



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA
REDE NORDESTE DE BIOTECNOLOGIA

NATANAELMA SILVA DA COSTA

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS SOBRE
Ceratitis Capitata WIEDEMANN (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

JOÃO PESSOA - PB

2022

NATANAELMA SILVA DA COSTA

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS SOBRE
Ceratitis capitata WIEDEMANN (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba, ligado à Rede Nordeste de Biotecnologia, como requisito para obtenção de título de Doutora em Biotecnologia.

Área de concentração: Biotecnologia em Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Petrônio Filgueiras de Athayde Filho

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros

JOÃO PESSOA - PB

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838b Costa, Natanaelma Silva da.

Bioatividade de extratos vegetais sobre *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) / Natanaelma Silva da Costa. - João Pessoa, 2022.

103 f. : il.

Orientação: Petrônio Filgueiras de Athayde Filho.

Coorientação: Marcos Barros de Medeiros.

Tese (Doutorado) - UFPB/CBioTec.

1. Controle de pragas - Alternativa sustentável. 2. Extratos botânicos - Caatinga. 3. Metabólitos secundários. 4. Mosca-do-mediterrâneo. I. Athayde Filho, Petrônio Filgueiras de. II. Medeiros, Marcos Barros de. III. Título.

UFPB/BC

CDU 632.93(043)

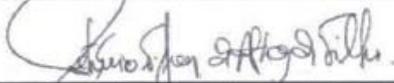
NATANAELMA SILVA DA COSTA

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS NO CONTROLE DE

Ceratitis capitata Wiedemann (Diptera: Tephritidae)

Tese **Aprovada** em 29 de julho de 2022

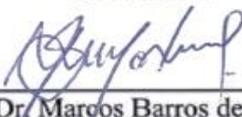
BANCA EXAMINADORA DA DEFESA



Prof. Dr. Petronio Filgueiras de Athayde Filho

Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, UFPB, Campus I

Orientador

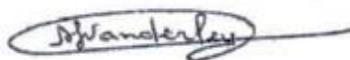


Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros

Departamento de Agricultura, Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, UFPB,

Campus III

Coorientador



Prof. Dr.ª Maria José Araújo Wanderley

Departamento de Agricultura, Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, UFPB

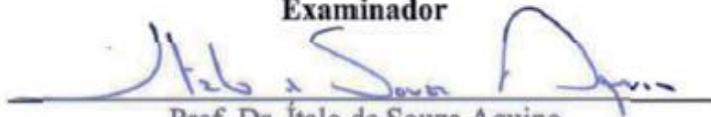
Examinadora



Prof. Dr. Dori Edson-Nava

EMBRAPA Clima Temperado - CPACT/UFPel

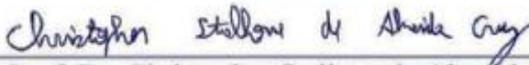
Examinador



Prof. Dr. Ítalo de Souza Aquino

Departamento de Ciência Animal, Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, UFPB

Examinador



Prof. Dr. Christopher Stallone de Almeida Cruz

Centro Integrado de Serviços de Consultoria Educacional (CISCE)

Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho e essa conquista à **minha família**. Aos meus **pais**, Sofia Silva da Costa e Severino Ramos da Costa, que sempre me apoiaram e me fizeram ser quem sou, e sempre acreditaram que aquela garota, filha, neta e bisneta de agricultores e pescadores, que veio do campo e cruzava dois sítios para ser alfabetizada, poderia ser a primeira da família a se graduar e ser professora, a ser mestre e agora doutora. Algo assim era impensável e inalcançável para pessoas com minha origem e graças às oportunidades que tive e à ajuda de muitos hoje conquisto esse objetivo.

Ao meu **irmão**, Natanael Silva da Costa, que me inspira e motiva a ser uma pessoa melhor todos os dias, que me mostrou que, não importa onde estivermos, estaremos juntos. Dedico essa conquista, também, ao meu **companheiro de jornada**, David Santos Rodrigues, meu alicerce e fortaleza, meu porto seguro, nos momentos mais tempestuosos.

Aos meus **amigos e amigas** Emanuel F. de Souza, Flaviano Granjeiro de Moura, Joelma Farias Vieira de Jesus, Luana Patrícia da Costa Silva, Natali Azevedo da Silva, Rosiane Barboza da Cruz, esses me ajudam, me acalentam, me fizeram sorrir e acreditar em mim quando estive propensa a desacreditar.

Aos **parceiros de caminhada doutoral** Elton Jose Ferreira Chaves, Fagner Dayan de Lima Gomes, Ubiratan Ribeiro da Silva Filho, Fernanda Silva Almeida, Aliny Pereira de Vasconcelos, Adrielly Silva Albuquerque de Andrade, pois compartilhar as vivências do processo de doutoramento pode torná-lo mais agradável e ainda lapidar as competências e preparar aqueles que se aventuram nessa jornada para as relações interpessoais do mundo da ciência que nos aguarda após obtermos o título tão almejado. Entre esses parceiros de jornada agradeço em especial à Renata Priscila Almeida Silva, pois fomos parceiras desde o início e ao longo do tempo isso só se fortaleceu. Foram vários momentos de incertezas que se tornaram mais leves porque tínhamos como dividir a seriedade e o peso disso entre nós duas.

