



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO

CINTIA FERREIRA DE ALMEIDA

**ATIVIDADE INSETICIDA DE EXTRATO SALINO E FRAÇÃO PROTEICA DE
FOLHAS DE *Psidium cattleianum* Sabine CONTRA *Sitophilus zeamais*
Motschulsky, 1855**

Recife

2025

CINTIA FERREIRA DE ALMEIDA

**ATIVIDADE INSETICIDA DE EXTRATO SALINO E FRAÇÃO PROTEICA DE
FOLHAS DE *Psidium cattleianum* Sabine CONTRA *Sitophilus zeamais*
Motschulsky, 1855**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas - Bacharelado da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Profa. Dra. Thâmarah de Albuquerque Lima

Coorientador(a): Me. Thiago Lucas da Silva Lira

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Almeida, Cintia Ferreira de.

Atividade inseticida de extrato salino e fração proteica de folhas de *Psidium cattleianum* Sabine contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 / Cintia Ferreira de Almeida. - Recife, 2025.

57 p. : il., tab.

Orientador(a): Thâmarah de Albuquerque Lima

Cooorientador(a): Thiago Lucas da Silva Lira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Gorgulho do milho. 2. Inseticidas naturais. 3. Controle de pragas. 4. Lectinas. 5. Metabólitos secundários. I. Lima, Thâmarah de Albuquerque. (Orientação). II. Lira, Thiago Lucas da Silva. (Coorientação). IV. Título.

570 CDD (22.ed.)

CINTIA FERREIRA DE ALMEIDA

**ATIVIDADE INSETICIDA DE EXTRATO SALINO E FRAÇÃO PROTEICA DE
FOLHAS DE *Psidium cattleianum* Sabine CONTRA *Sitophilus zeamais*
Motschulsky, 1855**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas - Bacharelado da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Thâmarah de Albuquerque Lima (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Thiago Henrique Napoleão (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Patryck Érmerson Monteiro dos Santos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha família – minha mãe, Etilene, meu pai, José Jorge, e meu irmão, Jorge Henrique – por todo apoio, amor e carinho ilimitados. Aos professores, mestres e doutores que me guiaram por toda jornada e foram grandes inspirações para mim. E aos meus amigos, por toda ajuda e carinho que tornou esse trabalho possível e mais leve.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me guiar, dar forças e sabedoria ao longo dessa jornada acadêmica. À minha amada família, minha âncora e refúgio, por todo apoio, carinho e amor nessa trajetória e na minha vida. Aos meus queridos amigos, com quem compartilhei lutas e conquistas e que tornaram a jornada acadêmica mais leve e inesquecível.

Agradeço aos meus colegas e amigos de laboratório e de curso, que me receberam e compartilharam tanto conhecimento e experiências valiosas. Ao Professor Ulysses Paulino de Albuquerque, por me apresentar uma perspectiva nova da vida e me proporcionar um grande amadurecimento mental que mudou completamente minha forma de pensar e refletir, tornando o fim dessa trajetória muito mais rico e leve.

Gratidão à Professora Dra. Thâmarah de Albuquerque Lima, pela orientação maravilhosa e por todo incentivo que me forneceu. Ao Mestre em Bioquímica e Fisiologia Thiago Lucas da Silva Lira, pela coorientação incrível, por todo apoio, carinho, força, amizade e tudo que fez e continua fazendo por mim. Aos membros da Banca Examinadora, pelas contribuições valiosas a este trabalho e compartilhamento de conhecimento. Admiro muito cada uma dessas pessoas por suas trajetórias acadêmicas e profissionais.

Agradeço ao Laboratório de Bioquímica de Proteínas – BIOPROT e ao Núcleo de Desenvolvimento Analítico e Tecnológico de Fitoterápicos – NUDATEF, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, ao Centro de Apoio à Pesquisa – CENAPESQ, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, à Rede de Plataformas Tecnológicas Multiusuárias em Ciências Farmacêuticas –RPTFarma e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Complexo Econômico-Industrial da Saúde – iCEIS pelo suporte ofertado para a realização deste trabalho.

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, sob as concessões [304234/2021-4 e 408863/2022-6], pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, sob a concessão [APQ-0656-4.03/22], e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, aos quais agradeço pelo financiamento à pesquisa científica.

Meus mais sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a concretização deste trabalho.

“O que é, afinal, uma erva daninha senão uma planta da qual ainda não se descobriram as virtudes?” (Emerson, 1878).

RESUMO

Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Dryophthoridae), conhecido como gorgulho do milho, é um inseto-praga de grãos armazenados de grande importância econômica. Atualmente, a principal forma de controle desse besouro consiste na aplicação de inseticidas sintéticos associados à alta toxicidade ambiental e à indução de resistência sobre os insetos. Nesse contexto, compostos derivados de plantas, como metabólitos secundários e lectinas, têm sido propostos como alternativas mais sustentáveis para o manejo de *S. zeamais*. O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade inseticida do extrato salino (ES) e da fração proteica (FP) de folhas de *Psidium cattleianum* Sabine (araçá-da-praia) contra adultos de *S. zeamais*. ES foi obtido por homogeneização do pó das folhas secas (10%, p/v) com solução de cloreto de sódio a 0,15 M a 4 °C, por 4 h. FP foi obtida a partir de ES por precipitação com sulfato de amônio a 60% de saturação. Os perfis fitoquímicos de ES e FP foram analisados por cromatografias em camada delgada (CCD) clássica e de aplicação semi-automática (CCD-ASA) e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A concentração de proteínas e a atividade hemaglutinante (AH) de ES e FP foram determinadas. A atividade inseticida de ES (10-300 mg/g) e FP (10-50 mg/g) foi analisada através da incorporação das amostras em dietas artificiais. As taxas de mortalidade foram determinadas após 7 e 14 dias e os índices de dissuasão alimentar e parâmetros nutricionais dos insetos foram calculados após 7 dias. ES e FP apresentaram concentração de proteínas de 12,63 e 33,58 mg/mL e AH específica de 324,31 e 975,82, respectivamente. A análise por CCD e CCD-ASA revelou a presença de taninos condensados e hidrolisáveis, flavonoides e açúcares redutores em ES e FP. A presença de ácidos gálico e elágico, catequina e possivelmente derivados de miricitrina em ES e FP foi confirmada por CLAE. ES (25-300 mg/g) induziu efeitos letais dose- e tempo-dependentes após 7 e 14 dias, com taxas de mortalidade atingindo 50% na maior concentração testada após 14 dias. Além disso, ES provocou efeitos deterrentes fraco e moderado nas concentrações de 200 e 300 mg/g, respectivamente, e impactou negativamente os parâmetros nutricionais de *S. zeamais*, incluindo taxa de consumo relativo, taxa de ganho de biomassa relativa e eficiência de conversão de alimento ingerido, nas concentrações de 10 a 300 mg/g. Por sua vez, FP (50 mg/g) induziu efeitos letais

sobre *S. zeamais* após 7 dias e não afetou a deterrência alimentar nem os parâmetros nutricionais de *S. zeamais* nas concentrações testadas. Em suma, os achados do presente estudo revelam que compostos bioativos de folhas de *P. cattleianum* presentes em ES e FP apresentam potencial para serem explorados como inseticidas naturais no manejo integrado de *S. zeamais*, diversificando as estratégias de controle natural desse inseto-praga.

Palavras-chave: Gorgulho do milho; Inseticidas naturais; Controle de pragas; Lectinas; Metabólitos secundários.

ABSTRACT

Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Dryophthoridae), known as maize weevil, is a stored grain insect pest of great economic importance. Currently, the main form of control of this beetle consists of the application of synthetic insecticides associated with high environmental toxicity and induction of resistance in insects. In this context, plant-derived compounds, such as secondary metabolites and lectins, have been proposed as more sustainable alternatives for the management of *S. zeamais*. The objective of this study was to evaluate the insecticidal activity of saline extract (SE) and protein fraction (PF) of *Psidium cattleianum* Sabine (strawberry guava) leaves against *S. zeamais* adults. SE was obtained by homogenization of dry leaf powder (10%, w/v) with 0.15 M sodium chloride solution at 4 °C for 4 h. PF was obtained from SE by precipitation with ammonium sulfate at 60% saturation. The phytochemical profiles of SE and PF were analyzed by classic and semi-automated application (SAA) thin layer chromatography (TLC) and high performance liquid chromatography (HPLC). The protein concentration and hemagglutinating activity (HA) of SE and PF were determined. The insecticidal activity of SE (10-300 mg/g) and PF (10-50 mg/g) was analyzed by incorporating the samples into artificial diets. Mortality rates were determined after 7 and 14 days and the feeding deterrence indices and nutritional parameters of the insects were calculated after 7 days. SE and PF presented protein concentrations of 12.63 and 33.58 mg/mL and specific HA of 324.31 and 975.82, respectively. TLC and TLC-SAA analysis revealed the presence of condensed and hydrolyzable tannins, flavonoids and reducing sugars in SE and PF. The presence of gallic and ellagic acids, catechin and possibly myricitrin derivatives in SE and PF was confirmed by HPLC. SE (25-300 mg/g) induced dose- and time-dependent lethal effects after 7 and 14 days, with mortality rates reaching 50% at the highest concentration tested after 14 days. Furthermore, ES caused weak and moderate deterrent effects at concentrations of 200 and 300 mg/g, respectively, and negatively impacted the nutritional parameters of *S. zeamais*, including relative consumption rate, relative biomass gain rate and feed conversion efficiency at concentrations of 10 to 300 mg/g. In turn, PF (50 mg/g) induced lethal effects on *S. zeamais* after 7 days and did not affect the feeding deterrence or nutritional parameters of *S. zeamais* at the concentrations tested. In summary, the findings of

the present study reveal that bioactive compounds of *P. cattleianum* leaves present in SE and PF have potential to be explored as natural insecticides in the integrated management of *S. zeamais*, diversifying the natural control strategies of this insect pest.

Keywords: Maize weevil; Natural insecticides; Pest control; Lectins; Secondary metabolites.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. <i>Sitophilus zeamais</i>	16
2.1.1. Biologia e ciclo de vida de <i>S. zeamais</i>	16
2.1.2. <i>S. zeamais</i> como inseto-praga	16
2.1.3. Controle de <i>S. zeamais</i> : principais formas e desafios	18
2.2. INSETICIDAS NATURAIS	19
2.3. PLANTAS COMO FONTE DE INSETICIDAS NATURAIS	20
2.4. <i>Psidium cattleianum</i>	24
2.4.1. Descrição taxonômica de <i>P. cattleianum</i>	24
2.4.2. Compostos fitoquímicos de <i>P. cattleianum</i>	26
2.4.3. Usos etnobotânicos de <i>P. cattleianum</i>	27
2.4.4. Aplicações biotecnológicas de <i>P. cattleianum</i>	28
2.4.5. Análises toxicológicas de <i>P. cattleianum</i>	29
3. OBJETIVOS	31
3.1. OBJETIVO GERAL	31
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
4. METODOLOGIA	32
4.1. MATERIAL VEGETAL	32
4.2. PREPARAÇÕES DAS FOLHAS DE <i>Psidium cattleianum</i>	32
4.3. CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNAS E ATIVIDADE HEMAGLUTINANTE	32
4.4. ANÁLISE FITOQUÍMICA	33
4.5. INSETOS	35
4.6. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE INSETICIDA	36
4.6.1. Ensaios inseticidas	36
4.6.2. Deterrença alimentar e parâmetros nutricionais	36
4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	37

5. RESULTADOS	38
5.1. PERFIL FITOQUÍMICO DE ES E FP	38
5.2. CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNAS E ATIVIDADE HEMAGLUTINANTE	41
5.3. ES e FP CAUSARAM MORTALIDADE DE <i>S. zeamais</i> QUANDO INCORPORADOS EM DIETAS ARTIFICIAIS	42
5.4. ES AFETOU A ALIMENTAÇÃO, A NUTRIÇÃO E O METABOLISMO DE <i>S. zeamais</i>	43
6. DISCUSSÃO	46
7. CONCLUSÃO	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Dryophthoridae), inseto conhecido popularmente como gorgulho do milho, é uma das principais pragas agrícolas que afetam grãos e cereais armazenados no Brasil, causando impactos econômicos expressivos nos setores agrícolas e industriais. Esse inseto-praga é considerado polífago pela diversidade de alimentos incluídos em sua dieta, mas destaca-se por infestar principalmente os grãos de milho, comprometendo o peso, o valor comercial, a qualidade nutricional e a segurança desses alimentos, capaz de causar perdas de até 40% do peso da produção total de grãos (Corrêa *et al.*, 2012; Napoleão *et al.*, 2013; Achimón *et al.*, 2022).

Atualmente, o controle de *S. zeamais* é realizado principalmente com inseticidas sintéticos, como piretróides e organofosforados (Araújo *et al.*, 2011; Tschoeke *et al.*, 2024). Embora apresentem alta eficácia no controle de pragas, os pesticidas sintéticos estão associados a diversas problemáticas, incluindo alta toxicidade ambiental e ocupacional (Patiño-Bayona *et al.*, 2021). Além disso, o uso intensivo e prolongado dessas substâncias químicas podem resultar no desenvolvimento de populações resistentes de *S. zeamais* (Napoleão *et al.*, 2013).

Nesse sentido, os inseticidas naturais têm sido propostos como estratégias alternativas aos inseticidas convencionais na proteção dos grãos armazenados contra *S. zeamais* (Achimón *et al.*, 2022). Os compostos derivados de plantas geralmente apresentam maior ecossegurança e menor toxicidade aos seres humanos, sendo excelentes candidatos na busca por inseticidas sustentáveis, isto é, inseticidas de origem natural considerados mais ecologicamente seguros (Phokwe; Manganyi, 2023; Cortese; Oliveira; Fernandes, 2024; Bezerra *et al.*, 2025).

Dentre as substâncias fitoquímicas, as lectinas e os metabólitos secundários são amplamente investigados em abordagens de controle natural de pragas agrícolas (Macedo; Oliveira; Oliveira, 2015; Jahan *et al.*, 2025). Estudos anteriores relataram a atividade inseticida de extratos ricos em lectinas, flavonoides, taninos e outros compostos fitoquímicos contra *S. zeamais* (Camaroti *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2023b).

Psidium cattleianum Sabine (Myrtaceae), conhecida popularmente como araçá-da-praia, é uma planta nativa do Brasil e está distribuída por diversos estados

localizados no litoral do país, incluindo Pernambuco (Pereira *et al.*, 2018). Na medicina popular, as folhas de *P. cattleianum* são utilizadas tradicionalmente no tratamento de diarreia e diabetes e no alívio de dores (Vendruscolo; Simões; Mentz, 2005; Patel, 2012). O potencial fitoterápico das folhas de *P. cattleianum*, proveniente da riqueza de compostos fitoquímicos biologicamente ativos, fornece perspectivas promissoras para investigações farmacêuticas e biotecnológicas (Medina *et al.*, 2011).

