



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA**

MARCIANO NUNES PEREIRA

**EXTRATOS E ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DAS FAMÍLIAS RUTACEAE E
FABACEAE: uma revisão sobre defensivos naturais**

PARNAÍBA

2026

MARCIANO NUNES PEREIRA

**EXTRATOS E ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DAS FAMÍLIAS RUTACEAE E
FABACEAE: uma revisão sobre defensivos naturais**

Trabalho de conclusão de curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Parnaíba.

Orientador: Prof. Dr. Bartholomeu Araújo Barros Filho

PARNAÍBA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Pereira, Marciano Nunes

P436e Extratos e óleos essenciais de espécies das famílias Rutaceae e Fabaceae
: uma revisão sobre defensivos naturais / Marciano Nunes Pereira. - 2026.
84 f.: il. p&b.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Parnaíba, 2026.
Orientador : Prof Dr. Bartholomeu Araújo Barros Filho.

1. Inseticidas naturais. 2. Extratos vegetais. 3. Óleos essenciais. 4.
Rutaceae. I.Título.

CDD - 540

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

MARCIANO NUNES PEREIRA

**EXTRATOS E ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DAS FAMÍLIAS RUTACEAE E
FABACEAE: Uma revisão sobre defensivos naturais**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Química do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Parnaíba.

Aprovado em: 20 / 01 / 2026.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Bartholomeu Araujo Barros Filho
Instituto Federal do Piauí (IFPI) - Campus Parnaíba-Pi

Prof^o.Dr^a. Buana Carvalho de Almeida
Instituto Federal do Piauí (IFPI) - Campus Parnaíba-Pi

Prof. Me. Ytallo da Costa Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI) - Campus Parnaíba-Pi

Dedico esse trabalho, a Deus por tudo de bom que tem feito por mim, aos meus pais por todo apoio, ao meu irmão, e a toda minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo de bom que tem feito por mim, e por ter me guiado a chegar nesse momento do curso, aos meus pais, Joaquina Rosa de Sousa e José Vieira de Sousa, que sempre me apoiaram em todas as escolhas da minha vida, e a todo momento se fizeram presentes, me incentivando nos estudos.

Ao meu irmão, Fábio de Sousa que me apoiou e me ajudou nas dificuldades, não me deixando desistir.

A minha família por cada conselho e incentivo e aos meus amigos que estiveram presentes nessa jornada, Jeová Gomes, Maria Lima, José Fernando, Talita Santana, Giovana Maria, Amanda Letícia, Breno Nascimento e Charleane Justino.

E a todos os professores do Instituto Federal do Piauí, onde agradeço por cada ensinamentos.

***"Nunca desista de um sonho por causa do tempo
que vai levar para alcançá-lo. O tempo vai passar
de qualquer forma."***

(Earl Nightingale)

RESUMO

O uso de defensivos naturais tem se destacado como uma alternativa sustentável ao emprego de agrotóxicos sintéticos, cuja aplicação intensiva tem ocasionado impactos ambientais, riscos à saúde humana e desequilíbrios ecológicos. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca do potencial inseticida de extratos vegetais e óleos essenciais de espécies pertencentes às famílias Rutaceae e Fabaceae, com ênfase em seus metabólitos secundários, mecanismos de ação e contribuições para o manejo sustentável de pragas agrícolas. A pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, baseada na análise de produções científicas publicadas entre os anos de 2015 e 2025, selecionadas nas bases de dados Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Periódicos CAPES. Ao todo, foram analisados 30 estudos, selecionados a partir de critérios de inclusão previamente definidos. Os resultados evidenciaram que extratos de espécies da família Fabaceae, ricos em metabólitos secundários como flavonoides, alcaloides, saponinas e rotenoides, apresentam expressiva atividade inseticida, com efeitos larvicidas, ovicidas e antialimentares, sendo eficazes no controle de diferentes grupos de insetos-praga, especialmente coleópteros e dípteros. Por sua vez, os óleos essenciais de espécies da família Rutaceae, caracterizados pela elevada concentração de monoterpenos, sesquiterpenos e limonoides, demonstraram ação repelente, neurotóxica e deterrente, aliada à rápida volatilização e baixa persistência ambiental. Conclui-se que os extratos vegetais e óleos essenciais das famílias Rutaceae e Fabaceae representam alternativas promissoras para o desenvolvimento de defensivos naturais ambientalmente seguros, economicamente viáveis e compatíveis com práticas agrícolas sustentáveis, contribuindo para a redução do uso de pesticidas sintéticos e para a promoção de sistemas produtivos mais equilibrados.

Palavras-chave: inseticidas naturais; extratos vegetais; óleos essenciais; rutaceae; fabaceae.

ABSTRACT

The use of natural pesticides has emerged as a sustainable alternative to synthetic agrochemicals, whose intensive application has caused environmental impacts, risks to human health, and ecological imbalance. This study aims to carry out a bibliographic review on the insecticidal potential of plant extracts and essential oils from species belonging to the Rutaceae and Fabaceae families, emphasizing their secondary metabolites, mechanisms of action, and contributions to the sustainable management of agricultural pests. The research is characterized as a qualitative bibliographic review based on the analysis of scientific publications published between 2015 and 2025, selected from the Google Scholar, Scientific Electronic Library Online (SciELO), and CAPES Periodicals databases. A total of 30 scientific studies were analyzed according to previously established inclusion criteria. The results showed that extracts from Fabaceae species, rich in secondary metabolites such as flavonoids, alkaloids, saponins, and rotenoids, exhibit significant insecticidal activity, including larvicidal, ovicidal, and antifeedant effects, proving effective against several groups of insect pests, especially coleopterans and dipterans. In contrast, essential oils from Rutaceae species, characterized by high concentrations of monoterpenes, sesquiterpenes, and limonoids, demonstrated repellent, neurotoxic, and deterrent actions, combined with rapid volatilization and low environmental persistence. It is concluded that plant extracts and essential oils from the Rutaceae and Fabaceae families represent promising alternatives for the development of environmentally safe, economically viable natural pesticides compatible with sustainable agricultural practices, contributing to the reduction of synthetic pesticide use and to the promotion of more balanced production systems.

Keywords: natural insecticides; plant extracts; essential oils; rutaceae; fabaceae.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - <i>Azadirachta indica</i> A. Juss	25
Figura 2 - <i>Pouteria guianensis</i> (Abiurana).	28
Figura 3 - <i>Piper aduncum</i> L.	30
Figura 4 - Fluxograma adaptado a Revisão Sistemática.....	36
Figura 5 - Gráfico Organização dos trabalhos científicos segundo a família vegetal e tipo de produto natural.....	39
Figura 6 - Estrutura química do Eugenol.....	53
Figura 7 - Estrutura química do Epatulenol.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Percentual Estatístico do Levantamento Bibliográfico nas Bases CAPES, SciELO e Google Acadêmico.....	39
Quadro 2 – Atividades Inseticidas de Extratos de Espécies da Família Fabaceae.....	41
Quadro 3 - Atividades Inseticidas de Óleos de Espécies da Família Fabaceae.....	48
Quadro 4 – Atividades Inseticidas de Extratos de Espécies da Família Rutaceae.....	58
Quadro 5 - Atividades Inseticidas de Óleos de Espécies da Família Rutaceae.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCBio - Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CB - Controle Biológico

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IFPI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

MIP - Manejo Integrado de Pragas

LISTA DE SÍMBOLOS

Kg - Quilograma

% - Porcentagem

R\$ - Real

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 A ORIGEM DO USO DE PRODUTOS NATURAIS NA AGRICULTURA	16
2.2 CRESCIMENTO DO USO DE INSETICIDAS NATURAIS NO BRASIL	17
2.3 INSETICIDAS NATURAIS, COMO UMA FORMA SUSTENTÁVEL	19
2.3.1 Os defensivos naturais e sua eficácia na agricultura	20
2.4 A FAMÍLIA RUTACEAE E A FAMÍLIA FABACEAE NO CONTEXTO DOS DEFENSIVOS NATURAIS	22
2.5 O USO DE EXTRATOS COMO INSETICIDA NATURAIS	23
2.6 UTILIZAÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDARIOS FIXOS ISOLADOS COMO INSETICIDAS NATURAIS	26
2.7 UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS NATURAIS NA AGRICULTURA	28
2.8 RELAÇÃO ENTRE EXTRATOS, ÓLEOS E METABÓLITOS DAS FAMÍLIAS RUTACEAE E FABACEAE	31
3 OBJETIVOS	34
3.1 OBJETIVO GERAL	34
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
4 METODOLOGIA	35
4.1 TIPO DE PESQUISA	35
4.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS	35
4.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 LEVANTAMENTO NAS BASES DE DADOS	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Jornal da USP (2021), o Brasil apresentou um crescimento expressivo no consumo anual de agrotóxicos entre os anos de 2003 e 2021, com aumento de 392 % no volume utilizado. Esse avanço resultou na elevação do consumo de 183 mil toneladas para aproximadamente 720 mil toneladas, consolidando o país como o maior consumidor mundial desses produtos. Além do aumento absoluto, observou-se também uma intensificação do uso por área cultivada, refletindo maior dependência desses insumos na produção agrícola. Esse cenário evidencia a centralidade dos agrotóxicos no modelo produtivo brasileiro e reforça a necessidade de discutir seus impactos ambientais, sociais e na segurança alimentar.

Lopes e Albuquerque (2018), ao estudarem os impactos do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana e o meio ambiente, observaram que, entre 2001 e 2017, foram publicados ao menos 116 novos estudos demonstrando os efeitos negativos do uso indiscriminado dessas substâncias. Esses estudos indicam a necessidade urgente de mais pesquisas sobre os efeitos a longo prazo da exposição crônica e simultânea a diferentes agrotóxicos.

Segundo a Fiocruz (s.d.), a monocultura extensiva reduz a biodiversidade, empobrece o solo e geralmente é altamente mecanizada, o que leva à necessidade de introdução de recursos externos ao processo produtivo. No entanto, a agricultura orgânica tem demonstrado bons resultados, pois um de seus principais objetivos é preservar o meio ambiente, conservando os recursos naturais.

Assim, a agricultura orgânica preserva a biodiversidade, os ciclos naturais e as atividades biológicas do solo, promovendo um ecossistema mais equilibrado (Domingues, 2011). Atualmente, é perceptível o crescimento do consumo de produtos orgânicos, inclusive no Brasil, uma vez que essa abordagem promove uma agricultura sustentável, resultando em produtos mais saudáveis. Conforme Santos et al. (2012), a agricultura orgânica tem se expandido rapidamente e está registrada em mais de 150 países, com destaque para a América do Sul, Austrália, EUA, Europa e Japão. Esse movimento tem sido impulsionado, principalmente, pela contaminação dos alimentos, riscos à saúde humana, desenvolvimento de

resistência, e pelos problemas ambientais causados pela agricultura convencional e industrial.

Nesse contexto, as famílias Fabaceae e Rutaceae destacam-se como duas das mais estudadas no desenvolvimento de defensivos naturais, devido à riqueza de seus metabólitos secundários e à ampla distribuição ecológica dessas espécies. A família Fabaceae, uma das maiores do reino vegetal, é reconhecida por sua diversidade fitoquímica, produzindo compostos como flavonoides, alcaloides, saponinas e rotenoides, frequentemente associados a atividades inseticidas, repelentes ou antialimentares. Já a família Rutaceae, composta principalmente por plantas aromáticas, caracteriza-se pela abundância de óleos essenciais ricos em terpenoides e limonoides, substâncias que apresentam efeitos larvicidas, repelentes e deterrentes contra uma variedade de pragas agrícolas (Bueno; Andrade, 2010).

A utilização dos extratos e óleos essenciais dessas famílias representa uma alternativa promissora e sustentável no manejo integrado de pragas, reafirmando seu papel estratégico na busca por soluções naturais que reduzam o uso de produtos químicos sintéticos e minimizem os impactos ambientais.

Diante desse cenário, os extratos e óleos essenciais de espécies pertencentes às famílias Rutaceae e Fabaceae têm se destacado como alternativas promissoras no controle de pragas agrícolas. Evidências científicas indicam que esses produtos naturais apresentam atividade inseticida, repelente e reguladora do desenvolvimento de insetos, além de menor impacto ambiental, configurando-se como potenciais substitutos aos inseticidas sintéticos no manejo sustentável de pragas.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 A ORIGEM DO USO DE PRODUTOS NATURAIS NA AGRICULTURA

O uso de produtos à base de plantas, ou de seus derivados, ocorre em diversas formas e para diferentes finalidades no cotidiano humano. Essas práticas vêm sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas ao longo dos anos, abrangendo desde a alimentação e o uso medicinal até aplicações mais específicas, como os benefícios observados na agricultura.

A literatura registra o uso de substâncias de origem vegetal no controle de pragas agrícolas há pelo menos 2.000 anos, em regiões como China, Egito, Índia e Grécia (Thacker, 2002). Na Índia, a prática de controle de pragas por meio de inseticidas botânicos já era realizada por volta de 2.000 a.C. De modo semelhante, em aproximadamente 1.200 a.C., em regiões como o Egito e a China, o uso de inseticidas à base de plantas era empregado com o objetivo de controlar pragas que afetavam, principalmente, os grãos armazenados. Esses pesticidas eram aplicados diretamente nas lavouras ou por meio de técnicas de fumigação.

O uso de pesticidas de origem vegetal também foi amplamente difundido na Europa, especialmente a partir do século XVI. Entretanto, com o passar do tempo e o surgimento dos inseticidas organossintéticos, houve uma diminuição significativa da prática e do uso dessas técnicas naturais de controle de pragas (Flint; van den. Bosch, 1981; Casida; Quistad, 1998; Thacker, 2002).

Em decorrência da redução do uso de produtos naturais nas últimas décadas, observou-se um crescimento contínuo da utilização de agrotóxicos químicos na agricultura. Segundo Faria (2003), após o fim da Segunda Guerra Mundial, os defensivos agrícolas passaram a ocupar um papel de fundamental importância no setor agrícola. Motivada por interesses militares, a busca contínua por substâncias químicas levou ao desenvolvimento de diversos produtos destinados ao combate de pragas, possibilitando seu uso contra organismos considerados nocivos, como plantas e animais.

Com a consolidação do processo conhecido como “Revolução Verde”, a partir da década de 1950, tornaram-se evidentes inúmeras mudanças nos processos produtivos, incluindo impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. O surgimento de novas tecnologias voltadas ao controle de pragas e doenças, ao

aumento da produtividade agrícola e à proteção das lavouras ocorreu, em grande parte, com base no uso intensivo de produtos químicos (Peres *et al.*, 2003).

O processo de modernização tecnológica da agricultura, intensificado a partir da década de 1950 com a chamada Revolução Verde, promoveu profundas transformações nas práticas agrícolas, acarretando alterações ambientais, aumento das cargas de trabalho e impactos negativos à saúde dos trabalhadores rurais. Segundo Peres *et al.* (2003), esse modelo produtivo ampliou a exposição dos trabalhadores a riscos diversos e, muitas vezes, pouco conhecidos, evidenciando as consequências sociais e sanitárias associadas ao uso intensivo de insumos químicos na agricultura.

Devido aos danos causados pelo uso de agrotóxicos, observou-se um ressurgimento do interesse pela utilização de inseticidas naturais, bem como a busca por novas substâncias destinadas ao controle de pragas que reduzissem ou não causassem agravos ao meio ambiente, aos alimentos e a organismos não alvo. Além disso, essas alternativas visam retardar o surgimento de resistência, fenômeno já amplamente observado no uso de agrotóxicos convencionais (Vendramim; Castiglioni, 2000).

De acordo com (Peres, *et al.* 2003, p.37):

Existem inúmeros relatos na literatura de criações e animais domésticos e de populações humanas afetados pela ingestão de plantas e alimentos contaminados por agrotóxicos, além do impacto em comunidades e ecossistemas próximos às áreas de plantações e pastos, onde estes produtos são utilizados. Dessa maneira, além do impacto sobre uma população específica de animais ou plantas, a dispersão de agrotóxicos no ambiente pode causar um desequilíbrio ecológico na interação natural de duas ou mais espécies.

2.2 CRESCIMENTO DO USO DE INSETICIDAS NATURAIS NO BRASIL

Na primeira metade do século XX, o Brasil destacou-se como um importante produtor e exportador de inseticidas botânicos, que alcançaram grande popularidade entre as décadas de 1930 e 1940. Esses defensivos naturais continham substâncias consideradas mais seguras e de menor impacto ambiental, como o piretro, a rotenona e a nicotina (Menezes, 2005).

Reconhecido por sua elevada biodiversidade vegetal, o Brasil contava, até o ano de 2020, com aproximadamente 49.280 espécies vegetais reconhecidas distribuídas em seu território, incluindo plantas nativas, cultivadas e naturalizadas (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2020). Essa riqueza florística representa um potencial significativo para a obtenção de diversos metabólitos secundários, os quais podem apresentar inúmeras atividades biológicas, entre elas o potencial inseticida (Fazolin; Estrela; Argolo, 2002).

Além disso, o Brasil tem apresentado crescimento progressivo na produção agrícola em resposta às exigências do mercado internacional, que impõe critérios rigorosos quanto à presença de resíduos químicos nos produtos exportados. Nesse contexto, a redução do uso de agrotóxicos nas lavouras torna-se essencial, e o controle biológico (CB) surge como uma alternativa viável para atender tanto às exigências de exportação quanto à demanda interna por programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Lenteren; Bueno, 2003).

Com o crescente aumento da demanda por tais organismos, o mercado brasileiro começa a receber empresas dotadas de alta tecnologia de pesquisa e produção, entre elas multinacionais especializadas no controle biológico. Agraquest, Novozymes, Becker- Underwood, Certis, Improcop, Biobest e Koppert são nomes de peso no mercado internacional de proteção biológica de plantas que estão presentes no Brasil. (Vieira *et al.*, 2016, p.53)

Por muitos anos, o setor primário de produção foi considerado a base da economia brasileira, o que possibilitou ao país ocupar uma posição de destaque no abastecimento mundial de cereais, frutas e outros produtos de origem vegetal. Nesse contexto, o controle de pragas permanece como um desafio persistente, que tem se agravado ao longo dos anos (Viegas jr., 2003).

No cenário internacional do agronegócio, o Brasil consolidou-se como um líder mundial, assumindo posições de destaque no mercado global. Para sustentar esse crescimento, o país tornou-se, conseqüentemente, dependente de insumos importados e, com isso, observou-se um aumento gradual na utilização de agrotóxicos (Vieira *et al.*, 2016). Como consequência da intensificação do uso desses produtos, desencadeou-se uma série de problemas ambientais e de contaminação de alimentos, o que intensificou a pressão da sociedade pela redução dos impactos ambientais e sociais associados às atividades agrícolas (Vieira *et al.*, 2016).

Nesse sentido, devido às vantagens advindas das interações ecológicas e do uso de defensivos naturais, é notório o crescimento dessa prática em nível mundial, incluindo o Brasil. Inicialmente, essa expansão ocorreu, sobretudo, em pequenas e médias propriedades agrícolas; entretanto, ainda que com menor frequência, observa-se também o aumento da adoção dessas práticas em grandes propriedades rurais.

O uso de biopesticidas agrícolas como estratégia de controle biológico de pragas e doenças apresenta elevado potencial de crescimento, estimado em cerca de 20% ao ano, segundo dados da Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio). Informações divulgadas indicam que, entre 2017 e 2018, a indústria brasileira registrou um aumento de 77% na comercialização de insumos biológicos, com o volume de vendas passando de R\$ 262,4 milhões para R\$ 464,5 milhões (Embrapa, 2019).

Segundo Willer e Lernoud (2024), na América Latina o Brasil consolidou-se como o maior mercado consumidor de produtos orgânicos da região, destacando-se pela ampla participação no valor total das vendas e pelo crescimento contínuo da demanda interna. Em 2023, o país representou cerca de 63 % do mercado latino-americano de alimentos orgânicos, com valor estimado em US\$ 2,4 bilhões, figurando entre os principais mercados globais desse segmento. Embora a área destinada à produção orgânica no Brasil seja inferior à de países como Argentina e Uruguai, o setor apresenta expansão no número de produtores e consumidores, refletindo a crescente preferência por alimentos livres de agrotóxicos e por práticas sustentáveis de produção.