Por último dedico esse trabalho a todos os meus **mestres**, desde a professora do Grupo Escolar do Sítio Mascate - Araçagi – PB, que me alfabetizou e abriu para mim um mundo inteiro de possibilidades, e os professores da rede municipal e estadual de Guarabira – PB, que me estimularam a olhara para o mundo de forma crítica e que ler era o caminho para entender, até os professores da Universidade Federal da Paraíba, quem todas as minhas etapas de formação profissional (Graduação, Especialização, Mestrado e Doutora) me ajudaram à encontra, refletir, compreender e construir o conhecimento, através da ciência.

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão aos estagiários, bolsistas de Iniciação Científica da graduação e do ensino médio, e técnicos da Clínica Fitossanitária e do Laboratório de Entomologia (UFPB), Nadiane França da Silva, Letícia Waléria Oliveira dos Santos, Matheus Eduardo Silva Mello, Cláudia Marques de Araújo, Vinícius Alves Martins, Janisia Rayane Batista da Silva, Adelmo Ferreira da Silva, Thatiana Maria Borges Silva, Ulisses de Souza Dias, pelo constante auxílio no desenvolvimento prático das atividades experimentais, além das constantes conversas e momentos de troca de experiências e impressões sobre os mais diversos aspectos científicos inerentes à pesquisa e alguns temas transversais. Ressalto a importância e participação de Angélica da Silva Salustino, parceira doutoranda e pesquisadora, a quem recorri em momentos de apreensão e sempre se mostrou disponível para vir em meu auxílio.

Agradeço o suporte e parceria entre as pessoas dos diversos campi e laboratórios que formam a Universidade Federal da Paraíba, com destaque à Clínica Fitossanitária e ao Laboratório de Entomologia, Campus III, ao Laboratório de Materiais de Combustível (LACOM), Campus I, e ao Laboratório de Invertebrados, Campus II.

Também teço agradecimentos ao meu orientador, Prof. Dr. Petrônio Filgueiras de Athayde Filho, que se fez presente contribuindo e compartilhando a sabedoria que os anos de pesquisa e uma trajetória brilhante na ciência lhe conferiu, ao tempo em que agradeço meu coorientador, Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros, por todo o suporte e parceria para o desenvolvimento das etapas dessa pesquisa, assim como pela disponibilidade e amizade constantes.

Aproveito para registrar meu muito obrigada aos brasileiros que, como contribuintes, colaboram financeiramente para o desenvolvimento da pesquisa científica no país, através de agências de fomento como Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Assim como a Universidade Federal da Paraíba, ambiente de ensino do qual fiz parte durante o período de doutorado, um espaço público de excelência no ensino, pesquisa e extensão, que possibilita à sociedade a reflexão sobre suas dinâmicas, assim como oportuniza e promove o desenvolvimento científico e tecnológico local.

COSTA, N. S. da. **BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS SOBRE *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae)**. 2022. Tese de Doutorado em Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022

RESUMO

A mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* é considerada uma das principais pragas da fruticultura mundial e seu controle é majoritariamente realizado por meios químicos convencionais, o que gera a demanda por métodos alternativos que minimizem os impactos ambientais do uso desses produtos. A biodiversidade vegetal da Caatinga é bastante referenciada pelo potencial de seus metabólitos secundários bioativos sobre insetos fitófagos. Nesse contexto, buscou-se avaliar o rendimento e a composição fenólica de extratos vegetais das espécies botânicas *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora* e sua bioatividade sobre fase imatura de *C. capitata*. Os exemplares dos insetos estudados foram oriundos da criação estabelecida no âmbito da Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, a partir de uma população cedida pelo Laboratório de Invertebrados do Centro de Ciências Agrárias, ambos da Universidade Federal da Paraíba. O material vegetal foi obtido em áreas de Caatinga no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Considerou-se para o estudo os parâmetros: rendimento líquido (%) dos extratos vegetais, etanólico (Etanol 90%) e hidroetanólico (Etanol 70%), e o número de insetos de *C. capitata* emergidos das pupas tratadas. Os extratos foram obtidos através de extração à seco, por meio da técnica de maceração do tecido vegetal em meio líquido do solvente extrator e após filtragem, para separação da fração líquida da sólida, os extratos foram concentrados com a retirada do solvente. Os extratos foram submetidos à cromatografia líquida de alta eficiência para determinação do perfil fenólico. Foram conduzidos dois bioensaios em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial. Um total de 10 pupários de *C. capitata* foram distribuídas em cinco repetições/tratamento e submetidas ao contato direto dos extratos vegetais (etanólicos e hidroetanólicos), nas diferentes concentrações, por 60 segundos e o tratamento controle foi composto pela ausência dos extratos. Os extratos hidroetanólicos, das espécies vegetais estudadas, apresentaram os maiores rendimentos líquidos (%) quando comparados aos extratos etanólicos, destacando-se o extrato de *M. tenuiflora* (27,76%) e de *A. occidentale* (25,5%), indicando que o etanol 70% é um solvente extrator eficiente no processo de obtenção dos bioextratos. Nos ensaios de atividade biológica os extratos etanólicos mostraram-se eficientemente tóxicos ao inseto, com destaque ao de *M. tenuiflora* que, em todas as concentrações estudadas, causou as menores médias de emergência de adultos de *C. capitata*, seguido pelo extrato de *A. occidentale*, nas concentrações de 150 µL/mL e 200 µL/mL e o mix (mistura dos 4 extratos), nas concentrações 100 µL/mL e 150 µL/mL. Com relação aos extratos hidroetanólicos todos os quatro extratos vegetais apresentaram bioatividade sobre os pupários, destacando-se, também, os extratos de *M. tenuiflora* e de *A. occidentale*, que apresentaram menores médias de insetos emergidos a partir de 100 µL/mL. Com relação aos compostos fenólicos presentes nos extratos hidroetanólicos, foram identificados 20 compostos fenólicos distintos, distribuídos de forma diferentes entre os quatro extratos vegetais, sendo comum a todos e em quantidades consideráveis a Rutina e a Miricetina. Conclui-se desta forma que, os extratos das espécies botânicas *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* são bioativos sobre pupários de *Ceratitis capitata*, evidenciando-se potencial propriedade bioinseticida para esse inseto-praga.