Respalhando o uso tradicional, as atividades biológicas de *P. cattleianum* foram evidenciadas por diversos estudos científicos. Nesse sentido, as propriedades antioxidante, antitumoral, analgésica, antimicrobiana, desinfetante e alelopática dos extratos hidroalcoólico, aquoso e etanólico e do óleo essencial das folhas de *P. cattleianum* foram relatadas (Brighenti *et al.*, 2008; Brighenti *et al.*, 2012; Alvarenga *et al.*, 2013; Alvarenga *et al.*, 2016; Scur *et al.*, 2016; Massunari *et al.*, 2017; Dacoreggio *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2021).

Estudos prévios revelaram a atividade larvicide do óleo essencial de folhas de *P. cattleianum* contra *Aedes aegypti* Linneaus (Diptera: Culicidae), além dos efeitos repelentes do extrato aquoso e metanólico das folhas dessa planta sobre mosquitos adultos de *Anopheles arabienses* Patton (Diptera: Culicidae) (Chalannavar *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2023a). No entanto, não foram encontrados estudos que explorem a presença e potencial atividade inseticida de lectinas em preparações de folhas de *P. cattleianum*. Desse modo, o presente estudo visou avaliar a atividade lectínica, o perfil fitoquímico e a atividade inseticida do extrato salino e da fração proteica de folhas de *P. cattleianum* contra *S. zeamais*, fornecendo perspectivas para a aplicação biotecnológica dessas preparações como inseticidas naturais no controle dessa praga agrícola.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. *Sitophilus zeamais*

2.1.1. **Biologia e ciclo de vida de *S. zeamais***

S. zeamais é uma das principais pragas agrícolas que afetam grãos e cereais armazenados, especialmente o milho. Esse inseto-praga está associado a impactos econômicos expressivos no setor agrícola brasileiro e mundial (Corrêa *et al.*, 2012; Achimón *et al.*, 2022). O ciclo de vida de *S. zeamais* inclui os estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Esse besouro apresenta alto potencial reprodutivo, com número médio de 282 ovos por fêmea. O período de incubação dos ovos varia entre 3 e 6 dias, com emergência de adultos cerca de 34 dias após a eclosão. A postura dos ovos geralmente é feita dentro de grãos, que servem de alimento e abrigo para as larvas, pupas e adultos (Lorini; Schneider, 1994; Loeck, 2002; Patiño-Bayona *et al.*, 2021). Esses comportamentos alimentar e reprodutivo levam à deterioração dos grãos, o que resulta em perdas de peso, qualidade nutricional e valor de mercado desses alimentos e acarreta em prejuízos econômicos pós-colheita (Napoleão *et al.* 2013).

As larvas de *S. zeamais* são do tipo curculioniforme, caracterizadas pela coloração amarelo-claro e cabeça marrom-escura, enquanto as pupas apresentam cor branca. Os adultos de *S. zeamais* apresentam entre 2 a 3 centímetros de comprimento, coloração castanho-escuro com manchas claras nas asas anteriores (élitros), evidentes após a emergência, e cabeça em forma de rostro curvado projetada para frente. A distinção entre machos e fêmeas está no tamanho e largura do rostro, pois os machos apresentam rostro curto e grosso, enquanto as fêmeas possuem rostro longo e fino (Lorini; Schneider, 1994; Botton *et al.*, 2005). Além de serem as formas reprodutivas, os adultos são as formas mais expostas do ciclo de vida de *S. zeamais*, pois se desenvolvem fora dos grãos. Assim, os adultos são amplamente utilizados como modelos experimentais em estudos de avaliação de atividade inseticida (Oliveira *et al.*, 2020; Albuquerque *et al.*, 2020).

2.1.2. *S. zeamais* como inseto-praga

S. zeamais é considerado uma praga altamente polífaga devido a sua ampla dieta de grãos armazenados, capaz de infestar colheitas de milho em amadurecimento entre 6 a 8 semanas prévio à colheita, com perdas de até 40% de peso dos grãos produzidos em caso de infestação elevada. Além de ser uma praga primária do milho, *S. zeamais* é uma praga secundária de outras culturas, incluindo arroz, sorgo, farinha de mandioca e produtos de inhame, além de pomares, infestando maçãs, uvas e pêssegos (Botton *et al.*, 2005; Ojo; Omoloye, 2012).

Botton *et al.* (2005) investigaram o comportamento e os danos causados pela infestação de *S. zeamais* em cultivos de pêssegos e maçãs. O estudo revelou que o inseto ataca principalmente a região basal dos frutos, com foco majoritário à cavidade peduncular e aos pontos de contato entre os frutos. A estratégia utilizada pelo inseto é perfurar a casca para se alimentar, o que produz depressões na polpa e reduz o valor comercial do fruto, além de aumentar a exposição da polpa à infecção por fungos.

O ataque às videiras por *S. zeamais* ocorre de maneira similar às demais frutas, com perfuração das bagas, aumento da exposição a doenças e podridão, e redução de valor comercial, além de propiciar o aumento do risco de proliferação de fungos responsáveis pela produção de uma substância conhecida como ocratoxina A nos vinhos, o que traz prejuízos à qualidade da bebida e valor comercial além de pôr em risco a saúde do consumidor. O ataque à região próxima ao pedúnculo pode provocar degrana na colheita (Carvalho *et al.*, 2024).

Como praga primária, *S. zeamais* é capaz de causar uma perda de peso dos grãos armazenados igual a 18,3% com uma média de dois insetos por grão em 48 dias. Os danos causados por esse inseto-praga refletem perdas de valor e qualidade nutricional dos grãos, peso e taxa germinativa das sementes, além de potencialmente afetar a saúde humana e aumentar as chances de contaminação dos grãos por fungos e bactérias (Phokwe; Manganyi, 2023).

Nesse sentido, o controle da disseminação de *S. zeamais* é fundamental para a redução dos impactos causados pela infestação desse inseto-praga em grãos armazenados e pomares. Desse modo, o uso de inseticidas sintéticos e naturais são de extrema importância para os agricultores, com os inseticidas químicos

apresentando ampla utilização no setor, visto como a principal e mais comum forma de controle do *S. zeamais* atualmente (Oliveira *et al.*, 2020).

2.1.3. Controle de *S. zeamais*: principais formas e desafios

Atualmente, o controle da disseminação do gorgulho do milho é realizado principalmente com uma variedade de inseticidas químicos sintéticos, como piretroides e organofosforados. O uso extensivo de inseticidas à base de piretroides é respaldado na alta atividade inseticida associada a esses compostos químicos. Os principais mecanismos desses inseticidas afetam a condução nervosa normal de maneira altamente tóxica aos invertebrados (Araújo *et al.*, 2011; Tschoeke *et al.*, 2024).

Todavia, o uso indiscriminado de inseticidas sintéticos, especialmente piretroides, está associado a efeitos deletérios ao ambiente e organismos não-alvo, incluindo o ser humano. Além disso, a alta dependência de inseticidas químicos sintéticos para o controle de *S. zeamais* é a principal causa da emergência de insetos resistentes e de resistência cruzada entre populações de *S. zemaïs*, alvo de grande preocupação aos produtores (Araújo *et al.*, 2008; Achimón *et al.*, 2022).

O controle de *S. zeamais* em grãos armazenados também pode ser realizado com o expurgo dos grãos, geralmente com o gás fosfina, devido à eficácia, versatilidade e facilidade de uso associados a esse inseticida. Entretanto, trata-se de uma solução temporária, visto que a reinfestação pós abertura das vedações é possível pela fosfina não deixar resíduos. Além disso, o uso inadequado e/ou despreparado do expurgo pode favorecer a emergência de insetos resistentes (Antunes *et al.*, 2011).

Nesse contexto, alternativas para o controle eficaz de *S. zeamais*, com menor risco de produção de insetos resistentes, são de grande interesse para os produtores. Com o aumento da preocupação sobre a toxicidade e os impactos no meio ambiente e na saúde pública, estratégias mais sustentáveis estão em demanda atualmente. Desse modo, inseticidas naturais à base de plantas apresentam alto potencial como alternativa aos inseticidas sintéticos por serem biodegradáveis, menos nocivos e com potencial protetivo contra danos causados por pragas aos grãos (Phokwe; Manganyi, 2023).

2.2. INSETICIDAS NATURAIS

Inseticidas naturais são definidos como substâncias químicas, minerais ou biológicas com a capacidade de interferir nos processos biológicos e/ou comportamentais de insetos. Essas substâncias originadas de fontes naturais, como plantas, bactérias, fungos, animais e alguns minerais, apresentam potencial de aplicação como inseticidas no controle e manejo de insetos-praga, pois são consideradas mais sustentáveis do que os inseticidas sintéticos (Murray *et al.*, 2013; Khursheed *et al.*, 2022).

Algumas das principais vantagens do uso de inseticidas naturais, principalmente à base de plantas, sobre os sintéticos incluem a toxicidade não-alvo reduzida, o que consequentemente reduz os riscos de envenenamento tanto para humanos quanto para animais, a capacidade de ser rapidamente biodegradado, decompondo-se no ambiente sem acúmulo de resíduos tóxicos no solo e na água e o potencial protetivo à planta contra pragas (Phokwe; Manganyi, 2023).

Extratos à base de plantas, óleos essenciais e demais substâncias vegetais, como as lectinas, terpenos e flavonoides, são particularmente interessantes como potencial inseticida natural por sua complexidade química que dificulta o desenvolvimento de resistência pelo inseto-praga, exibindo uma variedade de diferentes mecanismos com ação inseticida. Podem atuar como repelentes, atrativos ou dissuasores alimentares, além de poderem interferir em processos fisiológicos do inseto, como a respiração e a capacidade de identificação de plantas, ou reduzir a emergência de novos adultos devido à potencial atividade ovicida e larvicida (Khursheed *et al.*, 2022).

Desse modo, estudos têm demonstrado o potencial inseticida de extratos e substâncias vegetais contra insetos-praga, como *S. zeamais*, a fim de investigar potenciais alternativas naturais para o controle e manejo destes com menores impactos ambientais e redução da seleção de insetos resistentes. Extratos e óleos essenciais das folhas de diferentes espécies vegetais são alguns dos principais focos desses estudos (Napoleão *et al.*, 2013; Camaroti *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020).

2.2.1. Lectinas

Conforme Napoleão *et al.* (2019), ao longo da evolução, as plantas desenvolveram mecanismos de defesa físicos e moleculares contra microrganismos e insetos. Proteínas com bioatividade contra insetos, como inibidores enzimáticos e lectinas, são algumas das estratégias moleculares das plantas. Os inibidores de protease presentes em plantas podem ser metabólitos secundários, como flavonoides, taninos e derivados cinâmicos, ou proteínas, como as lectinas.

As lectinas são uma classe de proteínas de origem não imune capazes de se ligar a carboidratos com alta especificidade e com moderada a alta afinidade. Essas proteínas apresentam diversidade estrutural significativa e possuem papel crítico em diversos processos biológicos, incluindo reconhecimento celular, sinalização e adesão e destinação intracelular de proteínas recentemente sintetizadas (Bastiani, 2014).

Do ponto de vista estrutural, as lectinas são organizadas de maneira a incluir sítios de ligação a carboidratos com uma requintada complementaridade molecular que possibilita a interação apenas com os carboidratos correspondentes corretos, garantindo uma altíssima especificidade nas interações lectina-carboidrato e conferindo a capacidade de interagir com polissacarídeos e glicoconjugados, formando ligações não covalentes, como ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas e forças de Van der Waals (Benevides, 2011).

A estrutura de uma lectina pode variar em diversos aspectos, tais como a composição de aminoácidos, a massa molecular aparente, o número e estrutura das subunidades presentes, estrutura terciária e presença ou não de íons metálicos ou cátions bivalentes em sua estrutura. Apesar da alta heterogeneidade, as lectinas podem ser agrupadas em famílias distintas com similaridades estruturais (Carneiro, 2007).

Conforme Bastiani (2014, p. 272), a afinidade de um domínio individual de ligação a carboidratos (DLC) de uma lectina com um oligossacarídeo pode ser modesta mas a real afinidade é, muitas vezes, aumentada drasticamente pela multivalência da lectina, na qual uma única molécula de lectina possui múltiplos DLC. Logo, uma única molécula de lectina pode interagir com um agrupamento de

oligossacarídeos ao mesmo tempo, com cada oligossacarídeo ocupando um dos DLC da lectina, permitindo uma interação forte entre a lectina e o oligossacarídeo.

As lectinas são consideradas moléculas ubíquas, isto é, que podem ser encontradas em todas as classes de organismos vivos, como microrganismos, plantas, fungos, animais e insetos. Sua ampla presença e distribuição evidenciam a importância evolutiva e funcional dessa classe de proteínas em diferentes contextos biológicos, apresentando papel importante em diversos mecanismos biológicos (Carneiro, 2007; Bastiani, 2014).

Em animais, as lectinas desempenham diferentes funções, incluindo a modulação do sistema imunológico, reconhecimento de células e mediação da comunicação célula-célula, podendo regular os níveis de concentração de alguns hormônios peptídicos presentes no sangue pela interação receptor-hormônio. As lectinas são fundamentais na identificação de células patogênicas e na coordenação da resposta imune, promovendo a defesa do organismo contra infecções (Bastiani, 2014).

Em fungos e microrganismos, as lectinas participam de interações com o ambiente e outros organismos. Elas podem atuar na adesão a superfícies ou a formação de biofilmes, estruturas que conferem proteção aos microrganismos e permitem a colonização de novos nichos ecológicos (Silva *et al.*, 2019). As lectinas microbianas e de animais são encontradas em menor quantidade quando comparadas às lectinas vegetais, que podem ser detectadas em quase todas as partes da planta em grande abundância (Konozy; Osman; Dinar, 2022).

As lectinas vegetais têm papel de armazenamento e/ou reguladores endógenos da atividade proteolítica, além de estarem envolvidas na defesa contra patógenos e insetos. São consideradas relativamente simples de detectar atividade e podem ser purificadas em grande quantidade. Geralmente as lectinas vegetais não interagem com glicanos celulares endógenos, mas apresentam alta afinidade por açúcares frequentemente associados a outros organismos, como bactérias, fungos, invertebrados herbívoros e vertebrados, o que pode estar relacionado a um mecanismo molecular de defesa das plantas (Napoleão *et al.*, 2019; Konozy; Osman; Dinar, 2022).