2.3 INSETICIDAS NATURAIS, COMO UMA FORMA SUSTENTÁVEL

O uso de produtos químicos na agricultura para o controle de pragas e doenças tem interferido no equilíbrio ambiental. Essas aplicações têm aumentado de forma significativa, ocasionando uma série de impactos negativos ao meio ambiente e ao ecossistema (Barbosa, 2004).

Conforme PERES, 2009.

Além disso, os agrotóxicos “[...] podem causar sérias complicações à saúde humana, em especial se utilizados indevidamente, dentre outros aspectos. Estes produtos químicos se usados de modo consciente podem minimizar

seus efeitos e apresentar benefícios, porém sua aplicação indiscriminada pode provocar danos de ordem ecológica, a exemplo da contaminação do solo, dos recursos hídricos e, por conseguinte o meio ambiente". (Peres, 2009, p. 202)

Diante dos danos causados ao meio ambiente, torna-se evidente que o uso dessas substâncias químicas acarreta sérios riscos à saúde humana. Em razão dessas problemáticas, faz-se necessária uma reflexão crítica acerca da real necessidade de sua aplicação. Na busca por alternativas mais sustentáveis, os produtos orgânicos têm demonstrado resultados expressivos, uma vez que estão associados à produção de alimentos mais saudáveis, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população (Peres, 2009).

Um dos principais exemplos de alternativas sustentáveis ao uso de defensivos químicos é a adoção de produtos e substâncias de origem orgânica. As vantagens relacionadas às substâncias botânicas são evidentes, destacando-se o baixo custo, a facilidade de acesso para o produtor rural e, em muitos casos, a toxicidade reduzida e de curta duração, uma vez que esses compostos tendem a se decompor rapidamente no ambiente. Ademais, a maioria dessas substâncias não apresenta riscos tóxicos significativos para mamíferos (Pereira, 2012).

2.3.1 Os defensivos naturais e sua eficácia na agricultura

De acordo com o Ifobe Educacional (2019), o cultivo de alimentos orgânicos apresenta diversos benefícios, tais como a produção de alimentos mais nutritivos e saborosos. Esse modelo de produção contribui para a preservação da saúde do produtor rural, uma vez que reduz a exposição a substâncias químicas potencialmente nocivas. Além disso, os alimentos orgânicos são considerados mais saudáveis e de melhor qualidade, pois, nas plantações, utilizam-se adubos naturais, sem o emprego de agrotóxicos, hormônios ou outros produtos químicos, favorecendo também a preservação dos recursos naturais e evitando a contaminação da vegetação, do solo e da água.

As vantagens do uso de inseticidas de origem vegetal incluem a presença de múltiplos ingredientes ativos nas plantas, o que reduz o potencial de desenvolvimento de resistência por parte dos insetos-praga (Gallo *et al.*, 2002).

Segundo Cavalcante (2004), a utilização de substâncias extraídas de vegetais, em associação com métodos convencionais de controle, pode representar uma

alternativa viável para a redução da incidência de espécies invasoras. Isso se justifica pelo fato de que sistemas de produção autossustentáveis exigem a adoção de métodos menos agressivos, os quais devem estar integrados ao agroecossistema.

Em comparação com a monocultura extensiva — caracterizada pela produção agrícola de um único produto, geralmente em larga escala ou em latifúndios —, a agricultura orgânica tem apresentado resultados mais sustentáveis. De acordo com a Fiocruz, a monocultura reduz a biodiversidade, empobrece o solo e promove elevado desgaste ambiental. Por outro lado, a agricultura orgânica busca preservar as condições naturais, conservando os recursos naturais. Dessa forma, mantém a biodiversidade, os ciclos naturais e as atividades biológicas do solo, promovendo uma relação mais equilibrada e sustentável com o meio ambiente (Domingues, 2011).

Conforme Machado e Corazza (2004), outra vantagem da produção orgânica está relacionada à certificação desses produtos, que garante características específicas, como a ausência de substâncias químicas sintéticas. Assim, os produtos orgânicos são obtidos por meio de processos produtivos distintos daqueles empregados na agricultura convencional.

Os estudos sobre agricultura orgânica tiveram como motivação inicial a comprovação da relação existente entre a saúde humana e a qualidade do solo. Como consequência, consolidou-se a busca por sistemas de produção livres de agrotóxicos e de produtos químicos que causem poluição ambiental, resultando na oferta de alimentos mais saudáveis à população (Silva; Polli, 2020).

Ao comparar o uso de inseticidas químicos com o de inseticidas naturais na agricultura, observa-se a existência de diversas evidências que apontam vantagens significativas associadas aos defensivos naturais. Entre esses benefícios, destaca-se a ausência ou a redução de substâncias tóxicas e prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana, o que reforça seu potencial como alternativa sustentável.

Apesar das inúmeras vantagens da agricultura orgânica, faz-se necessário ampliar o apoio ao uso e ao desenvolvimento desse sistema produtivo. Pádua (2014) destaca os diversos desafios enfrentados pelos agricultores orgânicos, tanto no processo de produção quanto na comercialização. Esses entraves estão relacionados, em grande parte, à escassez de estudos divulgados, à falta de conhecimento tecnológico e científico e à carência de recursos adequados, fatores que dificultam a evolução e a consolidação desse modelo agrícola.

2.4 A FAMÍLIA RUTACEAE E A FAMÍLIA FABACEAE NO CONTEXTO DOS DEFENSIVOS NATURAIS

As famílias Rutaceae e Fabaceae ocupam posição de destaque no desenvolvimento de defensivos naturais, em razão da complexidade química de suas espécies e da abundância de metabólitos secundários com significativa atividade biológica. Estudos científicos demonstram que plantas pertencentes a essas famílias produzem uma ampla variedade de metabólitos secundários, como terpenos, flavonoides e fenólicos, compostos bioativos que desempenham funções ecológicas essenciais, como a proteção contra herbívoros, microrganismos e insetos-praga, tornando-as fontes estratégicas para a formulação de inseticidas naturais com menor impacto ambiental. (Lyubenova, 2023; Menezes, 2020).

A família Rutaceae, que inclui gêneros amplamente conhecidos como Citrus, Ruta e Zanthoxylum, caracteriza-se pela elevada produção de óleos essenciais ricos em monoterpenos, sesquiterpenos e limonoides. Esses compostos apresentam alta volatilidade, baixa persistência ambiental e expressiva ação inseticida, repelente e deterrente. Em função da abundância de glândulas secretoras presentes principalmente nas folhas e cascas, as espécies dessa família liberam substâncias capazes de interferir em processos fisiológicos dos insetos, como o funcionamento do sistema nervoso, a respiração celular e o comportamento alimentar. Estudos indicam que esses óleos essenciais podem causar mortalidade significativa em diferentes estágios do desenvolvimento dos insetos, além de reduzir a oviposição e inibir a alimentação (Bueno; Andrade, 2010).

Por sua vez, a família Fabaceae, considerada uma das maiores do reino vegetal, engloba uma ampla diversidade de espécies com expressiva atividade inseticida, atribuída à presença de metabólitos secundários como flavonoides, alcaloides, isoflavonoides, saponinas e rotenoides. Estes últimos, encontrados em espécies como *Tephrosia vogelii* e *Pachyrhizus erosus*, são amplamente reconhecidos por sua ação tóxica sobre insetos, uma vez que interferem diretamente na cadeia respiratória mitocondrial (Cruz *et al.*, 2012).

Outros compostos característicos da família, como os alcaloides quinolizidínicos presentes em *Lupinus albus*, apresentam efeitos neurotóxicos e antialimentares, promovendo a mortalidade e a redução da proliferação de pragas agrícolas importantes, inclusive aquelas associadas ao armazenamento de grãos.

Além disso, as Fabaceae destacam-se pela capacidade de fornecer extratos e frações bioativas a partir de diferentes partes da planta — folhas, sementes, raízes e cascas —, ampliando seu potencial de aplicação em variadas formulações de defensivos naturais (Marangoni; Moura; Garcia, 2010).

A comparação entre as famílias Rutaceae e Fabaceae evidencia que ambas apresentam elevado potencial bioinseticida, embora diferenciem-se quanto à composição química predominante e aos mecanismos de ação de seus compostos. Enquanto a Rutaceae se sobressai pela volatilidade e rápida ação de seus óleos essenciais, com efeitos predominantemente repelentes e neurotóxicos, a Fabaceae concentra compostos com ação larvicida, citotóxica e antialimentar mais prolongada (Melo junior *et al.*, 2018). Essa diversidade fitoquímica amplia as possibilidades de utilização dessas famílias no desenvolvimento de biopesticidas capazes de atuar em diferentes etapas do ciclo de vida dos insetos, contribuindo para a redução da resistência das pragas e da dependência de pesticidas sintéticos.

Dessa forma, as famílias Rutaceae e Fabaceae configuram-se como pilares fundamentais na prospecção de compostos naturais voltados à agricultura sustentável. Seus extratos vegetais e óleos essenciais destacam-se não apenas pela eficácia no controle de pragas, mas também pela menor toxicidade ambiental, elevada biodegradabilidade e potencial de integração em sistemas agroecológicos. A ampliação das pesquisas envolvendo essas famílias contribui significativamente para o desenvolvimento de defensivos naturais mais seguros, eficazes e economicamente viáveis, consolidando-se como uma alternativa estratégica para o futuro da agricultura moderna.

2.5 O USO DE EXTRATOS COMO INSETICIDA NATURAIS

Algumas espécies vegetais desenvolvem substâncias com atividade biológica que, ao longo da evolução, contribuíram para a adaptação e sobrevivência das plantas. Essas substâncias são conhecidas como metabólitos secundários e apresentam diversas propriedades, incluindo atividades medicinais, inseticidas, repelentes e antibacterianas (Saito, 2004).

Nos últimos anos, diversas pesquisas têm sido realizadas com foco, entre outros aspectos, na avaliação de extratos vegetais com potencial inseticida. Esses

estudos têm considerado tais extratos como alternativas viáveis para o manejo e o controle de pragas agrícolas (Lima junior, 2011).

Diante da necessidade de adoção de métodos mais sustentáveis na agricultura, observa-se um aumento significativo no número de estudos voltados à investigação da eficácia de extratos vegetais aplicados aos cultivos agrícolas (Arshad *et al.*, 2019; Almohmadi; Al-ani, 2019). A utilização desses extratos apresenta potencial para diferentes finalidades, como a indução de resistência em plantas (Costa *et al.*, 2019) e a ação inseticida direta (Pavela *et al.*, 2018). Além disso, os extratos vegetais podem ser aplicados de diversas formas na agricultura, incluindo o tratamento de sementes (Arshad *et al.*, 2019; Almohmadi; Al-ani, 2019; Carvalho, 2021).

Segundo Silva (2006), o crescente interesse por alternativas menos agressivas ao ser humano e ao meio ambiente tem evidenciado o elevado potencial do uso de extratos vegetais como inseticidas naturais. Esses extratos apresentam, ainda, propriedades antifúngicas eficazes no controle de fungos fitopatogênicos, conforme demonstrado por Jamal *et al.* (2008) e Silva *et al.* (2006). As substâncias presentes nos extratos atuam como mecanismos de defesa vegetal, dificultando o estabelecimento de organismos patogênicos (Silva *et al.*, 2006).

As substâncias encontrados nos extratos vegetais podem ser caracterizados como agentes capazes de ativar mecanismos de defesa nas plantas, atuando como elicitores. Entre esses compostos, destacam-se os oligogalacturonídeos, classificados como padrões moleculares associados a danos (Damage-Associated Molecular Patterns – DAMPs), e os compostos associados a microrganismos, conhecidos como padrões moleculares associados a microrganismos (Microbe-Associated Molecular Patterns – MAMPs). Esses compostos apresentam potencial na defesa contra doenças bacterianas e fúngicas (Barguil *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2007; Vieira *et al.*, 2016).

Azadirachta indica A. Juss., conhecida popularmente como neem, é amplamente estudada devido ao seu elevado potencial biológico. Originária do subcontinente indiano, a planta é rica em metabólitos secundários, como limonoides, flavonoides e terpenoides, destacando-se a azadiractina, considerada o principal composto bioativo responsável por suas propriedades inseticidas e reguladoras do crescimento de insetos. Extratos e óleos obtidos de diferentes partes da planta apresentam atividades inseticida, antifúngica, antibacteriana e repelente, além de atuarem na indução de mecanismos de defesa vegetal, sendo amplamente

empregados como alternativa sustentável no manejo integrado de pragas e doenças agrícolas (Schmutterer, 1990; Isman, 2006; Mordue; Nisbet, 2000).



Figura 1- *Azadirachta indica* A. Juss - Crédito: Getty Images/iStockphoto

Com o objetivo de reduzir o uso de agrotóxicos e minimizar os danos econômicos, ambientais e à saúde humana, os extratos naturais têm sido cada vez mais estudados. Isso ocorre porque sua extração e seu manuseio são, em geral, de fácil acesso, o que os torna ferramentas relevantes no Manejo Integrado de Pragas (MIP), contribuindo para o aprimoramento do controle de insetos (Embrapa, 2016).

Os benefícios associados ao uso de extratos vegetais na proteção de plantas são amplamente reconhecidos, sobretudo devido à capacidade dessas substâncias de originar novos compostos bioativos, apresentarem menor toxicidade ao ambiente e possuírem rápida degradação no meio natural. Essas características decorrem do fato de os extratos vegetais serem provenientes de recursos renováveis (Ferraz, 2008). Dessa forma, a utilização de extratos de origem orgânica configura-se como uma alternativa promissora, beneficiando tanto produtores quanto consumidores, ao reduzir os riscos de poluição ambiental e de contaminação dos alimentos.

Para (Bettiol & Morandi, 2009):

“Assim, o controle biológico pode ser acompanhado por práticas culturais, visando a obter um ambiente favorável aos antagonistas e à resistência da planta hospedeira ou ambas, o melhoramento da planta para aumentar a resistência ao patógeno ou adequar o hospedeiro às atividades dos antagonistas e a introdução inundativa de antagonistas, linhagens não

patogênicas, outros organismos ou agentes benéficos. "(Bettiol & Morandi, 2009, p.304).

As plantas ao fazerem uso de suas propriedades antagônicas desempenham um papel importante, não só para a proteção de plantas, como também no controle biológico (Bettiol & Morandi, 2009).

2.6 UTILIZAÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDARIOS FIXOS ISOLADOS COMO INSETICIDAS NATURAIS

Ao longo da evolução, as plantas desenvolveram mecanismos de defesa naturais não apenas contra outras plantas, mas também contra predadores. Esses mecanismos baseiam-se, principalmente, na produção de substâncias de metabolismo secundário, cuja natureza química confere proteção contra diversos agentes bióticos (Croteau *et al.*, 2000; Pinto *et al.*, 2002).
Conforme CROTEAU et al. (2000):

"Os produtos naturais parecem funcionar principalmente na defesa contra predadores e agentes patogênicos e na vantagem reprodutiva como atratores de polinizadores e dispersores de sementes. Podem também atuar para criar vantagens competitivas como venenos de espécies rivais [...] ao longo da evolução, as plantas desenvolveram defesas contra a herbivoria e o ataque microbiano e produziram outros produtos naturais para aumentar a competitividade. As plantas mais bem defendidas e mais competitivas geraram mais descendentes, e assim a capacidade de produzir e armazenar com segurança esses metabólitos ecologicamente úteis tornou-se amplamente estabelecida no reino vegetal." (Croteau *et al.*, 2000, p.1316)

Os estudos sobre metabólitos secundários de plantas têm se desenvolvido de forma acelerada nas últimas décadas. Durante muito tempo, a importância dessas substâncias permaneceu pouco compreendida, sendo consideradas apenas subprodutos do metabolismo vegetal. No entanto, atualmente reconhece-se que os metabólitos secundários desempenham papel fundamental na adaptação das plantas aos seus ambientes, atuando na defesa contra herbívoros e patógenos, na resposta a estresses bióticos e abióticos, bem como na atração de polinizadores e na comunicação ecológica. Além disso, esses compostos constituem uma importante fonte de substâncias biologicamente ativas, incluindo fármacos, toxinas, aromatizantes e outras moléculas de interesse farmacológico e biotecnológico (Taiz *et al.*, 2017).

Os metabólitos secundários, geralmente caracterizados por estruturas químicas complexas e baixo peso molecular, apresentam atividades biológicas marcantes. Diferentemente dos metabólitos primários, são encontrados em baixas concentrações e em grupos específicos de plantas (Berg; Lubert, 2008 apud Pereira; Cardoso, 2012).

O metabolismo vegetal pode ser definido como o conjunto de transformações das moléculas orgânicas catalisadas por enzimas que ocorrem nas células vivas, responsáveis pelo fornecimento de energia, renovação molecular e manutenção da organização estrutural do organismo (Marzzoco; Torres, 2007; Pereira; Cardoso, 2012).

As plantas produzem uma ampla diversidade de compostos bioativos e metabólitos secundários como mecanismos de defesa contra insetos e microrganismos, bem como estratégias de adaptação a condições ambientais adversas, como variações de temperatura, umidade, intensidade luminosa e períodos de seca (Ramakrishna; Aswathanarayana, 2011 apud Vélez-Terranova *et al.*, 2014).

Os compostos orgânicos produzidos pelas plantas podem ser classificados em metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários desempenham funções essenciais, como participação estrutural, atividades plásticas e armazenamento de energia. Já os metabólitos secundários, também denominados produtos naturais, não estão diretamente relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal, embora exerçam funções ecológicas relevantes (Taiz; Zeiger, 2006 apud Vizzotto *et al.*, 2010).

Entre as funções ecológicas dos metabólitos secundários destacam-se a proteção contra herbívoros e patógenos, a atração de polinizadores, a mediação de interações competitivas entre plantas e a participação em processos de simbiose entre plantas e microrganismos (Taiz; Zeiger, 2006 apud Vizzotto *et al.*, 2010).

Quimicamente, os metabólitos secundários vegetais podem ser agrupados em três grandes classes: terpenos ou terpenoides, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (Taiz; Zeiger, 2006).

Além de suas funções ecológicas, alguns metabólitos secundários apresentam elevada eficácia no controle de determinadas espécies de insetos, configurando-se como uma alternativa de baixo custo e ambientalmente viável para o manejo de pragas agrícolas (Santos *et al.*, 2013).

Pouteria guianensis Aubl, conhecida popularmente como abiurana, é amplamente distribuída em regiões tropicais da América do Sul, especialmente na

Amazônia. Espécies desse gênero são reconhecidas pela produção de diversos metabólitos secundários, como triterpenos, flavonoides e compostos fenólicos, os quais desempenham importantes funções ecológicas relacionadas à defesa química contra herbivoria e ataque de microrganismos. Estudos indicam que extratos obtidos de espécies da família Sapotaceae apresentam potencial inseticida, repelente e antialimentar, evidenciando sua relevância como fonte promissora de substâncias naturais aplicáveis ao manejo sustentável de pragas agrícolas (SANTOS et al., 2013; SILVA et al., 2016).



Figura 2- *Pouteria guianensis* (Abiurana) - Crédito: (C) LEONARDO ÁLVAREZ-ALCÁZAR (2021)

Assim, os metabólitos secundários desempenham papel essencial na adaptação e defesa das plantas, apresentando ampla diversidade estrutural e atividades biológicas relevantes, como ações inseticidas, antifúngicas e repelentes. Essas características tornam esses compostos fontes promissoras para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis no manejo agrícola. Nesse contexto, destacam-se os óleos naturais de origem vegetal, especialmente os óleos essenciais, que concentram metabólitos secundários bioativos e têm sido amplamente estudados pelo seu potencial de aplicação na agricultura.

