. 517- 541, 2013. <http://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153605>

GAJGER, I.; DAR, S. Plant allelochemicals as sources of insecticides. **Insects**, v.12, n.3, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12030189>

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA, N. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. 1 ed. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GILLOTT, C. Male accessory gland secretions: modulators of female reproductive physiology and behavior. **Annual Review of Entomology**, v.48, p.163-184, 2003. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112657>

GLENDINNING, J. I.; NELSON, N.; BERNAYS, E. A. How do inositol and glucose modulate feeding in *Manduca sexta* caterpillars? **Journal of Experimental Biology**, v.203, p.1299–315, 2000. <https://doi.org/10.1242/jeb.203.8.1299>

GLENDINNING, J. I.; NELSON, N.; BERNAYS, E. A. How do inositol and glucose modulate feeding in *Manduca sexta* caterpillars? **Journal of Experimental Biology**, v.203, p.1299–315, 2000. <https://doi.org/10.1242/jeb.203.8.1299>

GOLIZADEH, A.; KAMALI, K.; FATHIPOUR, Y.; ABBASIPOUR, H. Temperature-dependent Development of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Two Brassicaceous Host Plants. **Insect Science**, v.14, n.4, p.309-316, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00157.x>

GONZÁLEZ-COLOMA, A.; LÓPEZ-BALBOA, C.; SANTANA, O.; REINA, M., FRAGA, B. M. Triterpene-based plant defenses. **Phytochemistry Reviews**, v.10, p.245–260, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9187-8>

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, v.19, n.3, p.140–145, 2014. <http://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.11.005>

KOGAN, M.; GOEDEN, R. D. The host-plant range of *Lema trilineata daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.63, p. 175–1180, 1970.

KOGAN, M.; JENSON, P. **Perspectives in ecological theory and integrated pest management**. Oxford; Cambridge University, 2007.

LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI J. W.; E. R. MBEGA. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. **Scientific African**, v.7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>

LIN, M.; YANG, S.; HUANG, J.; ZHOU, L. Insecticidal Triterpenes in Meliaceae: Plant Species, Molecules and Activities: Part I (*Aphanamixis-Chukrasia*). **International Journal of Molecular Sciences**, v.22, n.24, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms222413262>.

LIU, S.; WANG, X.; XU, Y.; ZHANG, R.; XIAO, S.; WANG, Y.; ZHANG, L. Antifeedant and ovicidal activities of ginsenosides against Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee). **PLOS ONE**, v.14, n.2, p.1–14, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211905>

LUCKMANN, W. H.; R. L. METCALF. **In Introduction to Insect Pest Management**. 2 ed. New York: John Wiley e Sons, 1982.

MA, W. C. **Dynamics of feeding responses in *Pieris brassicae* Linn. as a function of chemosensory input: A behavioural and electrophysiological study.** 1972. Tese. Wageningen University, Wageningen, 1972.

MA, Z.; GULIA-NUSS, M.; ZHANG, X.; BROWN, M. R. Effects of the botanical insecticide, toosendanin, on blood digestion and egg production by female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): topical application and ingestion. **Journal of Medical Entomology**, v.50, n.1, p.112-21, 2013. <https://doi.org/10.1603/me12119>

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madsion, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MANSUR, J. S.; BREDER, M. N. R.; MANSUR, M. C. D'A.; AZULAY, R. D. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.61, n.3, p. 121-126, 1986.

MASON, P. ***Plutella xylostella* (diamondback moth).** CABI Compendium, 2022. Disponível em: <<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/42318>>. Acessado em: 01 jan. 2025.

MOLLER, J. Investigations on a laboratory culture of the Diamond-back Moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lep., Tineidae). **Journal of Applied Entomology**, v.105, n.5, 1998. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1988.tb00198.x>

MOYSES, E. W.; GFELLER, F. J. Topical application as a method for comparing the effectiveness of insecticides against cat flea (Siphonaptera: Pulicidae). **Journal of Medical Entomology**, v.38, n.2, p.193-6, 2001. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-38.2.193>

NIITEPÕLD, K.; BOGGS, C. Carry-over effects of larval food stress on adult energetics and life history in a nectar-feeding butterfly. **Ecological Entomology**, v.47, p.391-399, 2022. <https://doi.org/10.1111/een.13124>

OLIVEIRA, M. A. C.; ALBUQUERQUE, M. M.; XAVIER, H. S.; STRATTMANN, R. R.; GRANGEIRO JÚNIOR, S.; QUEIROZ, A. T. Desenvolvimento e validação de metodologia para quantificação de alcalóides totais como berberina em fitoterápico contendo *Berberis vulgaris* L. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.3, p.357-364, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000300013>

PADIAL, I. M. P. M.; DE SOUZA, S. A.; MALAQUIAS, J. B.; CARDOSO, C. A. L.; PACHÚ, J. K. DA S.; FIORATTI, C. A. G.; MUSSURY, R. M. Leaf Extracts of *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) Prevent the Feeding and Oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Agronomy**, v.13, n.3, 2023. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030890>