Um aspecto importante das lectinas é sua capacidade de aglutinação de células e precipitação de glicoconjugados, proveniente da característica multivalente

de muitas lectinas, lhes conferindo o termo “aglutininas”. As lectinas são capazes de induzir uma alta gama de atividades biológicas, como apoptose, migração de leucócitos, liberação de histamina, produção de óxido nítrico, etc, mostrando-se como ferramentas poderosas para fins analíticos e pesquisas na Bioquímica, Biologia Celular e Molecular, Imunologia e áreas similares (Carneiro, 2007; Benevides, 2011).

Nesse contexto, as lectinas são amplamente estudadas em pesquisas biomédicas e biotecnológicas, com as lectinas vegetais possuindo potencial para uso como reagentes de detecção e separação de glicanos e glicoproteínas ligados a diferentes oligossacarídeos. Elas são empregadas no desenvolvimento de tratamentos para doenças infecciosas, feridas, doenças imunológicas e câncer, técnicas de purificação de glicoproteínas e estudos de interação célula-célula. (Bastiani, 2014; Coelho *et al.*, 2017; Napoleão *et al.*, 2019; Konozy; Osman; Dinar, 2022).

No contexto biomédico, as lectinas derivadas de plantas vêm sendo investigadas para diversos fins. Estudos recentes, como o de Mazalovska e Kouokam (2020) e Konozy, Osman e Dirar (2022) demonstram o potencial de lectinas vegetais como, respectivamente, ferramenta de diagnóstico e de terapia do câncer e como agentes anti-coronavírus, antiinflamatórios, antinociceptivo e anti-úlceras, evidenciando resultados promissores na área.

Estudos na literatura indicam que lectinas vegetais podem apresentar efeitos inseticidas em diferentes níveis contra *S. zeamais*. Esses estudos revelam mortalidade, alterações em parâmetros nutricionais e efeitos nas atividades das enzimas digestivas. Embora nem toda lectina vegetal cause mortalidade em *S. zeamais*, é sugerido o uso delas como aditivo ou agente sinérgico contra esse inseto-praga (Napoleão *et al.*, 2013; Silva *et al.* 2013; Camaroti *et al.* 2018; Napoleão *et al.*, 2019; Brito *et al.*, 2021).

Conforme Camaroti *et al.* (2018), as lectinas vegetais podem interagir contra uma ampla gama de insetos de importância socioeconômica, apresentando efeitos deletérios na sobrevivência, reprodução, oviposição e crescimento de insetos-praga de grãos armazenados. Segundo os autores, os mecanismos de ação dessas lectinas envolvem resistência à proteólise e ligação a enzimas digestivas, além de

interações com glicoconjugados do trato digestivo, o que causa danos morfológicos no sistema digestivo do inseto e desequilíbrio metabólico.

2.2.2. Metabólitos secundários

Além de lectinas e outras proteínas bioativas, os extratos vegetais podem conter diferentes tipos de metabólitos secundários com potencial de afetar a fisiologia, desenvolvimento, sobrevivência e comportamento de insetos (Napoleão *et al.*, 2019). Há diversos métodos de extração e isolamento desses metabólitos das plantas, como maceração em água, extração por solventes orgânicos, extração de fluido supercrítico e destilação (Pavela, 2016).

Os metabólitos secundários são pequenas moléculas do metabolismo vegetal que exercem funções específicas nas plantas, como proteção contra estresses de ordem biótica ou abiótica. Esse grupo inclui compostos com potencial nutritivo e farmacológico para humanos, além de aditivos aromáticos e corantes. Os metabólitos secundários podem ser agrupados em três classes principais: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados, subdivididos conforme biossíntese, função e importância (Bastiani, 2014; Borges e Amorim, 2020).

Os terpenos são a maior classe de metabólitos secundários e são classificados com base em unidades de cinco carbonos, incluindo monoterpenos (C₅), monoterpenos (C₁₀), sesquiterpenos (C₁₅), diterpenos (C₂₀), sesterpenos (C₂₅), triterpenos (C₃₀), tetraterpenos (C₄₀) e politerpenos (> C₄₀). Os terpenos podem apresentar papel de atração de polinizadores, repelente contra insetos, defesa contra pragas, doenças e microrganismos, além de germinação de sementes, alongamento caulinar, expansão do fruto, captação de luz, função antioxidante e dissipação de radicais livres (Vizzotto; Krolow e Weber, 2010).

Compostos fenólicos são produtos secundários que contêm pelo menos um grupo fenol e estão envolvidos no sabor, odor e coloração de diversos vegetais. Representam um grupo quimicamente heterogêneo com ampla diversidade química, o que possibilita sua atuação em várias funções vegetais diferentes. Dentre essas funções estão inclusas a defesa contra herbivoria, incluindo contra insetos, ferimentos, e patógenos, além da polinização, dispersão de sementes e proteção UV (Borges e Amorim, 2020).

Dentre os compostos nitrogenados estão inclusos alcaloides, glicosídeos cianogênicos, aminoácidos não proteicos e flavonoides. Os alcaloides são considerados os principais compostos nitrogenados, geralmente de caráter alcalino e ausentes em células jovens. Os compostos nitrogenados apresentam capacidade de influenciar o sistema nervoso, tornando essa classe de compostos de interesse na produção de venenos e alucinógenos. Possuem papel de proteção contra lesões, patógenos, insetos e herbivoria, além de serem fontes de nitrogênio na germinação (Vizzotto; Krolow e Weber, 2010; Borges e Amorim, 2020).

Diversos estudos destacam a atividade inseticida de extratos ricos em lectinas e metabólitos secundários contra *S. zeamais* (Napoleão *et al.*, 2013; Camaroti *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2018; Albuquerque *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2023b). Esses autores destacaram que esses compostos bioativos podem induzir efeitos letais, anti-alimentares, antinutricionais e antimetabólicos sobre esse inseto, reforçando o seu potencial biotecnológico no controle de pragas agrícolas.

Nesse sentido, os metabólitos secundários e as lectinas são importantes potenciais agentes inseticidas devido a suas atividades biológicas contra herbívoros e microrganismos. Com a ampla distribuição desses compostos em diversas espécies de plantas além das vantagens do uso de inseticidas naturais derivados de plantas como substituto aos inseticidas sintéticos (Khursheed *et al.*, 2022), é de grande interesse a realização de estudos utilizando preparações de partes de plantas como fonte de inseticidas naturais.

2.3. *Psidium cattleianum*

2.3.1. Descrição taxonômica de *P. cattleianum*

Psidium cattleianum Sabine, popularmente conhecida como araçá, araçá-amarelo, araçá-da-praia ou araçá-de-coroa, é uma planta nativa do Brasil pertencente à família Myrtaceae. Essa espécie ocorre na costa atlântica brasileira, encontrada desde o estado da Bahia até o Rio Grande do Sul e estendendo-se ao nordeste do Uruguai. Naturalizada em clima tropical, pode ocorrer nas ilhas do Caribe e no Hawaii, além de ser uma planta frutífera ornamental na América do Sul e

Central, Índias Ocidentais, Bermudas e Bahamas (Lisboa; Kinupp; Barros, 2011; Patel, 2012).

A espécie é considerada uma planta heliófita e higrófila seletiva, frequentemente ocorrendo em ecossistemas litorâneos, especialmente em restingas de terrenos úmidos. Embora seja predominante em áreas com altos níveis de umidade, *P. cattleianum* também pode ser encontrada em banhados e bordas de corpos de água, o que reflete a plasticidade ecológica da espécie. Essa adaptabilidade confere a *P. cattleianum* o potencial de invasibilidade em determinadas regiões, competindo com espécies nativas e influenciando dinâmicas ecológicas locais (Pereira *et al.*, 2018).

P. cattleianum caracteriza-se como uma arvoreta ou arbusto de tronco tortuoso e casca fina de coloração castanha-avermelhada, podendo apresentar até 6 metros de altura. Possui folhas simples, opostas, coriáceas, glabras, obovadas e de tonalidade verde-reluzente. As flores são do tipo solitárias, axilares ou abaixo da inserção foliar, diclamídeas, hermafroditas, com cálice fechado no botão floral, o qual rompe-se na antese em lobos irregulares, apresenta coloração branca e forma-se durante os ramos do ano (Corrêa; Penna, 1984).

O fruto é de tamanho pequeno, entre 2 a 5 cm de diâmetro, e é do tipo baga globosa, ovoide ou achatada, piriforme, com cálice coroadado, diversas sementes e com peso geralmente de 20g ou superior. A polpa é translúcida e succulenta, com sabor semelhante ao morango, com um toque de picância. A coloração do fruto apresenta dois fenótipos diferentes: o fenótipo amarelo (FA), reconhecido por alguns autores como *P. cattleianum* var. *lucidum* Hort., e o fenótipo vermelho (FV), também conhecido como *P. cattleianum* var. *cattleianum* (Bieglmeyer *et al.*, 2011).

Macroscopicamente, as folhas de *P. cattleianum* de ambos fenótipos apresentam filotaxia oposta, margem inteira e limbo coriáceo com superfície lisa e glabra. Na microscopia, possuem epiderme uniestratificada, cutícula espessa e presença de estômatos apenas na face abaxial, caracterizando a folha como hipoestomatica. O mesofilo é dorsiventral, com parênquima paliádico de dois a três estratos e parênquima lacunoso multiestratificado. Há cavidades secretoras produtoras de substâncias lipofílicas próximas à epiderme e idioblastos com drusas de oxalato de cálcio e compostos fenólicos (Varela, 2001).

Todavia, há diferenças morfológicas entre os dois fenótipos de *P. cattleianum*. As folhas de FV costumam apresentar forma mais arredondada e obovada, enquanto para FA são mais alongadas e lanceoladas. Em relação à anatomia foliar, se diferenciam apenas pela frequência de tricomas, mais abundantes no pecíolo e nervura mediana de FA e raros em FV. Os tricomas são do tipo tector, unicelulares e com parede espessa (Varella; Santos; Duarte, 2007).

Nesse sentido, ambas formas de *P. cattleianum* apresentam ampla semelhança na anatomia foliar, com poucas diferenças morfoanatômicas. Análises fitoquímicas comparativas demonstram perfis cromatográficos equivalentes entre FV e FA, com diferença no teor de flavonoides, apresentando maior abundância em FV. Esses achados são de importância para a caracterização taxonômica da espécie e contribuem para estudos das propriedades bioativas de *P. cattleianum* (Varella, 2001).

2.3.2. Compostos fitoquímicos de *P. cattleianum*

Estudos fitoquímicos de preparações de partes de *P. cattleianum* revelam a presença de flavonoides, saponinas e taninos nas folhas, casca do caule e frutos da espécie. Nas folhas também foram identificados alcaloides, glicosídeos cardíacos e antraquinonas, nos frutos compostos polifenólicos, com destaque para epicatequina, antocianinas, como a cianidina, carotenoides, ácido ascórbico, e no caule terpenos e/ou esteroides (Bieglmeyer *et al.*, 2011; Medina *et al.*, 2011; Alvarenga *et al.*, 2013; Alvarenga *et al.*, 2015; Hister *et al.* 2017; Alves *et al.* 2024).

Bieglmeyer *et al.* (2011) evidenciaram que frutos de *P. cattleianum* FV apresentam maior teor de polifenóis e flavonoides que de FA. Em geral, foram encontrados glicosídeos de quercetina, como hiperosídeo e isoquercitrina, antocianina cianidina, compostos do tipo hidrocarbonetos monoterpênicos, monoterpênicos oxigenados, hidrocarbonetos sesquiterpênicos e sesquiterpenos oxigenados. Hister *et al.* (2017) revelaram a presença de ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido elágico, epicatequina, rutina, quercitrina, isoquercitrina, quercetina e kaempferol.

Extratos hidroalcoólicos das folhas de *P. cattleianum* apresentam altos níveis de saponinas, flavonoides, glicosídeos, antraquinonas e taninos. Ácidos fixos fortes,

esteroides, fenois simples, saponinas, taninos hidrolisáveis, glicosídeos cardíacos e terpenoides estão presentes tanto em extrato aquoso quanto etanólico, o qual também é constituído por alcaloides, flavonoides, flavonas, flavanonas, flavonois, resinas, xantonas e glicosídeos de antraquinona (Alvarenga *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2024).

Com relação à casca do caule de *P. cattleianum*, um estudo realizado por Alvarenga *et al.* (2015) evidencia o perfil fitoquímico do extrato hidroalcoólico e das frações hexânica, diclorometânica, acetato de etila e isobutanólica. O estudo revela a presença de taninos, saponinas, flavonoides e terpenos e/ou esteroides nas preparações, não sendo detectada a presença de alcaloides, glicosídeos cardiotônicos e antraquinonas.

Nesse contexto, *P. cattleianum* é uma espécie vegetal com grande riqueza de compostos bioativos com uma ampla variedade de funções em diferentes partes da planta, com perfis fitoquímicos específicos que permitem uma diversidade de aplicações. Desse modo, *P. cattleianum* apresenta alto potencial na biotecnologia e na biomedicina, assim como na medicina popular (Patel, 2012). Entretanto, não foram encontrados estudos que relatam a identificação, isolamento, caracterização e potencial inseticida de lectinas de folhas de *P. cattleianum* na literatura científica.

2.3.3. Usos etnobotânicos de *P. cattleianum*

A presença de compostos bioativos com diferentes funções e papéis biológicos em diversas partes de *P. cattleianum* sugere o potencial dessa espécie numa ampla gama de aplicações, incluindo seu uso na etnobotânica. Estudos etnobotânicos sobre diferentes partes de *P. cattleianum*, com destaque para as folhas e os frutos da espécie, evidenciam sua importância cultural e na medicina popular (Medina *et al.*, 2011; Patel, 2012; Zandoná *et al.*, 2020).

Os frutos de *P. cattleianum* podem ser consumidos *in natura* ou processados em geleias, sucos, gelatinas, doces, balas e sorvetes, favorecidos pelo alto teor de vitamina C, superior ao presente em frutas cítricas, e a madeira pode ser aproveitada para usos domésticos. O caule, a casca do caule, as folhas e as raízes de *P. cattleianum* são frequentemente utilizadas no preparo de infusões, difundidos na medicina popular (Hister *et al.*, 2017).

Tradicionalmente, a casca e as folhas de *P. cattleianum* são utilizadas no tratamento de diarreia, úlceras, disenteria e hemorragia. As folhas também são administradas para redução dos níveis de glicose no sangue em diabetes, na terapia de câncer, infecções patogênicas e inflamações e no alívio de dores de dente, barriga, garganta e abdominal, além de poder ser utilizada como calmante (Vendruscolo; Simões; Mentz, 2005; Zandoná *et al.*, 2020).