Palavras-chave: Extratos botânicos da Caatinga; Metabólitos secundários; Mosca-do-mediterrâneo.

COSTA, N. S. da. **BIOACTIVITY OF PLANT EXTRACTS ON *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae)**. 2022. Doctoral Thesis in Biotechnology at the Federal University of Paraíba, João Pessoa, 2022.

ABSTRACT

The fruit fly *Ceratitis capitata* is considered one of the main pests of fruit growing worldwide and its control is mostly carried out by conventional chemical means, which generates a demand for alternative methods that minimize the environmental impacts of the use of these products. The plant biodiversity of the Caatinga is widely referenced by the potential of its bioactive secondary metabolites on phytophagous insects. In this context, we sought to evaluate the yield and phenolic composition of plant extracts of the botanical species *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* and *Mimosa tenuiflora* and their bioactivity on the immature phase of *C. capitata*. The specimens of the insects studied came from the breeding established within the Phytosanitary Clinic of the Center for Agrarian Social Human Sciences, from a population provided by the Invertebrate Laboratory of the Center for Agrarian Sciences, both at the Federal University of Paraíba. The plant material was obtained in areas of Caatinga in the state of Paraíba, Northeast Brazil. The following parameters were considered for the study: net yield (%) of plant extracts, ethanolic (Ethanol 90%) and hydroethanolic (Ethanol 70%), and the number of *C. capitata* insects emerged from the treated pupae. The extracts were obtained through dry extraction, through the technique of maceration of the plant tissue in a liquid medium of the extracting solvent and after filtering, to separate the liquid fraction from the solid, the extracts were concentrated with the removal of the solvent. The extracts were submitted to high performance liquid chromatography to determine the phenolic profile. Two bioassays were carried out in a completely randomized design, with a factorial scheme. A total of 10 pupae of *C. capitata* were distributed in five replications/treatment and subjected to direct contact with plant extracts (ethanolic and hydroethanolic), at different concentrations, for 60 seconds and the control treatment consisted of the absence of extracts. The hydroethanolic extracts of the studied plant species showed the highest net yields (%) when compared to the ethanolic extracts, highlighting the extracts of *M. tenuiflora* (27.76%) and *A. occidentale* (25.5%). indicating that 70% ethanol is an efficient extracting solvent in the process of obtaining bioextracts. In the biological activity assays, the ethanol extracts proved to be efficiently toxic to the insect, especially *M. tenuiflora* which, at all concentrations studied, caused the lowest mean emergence of adults of *C. capitata*, followed by the extract of *A. occidentale*, at concentrations of 150 µL/mL and 200 µL/mL and the mix (mixture of the 4 extracts), at concentrations of 100 µL/mL and 150 µL/mL. Regarding the hydroethanolic extracts, all four plant extracts showed bioactivity on the pupae, also highlighting the extracts of *M. tenuiflora* and *A. occidentale*, which showed lower averages of insects emerged from 100 µL/mL. Regarding the phenolic compounds present in the hydroethanolic extracts, 20 different phenolic compounds were identified, distributed differently among the four plant extracts, being common to all and in considerable amounts, Rutin and Myricetin. Thus, it can be concluded that the extracts of the botanical species *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* and *M. tenuiflora* are bioactive on *Ceratitis capitata* pupae, showing a potential bioinsecticidal property for this insect pest.

Keywords: Botanical extracts from the Caatinga; Secondary metabolites; Mediterranean fly.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA <i>Ceratitis capitata</i> (DIPTERA: TEPHRITIDAE)	16
3.2 MÉTODOS DE CONTROLE DE <i>Ceratitis capitata</i>	18
3.2.1 Controle químico	18
3.2.2 Controle biológico	20
3.2.3 Controle alternativo	20
3.3 EXTRATOS VEGETAIS E SUA AÇÃO BIOLÓGICA SOBRE INSETOS	22
3.4 POTENCIAIS ESPECIES VEGETAIS.....	24
3.5 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PATENTEADAS RELACIONADAS A MÉTODOS DE CONTROLE DE <i>Ceratitis capitata</i>	28
REFERÊNCIAS	31
CAPÍTULO 1 – OBTENÇÃO E RENDIMENTO DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS E HIDRO-ETANÓLICOS DE ESPÉCIES DA CAATINGA PARAIBANA	
1 INTRODUÇÃO	40
2 MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	41
2.2 COLETA DO MATERIAL VEGETAL.....	41
2.3 PREPARO E OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS.....	43
3 RESULTADOS.....	46
4 DISCUSSÃO.....	47
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50
CAPÍTULO 2 – BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE <i>Ceratitis capitata</i>	
1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	55
2.2 CRIAÇÃO DE <i>Ceratitis capitata</i>	55
2.3 COLETA DO MATERIAL VEGETAL PARA OBTENÇÃO DOS EXTRATOS...56	