2.7 UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS NATURAIS NA AGRICULTURA

Ao conceituar os metabólitos secundários, Taiz e Zeiger (2004) afirmam que os vegetais produzem uma ampla variedade de compostos orgânicos que, aparentemente, não possuem função direta no crescimento e no desenvolvimento das plantas. Essas substâncias são conhecidas como metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais.

Ainda de acordo com (TAIZ; ZEIGER):

“Durante muitos anos, a importância adaptativa da maioria dos metabólitos secundários vegetais era desconhecida [...] os estudos dos metabólitos secundários foram iniciados pelos químicos orgânicos do século XIX e início do século XX, interessados nessas substâncias pela sua importância como drogas medicinais, venenos, aromatizantes e materiais industriais. “(Taiz; Zeiger, 2009, p.345):

Na natureza, em diversas plantas, são encontradas substâncias químicas resultantes do metabolismo secundário de espécies ao desempenhar um papel defensivo, inibindo a ação predadores. (Isman, 2006).

Os óleos essenciais são compostos principalmente de mono e sesquiterpenos e de fenilpropanoides que conferem suas características organolépticas, podendo apresentar propriedades inseticidas como repelência (Ngoh et al., 1998, Jiang et al., 2012 Apud Silva, 2016), geralmente são odoríferas e líquidas, incolores ou ligeiramente amareladas. Também são muito instáveis, principalmente na presença de ar, luz, calor, umidade e metais (Simões et al., 2004 Apud Sá, 2018).

Ainda fazendo parte dos metabólitos secundários das plantas voltados para a ação de biopesticidas, tem-se os monoterpenos onde tem aumentado a sua busca devido o seu potencial inseticida contra uma grande quantidade de pragas (Regnault-Roger et al., 2012; Novato et al., 2018; Tabari et al., 2017; Lima de Souza et al., 2019). A estrutura dos monoterpenos é constituída por 10 átomos de carbonos onde eles podem ser configurados em diferentes andaimes por terpeno sintases (Leferink et al., 2016, 2019).

Além de seu efeito inseticida, os monoterpenos desempenham outros papéis importantes, sendo responsáveis pela fragrância de diversos produtos, como alimentos (Lewinsohn et al., 2001), vinho (Câmara et al., 2004), fragrância das flores (Hener et al., 1990). Pode-se notar que também tem propriedades farmacêuticas, desempenhando uma ampla importância nos processos ecológicos e biológicos (Keeling & Bohlmann, 2006; Unsicker et al., 2009).

Fazendo parte da família dos terpenoides os sesquiterpenos, são compostos de 3 unidades de isopreno, compondo sua forma empírica de $C_{15}H_{24}$. Depois de alguns estudos realizados onde foram analisados mais de 5.000 sesquiterpenos, algumas de suas funções variam entre as defesas das plantas que são induzidas por

herbívoros, foi observado que espécies originárias de plantas sesquiterpenoides obtiveram resultados positivos servindo como anti-inflamatórios e alguns até como anti-cancerígenas. Além de serem descritos como envolvidos na defesa das plantas, também podem ser induzidos pela alimentação de insetos (Arimura *et al.*, 2000 ; Kessler & Baldwin, 2001).



Figura 3- *Piper aduncum* L. - Crédito: AdobeStock

A constituição dos óleos essenciais varia desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas e compostos com enxofre. Na mistura, tais compostos estão presentes em diferentes concentrações, normalmente variando de acordo com as características de cada planta (Simões; Spitzer, 2003) (Jakiemiu, 2008).

De todos os metabólitos secundários sintetizados pelos vegetais, os alcalóides e os óleos essenciais formam o grupo de compostos com maior número de substâncias biologicamente ativas (Santos et al., 2010 Apud Di Stasi, 1996).

Considerando que entre os metabólitos secundários sintetizados pelos vegetais, cerca de 60% dos óleos essenciais possuem atividades antifúngicas e 35% exibem propriedades antibacterianas. (Santos et al., 2010 Apud Bhavanani & Ballou, 1992). Com isso os óleos essenciais, em especial, atuam como inibidores da germinação, na proteção contra predadores, na atração de polinizadores, na proteção contra perda de água e aumento da temperatura (Santos et al., 2010 Apud Bruneton, 1991; Simões & Spitzer, 2003).

Óleos essenciais podem ter ação inseticida de distintas formas: ocasionando a morte de insetos em diferentes fases e estágios, causando derretência ou repelência, sendo o último citado, o modo de ação mais comum dos óleos essenciais (Santos,

2018 Apud Menezes, 2005; Isman, 2000). Ou ainda apresentando ação inseticida, inibindo a acetilcolinesterase nos insetos (Viegas Júnior, 2003).

Na literatura observa-se um grande número de trabalhos relacionados ao estudo de óleos essenciais que apresentam comprovada atividade fungicida, inseticida e controle de plantas espontâneas.

2.8 RELAÇÃO ENTRE EXTRATOS, ÓLEOS E METABÓLITOS DAS FAMÍLIAS RUTACEAE E FABACEAE

As famílias Rutaceae e Fabaceae apresentam notável importância no desenvolvimento de defensivos naturais devido à riqueza e diversidade de seus metabólitos secundários. Esses compostos, acumulados como resultado da adaptação evolutiva das plantas a fatores ambientais e pressões ecológicas, constituem a base química de extratos e óleos essenciais amplamente utilizados em pesquisas voltadas ao controle biológico de pragas (Melo Júnior *et al.*, 2018). A complexidade estrutural desses metabólitos confere propriedades inseticidas, repelentes, fungicidas e bactericidas que fazem dessas duas famílias botânicas fontes promissoras de biopesticidas de origem vegetal.

Os extratos vegetais obtidos de espécies das famílias Rutaceae e Fabaceae reúnem frações químicas capazes de interferir em processos fisiológicos essenciais dos insetos. Esses extratos são obtidos utilizando solventes com diferentes polaridades capazes de solubilizar classes específicas de metabólitos, como flavonoides, terpenoides, alcaloides e saponinas (Milleo *et al.*, 2019). A eficiência biológica dos extratos depende diretamente da composição fitoquímica das plantas, que varia conforme o órgão vegetal, estágio de desenvolvimento e condições ambientais. Essa diversidade torna as duas famílias particularmente relevantes no contexto da prospecção de defensivos naturais.

Os óleos essenciais, amplamente produzidos pela família Rutaceae e presentes em menor escala na Fabaceae, correspondem a misturas voláteis ricas em monoterpenos e sesquiterpenos, compostos altamente reativos e com ação biológica comprovada. Esses óleos são caracterizados pela rápida evaporação, forte odor e alta capacidade de difusão no ambiente, o que permite sua atuação como fumigantes, repelentes e agentes neurotóxicos para insetos. Seus componentes químicos podem inibir a acetilcolinesterase, comprometer o sistema respiratório dos insetos ou provocar deterrência alimentar (Matos *et al.*, 2021).

A Rutaceae, composta por gêneros como *Citrus*, *Ruta* e *Zanthoxylum*, destaca-se pela produção de limonoides e cumarinas, metabólitos com ação antialimentar, larvícida e inibidora do crescimento. Óleos essenciais dessas espécies costumam apresentar elevada concentração de limoneno, citronelal, linalol e outros terpenos que desempenham função central na defesa química das plantas. Esses compostos demonstram eficácia contra diversas pragas agrícolas, reduzindo oviposição, alimentação e desenvolvimento larval, além de provocarem mortalidade significativa em bioensaios (Marangoni, Moura, e Garcia, 2018).

A família Fabaceae, por sua vez, apresenta grande diversidade fitoquímica e concentra metabólitos secundários como rotenoides, alcaloides quinolizidínicos, flavonoides e isoflavonoides. Esses compostos são encontrados em sementes, folhas e raízes, conferindo às plantas forte atividade inseticida, antialimentar e ovicida. Os rotenoides, presentes em espécies como *Tephrosia vogelii* e *Pachyrhizus erosus*, são especialmente reconhecidos por sua ação sobre a cadeia respiratória mitocondrial dos insetos, resultando em paralisia e morte. Outros metabólitos, como saponinas e alcaloides, interagem com membranas celulares, comprometendo processos metabólicos essenciais (Bueno e Andrade, 2010).

A relação entre extratos e metabólitos secundários torna-se evidente ao se observar que diferentes solventes extraem diferentes classes químicas, influenciando diretamente a atividade biológica. Extratos aquosos, por exemplo, concentram principalmente compostos hidrofílicos como taninos e glicósidos, enquanto extratos alcoólicos e orgânicos apresentam maior teor de flavonoides, alcaloides e terpenoides (Cruz *et al.*, 2010).

Nas espécies das famílias Rutaceae e Fabaceae, essa variação na composição química determina a amplitude de ação sobre diferentes grupos de insetos, tornando os extratos instrumentos versáteis no manejo integrado de pragas (Matos *et al.*, 2021).

Os óleos essenciais, embora distintos dos extratos vegetais convencionais quanto à composição química e às formas de obtenção, complementam a ação dos metabólitos secundários presentes nas famílias Fabaceae e Rutaceae. Enquanto os extratos atuam predominantemente por contato direto, ingestão ou interferência em processos fisiológicos e metabólicos dos insetos, os óleos essenciais apresentam elevada volatilidade, sendo eficazes principalmente por fumigação, o que permite atingir pragas em ambientes fechados e em sistemas de armazenamento de grãos (Isman, 2000; Regnault-Roger, Vincent & Arnason, 2012). Além disso, estudos

demonstram que a combinação de extratos vegetais e óleos essenciais pode potencializar o efeito inseticida, resultando em interações sinérgicas que aumentam a mortalidade dos insetos e reduzem o tempo de exposição necessário para o controle das pragas, contribuindo para maior eficiência e menor impacto ambiental (Pavela, 2015; Isman & Grieneisen, 2014).

A interação entre os diferentes tipos de metabólitos presentes nas famílias Rutaceae e Fabaceae resulta em mecanismos de ação múltiplos, o que reduz a probabilidade de resistência por parte das pragas. Inseticidas sintéticos, por atuarem de forma específica, tendem a selecionar populações resistentes mais rapidamente (Milleo *et al.*, 2019). Em contraste, os compostos naturais podem afetar vários alvos fisiológicos simultaneamente, como o sistema nervoso, o sistema respiratório e o comportamento alimentar, aumentando a eficácia e longevidade dos defensivos naturais baseados nessas famílias.

Do ponto de vista ecológico, o uso de extratos vegetais e óleos essenciais de espécies das famílias Rutaceae e Fabaceae apresenta menor impacto ambiental quando comparado aos pesticidas sintéticos. Esses compostos tendem a possuir baixa persistência, rápida degradação no ambiente e menor toxicidade para organismos não alvo, como polinizadores e inimigos naturais, o que os torna promissores para o desenvolvimento de defensivos naturais alinhados aos princípios da agricultura sustentável (Isman, 2006; Regnault-Roger *et al.*, 2012; Pavela, 2015).

Assim, a relação entre extratos, óleos essenciais e metabólitos secundários das famílias Rutaceae e Fabaceae evidencia a importância dessas plantas para o desenvolvimento de tecnologias agrícolas que conciliem eficiência no controle de pragas com preservação ambiental. A diversidade química presente nessas famílias amplia o potencial de criação de novas formulações naturais, contribuindo significativamente para reduzir a dependência de agrotóxicos sintéticos e promover sistemas produtivos mais equilibrados e seguros.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão bibliográfica sobre inseticidas naturais, com ênfase no potencial inseticida de extratos e óleos essenciais das famílias Rutaceae e Fabaceae, destacando seus metabólitos secundários, mecanismos de ação e suas contribuições como defensivos naturais no manejo sustentável de pragas agrícolas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar um levantamento bibliográfico, utilizando as bases de dados Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Periódicos CAPES, acerca do uso de extratos e óleos essenciais como inseticidas naturais e alternativas sustentáveis aos agroquímicos sintéticos;

Discutir as propriedades inseticidas dos compostos naturais provenientes das famílias Rutaceae e Fabaceae;

Evidenciar as contribuições dos inseticidas naturais derivados de espécies das famílias Rutaceae e Fabaceae, identificando seu potencial de uso como alternativas sustentáveis aos pesticidas sintéticos.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

A revisão bibliográfica de caráter exploratório e explicativo. Segundo Gil (2002), as pesquisas explicativas tem como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. A pesquisa exploratória tem como objetivo de promover maior afinidade com a problemática, com o intuito de elaborar hipóteses para torná-lo mais explícito.

4.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, exploratória e qualitativa, tendo como objetivo reunir, analisar e sintetizar informações disponíveis na literatura científica sobre o uso de defensivos naturais como alternativa sustentável no controle de pragas. A coleta de dados foi realizada a partir da seleção de materiais disponíveis em bases de dados científicas e acadêmicas, tais como: Google Acadêmico, *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, e Periódicos Capes.

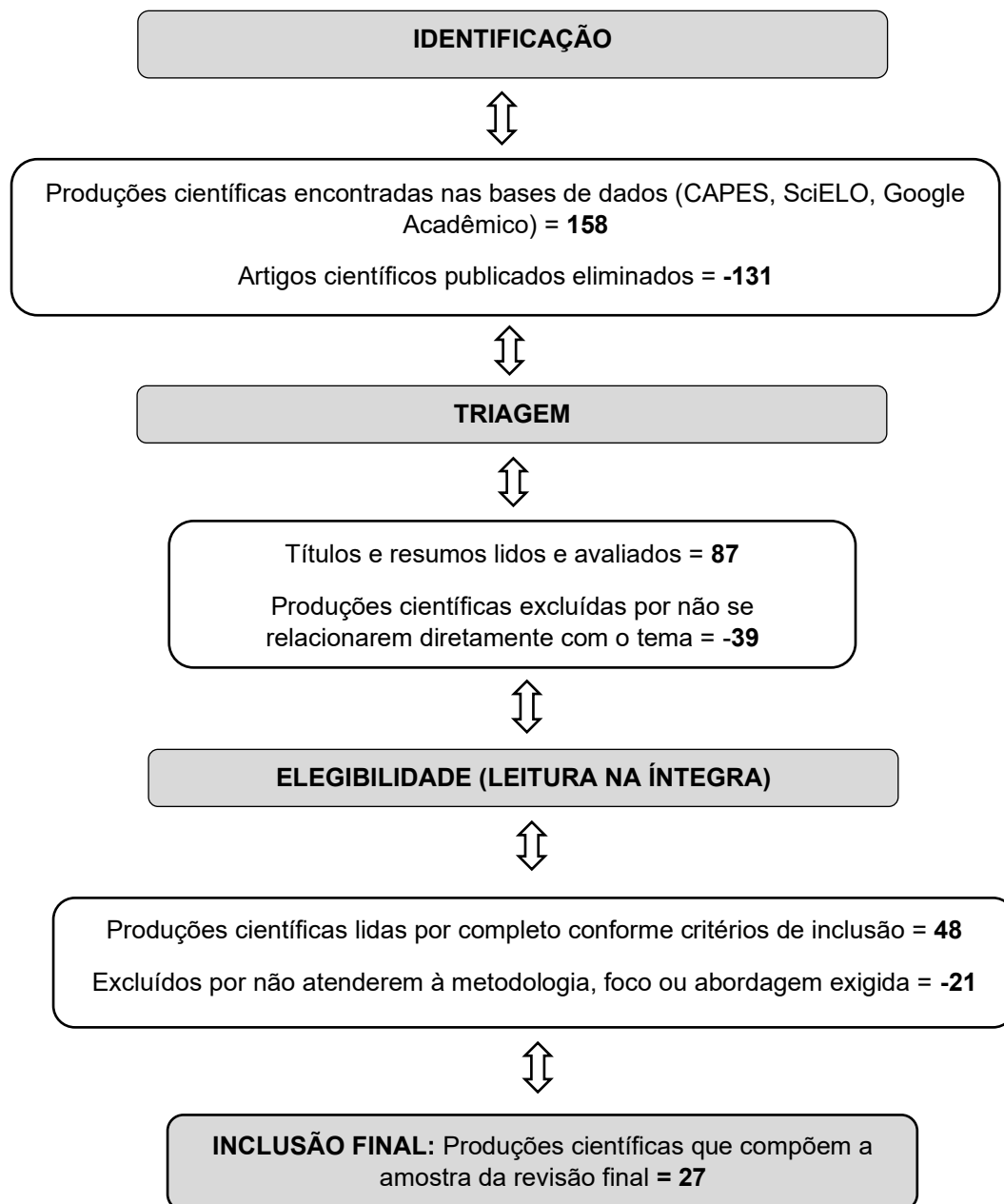
O estudo baseou-se na análise de 27 produções científicas publicados entre os anos de 2015 e 2025, selecionados a partir de periódicos internacionais, bem como repositórios institucionais de acesso aberto. Os critérios de busca envolveram a seleção de estudos publicados dos últimos dez anos, na língua portuguesa, inglesa, que estivessem disponíveis na íntegra e que tratassem de forma experimental ou teórica sobre metabólitos secundários vegetais, óleos essenciais e extratos naturais das famílias Fabaceae e Rutaceae com potencial inseticida.

O levantamento das produções científicas foi realizado por meio de consultas a bases de dados científicas, em língua inglesa, portuguesa, contemplando artigos científicos e dissertações. Para a busca, foram utilizados descritores como “*insecticidal activity AND extract*” e “*insecticidal activity AND essential oil*”, direcionados a estudos envolvendo espécies das famílias Fabaceae e Rutaceae. Foram adotados critérios de inclusão para selecionar apenas os trabalhos que abordassem o tema central de forma direta, contemplando pesquisas que apresentassem o uso de extratos vegetais, óleos essenciais, de origem natural aplicados na agricultura.

Foram excluídos os estudos publicados fora do recorte temporal definido, produções científicas repetidas e aqueles que tratavam exclusivamente do uso de agrotóxicos químicos sem menção a alternativas naturais. Após a triagem inicial, os trabalhos selecionados foram analisados a partir da leitura minuciosa de seus resumos, objetivos, metodologias e principais resultados.

Diante disso, vale destacar na revisão integrativa o fluxograma como ficou desenvolvido o levantamento de dados coletados pela busca eletrônica, a saber:

Figura 4: Fluxograma adaptado a Revisão Sistemática



Fonte: Própria do Autor (2025).

O fluxograma apresentado segue um modelo adaptado do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), instrumento amplamente utilizado para assegurar transparência e rigor metodológico na condução de revisões sistemáticas. Ele descreve de forma clara as etapas de seleção dos estudos incluídos na pesquisa, permitindo compreender o percurso desde a busca inicial até a definição da amostra final.

Na etapa de identificação, foram encontradas 158 produções científicas nas bases de dados dos periódicos da Capes, SciELO, e Google Acadêmico. Essa fase evidencia a amplitude da busca realizada, refletindo o esforço em contemplar um conjunto abrangente e relevante de publicações. Dessa seleção inicial, 131 produções científicas foram eliminadas, provavelmente por apresentarem duplicidade ou não atenderem aos critérios básicos de relevância para o tema.

Na fase de triagem, após análise dos títulos e resumos, restaram 87 produções científicas. Foram excluídos 39 trabalhos por não apresentarem relação direta com o tema central da pesquisa. Essa etapa é fundamental para refinar o foco do estudo, garantindo que apenas publicações pertinentes avancem para uma análise mais detalhada.

A etapa de elegibilidade contemplou a leitura integral de 48 produções científicas. Desses, 21 foram excluídos por não atenderem aos critérios pré-estabelecidos, seja por metodologia inadequada, abordagem divergente ou foco distinto do objeto de estudo. Essa fase é essencial para assegurar que os estudos incluídos possuam rigor metodológico e relevância temática.

Na fase de inclusão final, foram selecionadas 27 produções científicas, compondo a base da revisão sistemática. Esse número representa uma amostra criteriosa, que assegura consistência científica e relevância para o desenvolvimento das conclusões da pesquisa.