O potencial fitoterápico e amplo uso de partes de *P. cattleianum*, sobretudo as folhas e frutos da espécie, pode ser explicado pela riqueza de moléculas biologicamente ativas evidenciadas em estudos fitoquímicos da espécie. As descobertas dos estudos fitoquímicos e etnobiológicos de *P. cattleianum* podem evidenciar o potencial clínico, farmacológico e biotecnológico da espécie (Medina *et al.*, 2011; Patel, 2012).

2.3.4. Aplicações biotecnológicas de *P. cattleianum*

P. cattleianum é uma espécie vegetal com amplo potencial biotecnológico. Na literatura, há diversos estudos que revelam as atividades antioxidante antitumoral, anti-proliferativa, analgésica, antimicrobiana, desinfetante e alelopática dos extratos hidroalcoólico, aquoso e etanólico e do óleo essencial das folhas de *P. cattleianum* (Brighenti *et al.*, 2008; Brighenti *et al.*, 2012; Alvarenga *et al.*, 2013; Alvarenga *et al.*, 2016; Scur *et al.*, 2016; Massunari *et al.*, 2017; Dacoreggio *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2021).

Esses estudos revelam que os extratos da planta possuem uma vasta gama de atividades biológicas, destacando seu potencial terapêutico e seu valor em aplicações biotecnológicas. Os compostos antioxidantes presentes nas folhas, por exemplo, podem neutralizar radicais livres, ajudando a prevenir danos celulares e doenças relacionadas ao estresse oxidativo, como evidenciado no estudo realizado por Scur *et al* (2016).

Medina *et al.* (2011) demonstraram as propriedades antioxidantes, antimicrobianas, antiproliferativas e anticâncer de extratos dos frutos de *P. cattleianum*, sugerindo um mecanismo de atuação sobre as células cancerígenas diferente de toxicidade e revela alguns dos compostos fitoquímicos que podem estar relacionados a essas atividades. Nesse sentido, é evidente a ligação entre perfil

fitoquímico, mecanismos de atuação e atividades biológicas de interesse biotecnológico.

A atividade inseticida de preparações de folhas de *P. cattleianum* também foi previamente relatada na literatura. Santos *et al.* (2023a) evidenciaram a atividade larvicida do óleo essencial sobre *Ae. aegypti*, associando esses efeitos tóxicos à presença de sesquiterpenos. Além disso, Chalannavar *et al.* (2013) demonstraram os efeitos repelentes dos extratos aquoso e metanólico das folhas dessa planta contra mosquitos adultos de *A. arabienses*, que apresentaram taxas de repelência de 85% e 100%, respectivamente. Assim, os relatos de atividade inseticida contra insetos vetores de doenças encorajam a investigação dos efeitos de preparações de folhas de *P. cattleianum* contra pragas agrícolas, como *S. zeamais*.

2.3.5. Análises toxicológicas de *P. cattleianum*

Tendo em vista a riqueza de compostos bioativos em *P. cattleianum*, bem como sua ampla aplicação na Etnobiologia, Biotecnologia e Biomedicina, é de suma importância a investigação da segurança do uso e consumo de preparações de partes de *P. cattleianum* para o ser humano, os animais não-humanos e o meio ambiente, como por exemplo para o uso de preparações de folhas dessa planta como inseticidas naturais (Alves *et al.*, 2024).

Estudos que investigaram a toxicidade de preparações de *P. cattleianum* revelam que o extrato hidroalcoólico de folhas dessa espécie não exibe níveis de toxicidade significativos em células de mamíferos na concentração avaliada de 400 µg/mL. Extratos etanólico e aquoso das folhas de *P. cattleianum* demonstram citotoxicidade significativa em células de alface e fitotoxicidade superior do extrato etanólico em alface e do extrato aquoso em sorgo (Alvarenga *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2024).

Na literatura, estudos que investigam a toxicidade dos frutos de *P. cattleianum* revelam ausência de toxicidade dos extratos etanólicos de frutos de *P. cattleianum*, na concentração de até 1000 µg/mL, sobre o microcrustáceo *Artemia salina*. No entanto, os sucos das frutas de *P. cattleianum*, tanto do fenótipo amarelo quanto vermelho, demonstraram efeitos genotóxicos e proliferativos na divisão celular de células de *Allium cepa* (Hister *et al.*, 2017; Sereno *et al.* 2021).

Nesse sentido, com base nos resultados obtidos por Alvarenga *et al.* (2012) e Alves *et al.* (2024) com relação à toxicidade de preparações das folhas de *P. cattleianum*, é recomendável pesquisas mais aprofundadas sobre a potencial toxicidade de *P. cattleianum*, sobretudo o extrato salino e a fração proteica de folhas dessa espécie, com ensaios específicos para averiguar a segurança do uso dessa planta como potencial inseticida natural em grãos armazenados.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a atividade inseticida do extrato salino (ES) e da fração proteica (FP) de folhas de *P. cattleianum* contra adultos de *S. zeamais*.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Obter ES e FP a partir de folhas de *P. cattleianum*;
- II. Avaliar a concentração de proteínas e a presença de lectinas em ES e FP;
- III. Realizar análise fitoquímica de ES e FP por cromatografias em camada delgada clássica e semi-automática e cromatografia líquida de alta eficiência;
- IV. Determinar a mortalidade de adultos de *S. zeamais* a partir da incorporação de ES e FP em dietas artificiais;
- V. Avaliar a deterência alimentar e os parâmetros nutricionais de *S. zeamais* tratados com ES e FP.

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAL VEGETAL

Folhas de *P. cattleianum* foram coletadas no bairro do Janga, Paulista, Pernambuco, Brasil, nas coordenadas geográficas S 7°55'26.4", W 34°49'32.2" e altitude de 8 metros acima do nível do mar. Uma amostra do material vegetal coletado foi depositado no acervo do Herbário UFP - Geraldo Mariz, localizado no Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, sob o número de registro UFP 99725. O material vegetal foi coletado sob autorização (n. 72024) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), do Ministério do Meio Ambiente (MMA). O acesso foi registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), sob número de registro A31F85C. Os pecíolos das folhas foram removidos e as lâminas foliares foram lavadas com água corrente e água destilada, secas a 27 ± 2 °C por 7 dias e trituradas em multiprocessador (modelo LQL-4; Metvisa, Brusque, Brazil) para obtenção do pó seco das folhas, que foi armazenado a -20° até o uso.

4.2. PREPARAÇÕES DAS FOLHAS DE *Psidium cattleianum*

ES foi preparado a partir da homogeneização do pó seco das folhas de *P. cattleianum* (10% p/v) com solução de cloreto de sódio a 0,15 M a 4 °C, por 4 h, usando um agitador magnético. O extrato foi submetido a filtração com gaze e centrifugação a 4.000 g, a 4°C, por 15 min. Após a clarificação, ES foi submetido ao fracionamento de proteínas. FP foi obtida a partir do fracionamento de proteínas de ES com a adição de sulfato de amônio a 60% de saturação sob agitação em agitador magnético, a 27 ± 2 °C, por 4 h, conforme Green e Hughes (1955). Em seguida, o material foi centrifugado a 4.000 g, a 4°C, por 15 min, e o precipitado foi ressuspenso com solução de cloreto de sódio a 0,15 M. Para análise fitoquímica e ensaios inseticidas, ES e FP foram dialisados em água destilada por 4 h e secados em um liofilizador (modelo K120; Liobras, São Carlos, Brasil) por 48 h, sob condições de temperatura de -90 °C e pressão abaixo de 200 µm Hg. As amostras secas foram armazenadas a -20 °C.

4.3. CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNAS E ATIVIDADE HEMAGLUTINANTE

O método de Lowry *et al.* (1951) foi empregado para determinar a concentração de proteínas em ES e FP, utilizando uma curva padrão de albumina sérica bovina (31,25-500 µg/mL). A avaliação da atividade hemaglutinante (AH) foi realizada em microplaca de titulação de fundo cônico com eritrócitos de coelho glutarizados para determinação da presença de lectinas nas amostras (Bing; Weyand; Stavitsky, 1967; Procópio *et al.*, 2017). Os eritrócitos de coelho foram coletados conforme autorização do Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFPE (processo 23076.033782/2015-70). AH foi definida como o inverso da maior diluição da amostra capaz de aglutinar os eritrócitos e a atividade hemaglutinante específica (AHE) foi calculada pela razão entre AH e concentração de proteínas.

4.4. ANÁLISE FITOQUÍMICA

Os perfis fitoquímicos de ES e FP foram avaliados por cromatografias em camada delgada (CCD) clássica e de aplicação semi-automática (CCD-ASA) conforme Bezerra *et al.* (2018). Inicialmente, ES e FP liofilizados foram solubilizados em metanol na concentração de 2,5 mg/mL e os padrões foram preparados na concentração de 1,0 mg/mL. As amostras (30 µL) e os padrões (20 µL) foram aplicados manualmente em placas cromatográficas de sílica gel (5 x 5 cm; 60-F254; Macherey-Nagel, Düren, Alemanha), em faixas de 10 mm de largura e espaçamento de 5 mm entre pontos de aplicação. As separações cromatográficas foram realizadas em cubas após saturação (27 ± 2 °C, 15 min) com a fase móvel. Após a eluição, as placas foram secadas a 27 ± 2 °C e reveladas com reagentes específicos para cada classe de metabólito secundário, conforme descrito na Tabela 1. As bandas obtidas foram analisadas sob luz ultravioleta (254 e 365 nm) e visível e comparadas às bandas dos padrões correspondentes.

As classes de metabólitos evidenciadas por CCD foram reavaliadas por CCD-ASA para melhor visualização das bandas. As amostras e os padrões foram aplicados automaticamente em placas de sílica gel com um aplicador semi-automático (Linomat V, Camag, Muttenz, Suíça) acoplado ao *software* Wincats

(Camag). As placas foram eluídas sob as mesmas condições de CCD, mostradas na Tabela 1, e fotografadas sob luz visível e ultravioleta a 365 nm utilizando o *software* do fotodocumentador MultiDoc – It Imaging System (modelo 125, UVP) e uma câmera Canon (Rebel T3, EOS 1100 D, Japão).

Tabela 1. Condições cromatográficas para identificação dos perfis fitoquímicos do extrato salino (ES) e da fração proteica (FP) de folhas de *Psidium cattleianum* por CCD e CCD-ASA.

Classe de metabólito	Sistema	Padrão	Revelador
Derivados Cinâmicos	(90:5:5)	Ácido cafeico	AlCl ₃
Flavonoides	(90:5:5)	Quercetina Luteolina Miricitrina	AlCl ₃
Taninos hidrolisáveis	(100:11:11:26)	Ácido gálico Ácido elágico	FeCl ₃
Taninos Condensados	(90:5:5)	Catequina	Vanilina Clorídrica + Δ
Cumarinas	(50:50:50)	Cumarina	KOH + Δ
Terpenos/Esteroides	(70:30)	β-Sitosterol	Liebermann-Burchard + Δ
Saponinas	(64:32:12:12)	β-Escina	Anisalaldeído Sulfúrico + Δ
Antracênicos	(20:30:15:0,5)	Senosídeo B	HNO ₃ + Δ + KOH
Açúcares	(100:11:11:26)	Frutose	Timol + H ₂ SO ₄ + Δ
Alcaloides	(90:10)	Piperina	Dragendorff

AlCl₃: Cloreto de alumínio a 5% em metanol; FeCl₃: Cloreto férrico; Δ: Aquecimento; KOH: hidróxido de potássio; HNO₃: Ácido nítrico; H₂SO₄: Ácido sulfúrico. 90:5:5 = Acetato de etila, ácido fórmico e água; 50:50:50 = Tolueno, éter etílico e ácido acético glacial (saturação); 70:30 = Tolueno, acetato de etila; 100:11:11:26 = Acetato de etila, ácido acético glacial, ácido fórmico e água; 64:32:12:12 = Clorofórmio, ácido acético glacial, metanol e água; 20:30:15:0,5 = Acetato de etila, álcool n-butílico, água e ácido acético glacial; 90:10 = Tolueno, acetato de etila.

Fonte: A autora, 2025.

ES e FP também foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em um cromatógrafo líquido Ultimate 3000 (Thermo Scientific, Waltham, MA, EUA) acoplado com detector de arranjo de diodos (DAD; Thermo Fisher Scientific) (CLAE-DAD) e equipado com uma bomba binária (HPG-3x00RS, Thermo Fisher Scientific), um desgaseificador e um injetor automático equipado com um loop de 20 µL (ACC-3000, Thermo Fisher Scientific) (Bezerra *et al.*, 2018). ES ou FP liofilizados foram solubilizados em metanol a 50% para obter soluções com concentração final

de 1 mg/mL utilizando um vórtice e um banho ultrassônico (Ultracleaner, São Paulo, Brasil) por 15 min. Os padrões ácido gálico, miricitrina, ácido elágico, luteolina e catequina foram solubilizados a 0,1 mg/mL em metanol. e diluídos em metanol a 50% para atingir as concentrações finais de 5 µg/mL para ácido gálico, miricitrina e ácido elágico, e 10 µg/mL para catequina. As soluções de ES, FP e padrões foram filtradas em frascos de HPLC contendo filtros de fluoreto de polivinilideno (PVDF) de 0,45 µm x 25 mm (Chromafil, Macherey-Nagel).

As separações cromatográficas foram realizadas a 27 ± 2 °C em uma coluna cromatográfica C18 (250 mm × 4,6 mm i.d., 5 µm; Supelco, Bellefonte, PA, EUA) equipada com uma pré-coluna (4 mm × 3,9 mm; Phenomenex, Torrance, CA, EUA) como fase estacionária. A fase móvel consistiu em água ultrapura (A) e metanol (B), ambos acidificados com ácido trifluoroacético a 0,05% e o fluxo foi ajustado para 0,8 mL/min. O seguinte gradiente de eluição foi aplicado: 0 min: 10% B; 10 min: 25% B; 15 min: 40% B; 25 min: 75% B; 30 min: 75% B; 31 min: 10% B.

Os dados foram processados com o *software* Chromeleon 6.8 (Dionex, Thermo Fisher Scientific). Os perfis cromatográficos de ES, FP, da mistura de padrões e das amostras fortificadas com os padrões foram monitorados no comprimento de onda de 270 nm. Os tempos de retenção dos picos revelados nos cromatogramas de ES, FP e mistura de padrões foram determinados e os espectros de absorção de cada pico foram monitorados entre 190 e 400 nm.