PALO, R. T.; ROBBINS, C. T. **Plant defenses against mammalian herbivory.** Boca Raton: CRC Press, 1991.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management.** 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. <https://doi.org/10.1201/b11713>

PANSERA, M. R.; SANTOS, A. C. A.; PAESE, K.; WASUM, R.; ROSSATO, M.; ROTA, L. D.; PAULETTI, G. F.; SERAFINI, L. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.13, n.1, p.17–22, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2003000100002>

R CORE TEAM (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R. DE; CARVALHO, C. J. B. DE; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2 ed. Manaus: INPA, 2024. <https://doi.org/10.61818/56330464>

RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J. D.; BALDIN, E. L. **Inseticidas botânicos no Brasil: aplicações, potencialidades e perspectivas**. Piracicaba: FEALQ, 2023.

SALINAS, P. J. Studies on the ecology and behavior of the larvae *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) III. Effects of size and shape of the host plant leaves. **Turrialba**, v.40, n.1, p.40-43, 1990.

SANTOS, M. S.; ODIMAR ZANUZO ZANARDI, O. Z.; PAULI, K. S.; FORIM, M. R.; YAMAMOTO, P. T; VENDRAMIM, J. D. Toxicity of an azadirachtin-based biopesticide on *Diaphorina citri kuwayama* (Hemiptera: Liviidae) and its ectoparasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). **Crop Protection**, v.74, p.116–123, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.04.015>

SCHOONHOVEN, L. M. Long-term sensitivity changes in some insect taste receptors. **Drug Research**, v.28, p.23–77, 1978.

SCRIBER, J. M.; SLANSKY, JR. F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, v.26, p.183–211, 1981.

SIERRAS, A.; SCHAL, C. Comparison of ingestion and topical application of insecticides against the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). **Pest Management Science**, v.73, n.3, p.521-527, 2017. <https://doi.org/10.1002/ps.4464>

SIMMONDS, M. S. Importance of flavonoids in insect-plant interactions: Feeding and oviposition. **Phytochemistry**, v.56, n.3, p.245–2522001, 2001. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)00453-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)00453-2)

SMITH, R. F.; VAN DEN BOSCH, R. Integrated control. In: KILGLORE, W. W.; DOUTT, R.L. (org.). **Pest Control: Biological, Physical and Selected Chemical Methods**. Academic Press, 1967, p.295–340.

STÄDLER, E.; HANSON, F. E.. Olfactory capabilities of gustatory chemoreceptors of tobacco hornworm larvae. **Journal of Comparative Physiology**, v.104, p.97–102, 1975.

STERN, V. M.; SMITH, R. F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K. S. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: The integrated control concept. **Hilgardia**, v.29, p.81–101, 1959.

TORRES, A. L.; JÚNIOR, A. L. BOIÇA.; MEDEIROS. C. A. M.; BARROS, R. Efeito de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*. **Fitossanidade**, v.65, n.3, p.447-457, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000300011>

- TRUMAN, J. W. The evolution of insect metamorphosis. **Current Biology**, v.29, n.23, p.1252-1268, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.009>
- USHER, B. F.; BERNAYS, E. A.; BARBEHENN, R. V. Antifeedant tests with larvae of *Pseudaletia unipuncta* - Variability of behavioral response. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.48, p.203-12, 1988.
- VAN LOON, J. J. A. Chemosensory basis of feeding and oviposition behaviour in herbivorous insects: A glance at the periphery. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.80, p.1-7, 1996.
- VAN LOON, J. J. A.; SCHOONHOVEN, L. M. Specialist deterrent chemoreceptors enable Pieris caterpillars to discriminate between chemically different deterrents. In: SIMPSON, S. J.; MORDUE, A. J.; HARDIE, J. (org.) **Proceedings of the 10th International Symposium on Insect-Plant Relationships**. Dordrecht: Springer, v.56, 1999. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-1890-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-017-1890-5_4)
- VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. Aleloquímicos, resistência e plantas inseticidas. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D. da; CASTIGLIONI, E. **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM, 2000, p.113-128.
- WHEELER, D. The role of nourishment in oogenesis. **Annual Review of Entomology**, v.41, p.407-431, 1996.
- WOLFNER, M. F. The gifts that keep on giving: physiological functions and evolutionary dynamics of male seminal proteins in *Drosophila*. **Heredity**, v.88, p.85-93, 2002. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800017>
- YANG, Y.; SAAND, M. A.; HUANG, L.; ABDELAAL, W. B.; ZHANG, J.; WU, Y.; LI, J.; SIROHI, M. H.; WANG, F. Applications of Multi-Omics Technologies for Crop Improvement. **Frontiers in Plant Science**, v.12, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.563953>