2.4	OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS	57
2.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, MONTAGEM E AVALIAÇÃO DO BIOENSAIO	58
2.5.1	Delimitação e organização experimental.....	58
2.5.2	Montagem do bioensaio	59
2.5.3	Avaliação e coleta de dados	61
3	RESULTADOS.....	63
3.1	BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	63
3.2	BIOATIVIDADE DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	64
3.3	INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E DAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	64
3.4	ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM <i>C. capitata</i> TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS DE PLANTAS DA CAATINGA.....	65
4	DISCUSSÃO.....	67
4.1	BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	67
4.2	BIOATIVIDADE DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	69
4.3	INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E DAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	70
4.4	ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM <i>C. capitata</i> TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS DE PLANTAS DA CAATINGA.....	71
5	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS	73
	CAPÍTULO 3 – PERFIL DE COMPOSTOS FENÓLICOS E BIOATIVIDADE DE EXTRATOS BOTÂNICOS HIDROETANÓLICO SOBRE <i>Ceratitis capitata</i>	77
1	INTRODUÇÃO	79
2	MATERIAL E MÉTODOS	81
2.1	OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS	81
2.2	TESTE DE EFICIÊNCIA DOS EXTRATOS HIDROETANÓLICOS	82
2.2.1	Organização experimental.....	82
2.2.2	Montagem e avaliação do bioensaio.....	83
2.3	CROMATOGRAFIA DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS	85
3	RESULTADOS.....	86

3.1	BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA SOBRE <i>C. capitata</i>	86
3.2	DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	87
3.3	INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E SUAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	87
3.4	ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM <i>C. capitata</i> TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA	88
3.5	PERFIL DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA.....	89
4	DISCUSSÃO.....	91
4.1	BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA SOBRE <i>C. capitata</i>	91
4.2	DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	93
4.3	INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E SUAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE <i>C. capitata</i>	94
4.4	ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM <i>C. capitata</i> TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA	95
4.5	PERFIL DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA.....	95
5	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS	99
	CONCLUSÃO GERAL	105

1. INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Ceratitis capitata* foi descrita por Wiedemann em 1824, sendo popularmente conhecida como mosca-do-mediterrâneo ou mosca-das-frutas. Este inseto é da ordem Diptera da família Tephritidae, nativa da costa oeste da África, a partir de onde espalhou-se para áreas com climas temperados, subtropicais e tropicais ao redor do mundo. A *C. capitata* é uma espécie extremamente polifágica e, portanto, afeta diversos frutos de importância comercial (MANAYAY VARGAS, 2018; PIETERSE et al., 2019).

A *C. capitata* possui grande capacidade de proliferação e adaptação, o que a torna um inseto praga com grande poder destrutivo, causando danos diretos e indiretos à fruticultura, seja provocando perdas ou ampliando os custos das produções. Os danos aos frutos podem ser primários, quando que a larva se alimenta diretamente da polpa do fruto produzindo galerias, ou secundários, com infecções de agentes bióticos oportunistas, bactérias e fungos, que se utilizam das lesões provocadas pela oviposição da fêmea para colonizar o tecido vegetal (PAPANICOLAOU et al., 2016; SANTOS et al., 2016; ASADI et al., 2019).

Contudo, o principal método de controle utilizado para mitigar os problemas gerados pela atividade biológica da *C. capitata* ainda é a utilização de produtos químicos, seja por meio de pulverizações ou com o uso de iscas tóxicas. Entretanto, o uso de agroquímicos tem afetado as populações de inimigos naturais, favorecido o surgimento de insetos resistentes e ainda ocasionado impactos negativos ao ambiente, podendo ainda ter efeito residual sobre os frutos e por consequência prejudicar a comercialização e o consumo. No Brasil, até o momento, não há relato de resistência de *C. capitata* aos inseticidas utilizados no território, porém houve relatos na Espanha, o que chama a atenção para o uso indiscriminado desses produtos (ROHDE et al., 2013; WAN et al., 2015; MORAIS et al., 2021).

Diante desse panorama, a utilização de produtos alternativos no controle de *C. capitata* torna-se cada vez mais atraente seja para os pesquisadores ou para os fruticultores. Dentre os produtos alternativos, os extratos de plantas, com propriedades inseticidas, podem diminuir os custos de controle e os efeitos negativos ao ambiente (SILVA et al., 2015).

Os efeitos tóxicos dos extratos vegetais estão associados ao metabolismo secundário das plantas, que são responsáveis pela produção de uma vasta gama de compostos bioativos, componentes dos mecanismos de defesa da planta. Compostos como saponinas, taninos e esteroides podem atuar na redução da ingestão de alimentos, indigestão, redução de peso,

retardo de desenvolvimento, diminuição da taxa de reprodução e mortalidade nos insetos testados (PAPANASTASIOU et al., 2017; LIMA et al., 2020).