4.5. INSETOS

Adultos não sexados de *S. zeamais* foram obtidos a partir de colônias mantidas no Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Departamento de Bioquímica da UFPE, sob autorização do ICMBio (n° 72024). As colônias foram criadas em recipientes de vidro, com capacidade de 1 L, contendo grãos de milho selecionados conforme integridade, condições sanitárias, tamanho e ausência de contaminação por fungos e outros insetos. Os recipientes foram fechados com tecido *voil* para permitir a aeração. As colônias foram mantidas sob condições padronizadas, incluindo temperatura igual a 27 ± 2 °C, umidade relativa igual a 70% e fotoperíodo de 12:12 h. Insetos com idade entre 30 e 60 dias foram utilizados nos ensaios inseticidas.

4.6. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE INSETICIDA

4.6.1. Ensaios inseticidas

A atividade inseticida de ES e FP de *P. cattleianum* contra *S. zeamais* foi avaliada através da incorporação das amostras em dietas artificiais de acordo com Xie *et al.* (1996), conforme descrito por Napoleão *et al.* (2013). Para cada ensaio, dietas artificiais foram preparadas com suspensões de 2 g de farinha de trigo e 5 mL de água destilada (controle negativo) ou soluções das amostras diluídas em água destilada. As faixas de concentrações finais (mg por g de farinha de trigo) foram iguais a 10-300 mg/g para ES e 10-50 mg/g para FP. Em seguida, cinco alíquotas (200 µL) foram dispostas em placas de Petri esterilizadas (90 x 15 mm; Olen, FirstLab, São José dos Pinhais, Brazil) com o auxílio de uma micropipeta para formar cinco discos de farinha de trigo por placa. Os discos foram secados em estufa por 16 h a 50°C. O peso das placas contendo os discos foi registrado.

Grupos de 20 insetos adultos de *S. zeamais* não sexados foram transferidos da colônia para recipientes de plásticos e o peso dos insetos foi registrado. Em seguida, os insetos foram transferidos para as placas contendo os discos. Os ensaios foram mantidos sob as mesmas condições da criação de colônias por 14 dias. Após 7 dias de experimento, os pesos das placas contendo os discos de farinha e dos insetos foram registrados. Após 7 e 14 dias de experimento, o número de insetos mortos foi avaliado para determinação das taxas de mortalidade. Os insetos foram considerados mortos quando não houve reação ao toque com pinça e os apêndices se mostraram imóveis. O experimento foi realizado em triplicata.

4.6.2. Deterrência alimentar e parâmetros nutricionais

Os índices de deterrência alimentar (IDA) foram calculados da seguinte equação: $IDA (\%) = 100 \times (A - B) / (A)$, na qual A é a massa de alimento ingerida pelos insetos no ensaio controle e B é a massa ingerida no ensaio da amostra (Isman *et al.*, 1990). Com base no IDA, as amostras foram classificadas em: nenhuma deterrência alimentar ($IDA < 20\%$), deterrência alimentar fraca ($20\% < IDA$

$\leq 50\%$), deterrência alimentar moderada ($50\% < IDA \leq 70\%$) ou deterrência alimentar forte ($IDA > 70\%$), conforme Liu *et al.* (2007).

Os resultados obtidos nos ensaios de ingestão também foram utilizados para calcular os seguintes índices nutricionais: (a) taxa de consumo relativo = $C / (D \times \text{dias})$, na qual C é a massa de alimento ingerido, em mg, e D é a biomassa inicial dos insetos, em mg; (b) taxa de ganho de biomassa relativa = $E / (D \times \text{dias})$, em que E é a variação de biomassa dos insetos, em mg; e (c) eficiência de conversão de alimento ingerido = $E / (C \times 100)$ (Xie *et al.*, 1996).

4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

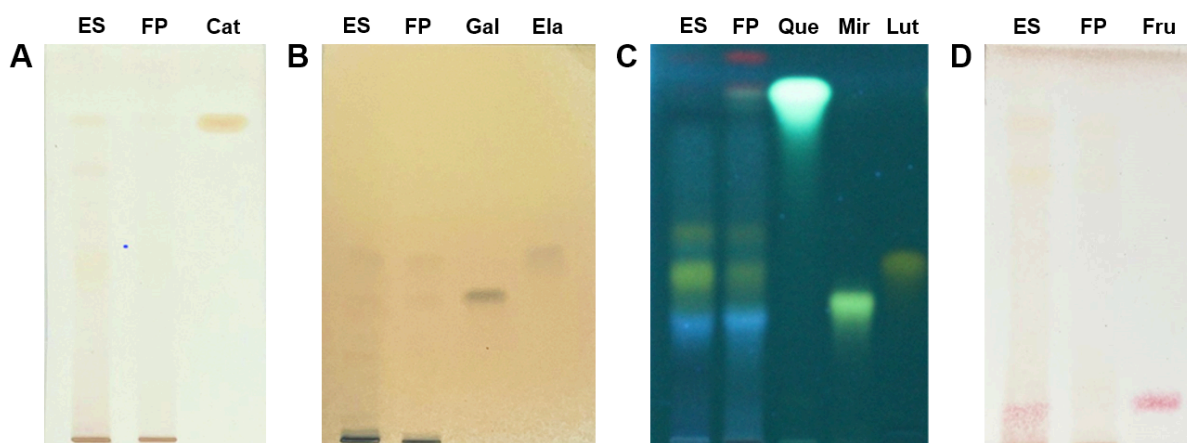
Os dados foram expressos como a média das repetições $\pm$ erro padrão da média (EPM). As diferenças significativas entre os grupos foram analisadas pela análise unidirecional de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, com nível de significância de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas pelo *software* GraphPad Prism 8.0.1 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA).

5. RESULTADOS

5.1. PERFIL FITOQUÍMICO DE ES E FP

A análise fitoquímica de ES e FP por CCD e CCD-ASA revelou a presença de taninos condensados e hidrolisáveis, flavonoides e açúcares redutores. Os taninos condensados foram revelados como duas bandas amarronzadas com Rf iguais a 0,81 e 0,66, sugerindo a presença de catequina (Rf 0,81) em ES e FP (Fig. 1A). Os taninos hidrolisáveis exibiram duas bandas azul-acinzentadas com Rf de 0,35 e 0,45, que corresponderam aos padrões ácido gálico (Rf 0,35) e ácido elágico (Rf 0,45), como evidenciado na Figura 1B. A análise de flavonoides revelou duas bandas amareladas (Rf 0,41 e 0,52) e uma banda azulada (Rf 0,30) em ES e FP, além de uma banda esverdeada (Rf 0,85) apenas em FP (Fig. 1C). No entanto, as bandas reveladas não corresponderam aos padrões quercetina (Rf 0,86), miricitrina (Rf 0,44) e luteolina (0,33). Uma banda (Rf 0,13) foi revelada para açúcares redutores, sugerindo a presença de frutose (Rf 0,11) nas amostras (Fig. 1D). Nenhuma banda correspondente a derivados cinâmicos, cumarinas, terpenos, esteroides, antracênicos e alcaloides foi observada.

Figura 1. Cromatoplasmas de análise por CCD-ASA de taninos condensados (A), taninos hidrolisáveis (B), flavonoides (C) e açúcares redutores (D) presentes no extrato salino (ES) e fração proteica (FP) de folhas de *Psidium cattleianum*.

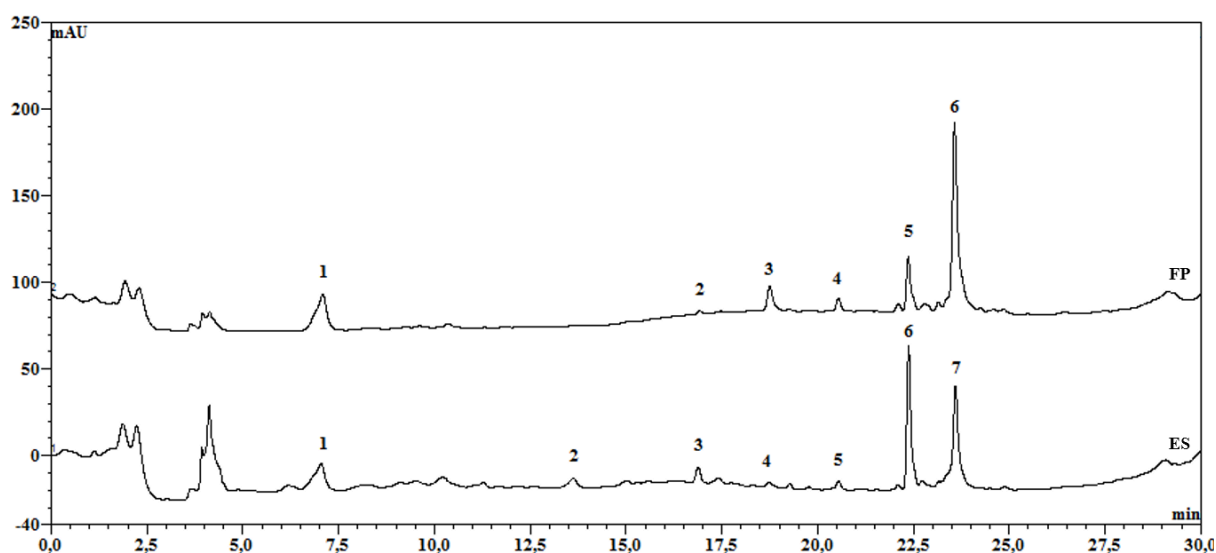


Cat: catequina. Gal: Ácido gálico. Ela: Ácido elágico. Que: Quercetina. Mir: Miricitrina. Lut: Luteolina.
Fru: Frutose.

Fonte: A autora, 2025.

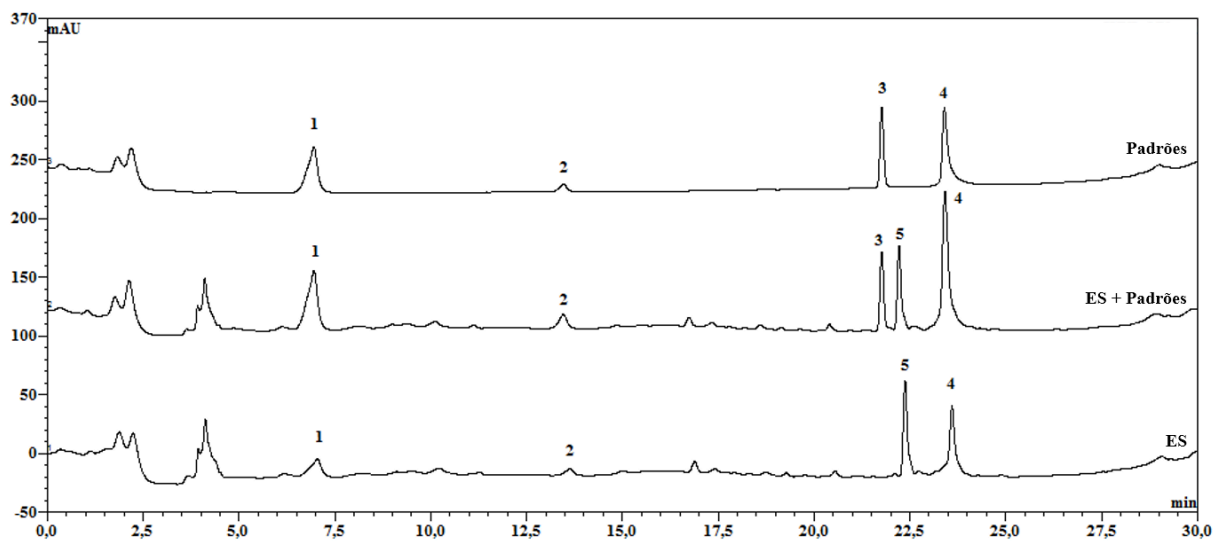
Os perfis cromatográficos obtidos por CLAE-DAD a 270 nm evidenciaram sete picos para ES e seis para FP (Fig. 2). Os cromatogramas de ES e FP foram revelados juntamente aos cromatogramas das amostras fortificadas com os padrões e dos padrões isolados, incluindo ácido gálico (pico 1, 6,89 min), catequina (pico 2, 13,35 min), miricitrina (pico 3, 21,72 min) e ácido elágico (pico 4, 23,35 min), conforme mostrado nas Figuras 3 e 4, respectivamente. A presença de ácido gálico, catequina e ácido elágico em ES e FP foi indicada pela semelhança entre os tempos de retenção e espectros de absorção dos picos das amostras e dos padrões (Fig. 5). Além disso, foi observado um aumento da área dos picos referentes a esses compostos quando as amostras foram fortificadas com os padrões, confirmando a presença desses metabólitos secundários nas amostras. Os picos 5 obtidos nos cromatogramas de ES (22,38 min) e FP (22,37 min) apresentam tempos de retenção semelhantes ao do padrão miricitrina, mas não sobrepõem os picos desse padrão nos cromatogramas das amostras fortificadas. Assim, esses resultados sugerem a presença de derivados de miricitrina em ES e FP.

Figura 2. Perfis cromatográficos do extrato salino (ES) e fração proteica (FP) de folhas de *Psidium cattleianum* obtidos por CLAE-DAD a 270 nm.



Fonte: A autora, 2025.

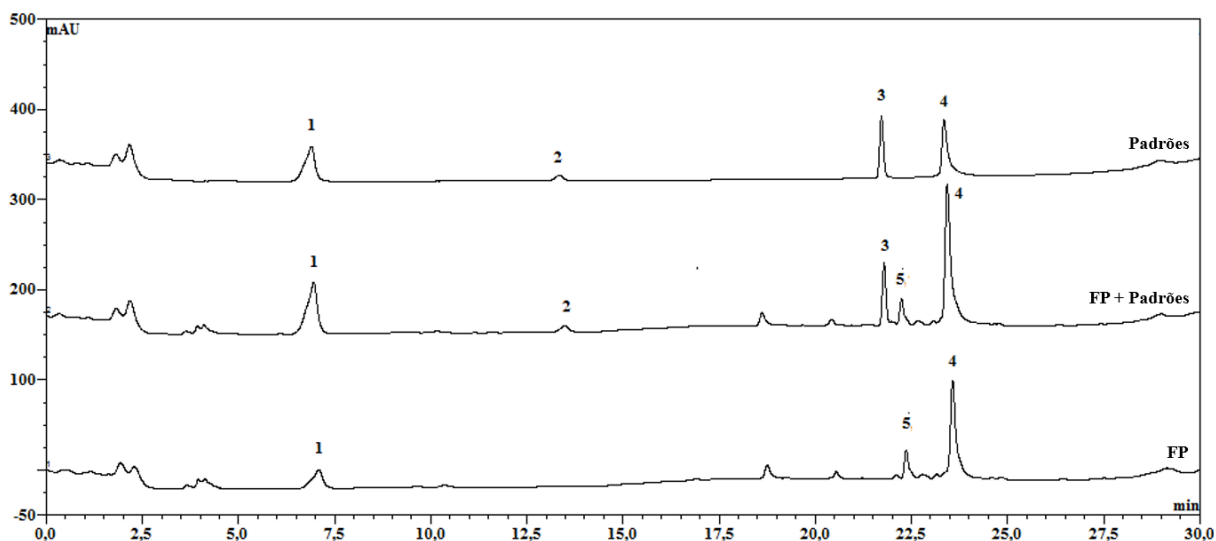
Figura 3. Cromatograma do extrato salino (ES) de folhas de *Psidium cattleianum*, ES fortificado com os padrões e mistura de padrões obtidos por CLAE-DAD a 270 nm.