Portanto, o fluxograma evidencia um processo de seleção progressivo e rigoroso, onde filtros sucessivos reduzem a quantidade de estudos desde uma base inicial ampla até uma amostra final consistente. Esse método garante que os estudos incluídos sejam altamente relevantes, metodologicamente adequados e alinhados aos objetivos da pesquisa, fortalecendo a validade e a confiabilidade dos resultados.

4.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

O processo de análise consistiu em quadros estatísticos e comparativos, destacando informações referentes às espécies vegetais utilizadas, forma de extração dos princípios ativos, tipos de pragas controladas, métodos de aplicação, resultados obtidos e benefícios ambientais observados. A abordagem qualitativa permitiu compreender as contribuições de cada estudo, evidenciando avanços, desafios e perspectivas para a utilização de defensivos naturais no contexto da agricultura moderna.

Assim, a metodologia adotada possibilitou a construção de uma visão crítica e fundamentada sobre as potencialidades e limitações dos defensivos naturais, fornecendo subsídios para a discussão dos resultados e para a difusão de práticas mais sustentáveis no manejo agrícola.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

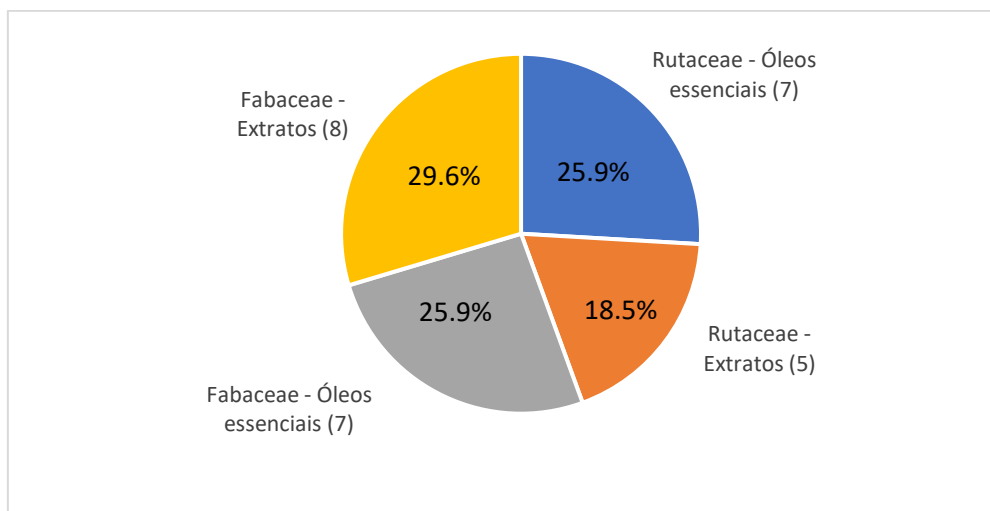
A presente seção apresenta os resultados obtidos a partir do levantamento bibliográfico realizado, bem como a análise crítica das informações coletadas. O objetivo é demonstrar de forma clara e estruturada como os dados obtidos nas diferentes bases de pesquisa se distribuem e qual o significado dessa distribuição para o tema investigado. A análise envolve não apenas a quantidade de estudos encontrados, mas também a relevância dos descritores utilizados, a representatividade de cada abordagem e as tendências observadas nas produções científicas.

5.1 LEVANTAMENTO NAS BASES DE DADOS

O levantamento bibliográfico foi inicialmente composto por 158 estudos encontrados nas bases Periódicos CAPES, SciELO e Google Acadêmico. Após triagem e aplicação dos critérios de elegibilidade, chegaram-se a 27 produções científicas que integraram a amostra final. Entre esses trabalhos, verificou-se predominância de produções científicas provenientes dos Periódicos CAPES, que corresponderam a 53,3% do total selecionado (16 estudos). A base SciELO contribuiu com 29,63% da amostra (8 estudos), enquanto o Google Acadêmico representou 11,11%, com 3 estudos incluídos. Esses dados indicam que as bases de maior rigor

acadêmico concentraram a maior parte das pesquisas relevantes ao tema, reforçando a consistência científica da revisão realizada.

Organização dos trabalhos científicos segundo a família vegetal e tipo de produto natural.



O gráfico demonstra a distribuição dos estudos selecionados de acordo com a família botânica e o tipo de produto natural investigado. A família Fabaceae destacou-se com o maior número de publicações, tanto na forma de extratos vegetais (8 estudos) quanto de óleos essenciais (7 estudos). A família Rutaceae também se mostrou significativa, com sete pesquisas voltadas para óleos essenciais e cinco em extratos. Esses números de estudos destaca a relevância dessas famílias botânicas nas pesquisas voltadas ao uso de produtos naturais com potencial aplicação no controle de pragas agrícolas.

Com base no levantamento realizado, o quadro 1 sintetiza a distribuição percentual e quantitativa dos estudos que compuseram a amostra desta revisão, estratificada conforme a origem nas bases de dados consultadas.

Quadro 1 – Percentual Estatístico do Levantamento Bibliográfico nas Bases CAPES, SciELO e Google Acadêmico

Base	Encontrados	Selecionados	Eliminados	% na amostra final
Periódicos CAPES	85	16	69	59,26%
SciELO	52	8	44	29,63%
Google Acadêmico	21	3	18	11,11%
Total	158	27	131	100%

Fonte: levantamento das produções científicas realizadas pelo pesquisador (2025).

Essa diferença na quantidade de publicações reflete o perfil das bases consultadas: a CAPES reúne maior número de periódicos científicos indexados e de alta relevância acadêmica, a SciELO concentra estudos voltados ao contexto e o Google Acadêmico, por sua abrangência geral, apresenta trabalhos com maior diversidade de abordagens e níveis de profundidade metodológica.

A análise das produções científicas selecionadas evidencia uma tendência consolidada na literatura científica: o avanço das investigações voltadas à atividade inseticida de compostos naturais, especialmente de famílias botânicas como Rutaceae, Fabaceae. Essas famílias destacam-se pela diversidade fitoquímica e pela presença de metabólitos secundários bioativos, como alcaloides, terpenoides, flavonoides e compostos fenólicos, que atuam como repelentes, larvicidas e inibidores do crescimento de pragas agrícolas.

A partir da sistematização dos dados, foi possível identificar padrões importantes quanto às partes das plantas utilizadas, aos métodos de extração e às espécies de insetos-alvo. Observou-se que folhas, sementes e cascas são as partes mais exploradas devido à alta concentração de compostos voláteis e terpenoides. Quanto ao tipo de extrato, os óleos essenciais e os extratos etanólicos e metanólicos apresentaram os melhores resultados de eficiência biológica, com destaque para estudos envolvendo espécies das famílias Rutaceae e Fabaceae, que demonstraram mortalidade superior a 80% em diversos bioensaios.

Esses achados reforçam que os defensivos naturais representam uma alternativa viável e ambientalmente segura para o manejo integrado de pragas (MIP). Além de reduzirem a dependência de insumos químicos, esses compostos apresentam baixo risco toxicológico, biodegradabilidade rápida e compatibilidade com organismos benéficos, favorecendo uma agricultura mais sustentável.

Com base nesses resultados, a próxima etapa da discussão busca aprofundar a análise dos estudos agrupados por famílias botânicas, Fabaceae e Rutaceae, evidenciando suas principais contribuições, compostos ativos e mecanismos de ação inseticida descritos na literatura.

O quadro 2 evidencia as atividades Inseticidas de Extratos de Espécies da Família Fabaceae:

Quadro 2 – Atividades Inseticidas de Extratos de Espécies da Família Fabaceae

Autor (Ano)	Espécie (Família)	Parte da Planta Utilizada	Tipo de Extrato / Solvente	Praga Alvo	Concentração / Dose Testada	Método de Avaliação	Principais Resultados / Eficácia
Mbatchou <i>et al.</i> (2017)	<i>Cassia tora</i> L. (Fabaceae)	Sementes	Extrato AcOEt; (aurantio-obtusina e obtusina)	<i>Anopheles gambiae</i> (larvas)	1–20 ppm	Bioensaio larvicida (mortalidade em 24–96h)	Extrato bruto apresentou LD ₅₀ = 2,5 ppm; atividade comparável à azadiractina; aumento da mortalidade com o tempo de exposição.
Mondol e Islam (2020)	<i>Mimosa pudica</i> L. (Fabaceae)	Folhas, caule e raízes	Extratos em petróleo-éter, clorofórmio, acetato de etila e metanol	<i>Cryptolestes pusillus</i> (besouro dos grãos armazenados)	0,25–2,0 mg/cm ²	Métodos de filme residual e aplicação de superfície	O extrato clorofórmico da raiz mostrou maior toxicidade (LD ₅₀ = 2,024 mg/cm ²); alta repelência; eficácia: raiz > folha > caule.
Priyono <i>et al.</i> (2020)	<i>Tephrosia vogelii</i> Hook. f. (Fabaceae)	Folhas	Extratos em n-hexano e metanol (isolados e mistos com <i>Piper retrofractum</i>)	<i>Crociodolomia pavonana</i> (lagarta da couve)	LC ₅₀ e LC ₉₅ < 0,5%	Bioensaio de resíduo em folha e contato direto	Extratos hexânicos apresentaram alta toxicidade (LC ₉₅ < 0,5%); mistura com <i>Piper retrofractum</i> teve efeito sinérgico; ação antialimentar dependente da concentração.

Febritami, Usiati e Dono (2018)	<i>Tephrosia vogelii</i> Hook. f. (Fabaceae)	Folhas	Extrato metanólico	<i>Nilaparvata lugens</i> (percevejo marrom do arroz)	0,1% e 0,5%	Teste de toxicidade e antioviposição	Mortalidade máxima de 42,5% a 0,5%; ausência de fitotoxicidade; extrato promissor para controle biológico.
Estrella-Parra et al. (2016)	<i>Pachyrhizus erosus</i> (Fabaceae)	Sementes	Compostos voláteis naturais (rotenona e isoflavonoides)	Ectoparasitas (piolhos, pulgas)	—	Identificação química (GC-MS) e observação etnobotânica	Presença de rotenona e isoflavonoides com reconhecida ação inseticida e acaricida; uso tradicional contra sarna e parasitas.
Elma et al. (2021)	<i>Lupinus albus</i> L. (Fabaceae)	Sementes	Extrato metanólico	<i>Tetranychus urticae</i> (ácaro vermelho), <i>Callosobruchus maculatus</i> (gorgulho-do-feijão), <i>Plodia interpunctella</i> (traçador-cereais)	0,625–25% (w/w); aplicação tópica	Bioensaio em disco foliar (ácaro), aplicação tópica em adultos/larvas (insetos)	Alta toxicidade para <i>C. maculatus</i> (LD ₅₀ = 0,55% em 72h) e forte ação acaricida para <i>T. urticae</i> (LC ₅₀ = 2,73% em 72h); baixa eficácia contra <i>P. interpunctella</i> ; sementes apresentam alto teor de fenóis e flavonoides, associados à atividade inseticida.

Wandri et al. (2024)	<i>Senna multijuga subsp. multijuga</i>	Folhas, casca e caule	Extrato etanólico	<i>Oryctes rhinoceros</i> (besouro rinoceronte -do-coqueiro)	Larvas: 1,25–3,75%; Adultos: 12,5–25%	Teste de campo e laboratório	Extratos apresentar am atividade inseticida e atrativa; folhas agiram principalm ente sobre larvas, caule e casca sobre adultos.
Monção, Araújo e Citó (2019)	<i>Mimosa caesalpinii folia</i> (Fabaceae – Mimosoide ae)	Folhas	Extrato aquoso (EA)	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Não informa	Bioensaio s de atividade inseticida (mosca-branca)	Atividade inseticida: eficácia elevada contra

Fonte: Levantamento adaptado pelo pesquisador (2025)

A análise dos estudos apresentados no quadro evidencia que as espécies pertencentes à família *Fabaceae* que apresentam expressivo potencial inseticida, sendo amplamente investigadas em razão da sua diversidade fitoquímica e pela presença de compostos bioativos como flavonoides, alcaloides, rotenoides e saponinas, que desempenham papel importante na defesa química das plantas. Os resultados obtidos nos diferentes estudos analisados demonstram a eficácia de extratos brutos e frações obtidas de folhas, sementes e raízes no controle de diversas pragas agrícolas e vetores de importância econômica.

O estudo desenvolvido por Mbatchou *et al.* (2017) com a espécie *Cassia tora* L. revelou alta atividade larvicida dos extratos etil-acetato (contra *Anopheles gambiae*). O bioensaio larvicida indicou valores de LD₅₀ de 2,5 ppm para o extrato bruto, resultados comparáveis aos de substâncias padrão como a azadirachtin. Essa elevada toxicidade em baixas concentrações demonstra a eficácia do extrato na mortalidade das larvas e reforça o potencial das Fabaceae como fontes de moléculas com ação inseticida natural. Além disso, o estudo destacou o tempo de exposição como fator determinante na letalidade, evidenciando um efeito cumulativo sobre o ciclo larval.

De modo semelhante, Mondol e Islam (2020), ao estudarem *Mimosa pudica* L., observaram que os extratos em diferentes solventes (petróleo-éter, clorofórmio, acetato de etila e metanol) apresentaram efeitos tóxicos e repelentes expressivos sobre *Cryptolestes pusillus*, um inseto que causa danos a grãos armazenados. Entre as frações testadas, o extrato clorofórmico das raízes foi o mais ativo, apresentando LD₅₀ de 2,024 mg/cm². A ordem de eficácia: raiz > folha > caule; revela que a distribuição dos metabólitos bioativos na planta varia entre os órgãos, sendo as raízes particularmente ricas em substâncias com potencial inseticida. O estudo também confirmou o efeito repelente prolongado, o que amplia a aplicabilidade prática dos extratos no controle de pragas pós-colheita.

No trabalho de Prijono *et al.* (2020), a espécie *Tephrosia vogelii* Hook. f. foi avaliada quanto à ação de seus extratos hexânico e metanólico sobre *Crociodolomia pavonana*, uma importante lagarta que afeta a cultura da couve. Os bioensaios realizados com resíduos em folhas e aplicação por contato direto mostraram que o extrato hexânico apresentou forte atividade inseticida, com valores de LC₉₅ inferiores a 0,5%, demonstrando alta eficácia mesmo em concentrações reduzidas. Além disso, quando o extrato foi combinado com *Piper retrofractum*, observou-se efeito sinérgico, ampliando a mortalidade e o efeito antialimentar. Esses resultados reforçam a importância de misturas de extratos vegetais como estratégia para aumentar a eficiência e reduzir o risco de resistência em pragas.

Em outro estudo com a mesma espécie, Febritami, Usiati e Dono (2018) investigaram o efeito do extrato metanólico de *Tephrosia vogelii* sobre *Nilaparvata lugens*, o percevejo-marrom do arroz. O tratamento com concentrações de 0,1% e 0,5% apresentou mortalidade de até 42,5%, sem causar fitotoxicidade nas plantas de arroz. Embora a mortalidade observada seja inferior à de outros estudos, os autores destacam o potencial de uso do extrato como agente complementar no controle biológico de pragas, especialmente em sistemas agrícolas integrados. O estudo também sugere que a atividade moderada pode estar associada à menor concentração de rotenoides nas amostras utilizadas, compostos reconhecidos como os principais agentes inseticidas dessa espécie.

Por sua vez, Estrella-Parra *et al.* (2016) estudaram *Pachyrhizus erosus*, uma Fabaceae conhecida pela produção natural de rotenona, composto amplamente

relatado na literatura por seu efeito tóxico sobre insetos e ácaros. O trabalho identificou a presença de rotenona e isoflavonoides nos extratos voláteis das sementes, confirmando a atividade inseticida e acaricida observada em testes etnobotânicos e análises químicas (GC-MS). A rotenona atua inibindo a respiração celular mitocondrial dos insetos, causando rápida paralisação e morte, o que explica o sucesso da espécie no controle de ectoparasitas como piolhos e pulgas. Assim, o estudo de *Pachyrhizus erosus* reforça a importância da investigação fitoquímica direcionada na descoberta de compostos naturais com ação inseticida seletiva.

Ao se compararem os resultados obtidos entre os estudos, observa-se uma convergência quanto à eficiência dos extratos das Fabaceae, independentemente da espécie, parte da planta ou tipo de praga testada. Em geral, as folhas e raízes se destacam como as partes mais ativas, e os solventes de média a alta polaridade (clorofórmio, metanol e n-hexano) se mostraram mais eficazes na extração dos metabólitos responsáveis pela toxicidade. Outro ponto relevante é que, em todos os trabalhos, as doses letais médias (LD_{50} e LC_{50}) apresentaram valores baixos, indicando alta eficiência biológica com baixo impacto ambiental em comparação aos pesticidas sintéticos.

O estudo de Elma *et al.* (2021) amplia significativamente o conhecimento sobre o potencial inseticida e acaricida de espécies da família Fabaceae, especialmente ao investigar o extrato metanólico das sementes de *Lupinus albus* L. contra diferentes grupos de pragas agrícolas. Os resultados revelam um perfil de eficácia diferenciado, o que permite comparações importantes com outras espécies já investigadas e presentes no quadro. Em primeiro lugar, destaca-se que o extrato de *L. albus* apresentou uma alta eficácia contra *Callosobruchus maculatus*, com valores extremamente baixos de LD_{50} (0,55% após 72h), evidenciando sua forte ação tóxica sobre esse inseto-praga fundamental de grãos armazenados. Esse efeito é comparável aos melhores desempenhos relatados na literatura para Fabaceae, como *Tephrosia vogelii*, conhecida pela presença de rotenoides com elevada toxicidade inseticida. A alta mortalidade observada sugere que os alcaloides quinolizidínicos, abundantes em *Lupinus*, desempenham papel central na toxicidade, corroborando estudos anteriores sobre compostos como sparteína e lupanina.

Em relação a *Tetranychus urticae*, o extrato de *L. albus* demonstrou atividade acaricida consistente, com LC_{50} decrescentes (4,03% → 2,73%) ao longo das 72h de exposição. Embora menos potente que compostos rotenoides de *Tephrosia vogelii*, sua eficácia ainda é significativa quando comparada a outras Fabaceae com ação mais moderada. Isso indica que a concentração de fenóis e flavonoides, particularmente elevada nas sementes analisadas por Elma *et al.* (2021), pode atuar sinergicamente com os alcaloides, ampliando a letalidade sobre ácaros fitófagos.

Por outro lado, o estudo evidencia uma baixa ação inseticida sobre *Plodia interpunctella*, cujos valores de LC_{50} permaneceram elevados (18–23%), indicando resistência natural das larvas frente aos metabólitos presentes no extrato. Esse achado reforça que, embora as Fabaceae apresentem amplo espectro de atividade, sua eficácia pode variar substancialmente conforme o grupo de insetos, o desenvolvimento larval e as vias metabólicas envolvidas na detoxificação.

Outro ponto relevante da análise de Elma *et al.* refere-se à rica composição fitoquímica do extrato, com elevados teores de fenóis totais (686,99 mg GAE/100 g), flavonoides (22,06 mg QE/100 g) e atividade antioxidante. Essa característica distingue *L. albus* das demais Fabaceae avaliadas no quadro, sugerindo que essa espécie apresenta não apenas atividade tóxica direta, mas também composto secundários funcionalmente ativos, possivelmente envolvidos em mecanismos de defesa natural da planta.

No conjunto, os resultados de Elma *et al.* contribuem para confirmar o potencial da família Fabaceae como fonte diversificada de substâncias bioativas para manejo ecológico de pragas. *Lupinus albus*, embora menos estudada que *Tephrosia* ou *Cassia*, demonstra desempenho relevante, sobretudo contra pragas de grãos armazenados e ácaros. Esses achados reforçam a necessidade de aprofundar estudos sobre isolamento de compostos ativos, mecanismos de toxicidade e viabilidade de uso em sistemas de agricultura sustentável e programas de manejo integrado de pragas.