Diversos estudos vêm sendo conduzidos sobre os efeitos de extratos vegetais no controle de *Ceratitis capitata*. Esses estudos evidenciaram, por exemplo, que os extratos vegetais de *Mentha villosa*, *Eugenia uniflora*, *Plectranthus amboinicus* e *Schinus terebinthifolia*, são letais sobre as larvas de *C. capitata*, enquanto os extratos de *Syzygium aromaticum* e *Eugenia uniflora* inibem o desenvolvimento pupal, já os extratos de *Myracrodruon urundeuva* e *Ziziphus joazeiro* retardaram a emergência de adultos. Plantas como *Thymus herba-barona* e *Cinnamomum zeyanicum*, que possuem consideráveis quantidades de taninos e aldeídos, induzem a mortalidade de adultos de *C. capitata* (MORETTI et al., 1998; LEANDRO, 2019; SANTOS, 2019).

Há ainda a necessidade de ampliação dos estudos quanto à bioatividade (propriedade biológica de exercer uma ação sobre um organismo vivo) de extratos botânicos no controle de *C. capitata*, e nesse sentido as plantas nativas da Caatinga foram utilizadas por serem promissoras. A vegetação nativa desse bioma é rica em metabólitos secundários e mesmo com sua ampla biodiversidade, essas plantas, muitas vezes, têm seu potencial biotecnológico e fitossanitários negligenciado, criando uma lacuna nesses campos de pesquisa que, caso preenchido, poderia viabilizar o uso racional e sustentável desses recursos (MAIA et al., 2017; SANTOS, 2019)

Uma planta nativa rica em compostos bioativos é o *Anacardium occidentale* (cajueiro) cujo metabolismo secundário produz, entre outros compostos: fenóis, flavonoides, alcaloides, taninos, flavonas, triterpenoides e saponinas. Além desta, as plantas do gênero *Croton* também foram utilizadas, pois, possuem altos teores de alcaloides, flavonoides, triterpenoides, diterpenoides, cumarinas e quinonas. Nesse mesmo sentido, a *Mimosa tenuiflora* (Jurema Preta), também é rica em taninos, saponinas e flavonóides (FARNSWORTH e SOEJARTO, 1991; CRUZ et al., 2016; SILVA et al., 2021; SILVA, 2021; DA COSTA et al., 2021).

Com isso, a condução de um estudo que avalie a potencial bioatividade de plantas nativas da Caatinga como: *Anacardium occidentale*, *Croton sonderianus*, *Croton heliotropiifolius* e *Mimosa tenuiflora* no controle de *Ceratitis capitata* é promissor e atende a uma demanda instalada. Nesse contexto estudou-se nesta pesquisa o rendimento líquido e a bioatividade de extratos vegetais etanólicos e hidroetanólicos das espécies botânicas *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* sobre o estágio de pupa de *C. capitata*.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Conhecer os rendimentos e a bioatividade de extratos vegetais das espécies botânicas *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora* sobre pupários da mosca-do-mediterrâneo *Ceratitis capitata*.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar e avaliar o rendimento dos extratos vegetais etanólicos e hidroetanólicos de espécies da Caatinga paraibana, *C. sonderianus*, *M. tenuiflora*, *A. occidentale* e *C. heliotropiifolius*;
- Verificar a ação letal dos extratos dos vegetais etanólico individualmente e em uma mistura dos quatro diferentes extratos sobre pupários de *Ceratitis capitata*;
- Avaliar a eficiência de controle de extratos dos vegetais hidroetanólico sobre *Ceratitis capitata*;
- Identificar e quantificar os compostos fenólicos presentes nos extratos vegetais de espécies da Caatinga paraibana, *C. sonderianus*, *M. tenuiflora*, *A. occidentale* e *C. heliotropiifolius*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de frutas do mundo, se destacando como o terceiro maior produtor. Um indicativo disso é que em 2016 foram produzidas 40.522.185 toneladas de frutas, juntamente com nozes e castanhas, e exportadas 815 mil toneladas para diversos países, o que resultou em U\$ 852 milhões movimentados pelo setor. No ano seguinte a produção aumentou para 41.218.970 de toneladas e em 2018 o aumento na produção se manteve e as exportações contabilizaram um valor de US\$ 980,6 milhões (FAO, 2017; BRASIL, 2017; BRASIL, 2019; Anuário Brasileiro de Horti e Fruti, 2020).

Mesmo a fruticultura sendo uma atividade estratégica para o país, alguns fatores como o surgimento de espécies de insetos quarentenários e, por consequência, o estabelecimento de barreiras sanitárias, tem inviabilizado as exportações, podem afetar negativamente e causar prejuízos à produção e comercialização (ZUCCHI et al., 2004).

Dentre as espécies de insetos com importância econômica para a fruticultura se destacam as moscas-das-frutas. A presença desses insetos nos pomares causa problemas fitossanitários que reduzem e comprometem a qualidade das frutas brasileiras. A ação de deposição dos ovos na parte interna das frutas ocasiona lesões físicas na estrutura do fruto e origina pequenas larvas brancas, tornando o fruto inútil para o mercado de frutos *in natura* e ainda atua na indução a maturação precoce deste, devido à ação do fitormônio etileno como resposta ao estresse resultando na queda do fruto (BOTTON, 2016; COELHO, SCHMILDT e ZUCOLOTO, 2017; TRASSATO et al., 2017).