Pico 1: Ácido gálico (7,04 min); Pico 2: Catequina (13,67 min); Pico 3: Miricitrina (22,38 min); Pico 4: Ácido Elágico (23,60 min); Pico 5: Flavonoide não identificado (22,37 min).

Fonte: A autora, 2025.

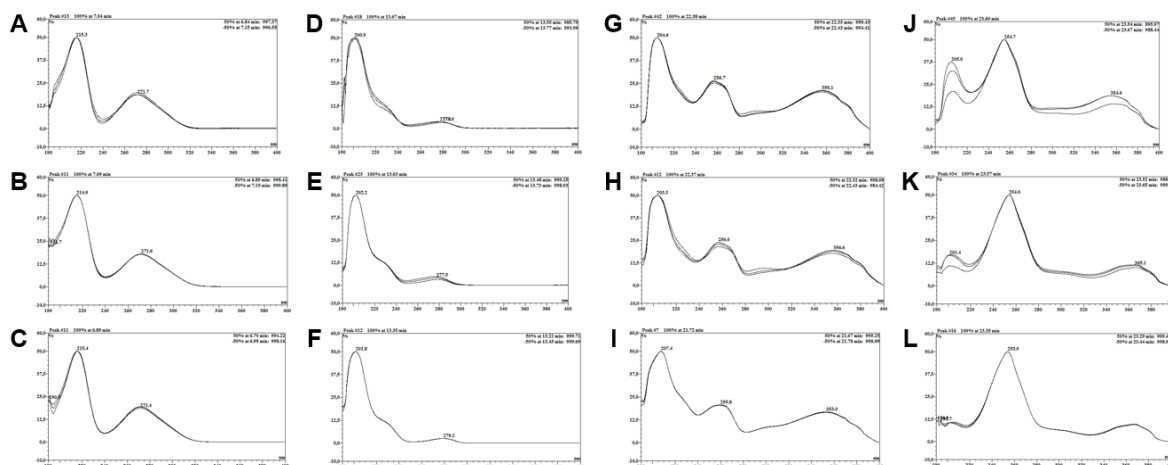
Figura 4. Cromatogramas da fração proteica (FP) de folhas de *Psidium cattleianum*, FP fortificado com os padrões e mistura de padrões obtidos por CLAE-DAD a 270 nm.



Pico 1: Ácido gálico (7,9 min); Pico 2: Catequina (13,63 min); Pico 3: Miricitrina (22,37 min); Pico 4: Ácido Elágico (23,57 min); Pico 5: Flavonoide não identificado (22,38 min).

Fonte: A autora, 2025.

Figura 5. Espectros de absorção dos picos de ácido gálico (**A, B, C**), catequina (**D, E, F**), flavonoide não identificado (**G, H**), miricitrina (**I**) e ácido elágico (**J, K, L**) obtidos a partir da análise por CLAE-DAD de extrato salino, ES (**A, D, G, J**), fração proteica, FP (**B, E, H, K**) de folhas de *Psidium cattleianum* e padrões (**C, F, I, L**) nos comprimentos de onda de 190 a 400 nm.



Fonte: A autora, 2025.

5.2. CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNAS E ATIVIDADE HEMAGLUTINANTE

A presença de lectinas em ES e FP foi confirmada pela determinação da concentração de proteínas e da AH (Tabela 2). ES revelou uma concentração proteica de 12,63 mg/mL e AHE de 324,31. Por sua vez, FP apresentou concentração proteica igual a 33,58 mg/mL e AHE igual a 975,82, exibindo um índice de purificação de lectinas de 3,01 vezes em relação à ES. Além disso, as lectinas presentes em FP foram semi-purificadas a partir de ES com rendimento de 57,15%.

Tabela 2. Purificação parcial de lectinas de folhas de *Psidium cattleianum*, com obtenção da fração proteica (FP) a partir do extrato salino (ES) por fracionamento de proteínas com sulfato de amônio a 60% de saturação.

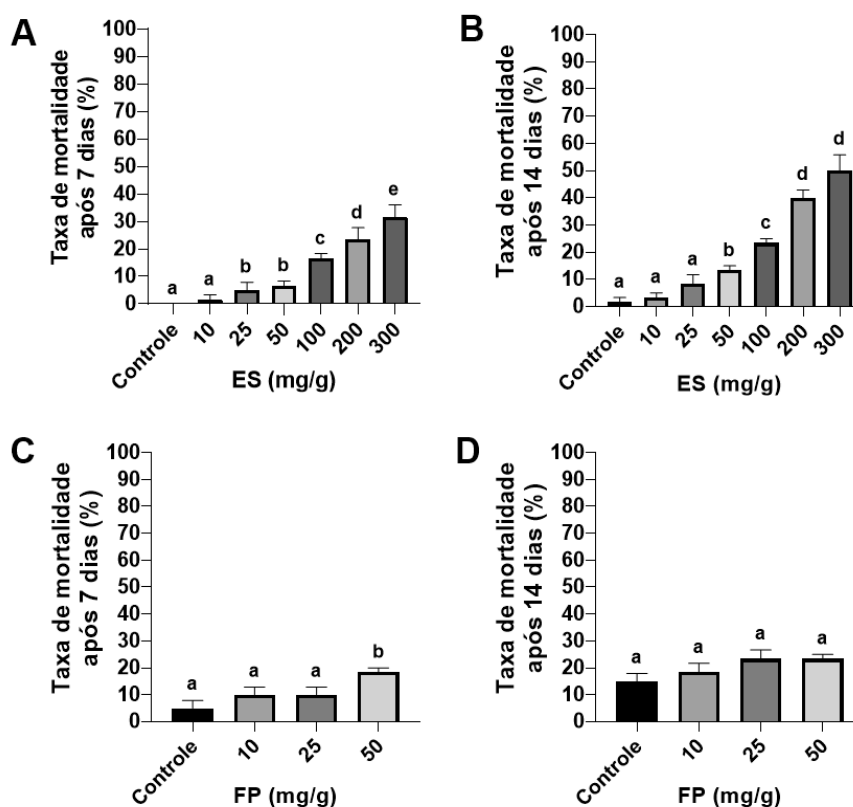
Amostra	Volume total (mL)	Concentração de proteínas (mg/mL)	AH (título ⁻¹)	AHE (título ⁻¹ /mg)	Índice de purificação	Rendimento (%)
ES	300	12,63	4096	324,31	1	100
FP	21,43	33,58	32768	975,82	3,01	57,15

Fonte: A autora, 2025.

5.3. ES e FP CAUSARAM MORTALIDADE DE *S. zeamais* QUANDO INCORPORADOS EM DIETAS ARTIFICIAIS

A incorporação de ES (25-300 mg/g) e FP (50 mg/g) em dietas artificiais induziu significativamente a mortalidade de adultos de *S. zeamais* após 7 dias de tratamento, conforme mostrado nas Fig. 6A ($F_{6,14}$: 18,17, $p < 0,0001$) e 6C ($F_{3,8}$: 4,400, $p = 0,0417$). A ingestão de ES nas concentrações de 200 e 300 mg/g resultou em taxas de mortalidade iguais a $23,33 \pm 4,41\%$ e $31,67 \pm 4,41\%$, respectivamente. De forma semelhante, FP induziu a mortalidade de $18,33 \pm 1,67\%$ dos insetos quando incorporada na concentração de 50 mg/g. A taxa de mortalidade registrada para os tratamentos com FP a 50 mg/g, foi semelhante à registrada no tratamento com ES a 100 mg/g, igual a $16,67 \pm 1,67\%$. Após 14 dias de tratamento, um aumento nas taxas de mortalidade dos insetos tratados com ES (10-300 mg/g) foi observado, atingindo $50,00 \pm 5,77\%$ na maior concentração testada, conforme exibido na Fig. 6B ($F_{6,14}$: 38,45, $p < 0,0001$). Por outro lado, os insetos tratados com FP (10-50 mg/g) não apresentaram diferenças significativas na mortalidade em relação aos grupos controle após 14 dias (Fig. 6D; $F_{3,8}$: 2,00, $p = 0,1927$).

Figura 6. Taxas de mortalidade de adultos de *Sitophilus zeamais* expostos por 7 dias (**A, C**) ou 14 dias (**B, D**) em dietas artificiais compostas por discos de farinha de trigo sem (controle) ou com extrato salino, ES (**A, B**) ou fração proteica, FP (**C, D**) de folhas de *Psidium cattleianum*. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos verificadas por ANOVA unidirecional seguido pelo teste de Tukey. As barras representam média $\pm$ EPM.

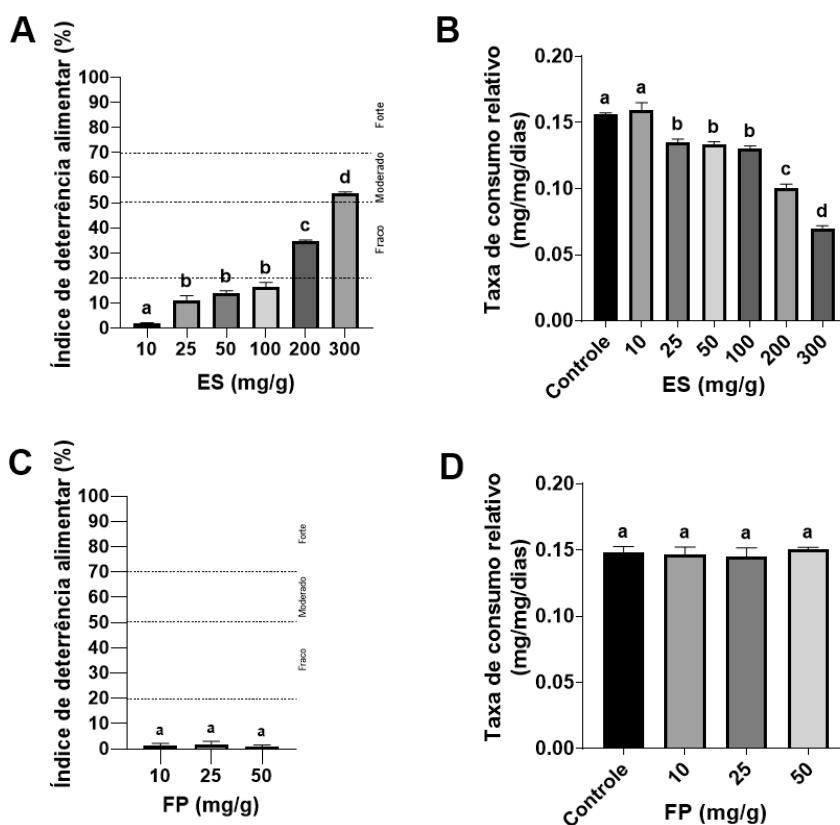


Fonte: A autora, 2025.

5.4. ES AFETOU A ALIMENTAÇÃO, A NUTRIÇÃO E O METABOLISMO DE *S. zeamais*

Além de interferir na sobrevivência de *S. zeamais*, a ingestão de ES (200 e 300 mg/g) afetou a alimentação dos insetos, exibindo efeitos deterrentes fracos e moderados com valores de IDA iguais a $34,85 \pm 0,27$ e $53,57 \pm 0,74$, respectivamente (Fig. 7A; $F_{5,12}$: 265,8, $p < 0,0001$). Os tratamentos com ES (25-300 mg/g) também reduziram significativamente as taxas de consumo relativo dos insetos (Fig. 7B; $F_{6,14}$: 124,7, $p < 0,0001$). Por outro lado, as dietas contendo FP (10-50 mg/g) não exerceram efeito deterrente nem afetaram o consumo relativo dos insetos (Fig. 7C; $F_{2,6}$: 0,06233, $p = 0,9402$; Fig. 7D; $F_{3,8}$: 0,2372, $p = 0,8680$).

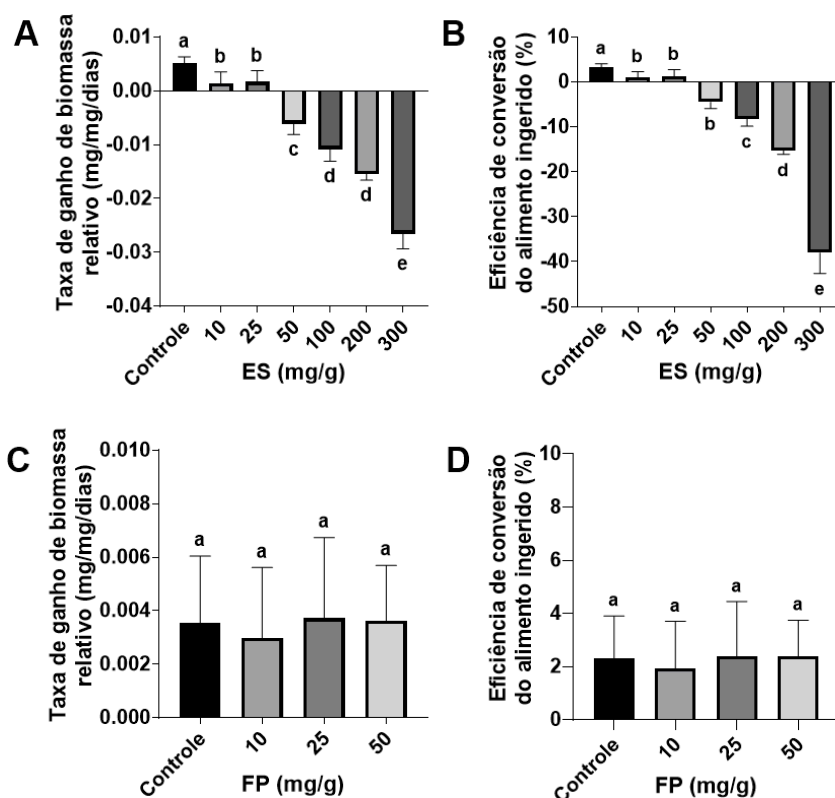
Figura 7. Efeitos do extrato salino, ES (**A, B**) e fração proteica, FP (**C, D**) de folhas de *Psidium cattleianum* sobre a alimentação de *Sitophilus zeamais*, representados pelos índices de deterência alimentar (**A, C**) e taxas de consumo relativo (**B, D**) determinados após 7 dias de tratamento. A taxa de consumo relativo corresponde à quantidade de alimento consumido em mg por mg de peso corporal do inseto por dia. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos verificadas por ANOVA unidirecional seguido pelo teste de Tukey. As barras representam média $\pm$ EPM.