Na pesquisa recente de Wandri *et al.* (2024), foi relatado pela primeira vez o uso de *Senna multijuga subsp. multijuga* como bioinseticida e atrativo natural para o besouro rinoceronte-do-coqueiro (*Oryctes rhinoceros*). O estudo demonstrou que extratos das folhas, cascas e caules apresentaram diferentes graus de ação inseticida,

sendo o extrato foliar mais eficaz contra as larvas e os extratos de caule e casca mais ativos contra adultos. Além disso, a planta mostrou-se capaz de atrair os insetos com eficiência superior à de armadilhas de feromônio sintético, o que sugere um potencial duplo, tanto para controle quanto para monitoramento populacional da praga.

O estudo de Monção, Araújo e Citó (2019) demonstra que as espécies da família Fabaceae, particularmente do gênero *Mimosa*, apresentam ampla diversidade fitoquímica que inclui flavonoides, alcaloides, saponinas, triterpenos e óleos naturais, os quais estão associados a diferentes atividades biológicas, inclusive à ação inseticida. Embora o artigo enfatize majoritariamente extratos etanólicos, aquosos, hexânicos e frações orgânicas, a presença de metabólitos lipofílicos, como terpenoides e compostos fenólicos, sugere um potencial significativo para formulações baseadas em óleos naturais, devido à sua capacidade de penetrar tecidos de insetos e interferir em processos fisiológicos essenciais. A revisão destaca que *Mimosa caesalpiniiifolia* apresentou atividade inseticida relevante (++) contra mosca-branca (*Bemisia tabaci*), reforçando que compostos oriundos da família Fabaceae podem atuar como alternativas viáveis e menos tóxicas aos inseticidas sintéticos. Embora o estudo não detalhe especificamente o uso de óleos essenciais na atividade inseticida, a composição química registrada para o gênero indica que tais óleos podem representar uma via promissora, especialmente devido à presença de substâncias aromáticas e lipossolúveis com reconhecida ação bioativa.

Além disso, a diversidade estrutural dos compostos identificados no gênero *Mimosa* sugere mecanismos múltiplos de ação inseticida, incluindo: interferência na respiração celular, alterações no sistema nervoso central de pragas, bloqueio de síntese de quitina e efeitos deterrentes sobre alimentação e oviposição. A evidência de forte ação inseticida associada a extratos aquosos indica que as moléculas ativas possuem boa solubilidade ou são suficientemente eficazes mesmo em sistemas não oleosos, o que também aponta para sinergismos entre compostos hidrofílicos e lipofílicos naturalmente presentes nas plantas da Fabaceae. Assim, a revisão de Monção, Araújo e Citó corrobora o crescente interesse no desenvolvimento de inseticidas botanicamente derivados, ressaltando que os extratos e óleos dessas espécies representam uma base sustentável, de baixo impacto ambiental e com

grande potencial para controle integrado de pragas, especialmente em sistemas agrícolas que buscam reduzir a dependência de pesticidas sintéticos.

De modo geral, os estudos analisados demonstram que as espécies da família Fabaceae representam fontes promissoras de compostos inseticidas naturais, podendo ser utilizadas no desenvolvimento de biopesticidas sustentáveis para o manejo integrado de pragas agrícolas e urbanas. Além disso, a diversidade química observada entre as espécies sugere um amplo campo para pesquisas futuras, voltadas à identificação e purificação dos princípios ativos, à avaliação da toxicidade seletiva e à padronização de formulações que garantam segurança e eficácia no uso agrícola.

Diante disso, aborda-se as atividades inseticidas sobre os óleos da família Fabaceae, no Quadro 3:

Quadro 3- Atividades Inseticidas de Óleos de Espécies da Família Fabaceae

Autor (Ano)	Tipo de Planta (Espécie – Fabaceae)	Parte da Planta	Óleo Utilizado	Praga Alvo	Concentração/Dose	Método de Avaliação	Resultados Principais
Aly <i>et al.</i> (2023)	<i>Leucaena leucocephala</i>	Resíduos de madeira (galhos)	Bio-óleo e biochar obtidos por pirólise	<i>Sitophilus oryzae</i> (caruncho do arroz)	Bio-óleo 30%; Biochar 3 g/kg	Exposição direta em grãos armazenados	Bio-óleo apresentou 93% de mortalidade em 7 dias; mistura bio-óleo + biochar (5% + 0,5 g/kg) aumentou toxicidade (fator 30,11x).
Perumal <i>et al.</i> (2023)	<i>Acacia nilotica</i>	Sementes	Óleo essencial (hidrodestilado)	<i>Spodoptera litura</i> , <i>Tenebrio molitor</i> , <i>Oxycaenus hyalinipennis</i> , <i>Aphis fabae</i>	LC ₅₀ = 37,6–62,2 µL/mL (dependendo da espécie)	Bioensaios de contato e toxicidade aguda (24 h)	Alta atividade inseticida contra quatro pragas agrícolas; sem toxicidade relevante a espécies não-alvo

							(<i>E. eugeniae</i> , <i>A. salina</i>).
Noel <i>et al.</i> , (2021)	<i>Vigna unguiculata</i> (substrato da praga)	folhas maduras secas e pulverizadas	Componentes majoritários: Spathulenol (23,66%), Caryophyllene oxide (16,46%), 6-Isopropenyl-4 (16,30%)	Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae) Praga-chave de sementes de <i>Vigna unguiculata</i> (Fabaceae).	Aplicados em 50 g de sementes/ Doses: 4, 8, 12 e 16 µL.	Toxicidade por contato com pós e óleos (mortalidade em 24, 48 e 72 h)	Os resultados obtidos por meio da análise por GC-MS mostraram que os principais componentes do óleo essencial de <i>S. aromaticum</i> foram o eugenol (83,40%), enquanto no óleo essencial de <i>V. heterophylla</i> os principais compostos encontrados foram espatulenol (23,66%), óxido de beta-cariofileno (16,46%) e 6-isopropenil-4 (16,30%).
Mishra <i>et al.</i> , (2021)	<i>Vigna unguiculata</i> (feijão-caupi)	sementes	Óleos extraídos por hidrodestilação.	Callosobruchus chinensis (Coleoptera: Bruchidae)	<i>A. marmelos</i> : 14.351 µL (adultos), 13.296 µL (larvas) <i>C. reticulata</i> : 15.231 µL (adultos), 14.997 µL (larvas)	Redução de até 10.93% da atividade enzimática com 80% da dose LC50, indicando ação neurotóxica.	O artigo reforça o potencial dos óleos essenciais como alternativas seguras e eficazes para o controle de pragas em sementes de Fabaceae.
Rodrigues (2018)	<i>Vigna unguiculata</i>	Grãos de feijão-caupi	Óleo essencial de Protium	<i>Callosobruchus maculatus</i>	Contato: 10, 15, 20, 35 µL/20g (óleo) e 20, 25, 30,	Ensaio de toxicidade por contato,	Óleo e limoneno foram tóxicos ao

	(feijão-caupi)	cv. Aracê	heptaphyllum (almécega) e composto isolado limoneno	(caruncho-do-feijão)	35, 40 µL/20g (limoneno)	fumigação e repelência; contagem de mortalidade, ovos e adultos emergidos	inseto; óleo mais tóxico (CL50=14,23 µL/20g). Redução da oviposição e emergência, indicando efeito ovicida. Efeito repelente significativo do óleo e limoneno. Controle eficiente e alternativa promissora.
Avelino <i>et al.</i> (2019)	Copaifera langsdorffii	Casca e folha	Óleo essencial de copaíba (C. langsdorffii)	Aphis craccivora (pulgão-preto) em feijão-fava (Phaseolus lunatus)	0,05% (solução em água + DMSO 2%)	Discos foliares de feijão-fava (3,5 cm) imersos 30 s na solução; montagem em placas de Petri com chance de escolha (folha tratada vs. testemunha); 5 repetições; avaliação após 48 h do número de fêmeas atraídas e ninfas produzidas; análise por qui-quadrado e cálculo de porcentagem de repelência e redução de ninfas.	Não apresentou repelência significativa sobre as fêmeas adultas (resposta considerada neutra), porém reduziu significativamente a produção de ninfas, com cerca de 53,52% de redução, indicando efeito inseticida principalmente sobre a reprodução de A. craccivora.

Teixeira <i>et al.</i> (2023)	<i>Senna spectabilis</i> (Fabaceae)	Folhas secas, moídas	Hidrolato das folhas de <i>Senna spectabilis</i> (obtido por hidrodestilação e diluído em hexano)	<i>Sitophilus zeamais</i> (gorgulho-do-milho)	0,01%; 0,10% e 1,00% (10 µL aplicados em papel-filtro em cada concentração)	Ensaio comportamental em olfatômetro de quatro vias acoplado a bomba a vácuo; teste de escolha comportamental com 1 inseto/ensaio, 15 min de observação, 20 repetições; análise estatística pelo teste t ($P < 0,05$)	O hidrolato das folhas de <i>S. spectabilis</i> não apresentou efeito repelente; nas concentrações de 0,10% e 1,00% mostrou efeito atrativo significativo sobre <i>S. zeamais</i> , indicando potencial uso como isca em manejo de grãos armazenados.
-------------------------------	-------------------------------------	----------------------	---	---	---	---	---

Fonte: levantamente adaptado pelo pesquisador (2025)

A análise dos estudos sobre as atividades inseticidas de espécies da família Fabaceae evidencia a ampla diversidade química e biológica dessa família vegetal, bem como o seu potencial como fonte de bioinseticidas sustentáveis. Os resultados mostram que diferentes espécies, partes das plantas e métodos de extração influenciam significativamente a eficácia dos compostos, como monoterpenos, limonoides, alcaloides, e flavonoides contra pragas agrícolas e de armazenamento, oferecendo alternativas ecológicas ao uso de pesticidas sintéticos.

Por sua vez, Aly *et al.*, (2023) investigaram o uso de resíduos de *Leucaena leucocephala* submetidos ao processo de pirólise, resultando na produção de bio-óleo e biochar. O bio-óleo apresentou alta atividade inseticida contra o caruncho-do-arroz (*Sitophilus oryzae*), atingindo 93% de mortalidade em sete dias a 30% de concentração, enquanto o biochar, isoladamente, mostrou efeito limitado. A combinação de ambos potencializou a toxicidade (fator de sinergia de 30,11 vezes), sem afetar a germinação do trigo armazenado. Esse resultado evidencia que resíduos

lignocelulósicos de Fabaceae podem ser reaproveitados para controle de pragas, promovendo sustentabilidade e manejo de resíduos agrícolas.

O trabalho de Perumal *et al.*, (2023) avaliou o óleo essencial das sementes de *Acacia nilotica* contra diferentes espécies de pragas agrícolas, como *Spodoptera litura*, *Tenebrio molitor*, *Oxycarenus hyalinipennis* e *Aphis fabae*. Os resultados mostraram elevada mortalidade em todas as espécies testadas, com valores de LC₅₀ variando entre 37,6 e 62,2 µL/mL, sem efeitos tóxicos relevantes sobre organismos não alvo como *Eudrilus eugeniae* e *Artemia salina*. A análise química revelou a presença majoritária de hexadecano e heptacosano, alcanos de cadeia longa pertencentes à fração apolar do óleo essencial de acacia nilotica. Embora esses compostos não apresentem elevada atividade inseticida isoladamente, exercem papel funcional importante como moduladores da bioatividade da mistura, contribuindo para efeitos sinérgicos e para a ação física e química sobre os insetos, como interferência na adesão, locomoção, alimentação e oviposição. A identificação desses compostos, associada a grupos funcionais relacionados à atividade inseticida, reforça o potencial do óleo essencial como alternativa eficiente e ecologicamente segura no controle de pragas agrícolas.

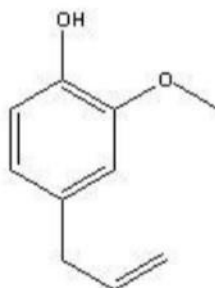
No trabalho de Noel *et al.* (2021), embora os óleos utilizados não sejam derivados de Fabaceae, sua aplicação direta sobre sementes de *V. unguiculata* permite compreender a dinâmica inseticida sobre um sistema de armazenamento típico dessa família vegetal. As sementes de *V. unguiculata* foram utilizadas como substrato experimental, sendo tratadas com óleos essenciais extraídos de *Vepris heterophylla* e *Syzygium aromaticum* nas concentrações de 4, 8, 12 e 16 µL aplicadas a cada 50 g de grãos.

Os resultados revelaram que os efeitos inseticidas observados estão diretamente associados à composição química dos óleos testados. A análise por GC-MS identificou que o óleo essencial de *S. aromaticum* possui como principal constituinte o *eugenol* (83,40%), composto amplamente reconhecido por seu forte potencial bioinseticida, atuando como neurotoxina e agente fumigante contra diversas pragas de grãos armazenados. Já o óleo de *V. heterophylla* apresentou como principais substâncias espatulenol (23,66%), óxido de beta-cariofileno (16,46%) e 6-isopropenil-4 (16,30%), metabólitos sesquiterpênicos conhecidos por exercerem

atividades tóxicas sobre insetos, principalmente por mecanismos de desestabilização do sistema respiratório e interferência na transmissão nervosa.

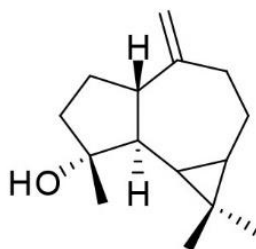
As estruturas químicas do eugenol e do espatulenol, apresentadas nas figuras 6 e 7, evidenciam características estruturais associadas à atividade inseticida, como a presença de grupos funcionais reativos e elevada lipofilicidade, fatores que favorecem a penetração desses compostos nos tecidos dos insetos e potencializam seus efeitos letais. De modo geral, compostos fenólicos e sesquiterpenos oxigenados têm sido amplamente associados à eficácia inseticida de óleos essenciais, em razão de sua volatilidade e múltiplos modos de ação.

Figura 6 – Estrutura química do Eugenol



Fonte: Santos (2010).

Figura 7 – Estrutura química do Espatulenol



Fonte: Oliveira (2012).

A avaliação da toxicidade por contato demonstrou que ambos os óleos *Syzygium aromaticum*, *V. heterophylla*, promoveram mortalidade significativa de *C. maculatus* nas primeiras 72 horas, indicando forte ação inseticida mesmo em baixas concentrações. A praga, altamente adaptada aos ambientes de armazenamento de leguminosas, apresentou suscetibilidade aos compostos de ambas as espécies utilizadas. Esse efeito reforça o potencial dos óleos essenciais como alternativa viável aos inseticidas sintéticos tradicionalmente empregados no tratamento de sementes de Fabaceae.

Portanto, os achados indicam que, embora não sejam plantas da família Fabaceae, os óleos testados apresentam forte potencial no controle de pragas que atacam sementes desse grupo, demonstrando eficiência significativa contra *C. maculatus*, um dos principais insetos daninhos da cultura de *V. unguiculata*. Esses resultados reforçam o papel promissor dos óleos essenciais como ferramentas sustentáveis para o manejo pós-colheita em sistemas de armazenamento de leguminosas.

Os resultados apresentados por Mishra *et al.* (2021) reforçam a relevância da investigação de compostos botânicos como alternativas sustentáveis para o controle de pragas associadas às espécies da família Fabaceae, especialmente o *Vigna unguiculata* (feijão-caupi). Essa leguminosa, amplamente cultivada em regiões tropicais, é altamente suscetível ao ataque de *Callosobruchus chinensis*, um inseto da família Bruchidae que causa perdas severas durante o armazenamento de sementes. Nesse contexto, o uso de óleos essenciais surge como uma estratégia promissora, uma vez que combina eficácia inseticida com baixa toxicidade ambiental e ausência de resíduos químicos persistentes.

No estudo, os autores avaliaram óleos essenciais extraídos por hidrodestilação e aplicados diretamente em sementes de *V. unguiculata*, analisando sua toxicidade sobre adultos e larvas de *C. chinensis*. As doses letais (LC50) determinadas para os óleos de *Aegle marmelos* e *Citrus reticulata* indicaram elevada potência inseticida, com valores de 14.351 µL para adultos e 13.296 µL para larvas (*A. marmelos*) e 15.231 µL para adultos e 14.997 µL para larvas (*C. reticulata*). Esses dados demonstram não apenas a eficácia dos compostos, mas também a sensibilidade das diferentes fases

de desenvolvimento do inseto, reforçando a viabilidade do uso desses óleos no manejo integrado de pragas.

Um aspecto relevante destacado no estudo foi a redução de até 10,93% da atividade enzimática em tratamentos correspondentes a 80% das doses de LC50. Esse achado sugere que a ação inseticida está relacionada a mecanismos de interferência metabólica e neurotoxicológica, afetando enzimas essenciais ao funcionamento do sistema nervoso e às funções fisiológicas do inseto. Tal efeito é coerente com o que se espera de diversos monoterpenos e sesquiterpenos presentes em óleos essenciais, conhecidos por comprometerem processos respiratórios, sinápticos e enzimáticos.

A toxicidade dos óleos avaliados, portanto, não depende apenas do efeito letal imediato, mas também de impactos subletais que comprometem o desempenho biológico da praga. Isso é particularmente importante no contexto do armazenamento de leguminosas, pois danos reduzidos à fisiologia dos insetos podem limitar a oviposição, retardar o desenvolvimento larval e, conseqüentemente, diminuir a infestação ao longo do tempo.

A utilização de sementes de *Vigna unguiculata* no estudo também reforça a pertinência da pesquisa para a realidade agrícola de espécies da família Fabaceae. Uma vez que essa cultura é uma das mais afetadas por bruchídeos após a colheita, a confirmação da eficiência de óleos essenciais como agentes protetores fortalece a possibilidade de substituição parcial ou total de inseticidas sintéticos tradicionalmente empregados no tratamento de sementes armazenadas.

Assim, os resultados de Mishra *et al.* (2021) corroboram a crescente evidência científica de que os óleos essenciais representam alternativas seguras, eficazes e ecologicamente viáveis no controle de *Callosobruchus chinensis* em sementes de Fabaceae. Além de apresentarem ação tóxica sobre diferentes estágios do desenvolvimento da praga, esses compostos demonstram potencial para serem integrados a sistemas de manejo sustentável, reduzindo custos ambientais e contribuindo para a segurança alimentar em regiões dependentes do cultivo do feijão-caupi.

A pesquisa conduzida por Rodrigues (2018) demonstra de forma consistente que os óleos essenciais, particularmente o óleo de *Protium heptaphyllum* e seu

composto majoritário, o limoneno, apresentam alto potencial como inseticidas naturais no controle de *Callosobruchus maculatus*, uma praga de grande impacto sobre grãos armazenados. Os resultados dos testes de contato, fumigação e repelência revelam que esses compostos são capazes de provocar mortalidade significativa nos insetos, reduzindo drasticamente tanto a oviposição quanto a emergência de adultos, o que indica não apenas ação tóxica, mas também efeito ovicida. O óleo apresentou maior toxicidade que o limoneno, evidenciado pelos menores valores de CL_{50} e CL_{95} , reforçando que a composição química completa do óleo, com diferentes terpenoides atuando sinergicamente, potencializa a atividade inseticida. Essa constatação é central para o avanço no uso de inseticidas botânicos.

Além da toxicidade direta, o estudo também confirma o efeito repelente do óleo de almécega e do limoneno, fator crucial para o manejo integrado de pragas, pois impede que os insetos se instalem e realizem postura sobre os grãos. A diminuição do número de ovos e da emergência de adultos em todas as concentrações testadas demonstra que esses óleos atuam em múltiplas fases do ciclo de vida do inseto, contribuindo para reduzir infestações subsequentes. Somado a isso, o fato de serem substâncias naturais, biodegradáveis e de baixa toxicidade para humanos e o ambiente os torna uma alternativa viável e sustentável ao uso de inseticidas sintéticos tradicionais, cujos riscos incluem resistência, contaminação e resíduos em alimentos armazenados. Assim, o estudo reforça que os óleos essenciais são ferramentas promissoras para o controle ecológico de pragas, especialmente em sistemas agrícolas familiares, onde o acesso a tecnologias seguras e acessíveis é fundamental.