Existem várias espécies de moscas-das-frutas e as mais limitantes para produção e exportação são: *Anastrepha fraterculus*, *Anastrepha obliqua* e *Ceratitis capitata*, sendo essa última uma das pragas, economicamente, mais danosas aos cultivos de frutas. Elas são encontradas em altas densidades populacionais e em diversos locais devido a sua sazonalidade como também ao fato de que as condições ambientais exigidas para o desenvolvimento do seu ciclo não são constantes, o que favorece tanto a sua adaptação à múltiplos locais, bem como à diferentes épocas do ano (ZUCCHI et al., 2004; SZYNISZEWSKA e TATEM, 2014).

A espécie *C. capitata* pertence à família Tephritidae, tem sua origem na África oriental, porém, atualmente, está presente por todo o mundo, sendo um inseto polígrafo que afeta mais de 350 hospedeiros diferentes, podendo repetir seu ciclo de vida durante todo o ano (LEMIC et al., 2020). Um estudo realizado em 17 províncias do Equador entre 2014 e 2015 identificou 31 espécies vegetais hospedeiras de moscas-das-frutas, sendo que três dessas espécies foram identificadas pela primeira vez como hospedeiras do inseto (VILATUÑA et al., 2016).

Essa espécie foi identificada pela primeira vez no estado de São Paulo em 1901, infestando laranjas, porém é uma espécie que afeta mais de 370 espécies de vegetais de pelo menos 79 famílias taxonômicas, representando um dos maiores problemas fitossanitários para a fruticultura brasileira, devido ao número variado de espécies de frutos que infesta. Até 2014 encontrava-se indivíduos da espécie em 22 das 27 unidades federativas do Brasil (TRASSATO et al., 2017; MAGALHÃES, 2019; AMARAL, 2019).

Segundo Triadani e Buxmann (2019) o ciclo de vida da mosca-do-mediterrâneo ocorre em três ambientes: vegetação hospedeira (enquanto adultos), fruto (nas fases de ovo e larvas) e solo (em fase de pupa). De acordo com Raga e Souza Filho (2021) as fêmeas de *C. capitata* ovipositam no interior do fruto, depositando um número médio de 10 a 15 ovos por postura. As larvas, resultantes dos ovos possuem três estádios de desenvolvimento, podendo em seu último estágio apresentar uma coloração que varia do amarelo claro a intenso, de acordo com a cor da polpa do hospedeiro. É no terceiro e último instar que a larva abandona o fruto e cai no solo, onde a pré-pupa se transforma rapidamente em pupa, que é imóvel, e ao fim desse estágio de desenvolvimento o inseto emerge.

Diante de um prejuízo anual de 120 milhões de dólares aos fruticultores brasileiros que dependem da exportação, os governos da Bahia e Pernambuco, os maiores produtores de frutas do país, uniram esforços para a implantação do Plano Emergencial de Controle das Moscas-das-Frutas, que prevê a obrigatoriedade do controle com métodos químicos através de pulverização; o controle cultural, incentivando a coleta dos frutos caídos; e o controle biológico através da técnica do inseto estéril, técnica esta também denominada de controle genético (DIMARCO, BARBOZA e DOS SANTOS, 2015; LIMA, DOS SANTOS, 2021).

Dada sua importância a presença da *C. capitata* torna constantemente necessário o monitoramento da população, a adoção de medidas de controle adequadas (GOLDSHTEIN, 2017) e também a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de novos métodos de controle menos danoso ao ambiente e de menor custo para os fruticultores.

3.2 MÉTODOS DE CONTROLE DE *Ceratitis capitata*

O controle de *C. capitata* é realizado utilizando os controles químico, biológico e alternativo. De forma que nesse primeiro método o controle é conduzido a partir do uso de iscas tóxicas ou da aplicação de inseticidas em cobertura, esses inseticidas têm como princípios ativos a deltrametrina e malationa (MORAIS, 2021).

No caso do controle biológico, o mesmo utiliza organismos vivos como: fungos, bactérias e inimigos naturais para controlar a presença do inseto nos pomares, um exemplo é a utilização de parasitoides da família Braconidae *Diachasmimorpha longicaudata* que tem se mostrado eficiente na diminuição do número de *C. capitata* (HARBI et al., 2018). No terceiro método o controle se dá de forma alternativa que pode ser a partir da coleta de frutos caídos e eliminação de plantas hospedeiras do inseto localizadas no entorno do pomar, assim como o uso de cultivares precoces e ainda a utilização de sacos para envolver os frutos (NAVA e BOTTON, 2010). Ainda dentro da gama de técnicas de controle alternativo destaca-se o uso de bioprodutos extraídos do metabolismo secundário das plantas como os óleos essenciais e extratos vegetais, que surgem como uma alternativa de baixo custo e alta eficiência ao uso de inseticidas químicos (GHABBARI et al., 2018).