Fonte: A autora, 2025.

Os insetos tratados com ES (10-300 mg/g) apresentaram uma redução significativa nas taxas de ganho de biomassa relativo e eficiência de conversão do alimento ingerido de *S. zeamais*, conforme mostrado nas Fig. 8A ($F_{6,14}$: 31,17, $p < 0,0001$) e 8B ($F_{6,14}$: 47,53, $p < 0,0001$). Ambos os parâmetros nutricionais apresentaram valores negativos nas concentrações de 50 a 300 mg/g, com valores de eficiência de conversão do alimento ingerido iguais a $-15,31 \pm 0,81\%$ e $-38,05 \pm 4,58\%$ nas concentrações de 200 e 300 mg/g, respectivamente. Em contrapartida, os tratamentos contendo FP (10-50 mg/g) não afetaram as taxas de ganho de biomassa relativo e eficiência de conversão do alimento ingerido em relação ao controle (Fig. 8C; $F_{3,8}$: 0,01681, $p = 0,9968$; Fig. 8D; $F_{3,8}$: 0,01636, $p = 0,9969$).

Figura 8. Parâmetros nutricionais de *Sitophilus zeamais* expostos a dietas artificiais contendo extrato salino, ES (**A, B**) e fração proteica, FP (**C, D**) de folhas de *Psidium cattleianum* após 7 dias de tratamento. A taxa de ganho de biomassa relativo (**A, C**) indica a quantidade de biomassa em mg ganha a cada dia por mg de peso corporal inicial. A eficiência na conversão de alimento ingerido (**B, D**) representa a quantidade de alimento ingerido convertido em biomassa. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos verificadas por ANOVA unidirecional seguido pelo teste de Tukey. As barras representam média $\pm$ EPM.



Fonte: A autora, 2025.

6. DISCUSSÃO

Diante das problemáticas dos inseticidas sintéticos, os inseticidas naturais derivados de plantas têm sido propostos como alternativas mais sustentáveis para o controle de *S. zeamais*. Nesse sentido, estudos têm investigado a atividade inseticida de extratos e frações proteicas de origem vegetal contra *S. zeamais*, destacando os efeitos tóxicos induzidos pelos metabólitos secundários e lectinas sobre diversos aspectos fisiológicos desse inseto (Napoleão *et al.*, 2013; Camaroti *et al.*, 2018; Albuquerque *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2023b). Até onde sabemos, este é o primeiro estudo realizado com o extrato salino e a fração proteica de folhas de *P. cattleianum*, trazendo as etapas metodológicas de extração e purificação parcial de lectinas e uma análise detalhada dos perfis fitoquímicos dessas preparações. Além disso, a presente pesquisa avaliou a atividade inseticida de ES e FP contra *S. zeamais*, fornecendo perspectivas para a aplicação biotecnológica dos compostos bioativos de folhas de *P. cattleianum* no manejo integrado dessa praga agrícola.

As análises fitoquímicas de ES e FP revelaram a presença de taninos e flavonoides, identificando ácidos gálico e elágico, catequina e possíveis derivados de miricitrina nas amostras. O potencial inseticida desses metabólitos secundários foi demonstrado em estudos anteriores. Elumalai *et al.* (2016) relataram a atividade larvicida de extratos fracionados ricos em catequina e da catequina isolada de plantas inteiras de *Leucas aspera* (Willd.) contra *Ae. aegypti*, *Anopheles stephensi* Liston e *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). Além disso, os efeitos inseticidas dos ácidos gálico e elágico contra larvas de *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) foram demonstrados por Punia *et al.* (2020) e Punia *et al.* (2021). Em soma, Sangeetha *et al.* (2019) investigaram a atividade inseticida do extrato acetônico de folhas de *Pouteria campechiana* Kunth (Baehni) rico em miricitrina, que apresentou efeitos larvicidas, pupicidas e adulticidas sobre *Ae. aegypti*. Esses relatos destacam a atividade inseticida dos metabólitos secundários presentes em ES e FP, que podem ser explorados no controle de insetos vetores de doenças e insetos-praga da agricultura, como *S. zeamais*.

O teste de atividade hemaglutinante confirmou a presença de lectinas ativas em ES e FP. Os resultados mostraram que FP apresentou concentração de

proteínas e AHE maiores do que ES, mostrando que a precipitação de proteínas com sulfato de amônio a 60% foi eficaz em concentrar as lectinas de folhas de *P. cattleianum*, além de ter preservado a sua capacidade de ligação a carboidratos. O fracionamento de proteínas forneceu uma amostra aproximadamente três vezes mais concentrada em lectinas do que o extrato inicial. Assim, o processo de semi-purificação realizado pelo presente estudo pode ser explorado como uma etapa estratégica na purificação total das lectinas de folhas de *P. cattleianum*.

A incorporação de ES nas dietas artificiais afetou a sobrevivência de *S. zeamais* após 7 dias de tratamento, com aumento significativo das taxas de mortalidade após 14 dias. Os efeitos letais dose- e tempo-dependentes induzidos por ES podem resultar das ações tóxicas exercidas por seus componentes fitoquímicos no trato digestivo desse inseto. Corroborando com esses resultados, a incorporação do extrato aquoso rico em ácido gálico, rutina e lectina solúvel em água (WSMoL) de sementes de *Moringa oleifera* Lam. em dietas artificiais induziu a mortalidade de *S. zeamais* nas concentrações de 115 a 640 mg/g após 7 dias de tratamento (Oliveira *et al.*, 2020). Esses achados reforçam a hipótese de que os metabólitos secundários presentes em ES, especialmente taninos e flavonoides, podem atuar em sinergismo com as lectinas para induzir efeitos tóxicos sobre *S. zeamais* após a ingestão, promovendo a mortalidade dos insetos.

Por outro lado, a incorporação de FP a 50 mg/g nas dietas artificiais induziu a mortalidade de *S. zeamais* após 7 dias de tratamento, mas não afetou significativamente a sobrevivência dos insetos após 14 dias, revelando que FP pode induzir efeitos inseticidas a curto prazo. Os resultados também mostraram que os insetos tratados com FP a 50 mg/g apresentaram taxas de mortalidade semelhantes aos tratados com ES a 100 mg/g após 7 dias de exposição, fornecendo evidências de que a purificação parcial de lectinas pode ter aumentado a potência inseticida de FP em relação a ES. Esses achados sugerem que as lectinas presentes em ES e FP podem contribuir para a atividade inseticida dessas amostras e incentivam a realização de estudos adicionais para investigar os efeitos letais de concentrações maiores de FP sobre *S. zeamais*.

A ingestão de ES afetou a alimentação de *S. zeamais*, induzindo efeitos deterrentes fracos e moderados, além de reduzir as taxas de consumo relativo. Em paralelo, as análises de mortalidade mostraram que ES interferiu na mortalidade dos

insetos mesmo em concentrações não-deterrentes. Esses resultados revelam que os efeitos inseticidas de ES podem estar relacionados tanto à toxicidade direta quanto à indução de fome, especialmente nas concentrações mais altas. De forma semelhante, Silva *et al.* (2020) relataram que o extrato salino da casca de *Abarema cochliocarpos* (Gomes) Barneby & J.W. Grimes, rico em ácidos gálico e elágico e catequina, exerceu efeitos dissuasores moderados (50 mg/g) e fortes (100-500 mg/g) e reduziu significativamente o consumo relativo (50-500 mg/g) de *S. zeamais*. Apesar de não ser obrigatória, a inibição do comportamento alimentar é uma propriedade desejada para inseticidas que atuam por ingestão, uma vez que agentes deterrentes são potenciais protetores de alimentos armazenados (Camaroti *et al.*, 2018; Albuquerque *et al.*, 2020).

Os tratamentos com ES também reduziram significativamente as taxas de ganho de biomassa relativo e eficiência de conversão do alimento ingerido, revelando que os metabólitos secundários e lectinas presentes nesta amostra podem induzir efeitos antinutricionais e antimetabólicos sobre *S. zeamais*. Reforçando essa hipótese, Camaroti *et al.* (2018) mostraram que a ingestão de dietas preparadas com o extrato salino contendo ácido gálico, flavonoides e lectina (SteLL) de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (100-300 mg/g) reduziram o ganho de biomassa e a eficiência de conversão do alimento ingerido de *S. zeamais*. Apesar de terem sido letais, as concentrações testadas de FP não interferiram na alimentação e nos parâmetros nutricionais após 7 dias, reforçando a ideia de que os componentes desta amostra podem atuar por efeitos tóxicos agudos mesmo nas doses baixas, sem a necessidade de promover alterações comportamentais, nutricionais e metabólicas sobre *S. zeamais* a longo prazo.

Do ponto de vista prático, as propriedades inseticidas de ES e FP conferem vantagens no controle de *S. zeamais*. Por exemplo, os efeitos dose- e tempo-dependentes exibidos por ES possibilitam o ajuste de dose e diminuem a necessidade de aplicação frequente. Em soma, os efeitos antinutricionais e antimetabólicos induzidos por ES podem contribuir para a letalidade e tornar os insetos mais suscetíveis a outros tratamentos, estimulando sua aplicação como agente sinérgico em formulações combinadas de inseticidas. Além disso, os efeitos letais agudos exercidos por FP permitem o controle rápido dos insetos, sem a necessidade de exposições prolongadas. Em conjunto, essas vantagens destacam o

potencial biotecnológico de ES e FP como inseticidas naturais contra *S. zeamais*, ampliando as possibilidades de controle natural de pragas agrícolas.

7. CONCLUSÃO

ES e FP foram obtidos com sucesso a partir das folhas de *P. cattleianum* pelos processos de extração salina e fracionamento de proteínas com sulfato de amônio. As análises fitoquímicas por CCD, CCD-ASA e CLAE e os testes de AH revelaram a presença de lectinas, ácidos gálico e elágico, catequina e possivelmente derivados de miricitrina em ES e FP. A incorporação de ES em dietas artificiais induziu a mortalidade de adultos de *S. zeamais* de forma dose- e tempo-dependente, além de inibir a alimentação e reduzir os parâmetros nutricionais dos insetos. Por sua vez, a ingestão de dietas contendo FP provocou efeitos letais agudos sobre os insetos. Esses resultados confirmam a atividade inseticida de ES e FP e sugerem que os metabólitos secundários e lectinas presentes nessas amostras podem atuar através de efeitos tóxicos a curto prazo ou interferir nos aspectos fisiológicos e comportamentais dos insetos a longo prazo. Além disso, os achados estimulam a realização de estudos adicionais para avaliar a toxicidade de FP em concentrações mais elevadas.

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo realizado com o extrato salino e a fração proteica de folhas de *P. cattleianum*, trazendo as etapas de extração e purificação parcial de lectinas, uma análise robusta dos perfis fitoquímicos e uma avaliação detalhada da atividade inseticida dessas amostras contra *S. zeamais*. Assim, a presente pesquisa abre espaço para investigações aprofundadas sobre os mecanismos de ação inseticida de ES e FP, explorando a influência dessas amostras na atividade enzimática e na organização histológica do trato digestivo de *S. zeamais*, por exemplo. Além disso, este trabalho fornece uma base para a realização de estudos de purificação total, caracterização e aplicação biotecnológica das lectinas de folhas de *P. cattleianum*, bem como de seus metabólitos secundários. Por fim, o presente estudo evidencia o potencial biotecnológico dos componentes fitoquímicos de folhas de *P. cattleianum*, que podem ser explorados como inseticidas naturais no manejo integrado de *S. zeamais*.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHIMÓN, F. *et al.* Exploring Contact Toxicity of Essential Oils against *Sitophilus zeamais* through a Meta-Analysis Approach. **Plants (Basel)**, Basel, v. 11, n. 22, p. 3070, 2022.
- ALBUQUERQUE, L. P. *et al.* Antinutritional effects of the chitin-binding lectin from *Microgramma vacciniifolia* rhizome (MvRL) on *Sitophilus zeamais*. **J Stored Prod Res**, Amsterdam, v. 88, 101652, 2020.
- ALVARENDA, F. Q. *et al.* Atividade Antinociceptiva e Antimicrobiana da Casca do Caule de *Psidium Cattleianum* Sabine. **Rev Bras PI Med**, Campinas, v.17, n.4, p.1125-1133, 2015.
- ALVARENGA, F. M. *et al.* In vivo analgesic activity, toxicity and phytochemical screening of the hydroalcoholic extract from the leaves of *Psidium cattleianum* Sabine. **J Ethnopharmacol**, Lausanne, v. 150, n. 1, p. 280–284, 2013.
- ALVARENGA, F. Q. *et al.* Atividade antimicrobiana in vitro das folhas de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) contra micro-organismos da mucosa oral. **Rev Odontol UNESP**, Marília, v. 45, n. 3, p. 149–153, 2016.
- ALVES, T. A. *et al.* Phytotoxicity and cytogenetic action mechanism of leaf extracts of *Psidium cattleianum* Sabine in plant bioassays. **Braz J Biol**, São Carlos, v. 84, 2024.
- ANTUNES, L. E. *et al.* Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) usando duas concentrações de gás fosfina com diferentes períodos de exposição, em grãos de milho armazenados. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v.17, n.2, p.167–172, 2011.
- ARAÚJO, R. A. *et al.* Enhanced Activity of Carbohydrate and Lipid-Metabolizing Enzymes in Insecticide-Resistant Populations of The Maize Weevil, *Sitophilus zeamais*. **Bull Entomol Res**, London, v.98, n.4, p. 417–424, 2008.
- ARAÚJO, R. A. *et al.* Pyrethroid resistance in *Sitophilus zeamais* is associated with a mutation (T929I) in the voltage-gated sodium channel. **Insect Mol Biol**, Oxford, v. 20, n. 4, p. 437–445, 2011.
- BASTIANI, M. Carboidratos e Glicobiologia. In: NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. – Porto Alegre: Artmed, 2014. p. 243–280.
- BENEVIDES, R. G. **Caracterização Bioquímica e Estrutural de uma Lectina Recombinante de Sementes de *Platypodium elegans* Vogel**. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. p. 282. 2011.