Segundo os estudos de Avelino *et al.* (2019) investigaram a atividade repelente e os efeitos reprodutivos de óleos essenciais e vegetais sobre *Aphis craccivora* em discos foliares de feijão-fava, trazendo contribuições importantes para o uso de produtos naturais no manejo de pragas em Fabaceae. Os autores demonstram que, embora alguns óleos, como alecrim, copaíba, girassol e pequi, não tenham apresentado efeito repelente significativo sobre as fêmeas adultas, eles exibiram impacto considerável na redução da produção de ninfas. Esse achado é relevante, pois indica que a eficiência inseticida dos óleos pode não estar necessariamente associada ao comportamento de repulsão imediata, mas sim à interferência em processos fisiológicos ligados à reprodução e ao desenvolvimento dos pulgões. O óleo

essencial de citronela destacou-se como o mais eficaz, apresentando alta repelência e forte redução de ninfas, evidenciando seu potencial como ferramenta biotecnológica em sistemas agrícolas menos dependentes de inseticidas sintéticos.

Além disso, o estudo reforça o crescente interesse por alternativas sustentáveis no controle de pragas, considerando que óleos naturais possuem menor persistência ambiental e menor toxicidade quando comparados aos inseticidas químicos tradicionais. Avelino *et al.* (2019) também apontam que compostos bioativos presentes nos óleos, como β -cariofileno, geraniol, mentol e ácidos diterpênicos, podem ser responsáveis pela atividade inseticida observada, corroborando literatura que relaciona metabólitos secundários a mecanismos de defesa vegetal. Assim, o trabalho evidencia que espécies da Fabaceae, mesmo quando não utilizadas diretamente para extração dos óleos, podem se beneficiar do uso desses compostos na proteção contra pragas, fortalecendo a viabilidade do manejo integrado com produtos naturais.

A análise dos resultados de Texeira *et al* (2023) obtidos para o hidrolato das folhas de *Senna spectabilis* (Fabaceae) evidencia uma direção interessante dentro do estudo de óleos essenciais e seus derivados aplicados ao controle de pragas agrícolas. Enquanto muitos compostos voláteis de plantas da família Fabaceae demonstram propriedades repelentes ou inseticidas, o estudo analisado revela um comportamento distinto: o hidrolato atuou como atrativo para *Sitophilus zeamais* nas concentrações de 0,10% e 1,00%. Essa resposta comportamental aponta para a existência de compostos voláteis específicos na espécie *S. spectabilis* capazes de modular o comportamento do inseto de forma positiva, o que contraria a expectativa comum de que derivados de plantas com reconhecida bioatividade atuariam majoritariamente como repelentes. Tal achado reforça a importância de avaliar não apenas o potencial tóxico, mas também as interações químico-ecológicas entre plantas e insetos, ampliando a compreensão sobre o papel dos metabólitos secundários no manejo de pragas.

Do ponto de vista aplicado, o comportamento atrativo identificado abre espaço para o desenvolvimento de novas estratégias de manejo integrado de pragas (MIP). Em vez de atuar como biopesticida direto, o hidrolato de *S. spectabilis* poderia ser explorado como componente de armadilhas atrativas, otimizando técnicas de

monitoramento ou captura massal de *S. zeamais* em sistemas de armazenamento de grãos. Esse tipo de abordagem é considerado sustentável, de baixo impacto ambiental e compatível com práticas agroecológicas, especialmente quando comparado ao uso de inseticidas sintéticos convencionais. Assim, o estudo contribui para a diversificação de ferramentas de manejo ao demonstrar que subprodutos de plantas da família Fabaceae podem apresentar funções distintas das usualmente documentadas, reforçando a necessidade de pesquisas que caracterizem de forma detalhada os perfis químicos e comportamentais associados a cada espécie e preparo vegetal.

Os autores também ressaltam que os produtos derivados das Fabaceae possuem vantagens ecológicas significativas: são biodegradáveis, de baixa toxicidade para organismos não-alvo e compatíveis com estratégias de manejo integrado de pragas. Além disso, muitas das espécies estudadas são de fácil obtenção e podem ser cultivadas localmente, o que reduz custos e favorece a adoção por agricultores de pequena escala.

O quadro 4 apresenta uma sistematização específica dos estudos voltados à família Rutaceae, destacando os autores, as partes das plantas utilizadas, os tipos de extratos, as pragas-alvo, as concentrações aplicadas, os métodos de ensaio e os principais resultados obtidos. Essa abordagem permite compreender de forma mais detalhada o potencial inseticida extratos dessa família botânica. Assim identificamos abaixo:

Quadro 4 – Atividades Inseticidas de Extratos de Espécies da Família Rutaceae

Autor (Ano)	Espécie (Família Rutaceae)	Parte da Planta Utilizada	Tipo de Extrato / Solvente	Praga Alvo	Concentração / Dose	Método de Avaliação	Principais Resultados / Eficácia
Duarte et al. (2019)	<i>Esenbeckia pumila</i>	Folhas	Extrato etanólico e frações (diclorometano, acetato de etila, hexano, metanol)	<i>Atta sexdens rubropilosa</i> e <i>Artemia salina</i>	0,2 – 2,0 mg/dieta; 62,5 – 2000 mg/L	Bioensaio por ingestão e toxicidade (LC ₅₀)	Frações diclorometânica e acetato-etílica altamente tóxicas (LC ₅₀ < 100 mg/L);

							mortalidade de 100% em 21 dias para formigas.
El-Alfy et al. (2024)	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	Casca e Polpa	Extratos em acetato de etila das partes citadas.	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) – Mosca-branca (Aleyrodidae)	62,5 g L ⁻¹ 125,0 g L ⁻¹ 250,0 g L ⁻¹ 500,0 g L ⁻¹	feito inseticida dos extratos aplicados sobre ninfas de <i>B. tabaci</i> , analisando: mortalidade, desenvolvimento, emergência de adultos	O extrato em acetato de etila da casca do fruto apresentou maior atividade inseticida, reduzindo o crescimento das ninfas. O extrato em acetato de etila da polpa apresentou efeito significativo na mortalidade e desenvolvimento das ninfas. A aplicação dos extratos causou mortalidade e reduziu a emergência de adultos, demonstrando potencial controle natural da mosca-branca.
Sapkota, Devkota e Poudel (2022)	<i>Citrus maxima</i>	Casca	Extração do composto limonina	Insetos (atividade inseticida geral)	Apenas cita a atividade inseticida da limonina.	Apenas cita que foram avaliadas atividades inseticidas.	O estudo relatou que a limonina extraída da casca de <i>Citrus maxima</i> apresenta atividade inseticida.

Duarte (2017)	<i>Esenbeckia pumila</i> Pohl	Folhas	Extrato etanólico das folhas Frações obtidas do extrato etanólico: Diclorometânica Acetato-etílico Hexânica Metanólica	<i>Atta sexdens rubropilosa</i> (formiga cortadeira)	Bioensaio com <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Doses: 0,2 mg, 1,0 mg e 2,0 mg incorporadas na dieta /	Atividade inseticida: ingestão de extratos incorporados à dieta artificial	Atividade inseticida marcante contra <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , destacando : Fração acetato-etílico (2,0 mg): 100% de mortalidade no 21º dia Mediana de sobrevivência no 3º dia.
Murasing et al. (2017)	<i>Aegle</i>	Folhas	Extratos preparados com: Petroleum ether; Metanol; Etanol; Água (Soxhlet)	<i>Callosobruchus chinensis</i> (besouro-do-feijão)	1% a 5% (W/V)	• Teste de toxicidade direta (aplicação tópica) • Toxicidade residual em sementes • Oviposição deterrence • Emergência de adultos (inibição de F1)	Maior mortalidade : Petroleum ether (82% em 5% / 96h). • Oviposição reduzida: até 59,74%. • Inibição de emergência : até 75,91% (petroleum ether). • Todos os extratos reduziram oviposição, eclosão e emergência de adultos.

Fonte: levantamente adaptado pelo pesquisador (2025)

A análise dos estudos apresentados no quadro sobre as atividades inseticidas de espécies pertencentes à família Rutaceae evidencia o expressivo potencial biológico dessa família vegetal no controle de pragas agrícolas e vetores de importância médica. De modo geral, os resultados apontam que os extratos obtidos a partir de folhas e frutos apresentam efeitos tóxicos, repelentes e larvicidas significativos, destacando-se a eficiência dos extratos metanólico e etanólico como os mais promissores para extração dos compostos bioativos.

O estudo de Duarte *et al.*, (2019) sobre *Esenbeckia pumila* contribui para a compreensão da diversidade de compostos bioativos em plantas produtoras de metabólitos secundários complexos. As frações diclorometânica e acetato de etila mostraram toxicidade elevada ($LC_{50} < 100$ mg/L), resultando em mortalidade total de formigas em 21 dias, o que sugere a importância de análises fracionadas para a identificação dos princípios ativos mais potentes também em Rutaceae.

O estudo de El-Alfy *et al.* (2024) demonstrou que os extratos em acetato de etila obtidos da casca e da polpa de *Citrus aurantifolia* apresentam atividade inseticida relevante contra *Bemisia tabaci*, uma praga agrícola de grande importância econômica. Os extratos, especialmente os provenientes da casca do fruto, mostraram níveis mais elevados de bioatividade, resultado atribuído à maior concentração de compostos como terpenos, flavonoides e limonoides, reconhecidos por suas propriedades tóxicas e reguladoras de crescimento em insetos.

As diferentes concentrações testadas revelaram um efeito dose-dependente, com aumentos significativos na mortalidade das ninfas e redução na emergência de adultos, evidenciando a eficiência dos extratos no comprometimento do ciclo biológico da praga.

Esses achados reforçam o potencial da espécie como fonte de inseticidas naturais e apresentam uma alternativa promissora aos produtos químicos sintéticos, considerando problemas como toxicidade ambiental e resistência de pragas. A metodologia adotada pelos autores, baseada na avaliação da mortalidade, desenvolvimento e emergência de adultos, garante confiabilidade aos resultados e contribui para a discussão sobre o uso sustentável de compostos botânicos no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Dessa forma, o trabalho demonstra que *C. aurantifolia*

pode desempenhar papel relevante no controle ecológico de *B. tabaci*, abrindo caminhos para novas pesquisas e aplicações práticas em sistemas agrícolas.

O estudo analisado por Sapkota, Devkota e Poudel (2022) reúne evidências robustas sobre os compostos bioativos presentes em *Citrus maxima* (Rutaceae), destacando especialmente metabólitos secundários como limonóides, flavonoides e alcaloides, que conferem à espécie um amplo potencial farmacológico. Entre essas moléculas, a limonina extraída da casca apresenta papel central, sendo frequentemente citada por sua atividade inseticida, moduladora de vias antioxidantes e potencial ação terapêutica. A literatura revisada demonstra que essas substâncias atuam em múltiplos alvos biológicos, incluindo mecanismos antimicrobianos, redução de estresse oxidativo e modulação imune, o que reforça a versatilidade da planta para aplicações em saúde e controle de pragas.

Segundo os estudos dos autores supra citados, No que diz respeito às atividades inseticidas, o extrato de casca contendo limonina se destaca como uma alternativa promissora aos inseticidas sintéticos, principalmente devido ao seu potencial biodegradável e menor toxicidade ambiental.

Embora o estudo citado no artigo mencione apenas a extração e a atividade inseticida da limonina, sem detalhamento de dose ou metodologia experimental, a consistência dos relatos sobre eficácia sugere que compostos da Rutaceae mantêm propriedades repelentes ou letais contra diversos insetos agrícolas. A revisão ainda evidencia que a amplitude de aplicações terapêuticas, incluindo propriedades antioxidantes, anticâncer e anti-inflamatórias, demonstra que *Citrus maxima* permanece um recurso subexplorado, com potencial biotecnológico significativo e necessidade de pesquisas experimentais mais padronizadas para elucidar mecanismos de ação e validar seu uso em formulações farmacêuticas e agroecológicas.

Os resultados apresentados por Duarte (2017) demonstram que *Esenbeckia pumila* possui um expressivo potencial inseticida quando avaliada contra *Atta sexdens rubropilosa*, uma das principais pragas agrícolas do Brasil. A autora verificou que todas as amostras testadas, extrato etanólico e frações diclorometânica, hexânica, acetato-etílica e metanólica, provocaram aumento significativo da mortalidade das operárias, com exceção do extrato etanólico na menor dose (0,2 mg). Entre as frações

avaliadas, destacou-se especialmente a fração acetato-etílica (2,0 mg/mL), que atingiu 100% de mortalidade no 21º dia, além de apresentar sobrevivência mediana no 3º dia, evidenciando uma ação rápida e altamente eficaz.

Esses achados indicam que os constituintes químicos presentes nas folhas da planta, como triterpenos (α -amirina, β -amirina e lupeol), fitoesterol β -sitosterol e o flavonoide rutina, podem estar diretamente envolvidos no efeito tóxico observado sobre a espécie de formiga cortadeira.

A avaliação de toxicidade por ingestão incorporada à dieta artificial mostrou que a resposta biológica das formigas ao extrato é consistente e dose-dependente, reforçando a relevância desse tipo de abordagem para o desenvolvimento de inseticidas botânicos. Duarte (2017) ressalta que *A. sexdens rubropilosa* é uma praga de difícil controle e que produtos naturais podem representar alternativas seguras e sustentáveis aos pesticidas sintéticos utilizados atualmente.

A forte atividade inseticida observada nas frações avaliadas, especialmente na fração acetato-etílica, sugere que *E. pumila* pode ser uma fonte promissora de moléculas bioativas com potencial aplicação no manejo integrado de pragas, reduzindo impactos ambientais e riscos à saúde humana. Esses resultados ampliam o conhecimento sobre a família Rutaceae e reforçam a importância de investigações fitoquímicas como estratégia para o desenvolvimento de novos biopesticidas.

A análise dos resultados, segundo Murasing *et al* (2017) apresentados no quadro evidencia que *Aegle marmelos* (Rutaceae) possui forte atividade inseticida contra *Callosobruchus chinensis*, atuando por múltiplos mecanismos: toxicidade direta, deterrência de oviposição e inibição da emergência de adultos. A eficácia crescente observada com o aumento das concentrações, especialmente no extrato de *petroleum ether*, que atingiu 82% de mortalidade e mais de 75% de redução na emergência, demonstra que compostos lipofílicos presentes nas folhas possuem maior poder inseticida. Esses resultados corroboram estudos prévios que atribuem aos extratos de Rutaceae uma riqueza de metabólitos bioativos, como terpenoides, alcaloides e coumarinas, capazes de afetar processos fisiológicos essenciais de insetos praga por vias neurotóxicas, antibióticas ou ovicidas. A consistência entre os diferentes ensaios (mortalidade, oviposição e eclosão) reforça o potencial do extrato

como uma alternativa promissora aos inseticidas sintéticos para o manejo de pragas em sementes armazenadas.

Para Murasing, *et al* (2017), observa-se que todos os solventes apresentaram algum nível de atividade, embora com intensidades distintas, o que revela que *A. marmelos* contém compostos bioativos tanto polares quanto apolares. As atividades moderadas encontradas nos extratos etanólico, metanólico e aquoso indicam que diferentes grupos fitoquímicos contribuem para o efeito inseticida, mas que os mais potentes apresentam maior solubilidade em solventes orgânicos de baixa polaridade.

Portanto, os estudos analisados reforçam a necessidade de aprofundar as pesquisas sobre a padronização dos extratos, a identificação dos compostos ativos e a avaliação da toxicidade ambiental e seletividade desses produtos, visando sua aplicação segura e eficaz no manejo integrado de pragas.

O Quadro 5 apresenta os estudos referentes aos óleos de Espécies da Família Rutaceae, também possui espécies com compostos bioativos de reconhecida atividade inseticida. Essa análise busca comparar as abordagens metodológicas, as partes das plantas utilizadas e os compostos químicos predominantes, possibilitando compreender de forma mais ampla a contribuição dessa família para o manejo sustentável de pragas e a substituição gradual de agrotóxicos sintéticos por alternativas naturais.

Quadro 5- Atividades Inseticidas de Óleos de Espécies da Família Rutaceae

Autor (Ano)	Tipo de Planta (Espécie)	Parte da Planta	Tipo de Óleo	Praga Alvo	Concentração/Dose	Método	Resultados Principais
Qari, Abdel-Fattah e Shehawy(2017)	<i>Citrus aurantium</i> (Rutaceae)	Frutos	Óleo essencial volátil	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Diferentes concentrações (não especificadas no resumo)	Grãos de trigo tratados e oferecidos como alimento (teste alimentar)	Reduziu a atividade de enzimas (AChE, ALP, ACP, LDH, PO) e causou dano ao DNA; mortalidade significativa comparável ao inseticida clorpirifós.
Apolinário <i>et al.</i> (2020)	<i>Pilocarpus spicatus</i> Saint-Hilaire (Rutaceae)	Folhas	Óleo essencial	<i>Dysdercus peruvianus</i> e <i>Oncopeltus fasciatus</i>	DL ₅₀ e DL ₉₀ determinadas (valores não especificados no resumo)	Aplicação tópica e contínua (tratamento direto)	100% de mortalidade e no óleo puro; efeito dose-dependente; causou malformações e alterações morfológicas nos insetos.
Ghasemzadeh, Mirfakhrai e Najafzadeh (2018)	<i>Haplophyllum tuberculatum</i> (Rutaceae)	Partes aéreas	Óleo essencial	<i>Plodia interpunctella</i> (mariposa da farinha)	LC ₅₀ = 4,301 µL/L de ar	Bioensaio por fumigação (Clevenger + GC-MS)	Alta toxicidade fumigante, superior à de <i>Nepeta crispa</i> ; potencial para

							controle de pragas de grãos armazenados.
Pei <i>et al.</i> (2023)	<i>Citrus reticulata</i> , <i>C. sinensis</i> , <i>C. maxima</i> , <i>Zanthoxylum bungeanum</i> , <i>Z. piasezkii</i> (Rutaceae)	Folhas e cascas	Óleos essenciais	<i>Thrips flavus</i>	LC ₅₀ = 0.26–0.44 g/L (varia por espécie)	Bioensaio em laboratório e em vasos (spray)	<i>C. sinensis</i> , <i>C. maxima</i> e <i>Z. bungeanum</i> mostraram alta toxicidade e controle de 93–100%; compostos ativos: D-limoneno, linalol e metil jasmonato.
Pereira <i>et al.</i> (2022)	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> (Rutaceae)	Frutos	Óleo essencial nanoencapsulado (nanosferas de PCL)	<i>Bemisia tabaci</i> (mosca-branca)	0,25–1,5%	Pulverização em plantas de feijão (bioensaio em estufa)	Reduziu oviposição em até 71% e causou 64–84% de mortalidade; a formulação nanoencapsulada aumentou a fotostabilidade e eficácia sob luz intensa.
Spletzer <i>et al.</i> , (2021)	<i>Piper aduncum</i> , <i>Piper hispidinervum</i> e <i>Tanaecium nocturnum</i>	folhas	Óleos essenciais causaram mortalidade e elevada em <i>Tenebrio molitor</i> .	<i>Annona montana</i> e <i>Annona mucosa</i> mostraram forte toxicidade em pulgões e lagartas como <i>Spodoptera frugiperda</i> .	Extrato alcoólico a 10% causou 78,8% de mortalidade em <i>Atta laevigata</i> . Atividade atribuída a compostos limonoides.	Óleos de cinco espécies de <i>Piper</i> causaram mais de 50% de mortalidade e em <i>Solenopsis saevissima</i> , chegando a 100% em 24–48h	Pulverização em folhas, análises de concentrações letais (CL50, TL50), observação de comportamento alimentar.