Esses são alguns dos métodos de controle de *C. capitata*, mas desde o seu surgimento muitas pesquisas vêm sendo conduzidas a fim de aprimorar essas estratégias de controle e desenvolver novas metodologias e produtos (HARBI et al., 2018; SIVINSKI, 2020; MORAIS, 2021; LOULOU et al., 2022)

3.2.1 Controle químico

Notadamente o controle químico de *Ceratitis capitata* é realizado a partir de aplicações diretas dos inseticidas sobre a planta e frutos, geralmente organofosforados, que apresentam efeito residual nos frutos, indícios de indução de resistência no inseto alvo e ainda toxicidade em mamíferos. Nessa perspectiva a utilização de iscas associadas a inseticidas torna-se uma alternativa menos prejudicial à inimigos naturais e insetos polinizadores (BARONIO et al.,

2019). Um grupo de inseticida que poderia ser associado às iscas e atrativos seriam os piretroides e nesse sentido Baronio et al. (2019) testaram 18 inseticidas organofosforados, spinosad e piretróides e concluíram que os inseticidas baseados em espinosinas, alfa-cipermetrina e ciantranilprole são alternativas que podem substituir os organofosfatos no manejo de *C. capitata* no campo.

De acordo com Baronio et al. (2018) o uso de iscas tóxicas tem se mostrado cada vez mais eficiente e promissor no monitoramento e controle populacional de *C. capitata*, chegando a manter as populações abaixo do nível de controle que é de 0,5 moscas/armadilha/dia. Baldin (2018) apontou que vários outros estudos vêm sendo desenvolvidos visando avaliar a eficiência de iscas ou atrativos associados à inseticidas sintéticos sobre *C. capitata* e inimigos naturais que fazem o seu controle biológico.

Segundo Farah et al. (2020) atrativos à base de proteína de milho hidrolisada (Biofruit® 3%) e melão de cana (7%), em misturas com inseticidas à base de spinosade e malathion e a isca comercial Success 0.02 CB® são seletivos para *Fopius arisanus*, parasitoide de moscas-das-frutas, de forma que o uso de inseticidas comerciais no controle dessas moscas é recomendando adicionado-se atrativos proteicos ou iscas comerciais devido à sua maior seletividade em relação ao melão para o parasitoide *F. arisanus*.

Um estudo realizado por dois anos em pomares de pêssego avaliou a eficiências de duas iscas sintéticas à base de alimentos de diferentes origens (Starce® de origem vegetal e Ceratrap® de origem animal) usadas em capturas em massa *versus* pulverizações de iscas de inseticidas. Os atrativos exibem a mesma eficácia em comparação aos tratamentos com inseticida na diminuição da população de *C. capitata*, porém o uso dos atrativos para o aprisionamento em massa deve ser priorizado como estratégia de controle visto que é uma alternativa aos tratamentos químicos, não deixa resíduos de inseticida nas frutas, é mais seletivo e é mais seguro para os aplicadores e para o ambiente (HAFSI et al., 2020).

No entanto o controle químico pode provocar problemas diversos o que tem impulsionado, ao longo do tempo, pesquisas importantes na busca de métodos alternativos e seguros de controle de pragas (MARTINS, 2017). Dentre essas pesquisas a propositura da utilização de inimigos naturais e outros agentes biológicos podem se configurar como sendo um dos métodos de controle mais ecologicamente aceitáveis.

3.2.2 Controle biológico

A utilização de parasitoides vem sendo amplamente estudada. Cancino et al. (2019) verificaram que a liberação aumentativa do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) associado ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) apresenta uma redução significativa na população de *C. capitata* em lavouras de café na região da fronteira México-Guatemala, reafirmando a utilização de parasitoides, em consonância com o MIP, como estratégia eficiente e adequada de controle de mosca-das-frutas.

De acordo com Sasso et al. (2019) a espécie *C. capitata* pode ser um hospedeiro alternativo para *Baryscapus silvestrii* (Hymenoptera: Eulophidae), que é um parasitoide de *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae), o que amplia o potencial de uso desse inseto como agente de controle biológico também para *C. capitata*.

Gava et al. (2019) utilizaram cepas de fungos entomopatogênicos e avaliaram sua eficiência sobre pupas de *C. capitata* em solo, observando seu efeito sobre a emergência de insetos adultos e longevidade após a emergência e observaram efeitos promissores na redução da emergência de insetos e no tempo de vida de adultos e após a aplicação de conídios de *B. bassiana* LCB53 e LCB289 ao solo. Loulou et al. (2022) apontaram que nematóides como o *Oscheius tipulae* tem potencial de controle biológico para compor os programas de manejo integrado de pragas contra *C. capitata*

3.2.3 Controle alternativo

Outra forma de controle de *C. capitata* é o controle alternativo que vai além dos tratamentos culturais e utilização de cultivares precoces e ensacamento dos frutos ainda na planta, podendo englobar a utilização do potencial inseticida de plantas nas mais diversas formas. Além disso, as substâncias derivadas de vegetais podem ser uma alternativa ambientalmente amigável em contrapartida ao uso de pesticidas sintéticos no manejo de pragas (OVIEDO et al., 2020). Por exemplo, um bioinseticida (inseticida natural composto por substâncias extraídas de vegetais ou outras fontes) à base de acetogeninas, compostos extraído de semente de Biribazeiro (*Annona mucosa*) e que atuam como inibidores de mitocondriais afetando a cadeia respiratória

e a produção de energia à nível celular, foi considerado o produto promissor para uso em programas de manejo de *C. capitata*, principalmente em sistemas orgânicos (STUPP et al., 2020).