BEZERRA, I. C. F. *et al.* Chromatographic profiles of extractives from leaves of *Eugenia uniflora*. **Rev Bras Farmacogn**, São Paulo, v. 28, p. 92-101, 2018.

BEZERRA, A. A. *et al.* Seed oil from *Syagrus coronata* has contact toxicity and reduces population growth of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Prot**, Guildford, v. 190, 2025.

BIEGELMEYER, R. *et al.* Comparative Analysis of the Chemical Composition and Antioxidant Activity of Red (*Psidium cattleianum*) and Yellow (*Psidium cattleianum* var. *lucidum*) Strawberry Guava Fruit. **J Food Sci**, Malden, v. 76, n. 7, 2011.

BING, D. H.; WEYAND, J. G. M.; STAVITSKY, A. B. Hemagglutination with aldehyde-fixed erythrocytes for assay of antigens and antibodies. **Proc Soc Exp Biol Med**, Malden, v. 124, n. 4, p. 1166–1170, 1967.

BONITO, F. M. **Estudo fitoquímico de extratos bioativos da espécie *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae) com atividade vasodilatadora.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Colegiado de Ensino de Graduação - Macaé, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Macaé. p. 58. 2016.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos Secundários De Plantas Secondary Plant Metabolites. **Rev Agrotec**, Ipameri, v.11, n.1, p.54-67, 2020.

BOTTON, M. *et al.* O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado. **Circular Técnica**, v.58, 2005.

BRIGHENTI, F. L. *et al.* Effect of *Psidium cattleianum* leaf extract on enamel demineralisation and dental biofilm composition in situ. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 57, n. 8, p. 1034–1040, 2012.

BRIGHENTI, F. L. *et al.* Effect of *Psidium cattleianum* Leaf Extract on *Streptococcus mutans* Viability, Protein Expression and Acid Production. **Caries Res**, Basel, v. 42, n. 2, p. 148–154, 2008.

BRITO, V. D. *et al.* An Alternative to Reduce the Use of the Synthetic Insecticide Against the Maize Weevil *Sitophilus zeamais* Through the Synergistic Action of Pimenta Racemosa and Citrus Sinensis Essential Oils With Chlorpyrifos. **J Pest Sci (2004)**, Heidelberg, v. 94, p. 409–421, 2021.

CAMAROTI, J. *et al.* *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL). **Ind Crops Prod**, Amsterdam, v. 116, p. 81–89, 2018.

CARNEIRO, V. A. **Inibição de formação de biofilme bacteriano através de lectinas vegetais.** Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. p. 89. 2007.

CARVALHO, M. M. P. *et al.*, Injúrias Ocasionadas Por Insetos-praga em Bagas de Uvas. In: PEREZ, J. O.; MOREIRA, A. N.; SANTOS, A. E. O. **Pós-colheita de**

Frutas e Hortaliças: Coletânea de TCCs. – Petrolina: IFSertãoPE, 2024. p. 122–140.

CHALANNAVAR, R. K. *et al.* The antimosquito properties of extracts from flowering plants in South Africa. **Trop Biomed**, Kuala Lumpur, v. 30, n. 4, p. 559-569, 2013.

CORRÊA, A. S. *et al.* Distribution of the related weevil species *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* in Brazil. **Insect Sci**, Victoria, v. 20, n. 6, p. 763–770, 2012.

CORRÊA, M. P.; Penna, L. A. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. **Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal**, Rio de Janeiro, v. 1, p.747, 1984.

CORTESE, D.; OLIVEIRA, G. S.; FERNANDES, M. G. Resistance evaluation of maize varieties to *Sitophilus zeamais* infestation across two generations: Insights for Integrated Pest Management. **J Stored Prod Res**, Amsterdam, v. 109, 102473, 2024.

DACOREGGIO, M. V.; MORONI, L. S.; KEMPKA, A. P. Antioxidant, antimicrobial and allelopathic activities and surface disinfection of the extract of *Psidium cattleianum* Sabine leaves. **Biocatal Agric Biotechnol**, Atlanta v. 21, p. 101295, 2019.

ELUMALAI, D. *et al.* Larvicidal activity of catechin isolated from *Leucas aspera* against *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). **Parasitol Res**, Berlin, v. 115, p. 1203-1212, 2016.

EMERSON, R. W. **Fortune of the Republic**. Boston, Massachusetts: Houghton, 1878.

GREEN, A. A.; HUGHES, L. Protein fractionation on the basis of solubility in aqueous solution of salts and organic solvents. *In*: COLOWICK, S.; KAPLAN, N. (ed.). **Methods in Enzymology**. New York: Academic Press, 1955, cap. 10, p. 67-90.

HISTER, C. A. L. H. *et al.* Determination of Phenolic Compounds and Assessment of The Genotoxic and Proliferative Potential of *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae) Fruits. **Caryologia**, Firenze, v.70, n.4, p. 350–356, 2017.

ISMAN, M. B. *et al.* Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. **J Agric Food Chem**, Washington, v. 38, n. 6, p. 1406–1411, 1990.

JAHAN, T. *et al.* Plant secondary metabolites against biotic stresses for sustainable crop protection. **Biotechnol Adv**, Oxford, v. 79, 108520, 2025.

KHURSHEED, A. *et al.* Plant based natural products as potential ecofriendly and safer biopesticides: A comprehensive overview of their advantages over conventional pesticides, limitations and regulatory aspects. **Microb Pathog**, London, v. 173, 2022.

KONOZY, E.; OSMAN, M.; DIRAR, A. Plant lectins as Potent Anti-coronaviruses, Anti-inflammatory, Antinociceptive and Antiulcer Agents. **Saudi J Biol Sci**, Riyadh, v. 29, n. 6, p. 103–301, 2022.

LISBOA, G. N; KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Alimentícias – *Psidium cattleianum* Araçá. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro - Região Sul**. – Brasília: MMA, 2011. p. 205 – 208.

LIU, Z. L.; GOH, S. H.; HO, S. H. Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). **J Stored Prod Res**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 290–296, 2007.

LOECK, A. E. Pragas de Produtos Armazenados. **EGUFPEL**, Pelotas, v. 113, 2002.

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa. **Passo Fundo: EMBRAPA–CNPT**, Rio Grande do Sul, v. 42 p. 1994.

LOWRY, O. H. *et al.* Protein measurement with the Folin phenol reagent. **J Biol Chem**, Baltimore, v. 193, p. 265-275, 1951.

MAZALOVSKA, M.; KOUOKAM, J. C. Plant-Derived Lectins as Potential Cancer Therapeutics and Diagnostic Tools. **Biomed Res Int**, New York, v. 2020, 2020.

MASSUNARI, L. *et al.* Antimicrobial Activity and Biocompatibility of the *Psidium cattleianum* Extracts for Endodontic Purposes. **Braz Dent J**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 3, p. 372–379, 2017.

MEDINA, A. L. *et al.* Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) Fruit Extracts With Antioxidant and Antimicrobial Activities and Antiproliferative Effect on Human Cancer Cells. **Food Chem**, Barking, v. 128, p. 916–922, 2011.

MURRAY, T. A.; MILES, C. A.; DANIELS C. Natural insecticides. **Pacific Northwest Extension Publication – PNW 649**. Washington State University, Oregon State University, University of Idaho, 2013.

NAPOLEÃO, T. H. *et al.* Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **J Stored Prod Res**, Amsterdam, v. 54, p. 26–33, 2013.

NAPOLEÃO, T. H., *et al.* Insect Midgut Structures and Molecules as Targets of Plant-Derived Protease Inhibitors and Lectins. **Pest Manag Sci**, West Sussex, v. 75, n. 5, p. 1212–1222, 2019

OJO, J. A.; OMOLOYE, A.A. Rearing the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, on an artificial maize-cassava diet. **J Insect Sci**, Annapolis, v. 12, n. 69, 2012.

OLIVEIRA, A. P. S. *et al.* Evaluation of the insecticidal activity of *Moringa oleifera* seed extract and lectin (WSMoL) against *Sitophilus zeamais*. **J Stored Prod Res**, Amsterdam, v. 87, 2020.

OLIVEIRA, M. D. L. *et al.* Purification of a lectin from *Eugenia uniflora* L. seeds and its potential antibacterial activity. **Lett Appl Microbiol**, Oxford, v. 46, n. 3, p. 371–376, 2008.

PATIÑO-BAYONA, W. R. *et al.* Effects of Essential Oils from 24 Plant Species on *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae). **Insects**, Basel, v. 12, n. 6, p. 532, 2021.

PAVELA, R. History, Presence and Perspective of Using Plant Extracts as Commercial Botanical Insecticides and Farm Products for Protection against Insects – a Review. **Plant Protect. Sci**, Czech, v. 52, n. 4, p. 229–241, 2016.

PATEL, S. Exotic tropical plant *Psidium cattleianum*: a review on prospects and threats. **Rev Environ Sci Biotechnol**, Dordrecht, v. 11, n. 3, p. 243–248, 2012.

PEREIRA, E. S. *et al.* *Psidium cattleianum* Fruits: A review on its Composition and Bioactivity. **Food Chem**, Barking, v. 258, p. 95–103, 2018.

PHOKWE, O. J.; MANGANYI, M. C. Medicinal Plants as a Natural Greener Biocontrol Approach to “The Grain Destructor” Maize Weevil (*Sitophilus zeamais*) Motschulsky. **Plants (Basel)**, Basel, v. 12, n. 13, p. 2505, 2023.

PROCÓPIO, T. F. *et al.* CasuL: a new lectin isolated from *Calliandra surinamensis* leaf pinnulae with cytotoxicity to cancer cells, antimicrobial activity and antibiofilm effect. **Int J Biol Macromol**, Amsterdam, v. 98, p. 419–429, 2017.

PUNIA, A. *et al.* Effect of ellagic acid on the larvae of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoid *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **J Asia Pac Entomol**, Suwon, v. 23, n. 3, p. 660–665, 2020.

PUNIA, A. *et al.* Effect of gallic acid on the larvae of *Spodoptera litura* and its parasitoid *Bracon hebetor*. **Sci Rep**, London, v. 11, n. 531, 2021.

SANGEETHA, R. *et al.* *Pouteria campechiana* leaf extract and its bioactive compound myricitrin are mosquitocidal against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. **Asian Pac J Trop Med**, Mumbai, v. 12, n. 7, p. 321–328, 2019.

SANTOS, P. E. M. *et al.* Contact Toxicity of Essential Oil of *Croton pulegioidorus* Baill on *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Rev Caatinga**, Rio Grande do Norte, v. 32, n. 2, p. 329–335, 2019.

SANTOS, F. R. *et al.* Larvicidal and fungicidal activity of the leaf essential oil of five Myrtaceae species. **Chem Biodivers**, Zürich, v. 20, n. 12, 2023a.

SANTOS, L. G. P. *et al.* Effects of *Annona squamosa* leaf extract on the insects *Aedes aegypti*, *Nasutitermes corniger*, and *Sitophilus zeamais* and the microcrustacean *Hyalella* sp. **S Afr J Bot**, Pretoria, v. 162, p. 913–919, 2023b.

SCUR, M. C. *et al.* Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil and different plant extracts of *Psidium cattleianum* Sabine. **Braz J Biol**, São Carlos, v. 76, n. 1, p. 101–108, 2016.

SERENO, A. B. *et al.* Segurança Alimentar e Toxicidade Preliminar do Araçá Amarelo (*Psidium cattleianum*). In: BRASIL, C. C. B. (Org.). **Alimentos, Nutrição e Saúde**. – Ponta Grossa: Atena Editora, 2021. v. 4 p. 117–119.

SILVA, D. P. *et al.* The *Pseudomonas aeruginosa* lectin LecB binds to the exopolysaccharide Psl and stabilizes the biofilm matrix. **Nat Commun**, London, v. 10, n. 2183, 2019.

SILVA, D. G. R. *et al.* Insecticidal and antifungal activities of saline extract from *Abarema cochliocarpos* bark against pests with relevance to human health and agronomy. **Biocatal Agric Biotechnol**, Atlanta, v. 28, 101739, 2020.

SOUZA, C. S. *et al.* Effects of *Opuntia ficus-indica* lectin on feeding, survival, and gut enzymes of maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Appl Biol Chem**, New York, v. 61, n. 3, p. 337–343, 2018.

SILVA, L. B. *et al.* Insecticide Irritability of Plant Extracts Against *Sitophilus zeamais*. **Afr J Agric Res**, S.I., Vol. 8, n. 11, p. 978–983, 2013

SOUZA, W. F. C. *et al.* Exploiting the chemical composition of essential oils from *Psidium cattleianum* and *Psidium guajava* and its antimicrobial and antioxidant properties. **J Food Sci**, Malden, v. 86, n. 10, p. 4637–4649, 2021.

TSCHOEKE, L. F. P. *et al.* Insecticidal activity of *Schinus terebinthifolius* essential oil for the management of permethrin-resistant *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Asia Pac Entomol**, Suwon, v. 27, n. 3, 102301, 2024.

VARELLA, M. X. S. **Estudo Comparativo Morfo - Anatômico e dos Constituintes Químicos das Folhas de Araçá - *Psidium cattleianum* Sabine, Myrtaceae - Espécimes de Fruto Vermelho e Amarelo**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. p. 104. 2001.

VARELLA, M. X. S.; SANTOS, C. A. M.; DUARTE, M. R. Caracteres morfoanatômicos e constituintes químicos de folha de araçazeiro – morfotipos de fruto vermelho e amarelo. In: PEDROSA-MACEDO, J. H.; DALMOLIN, A.; SMITH, C. W. (Orgs.). **O Araçazeiro: Ecologia e Controle Biológico**. – Curitiba: FUPEF, 2007. p. 39 – 45.

VENDRUSCOLO, G. S.; SIMÕES, C. M. O.; MENTZ, L. A. Etnobotânica no Rio Grande do Sul: análise comparativa entre o conhecimento original e atual sobre as plantas medicinais nativas. **Pesq, Bot**, São Leopoldo, v. 56, p. 285–322, 2005.

VIZZOTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, v. 1, p. 16, 2010.

XIE, Y. S.; BODNARYK, R. P.; FIELDS, P. G. A Rapid and Simple Flour-Disk Bioassay for Testing Substances Active Against Stored-Product Insects. **Can Entomol**, Cambridge, v. 128, n. 5, p. 865–875, 1996.

ZANDONÁ, G. P. *et al.* Extraction and Characterization of Phytochemical Compounds From Araçazeiro (*Psidium cattleianum*) Leaf: Putative Antioxidant and Antimicrobial Properties. **Food Res Int**, Ottawa, v.137, 2020.