Albuquerque (2021)	<i>Ruta graveolens</i> (Rutaceae)	Plantas inteiras e folhas (fontes de voláteis)	Voláteis naturais (óleo essencial presente nas glândulas foliares)	<i>Diaphorina citri</i> (psilídeo -dos-citros)	-	Ensaio de comportamento: pouso e permanência, pistas visuais, comportamento arrestante, oviposição, excreção de honeydew, bioensaio de olfatos	<i>D. citri</i> demonstrou: (1) maior atração a sinais visuais de <i>R. graveolens</i> ; (2) resposta positiva aos voláteis de <i>R. graveolens</i> ; (3) aceitação alimentar da planta (maior excreção de honeydew); (4) não oviposita na arruda; (5) <i>R. graveolens</i> tem potencial como planta-isca mesmo não sendo hospedeira
--------------------	-----------------------------------	--	--	--	---	--	---

Fonte: levantamento adaptado pelo pesquisador (2025)

O Quadro 5 apresenta os principais estudos envolvendo espécies da família Rutaceae com potencial inseticida, destacando a ampla diversidade de compostos e métodos de aplicação empregados nas pesquisas. Essa família botânica se sobressai na literatura devido à elevada concentração de óleos essenciais ricos em monoterpenos, sesquiterpenos e limonoides, substâncias reconhecidas por sua eficácia no controle de pragas agrícolas.

Entre os trabalhos analisados, observa-se que o óleo essencial de *Citrus aurantium* demonstrou efeitos significativos sobre o inseto *Rhyzopertha dominica*, reduzindo a atividade de importantes enzimas metabólicas, como AChE e ALP, além de provocar danos no DNA dos insetos (Qari, Abdel-Fattah e Shehawy, 2017). Esses

resultados evidenciam uma ação neurotóxica e citotóxica, comparável à de inseticidas sintéticos, reforçando o potencial desse óleo como alternativa natural e menos impactante ao ambiente.

No estudo de Apolinário *et al.*, (2020), o óleo essencial extraído das folhas de *Pilocarpus spicatus* apresentou 100% de mortalidade das espécies *Dysdercus peruvianus* e *Oncopeltus fasciatus*, demonstrando um efeito dose-dependente e causando malformações e alterações morfológicas nos insetos. Tais achados indicam que, além da ação letal direta, os compostos presentes na Rutaceae podem interferir no desenvolvimento e reprodução das pragas, o que amplia sua utilidade no manejo integrado de insetos (MIP).

De forma semelhante, Ghasemzadeh, Mirfakhraie e Najafzadeh (2018) avaliaram o óleo essencial das partes aéreas de *Haplophyllum tuberculatum*, obtendo uma alta toxicidade fumigante contra *Plodia interpunctella*, com valor de $LC_{50} = 4,301 \mu\text{L/L}$ de ar, superior ao obtido com outras espécies vegetais como a *Nepeta crispa*. Essa forte atividade por fumigação reforça a importância dos compostos voláteis da Rutaceae para o controle de pragas de grãos armazenados, sendo uma alternativa promissora ao uso de fumigantes sintéticos.

Em estudo mais recente, Pei *et al.*, (2023) analisaram óleos essenciais de várias espécies da família, incluindo *Citrus reticulata*, *C. sinensis*, *C. maxima* e *Zanthoxylum bungeanum*, obtendo altos índices de toxicidade (93–100%) contra o inseto *Thrips flavus*. Os principais compostos identificados foi D-limoneno, linalol e metil jasmonato, foram apontados como responsáveis pelos efeitos repelentes e letais observados, evidenciando que a composição química diversificada das espécies de Rutaceae contribui diretamente para sua atividade inseticida multifuncional.

Nesse estudo, Pereira *et al.*, (2022) destacaram uma inovação metodológica ao empregar nanoencapsulação de óleos essenciais de *Zanthoxylum rhoifolium*, o que resultou em maior fotostabilidade e aumento da eficácia inseticida contra *Bemisia tabaci*. As formulações nanoestruturadas apresentaram redução de até 71% na oviposição e mortalidade de até 84%, comprovando que o uso de nanotecnologia pode potencializar a ação de compostos naturais e prolongar sua persistência no ambiente.

O estudo de Spletozer *et al.* (2021) demonstra de forma consistente o potencial inseticida de diferentes espécies vegetais, com destaque para aquelas pertencentes às famílias *Piperaceae*, *Annonaceae* e *Bignoniaceae*, evidenciando a diversidade de metabólitos bioativos presentes em plantas tropicais. Os resultados indicam que os óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper hispidinervum* e *Tanaecium nocturnum* possuem efeito inseticida significativo, especialmente contra *Tenebrio molitor*. As concentrações utilizadas, frequentemente acima de 2–3%, foram suficientes para gerar mortalidade elevada, sugerindo que os constituintes químicos dessas espécies, como amidas, terpenos e compostos aromáticos, atuam como neurotóxicos ou interferem no sistema respiratório dos insetos. Além disso, o óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* apresentou eficácia adicional contra *Sitophilus zeamais*, reforçando sua versatilidade como agente bioinseticida.

Outro aspecto relevante discutido no estudo refere-se à forte atividade inseticida de espécies da família *Annonaceae*, como *Annona montana* e *Annona mucosa*. Essas plantas apresentaram toxicidade elevada contra pulgões e lagartas, incluindo *Aphis craccivora* e *Spodoptera frugiperda*. Os extratos dessas espécies interferem no desenvolvimento larval, afetam o comportamento alimentar e podem causar deformações morfológicas. Tais efeitos indicam que os compostos anonáceos, como acetogeninas, flavonoides e alcaloides, agem simultaneamente por ingestão, contato e por inibição alimentar, ampliando seu espectro de ação. Complementando esses achados, o extrato alcoólico de *Melia azedarach* (família *Meliaceae*) demonstrou mortalidade de 78,8% em *Atta laevigata*, efeito associado à presença de limonoides, compostos reconhecidos por sua potente ação inseticida.

Nos experimentos realizados com formigas *Solenopsis saevissima*, Spletozer *et al.* (2021) relatam que os óleos de cinco espécies de *Piper* provocaram mortalidade superior a 50%, atingindo 100% entre 24 e 48 horas. Esses resultados evidenciam a eficiência desse grupo de plantas, especialmente em insetos sociais, cuja suscetibilidade é potencializada pelo comportamento de cuidado mútuo, facilitando a disseminação do composto no formigueiro. Os métodos empregados nos estudos, incluindo pulverização em folhas, análises de CL_{50}/TL_{50} e observação de comportamento alimentar, garantem rigor científico e permitem avaliar tanto os efeitos

letais quanto os subletais, fornecendo parâmetros essenciais para a futura formulação de bioinseticidas.

De modo geral, embora o estudo reconheça o potencial inseticida de famílias como Rutaceae e Canellaceae, observa-se que os resultados experimentais mais robustos se concentram em outras famílias, principalmente Piperaceae e Annonaceae. Essa predominância reflete a abundância de metabólitos secundários biologicamente ativos nessas plantas, bem como sua importância ecológica e diversidade química. Assim, Spletozer *et al.* (2021) contribuem significativamente para a compreensão do potencial de compostos naturais no manejo de pragas, reforçando a viabilidade de óleos essenciais e extratos vegetais como alternativas eficientes, biodegradáveis e ambientalmente seguras aos inseticidas sintéticos.

A pesquisa de Albuquerque (2021) demonstra que *Ruta graveolens*, embora não seja uma planta hospedeira de *Diaphorina citri*, exerce forte influência comportamental sobre o psilídeo-dos-citros por meio de seus voláteis naturais. Os resultados dos bioensaios comportamentais e de olfatometria indicam que o inseto apresenta maior atração visual pela planta, bem como uma resposta positiva aos compostos voláteis emitidos pelas glândulas foliares. A maior permanência nos testes de pouso e a elevada excreção de *honeydew* revelam aceitação alimentar, sugerindo que os estímulos químicos e visuais de *R. graveolens* são suficientemente fortes para direcionar a aproximação do inseto, mesmo que a planta não represente um recurso adequado para oviposição.

Além disso, o estudo evidencia que a ausência de oviposição em *R. graveolens* é um aspecto crucial que reforça seu potencial como planta-isca no manejo integrado do psilídeo. Por atrair o inseto, mas não permitir seu ciclo reprodutivo, a espécie pode atuar como um elemento estratégico para reduzir a pressão de infestação em pomares cítricos, contribuindo com técnicas de controle comportamental e ecológico. Assim, os achados de Albuquerque (2021) ampliam o entendimento sobre interações químicas planta-inseto e indicam que o uso de voláteis naturais pode ser uma alternativa promissora, sustentável e sem necessidade de extração de óleos, favorecendo abordagens mais ecológicas no controle de *D. citri*.

De modo geral, os estudos reunidos demonstram que as espécies da família Rutaceae possuem expressivo potencial como inseticidas naturais, devido à presença

de óleos essenciais com múltiplos mecanismos de ação, incluindo efeitos neurotóxicos, repelentes, fumigantes e inibidores de crescimento. Além disso, as diferentes abordagens metodológicas, desde bioensaios por contato e fumigação até aplicações nanoencapsuladas, reforçam a versatilidade e aplicabilidade agrícola desses compostos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos extratos e óleos essenciais das famílias Fabaceae e Rutaceae evidencia o alto potencial dessas espécies vegetais como alternativas viáveis e sustentáveis no controle de pragas agrícolas. Os estudos selecionados demonstram que os compostos bioativos presentes nessas plantas, como flavonoides, alcaloides, rotenoides, limonoides e terpenoides, possuem ampla capacidade de atuar sobre diferentes alvos fisiológicos dos insetos, exibindo efeitos larvicidas, ovicidas, antialimentares, repelentes e neurotóxicos. Essa diversidade de mecanismos de ação confere aos extratos e óleos naturais uma vantagem significativa em relação aos pesticidas sintéticos, especialmente pela menor probabilidade de desenvolvimento de resistência por parte das pragas.

No caso da família Fabaceae, os estudos apontam que seus extratos e compostos secundários apresentam forte atividade inseticida, particularmente em espécies ricas em rotenoides, como *Tephrosia vogelii* e *Pachyrhizus erosus*, bem como em plantas produtoras de alcaloides e flavonoides altamente eficazes. Já a família Rutaceae se destacou pela alta concentração de óleos essenciais voláteis, especialmente aqueles presentes em *Citrus* spp. e *Ruta graveolens*, cujos monoterpenos e limonoides demonstraram elevada eficácia no controle de pragas, com ação rápida e baixa persistência ambiental. Esses resultados reforçam que ambas as famílias possuem espécies de elevado valor biotecnológico, capazes de contribuir significativamente para a formulação de defensivos naturais.

A conjugação dos dados indica que os extratos e óleos essenciais dessas famílias representam estratégias promissoras dentro do manejo integrado de pragas (MIP), favorecendo a redução da dependência de inseticidas químicos e contribuindo para práticas agrícolas mais seguras, equilibradas e ambientalmente responsáveis.

Além da eficácia comprovada, observa-se que tais compostos apresentam menor toxicidade para organismos não alvo e rápida degradação no ambiente, características essenciais para uma agricultura verdadeiramente sustentável.

Dessa forma, conclui-se que a prospecção de compostos naturais provenientes das famílias Fabaceae e Rutaceae deve ser fortalecida, ampliando-se a investigação fitoquímica, os testes biológicos e o desenvolvimento de formulações estáveis para uso em contextos produtivos reais. O avanço científico nessa área pode não apenas fornecer alternativas eficientes ao uso de agrotóxicos convencionais, mas também contribuir para a preservação da saúde humana, da biodiversidade e dos recursos naturais. Portanto, este estudo reforça a relevância do investimento em pesquisas que valorizem o potencial dos recursos vegetais como defensivos naturais, consolidando-os como pilares para o futuro da agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, T.F. **Potencial de *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) como planta-isca visando ao manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em citros**. Dissertação - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2020. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-01102020-163508/publico/Thalita_de_Freitas_Albuquerque_versao_revisada.pdf. Acesso: em 10 de novembro de 2025.
- ALY, H.M.; WAHBA, T.F.; HASSAN, N.A. Comparative study of individual and co-application of pyrolysis products of *Leucaena Leucocephala* tree wastes as natural resources to control the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of the Advances in Agricultural Researches (JAAR)**, v.28, n.2, 2023. DOI: 10.21608/JALEXU.2023.211560.1135. Acesso em: 15 de outubro de 2025.
- AL-MOHMADI, S. Y. A; AL-ANI, M. H. I. Effect of spraying with different concentration of Licorice extract and plant densities in growth and yield of *Sorghum bicolor* L. Iraqi Journal of Agricultural sciences, [s.l.], v. 50, no 6, p. 1478–1485, 2019. Disponível em: <https://jcoagri.uobaghdad.edu.iq/index.php/intro/article/view/835>. Acesso em: 18 fev. 2023. doi: 10.36103/ijas.v50i6.835.
- ALVES, A.R.D. **triagem fitoquímica e avaliação da atividade antibacteriana dos extratos das cascas e entrecasas de *Plathymenia reticulata* Benth (Fabaceae)**. Monografia, Universidade Federal do Maranhão, Grajaú, 2025. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/9359>. Acesso em: 18 de novembro de 2025.
- APOLINÁRIO, R.; NOGUEIRA, J. COSTA, M.G.S.; SANTOS-MALLET, J.S.; SANTOS, M.G.; AZAMBUJA, P.; MELLO, C.B.; GONZALEZ, M.S.; ROCHA, L.; FEDER, M.D. Insecticidal activity of *Pilocarpus spicatus* Saint-Hilaire (Rutaceae) essential oil against the crop pest *Dysdercus peruvianus* (Guérin-Ménéville, 1831) and *Oncopeltus fasciatus* (Dallas, 1852). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10489>. Acesso em: 18 de outubro de 2025.
- ASIRY, K.A.; ALMASOUDI, N.M.; ZAITOUN, A.A. Insecticidal and Repellent Actions of Methanolic Extracts from Five Medicinal Plants against the Saw-Toothed Grain Beetle *Oryzaephilus surinamensis* (Linn.) (Coleoptera: Silvanidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.81, n.3, 2022, p.41-51. DOI: <https://doi.org/10.25085/rsea.810304>. Acesso em: 12 de outubro de 2025.
- AVELINO, L.D.; PORTELA, G.L.F.; GIRÃO FILHO, J.E.; MELO JUNIOR, L.C. Repelência de óleos essenciais e vegetais sobre pulgão-preto *Aphis craccivora* Koch na cultura do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Verde**, v. 14, n. 1, 2019, p. 21-26. DOI: 10.18378/rvads.v14i1.5981. Acesso em: 20 de novembro de 2025.

BARBOSA, L. C. A. **Os pesticidas, o homem e o meio ambiente**. Minas Gerais: Ed. UFV, 2004.

BARGUIL, B. M.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, R. S, BEZERRA JUNIOR, J. E. A.; SALGADO, S. L. Effect of extracts from citric biomass, rusted coffee leaves and coffee berry husks on *Phoma costarricensis* of coffee plants. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, v. 30, n. 30, p. 535-537, 2005.

BENNET, F.D. 1992. Potential for biological control of selected pests of importance in Latin America. p. 119-125. In: Abstract of 3rd SICONBIOL, EMBRAPA, Águas de Lindóia, SP, Brazil.

BERG, J. M. T. e Lubert, J. (2008), *Bioquímica*. 6.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 545p.

BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M. A. B.; STADNIK, M. J.; KRAUSS, U.; STEFANOVA, M.; PRADO, A.M.C. **Controle biológico de doenças de plantas na América latina**. In: ALVES, S.B.; LOPES, R.B. (Eds.) *Controle microbiano de pragas na América Latina. Avanços e desafios*. Piracicaba: FEALQ, 2008. p.303- 327.

BIOLOGICAL CONTROL IN BRAZIL HAS POTENTIAL TO GROW 20% A YEAR. **Embrapa**, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/45574867/control-biologico-no-brasil-tem-potencial-de-crescer-20-ao-ano>. Acesso em: 04, março. 2023.

BHAVANANI SM, Balow CH 1992. New agents for gram-positive bacteria. *Curr Opin Microbiol* 13: 528-534.

BRUNETON J 1991. **Elementos de fitoquímica y de farmacognosia**. Zaragoza: Editorial Acribia.

BUENO, V. S.; ANDRADE, C. F. S. Avaliação preliminar de óleos essenciais de plantas como repelentes para *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.2, 2010, p.215-219.

CARVALHO, Ricardo da Silva. **Extratos vegetais na agricultura e no tratamento de sementes**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14980>. Acesso em: 05 abr. 2023.

CASIDA, J.E.; QUISTAD, G.B. Golden age of insecticide research: past, present, or future? *Annual Review of Entomology*, 43: 1-16, 1998.

CAVALCANTE, Giani Maria. **POTENCIALIDADE INSETICIDA DOS EXTRATOS AQUOSOS DE FLORESTAIS ARBÓREAS SOBRE A MOSCA BRANCA** *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B (GENNADIUS, 1889) (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE). Dissertação (Pós-graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.

Disponível em:

http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/giani_cavalcante.pdf. Acesso em: 02 de mai. 2023.

COSTA, A. P.; MOURA, G. S.; GEBAUER, J. T.; FRANZENER, G. **Extrato aquoso e óleo essencial de gengibre induzem mecanismos bioquímicos de defesa em feijoeiro**. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 6, n. 2, p.79-86, abr./jun. 2019.ISSN 2358-6303

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. Biochemistry & molecular biology of plants. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000.
CRUZ, C. S. A.; PEREIRA, E. R. L.; SILVA, L. M. M.; MEDEIROS, M. B.; GOMES, J. P. Repelência do *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) sobre grãos de feijão caupi tratados com óleos vegetais. **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 01-05, 2012.

DI STASI LC 1996. **Plantas medicinais**: arte e ciência. São Paulo: Editora UNESP

DOMINGUES, C. H. C. **Contribuição à análise de agregação de valor na pequena produção agrícola**: o caso dos produtos orgânicos. Campinas: UNICAMP, 2011. Disponível em:
<https://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xixcongresso/painéis>. Acesso em: 11 nov. 2022.

DUARTE, G.K.G.F.; MENEZES, A.C.S.; NAVES, P.L.F.; BUENO, O.C.; SANTOS, R.G.; SILVA JUNIOR, W.M. TOXICITY OF *Esenbeckia pumila* Pohl (Rutaceae) ON *Artemia salina* AND *Atta sexdens rubropilosa*. **Rev. Caatinga**, v. 32, n. 1, 2019, p. 101 – 112. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n111rc>. Acesso em: 16 de outubro de 2025.

DUARTE, G.K.G.F. **Potencial tóxico das folhas de *Esenbeckia pumila* Pohl (Rutaceae)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2017. 120 f. Disponível em:
<http://www.bdt.ueg.br/handle/tede/332>. Acesso em: 19 de novembro de 2025.

EL-ALFY, T.S.M.; MOSTAFA, M.R.; DAWIDAR, A.M.; ABDEL-MOGIB, M. I Phytochemical composition and green insecticides from *Citrus aurantifolia* fruit peels against whitefly, *Bemisia tabaci*. **Applied Biological Chemistry**, 2024, P. 67-85. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13765-024-00916-4>. Acesso em 20 de novembro de 2025.

ELMA, F.N.; ÇETİN, H.; YORGANCILAR, M.; ACAR, R. Detection of metabolite content in local bitter white lupin seeds (*Lupinus albus* L.) and acaricidal and insecticidal effect of its seed extract. **Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)**, Ankara: Ankara University, Faculty of Agriculture, v. 27, n. 4, p.

407–413, 2021. DOI: 10.15832/ankutbd.622123. Acesso em 17 de novembro de 2025.

ESTRELLA-PARRA, E.A.; VERJAN, J.C.G.; CÉSPEDES, C.L.; ALARCÓN, J.; SANTANA, Z.C.; GÁRCIA, A.R.; CERVANTES, M.A.C.; REYES-CHILPA, R. Volatile organic compounds from *Pachyrhizus ferrugineus* and *Pachyrhizus erosus* (Fabaceae) leaves. **Boletín latino-americano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 15, n. 3, 2016. p. 175-181.

EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil – safra 2014/15** [recurso eletrônico]: / Irineu Lorini (editor técnico). – Londrina : Embrapa Soja, 2016. 190 p. il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; 378). 1.Soja-semente-qualidade. 2.Soja-grão-qualidade. I.Lorini, Irineu. II.Título. III.Série, 2016.

FARIA, M. V. C. **Avaliação de ambientes e produtos contaminados por agrotóxicos**. In PERES, F.; MOREIRA, J. C. (orgs.). *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. p. 137-156.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V; ARGOLO, V. **Avaliação de plantas com potencial inseticida no controle da vaquinha-do-feijoeiro** (*Cerotoma tingomarianus* Bechné). Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

FEBRITAMI, G.; USIATI, N.; DONO, D. Toxicity of four kind plant extracts (*Ageratum conyzoides* L., *Barringtonia asiatica* (L.) Kurz., *Melia azedarach* L., *Tephrosia vogelii* Hook F.) against brown planthopper (*Nilaparvata lugens* STAL.) **Jurnal Cropsaver**, V. 1, n.1, 2018, p.1-8. DOI: <https://doi.org/10.24198/cs.v1i1.16970>. Acesso em 15 de outubro de 2025.

FERRAZ, S.; LOPES, E. A.; AMORA, D. X. **Controle de fitonematoides com o uso de extratos e óleos essenciais de plantas**. In: POLTRONIERI, L. S.; ISHIDA, A. K. N. (Ed). *Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas. Panorama atual e perspectivas na agricultura*. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2008. 308. p.

FIOCRUZ. Monocultura extensiva. Disponível em: <https://www.epsjv.fiocruz.br/monocultura-extensiva>. Acesso em: 20 nov. 2022

FLINT, M.L.; VAN DEN BOSCH, R. *Introduction to integrated pest management*. New York, Plenum, 1981, 240p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. v. 10, 920p.

GHASEMZADEH, S.; MIRFAKHRAIE, S.; NAJAFZADEH, R. Fumigant toxicity of *Haplophyllum tuberculatum* (Rutaceae) and *Nepeta crispa* (Lamiaceae) on the Indian meal moth. **12th International Working Conference on Stored Product Protection (IWCSP)**, 2018, p. 7-11.

GIL, A. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IFOBE EDUCACIONAL, **Cultivo Orgânico**. Postado em 29 de outubro de 2019 | Atualizado em 29 de outubro de 2019. Disponível em: < [blog.ifopecom.br](http://blog.ifopecom.br/cultivo-orgânico) > cultivo-orgânico >. Acesso em: 06 mai. 2023.

ISMAN, M. B. **Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world**. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 51, p. 45–66, 2006.

ISMAN, M. B. **Plant essential oils for pest and disease management**. Crop Protection, v. 19, p. 603–608, 2000.

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.

ISMAN, Murray B. Plant essential oils for pest and disease management. Crop protection, v.19, n.8, p.603-608, 2000.

JAKIEMIU, Elizabete Aparecida Ruzza **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho** (Thymus vulgaris L.) / Elizabete Aparecida Ruzza Jakiemiu. – Curitiba, 2008.

JAMAL, C. M.; SILVEIRA, D.; RONCHI, R.; ANDRADE, M. A.; BATITUCCI, M. C.; BRASILEIRO, B. G.; SILVA, M. B. **O uso de extratos vegetais no controle alternativo da podridão pós-colheita da banana**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, IX, 2008, ParlaMundi. Anais... Brasília, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008.p. 1-9.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Flora do Brasil 2020 em construção. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

JORNAL DA USP. Agrotóxicos no Brasil: entre a produção e a segurança alimentar. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/agrotoxicos-no-brasil-entre-a-producao-e-a-seguranca-alimentar/>. Acesso em: 25 de jan.de 2026.

LENTEREN, J.C. van; Bueno, V.H.P. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. BioControl 48: 123-139.

LIMA JUNIOR, A. F. **Efeito de diferentes extratos vegetais no controle de Anthoscelides obtectus e Sitophilus sp.** 2011. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UEG. Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2011.

LYUBENOVA, V. **Plant secondary metabolites as natural insecticides: ecological roles and applications in sustainable agriculture.** *Journal of Plant Protection Research*, v. 63, n. 2, p. 123–135, 2023.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para a ação e defesa da vida.** Rio de Janeiro: AS-PTA. Assessoria e serviços a projetos em agricultura alternativa, 2010. 190 p.: il., 23cm.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. **Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática.** Lopes CVA, Albuquerque GSC, *Saúde Debate*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534.

MACHADO, Fernanda; CORAZZA, Rosana. **Desafios tecnológicos, organizacionais e financeiros da agricultura orgânica no Brasil.** Aportes. V.4. nº 26. Maio/ago.2004.p.2140.Puebla, México. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rosana_Corazza/publication/239938249_Desafios_tecnologicos_organizacionais_e_financeiros_da_agricultura_organica_no_Brasil/inks/0deec520e8b2a4bdf4000000/Desafios_tecnologicos_organizacionais_e_financeiros-da-agricultura-organica-no-Brasil.pdf. Acesso em: 16 de abr. de 2023.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v.6, n.2, p.95 a 112, 2012.

MARZZOCO, A.; TORRES, B.B. *Bioquímica Básica*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 736p.

MATTOS, A., KREWER, A., ECCEL, C. E.; WILL, J. **O uso de óleos essenciais para o controle de pragas do milho.** *Estrabão*, v.2, 2021, p.139-147.

MBATCHOU, V.C.; TCHOUASSI, D.P.T; DICKSON, R.A.; ANNAN, K.; MENSAH, A.Y.; AMPONSAH, I.K.; JACOB, J.W.; CHESETO, X.; HABTERMARIAN, S.; TORTO, A.B. Mosquito larvicidal activity of Cassia tora seed extract and its key anthraquinones aurantio-obtusin and obtusin. **Parasites & Vectors**, v. 10, 2017, p. 1-8. DOI 10.1186/s13071-017-2512-y. Acesso em: 16 de outubro de 2025.

MEDEIROS, S.R.N.A. **Fitodisponibilidade de metais, composição química e ensaios biológicos no óleo de Bauhinia unguilata L. (Fabaceae).** Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016, 71f. Disponível em: <http://repositorio.ufrr.br:8080/jspui/handle/prefix/59>. Acesso em: 19 de novembro de 2025.

MELO JÚNIOR J. L. A., SILVA J. A., SANTORO K. R., BADJI C. A. (2018). Insecticide resistance of corn weevil populations from semi-arid regions. **Australian Journal of Crop Science**, v.12, 2018, p. 430–434.

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

MENEZES, E. L. **Metabólitos secundários de plantas e sua aplicação no controle de insetos-praga**. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 3, p. 45–58, 2020.

MONÇÃO, N.B.N.; ARAÚJO, B.Q.; CITÓ, A.M.G.L. Explorando a química de produtos naturais e propriedades biológicas do gênero *Mimosa* Linnaeus (Fabaceae–Mimosoideae). **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, 2019, p. 970–1010. DOI: DOI: 10.21577/1984-6835.20190067 . Acesso em: 21 nov. 2025.

MILLÉO, J., ANTUNES, C. H., PETTRES, E. B., AYUB, R. A.; FARAGO, P. V. Óleo essencial de citronela (Poaceae) e seus componentes para controle do brasileiro (Coleoptera: Chrysomelidae) em olerícolas. **EntomoBrasilis**, v.12, n.1, 2019, p. 06-10.

MISHRA, B. B. (2021). Fumigant toxicity of natural plant products in form of essential oils against pulse beetle *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Advanced Zoology**, v.42, n.2, 2021, p.199–206. DOI: <https://doi.org/10.17762/jaz.v42i02.55>. Acesso em: 10 de novembro de 2025.

MONDOL, U.K.; ISLAM, W. Insecticidal and Repellent Activities of *Mimosa pudica* L. (Fabaceae) against *Cryptolestes pusillus* (Schon) (Coleoptera: Cucujidae). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n.9, 2020, p. 2222-2235. DOI: Disponível em: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.909.277>. Acesso em: 15 de outubro de 2025.

MORDUE, A. J.; NISBET, A. J. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *An. Soc. Entomol. Brasil*, v. 29, n. 4, p. 615–632, 2000.

MURASING, C.; DAS, P.; SATHISH, K.; HAZARIKA, L. K. Bio efficacy of Bael (*Aegle marmelos*) Correa (Rutaceae) leaf extracts against pulse beetle (*Callosobruchus chinensis* L.) in stored green gram seed (*Vigna radiata* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 8, p. 2067–2075, 2017.

NGOH SP, Hoo L, Pang FY, Huang Y, Kini MR, Ho SH. 1998. Insecticidal and repellent properties of nine volatile constituents of essential oils against the American cockroach. *Periplaneta Americana* (L.). *Pesticide Science* 54: 261-268.

NOËL, M.S.G.; ILLIASSA, N.; HABIBA, K.; NCHIWAN, E.N. Insecticidal Activity of Powder and Essential Oils of *Vepris heterophylla* (Rutaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae) Towards *Callosobruchus maculatus* F. Walp (Coleoptera: Bruchidae) on Post-Harvest *Vigna unguiculata* (Fabaceae) in the Far-North Region of Cameroon. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.43, n.3, 2021, p. 98-112. DOI: 10.9734/JEAI/2021/v43i330661. Acesso em: 15 de novembro de 2025.

OLIVEIRA, Betina Pires. Teor e composição química do óleo essencial em amostras comerciais de camomila (*Matricaria chamomilla* L.). 2012. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em:

<https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/3c2e114a-b05b-444b-a766-873d356f4cbf/content>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2026.

PÁDUA, J. B. (2014). **Produção e comercialização de produtos orgânicos pela agricultura familiar em Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados-MS. Recuperado de: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/689/1/JulianaBenitesPadua.pdf>.

PAVELA, R; DALL'ACQUA, S; SUT, S; BALDAN, V; NGAHANG KAMTE, S.L; BIAPA NYA, P.C; CAPPELLACCI, L; PETRELLI, R; NICOLETTI, M; CANALE, A; MAGGI, F; BENELLI, G. Oviposition inhibitory activity of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) polar extracts against the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *Physiological and Molecular Plant Pathology*, [s.l.], v. 101, p. 85–92, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.11.002>. Acesso: 05 abr. 2023.

PAVELA, R. **Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review**. *Industrial Crops and Products*, v. 76, p. 174–187, 2015.

PEI, T.H.; ZHAO, Y.J.; WANG, S.Y.; LI, X.F.; SUN, C.Q.; SHI, S.S.; XU, M.L.; GAO, Y. Preliminary Study on Insecticidal Potential and Chemical Composition of Five Rutaceae Essential Oils against *Thrips flavus* (Thysanoptera: Thripidae). **Molecules**, v.28, 2023, p. 28, 2998. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules28072998>. Acesso em: 19 de outubro de 2025.

PEREIRA, K.C.; QUINTELA, E.D.; NASCIMENTO, V.A.; SILVA, D.J.; ROCHA, D.V.M.; SILVA, J.F.A.; ARTHURS, S.P.; FORIM, M.R.; SILVA, F.G.; CAZAL, C.M. Characterization of *Zanthoxylum rhoifolium* (Sapindales: Rutaceae) Essential Oil Nanospheres and Insecticidal Effects to *Bemisia tabaci* (Sternorrhyncha: Aleyrodidae). **Plants**, v.11, 2022, p. 1135. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11091135>. Acesso em: 18 de outubro de 2025.

PEREIRA, R. J. e Cardoso, M. G. J. *Biotec. Biodivers.* v. 3, N.4: pp. 146-152, Nov. 2012

PERES F.; MOREIRA. J. C.; DUBOIS, G. S. **Agrotóxicos, saúde e ambiente**: uma introdução ao tema. In PERES, F.; MOREIRA, J. C. (orgs.). *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

PERES, F. **Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro**. *Ciência & Saúde coletiva*. v. 14, n. 6, p. 1995-2004, 2009.

PERUMAL, V.; KANNAN, S.; PITTARATE, S.; CHINNASAMY, R.; KRUTMANH, P. Essential oils from *Acacia nilotica* (Fabales: Fabaceae) seeds: May have insecticidal effects? **Heliyon**, v.9, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14808>. Acesso em: 19 de outubro de 2025.

PRIJONO, D.; WULAN, R.D.R.; FERDI; SARYANAH, N.A. Insecticidal activity of the extracts of Piper retrofractum fruit and Tephrosia vogelii leaf and their mixtures against Crocidolomia pavonana. **Cropsaver**, V.3, N.2, 2020, p. 68 - 75. DOI: <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v3i2.31305>. Acesso em: 14 de outubro de 2025.

QARI, S.H.; ABDEL-FATTAH, N.A.H.; SHEHAWY, A.A. Assessment of DNA Damage and Biochemical Responses in Rhyzopertha dominica Exposed to Some Plant Volatile Oils. **J. Pharmacol. Toxicol.**, v.12, n.2, 2017, p.87-96. DOI: 10.3923/jpt.2017.87.96. Acesso em: 10 de outubro de 2025.

RAMAKRISHNA, A., Aswathanarayana, G. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plants Signaling & Behavior*, 6:11, 1720-1731.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. **Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world**. *Annual Review of Entomology*, v. 57, p. 405–424, 2012.

RODRIGUES, R.M.A.R. **Bioatividade do óleo essencial de Protium heptaphyllum (Aubl.) e limoneno no controle de Callosobruchus maculatus**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. 47 f. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/2947>. Acesso em: 20 de novembro de 2025.

SANTOS, Amanda Luizetto dos. Preparação e caracterização de uma mistura eutética baseada em um derivado de óleo essencial extraído do Syzygium aromaticum L. 2010. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-26072010-084958/publico/AmandaLuizettoDosSantosR.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2026.

SÁ, Jessica dos Santos. Potencial inseticida de plantas da caatinga sobre Thaumastocoris peregrinus (Hemiptera: Thaumastocoridae) / Jessica dos Santos Sá; orientador Genésio Tâmara Ribeiro. – São Cristóvão, 2018.

SANTOS, Ana C. Atti et al. **Efeito fungicida dos óleos essenciais de Schinus molle L. e Schinus terebinthifolius Raddi, Anacardiaceae**. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.20(2), p. 154-159, Abr./ Mai.Rio Grande do Sul, 2010.

SANTOS, Ana Terra Bravim dos. S231c Caracterização química e atividade inseticida de óleos essenciais de [...] / Ana Terra Bravim dos. – 2018.

SANTOS, J. C. et al. Atividade inseticida de extratos vegetais no controle de pragas agrícolas. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 15, n. 4, p. 573–580, 2013.

SANTOS, F. S.; SOUZA, P. E.; RESENDE, M. L. V.; POZZA, E. A.; MIRANDA, J. C.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; MANERBA, F. C. **Efeito de extratos vegetais no**

progresso de doenças foliares do cafeeiro orgânico. Fitopatologia Brasileira, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 59-63, 2007.

SANTOS, J. O. DE. et al. **A evolução da agricultura orgânica.** RBGA (Pombal – PB – Brasil). v.6, n.1, p. 35 - 41 janeiro/dezembro de 2012. Disponível em: <http://www.gvaa.org.br/revista/index.php/RBGA>. Acesso em: 12 out. 2022.

SANTOS, M. R A. et al. Composição química e atividade inseticida do extrato acetônico de *Piper alatabaccum* Trel&Yuncker (Piperaceae) sobre *Hypothenemus hampei* Ferrari. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 332-336, jul./set. 2013

SAITO, M. L. **As Plantas Praguicidas:** alternativa para o controle de pragas da agricultura. Embrapa-Meio Ambiente. Jaguariúna, 2004, 4p.

SAPKOTA, B.; DEVKOTA, H.P.; POUDEL, P. *Citrus maxima* (Brum.) Merr. (Rutaceae): Bioactive Chemical Constituents and Pharmacological Activities. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2022, p. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/8741669>. Acesso em: 15 de novembro de 2025.

SCHMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, v. 35, p. 271–297, 1990.

SILVA, D. A.; POLLI, H. Q. A IMPORTÂNCIA DA AGRICULTURA ORGÂNICA PARA A SAÚDE E O MEIO AMBIENTE. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 505–516, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.825. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/825>. Acesso em: 9 mai. 2023.

SILVA, M.B.; ROSA, M.B.; BRASILEIRO, B.G.; ALMEIDA, V. & SILVA, C.A. **Desenvolvimento de produtos à base de extratos de plantas para o controle de doenças de plantas.** In: VENZON, M., PAULA JR., T.J. & PALLINI, A. (Eds.) Controle alternativo de pragas e doenças, Viçosa. EPAMIG-CTZM/UFV, p.221-246, 2006

SILVA, M. S. et al. Metabólitos secundários e atividades biológicas em espécies da família Sapotaceae. *Química Nova*, v. 39, n. 6, p. 725–734, 2016.

SILVA, Isabel Moreira da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho, 2016. **Óleos essenciais no controle de praga e seletividade a organismos não alvos.** Orientador: Carlos Siqueyuki Sedyama. Coorientadores: José Cola Zanuncio, José Eduardo Serrão, Rafael Coelho Ribeiro.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, E.V. **Óleos Voláteis.** In: SIMÕES, C.M.O., SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G., MELLO, J.P.C, MENTZ, L.A. E PETROVIK, P.R. (Orgs). Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5 ed. Porto Alegre/Florianópolis. Editora UFRGS/ Editora UFSC, p. 467-495, 2003.

SPLETOZER, A.G.; SANTOS, C.R.; SANCHES, L.A.; GARLET, J. Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 2, 2021, p. 974-997. DOI: Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509832244>. Acesso: em 17 de novembro de 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. 4. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E, **Metabólicos Secundários e defesa vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2009. p. 342-372.

Disponível em:

<https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/tecnologia/luciamariacararetoalves/metabolitos-secundarios-cap-13-fisiologia-vegetal.pdf>. Acesso em: 07 maio 2023.

TEIXEIRA, G.S.S.; CARVALHO, A.R.; CARVALHO, A.S.; LEITE, G.F.D.; DE MELO, J.P.R.; AQUINO, P.G.V.; BADJI, C.A. Behavior of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to hydrolate of *Senna spectabilis* (Fabaceae). **Diversitas Journal**, v. 8, n. 4, 2023, p. 2935–2942. DOI: 10.48017/dj.v8i4.2854. Acesso em 10 de novembro de 2025.

THACKER, J. M. R. An introduction to arthropod pest control. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 343 p.

VÉLEZ-Terranova, M.; Campos Gaona, R.; Sánchez-Guerrero, H. USO DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS PLANTAS PARA REDUCIR LA METANOGENESIS RUMINAL Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 17, núm. 3, 2014, pp. 489-499

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.

VIEGAS JÚNIOR, C. **Terpenos com Atividade Inseticida**: uma alternativa para o controle químico de insetos, Quím. Nova, v. 26, n.3, p. 390-400, 2003.

VIEIRA, Bernardo de Almeida Halfeld et al. (ed.). **Defensivos Agrícolas Naturais: Uso e Perspectivas**. Brasília, DF. 2016. E-book (853p.) color. ISBN: 978-85-7035-642-0. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1059897/defensivos-agricolas-naturais-uso-e-perspectivas> >. Acesso em: 4 mar. 2023.

VIZZOTO, Marcia. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância** / Marcia Vizzoto, Ana Cristina Krolow e Gisele Eva Bruch Weber – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.

WANDRI, R.; ALAM, S.; AYUNDRA, S.D.; APRIANSA, A.; ASMONO, D.; SUBEKI, S.; FITRIANNA, Y.; HASIBUAN, R.; SUHARJO, R. First Report: *Senna multijuga* Subsp. *multijuga* (Fabales: Fabaceae) as an Attractant and Bioinsecticide for *Oryctes*

rhinoceros (Coleoptera: Scarabaeidae). **Agriculture**, v.14, 2024, 14, p. 1477. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14091477>. Acesso em 17 de outubro de 2025.

WILLER, Helga; LERNOUD, Julia. *The world of organic agriculture: statistics and emerging trends 2024*. Bonn: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL); IFOAM – Organics International, 2024. Disponível em: <https://www.fibl.org/>. Acesso em: 25 jan. 2026