Foi concluído a partir do estudo realizado por Ghabbari et al. (2018), em que se avaliou o efeito de extratos vegetais de Arruda (*Ruta graveolens*), Nespereira (*Eriobotrya japonica*), Amoreira (*Rubus ulmifolius*) e Figueira (*Ficus carica*) quanto à sua ação inseticida e sobre o comportamento de adultos de *C. capitata*. Estes observaram que o extrato de *R. graveolens* tem efeito atrativo e estimulante da oviposição e, ao mesmo tempo, propriedades inseticidas e, com isso, a incorporação desse extrato ou de seus componentes em iscas alimentares pode ser uma estratégia de controle de “atração e morte” para mosca-do-mediterrâneo.

Oviedo et al. (2018) testaram os efeitos de óleos essenciais e extratos vegetais sobre *Anastrepha fraterculus* e *C. capitata* e constataram que os óleos essenciais de Alecrim do Campo (*Baccharis dracunculifolia*) e Pinheiro (*Pinus elliottii*), que se destacam pela alta concentração de α e β -pineno e limoneno (entre outros compostos) em sua composição, apresentaram efeito de 100% de mortalidade em pupas de *C. capitata* e suprimiram a emergencia de *A. fraterculus*, em comparação com os controles. No mesmo estudo os extratos de Fumo Bravo (*Solanum granuloso-leprosum*) juntamente com Mamona (*Ricinus communis*) provocaram uma redução moderada, porém significativa, na emergencia das duas espécies, quando comparados ao controle.

Um estudo de Cartaxo (2020) avaliou os óleos essenciais comerciais de Andiroba (*Carapa guianensis*), Citronela (*Cymbopogon winterianus*) e Eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) sobre as fases de larva e pupa de *C. capitata*, sendo observado que o óleo de eucalipto proporcionou maiores taxas de mortalidade de larvas e maior persistência de ação gerando maior mortalidade de pupas de *C. capitata* quando comparado com os outros óleos essenciais avaliados, se apresentando, assim, como uma alternativa promissora no controle de *C. capitata* nas fases imaturas.

O uso desses métodos alternativos de controle de *C. capitata* se intensifica diante do cenário atual, em que a busca por uma produção agrícola sustentável e livre de contaminantes está cada vez mais em debate. O monitoramento constante e as medidas de controle de insetos pragas são implementados para garantir a segurança alimentar, na perspectiva de possibilitar o acesso à alimentos saudáveis e de qualidade.

3.3 EXTRATOS VEGETAIS E SUA AÇÃO BIOLÓGICA SOBRE INSETOS

A busca por produtos alternativos para controle de pragas nas produções agrícolas é cada vez mais intensa. De acordo com Pavela (2016) a utilização de bioinseticidas ou inseticidas botânicos apresentava uma tendência de crescimento para os próximos anos, projetando um aumento significativo na comercialização desses produtos no mercado especializado, enxergando ainda um maior potencial nos países como EUA ou Chinas, onde a comercialização desses produtos ocorre de forma mais intensa, ou nos países em desenvolvimento, onde o processo de educação para o uso desses produtos em substituição aos produtos quimiossintéticos tem sido ampliado. O mesmo autor ainda destaca que esse avanço nas pesquisas, utilização e comercialização de inseticidas botânicos se deve à crescente procura por alimentos saudáveis e livres de produtos convencionais utilizados para controle de insetos e doenças nas plantas.

No Brasil alguns estudos com bioinseticidas vêm sendo conduzidos e a bioatividade de diversos produtos de origem vegetal vem sendo evidenciada. O uso de vegetais como inseticida vem se configurando uma alternativa em relação ao uso dos métodos tradicionais de controle (inseticidas sintéticos) podendo ser inseridos no MIP (LIMA et al., 2019).

Rodríguez-González et al. (2019) também apontam a necessidade crescente pelo desenvolvimento de novos produtos com substâncias ativas para controle fitossanitários que diminuam o impacto sobre o meio ambiente. Dessa forma, as plantas aromáticas ou com propriedades medicinais surgem como possíveis matérias primas para bioinseticidas.

O mecanismo de proteção das plantas ao ataque de insetos e patógenos se dá por meio do seu metabolismo secundário, que produz compostos como: fenóis, flavonoides, quinonas, terpenoides, alcaloides e taninos e afetam os organismos potencialmente danosos, podendo os metabólitos secundários serem utilizados na forma de extratos vegetais ou óleos essenciais para controle de insetos praga (SAYED, ELARNAOUTY e ALI, 2021).

Fragoso et al. (2021) desenvolveram um ensaio com extrato vegetal aquoso de *Nicotiana tabacum* L. (tabaco comercial para corda), cujos resultados foram eficientes no controle de broca-do-tomateiro (*Neoleucinodes elegantalis* Guenée), interferindo no desenvolvimento de diferentes estágios da broca. Os mesmos autores relataram que a ação ovicida do tabaco pode ter ocorrido em função da alteração das camadas da casca do ovo, como o desarranjo da membrana do seu endocório, apontando ainda que as larvas apresentaram maior

suscetibilidade ao extrato que os ovos. Nesse estudo ressaltou-se também a ação da Nicotina como principal alcalóide bioativo, e essa afeta os receptores nicotínicos de acetilcolina, neurotransmissor do sistema nervoso central responsável pelos impulsos nervosos do inseto, sendo um dos mecanismos de ação mais eficientes para induzir a letalidade em insetos.

No estudo de Sayed, Elarnaouty e Ali (2021) os extratos vegetais de *Euryops arabicus*, *Salvia officinalis*, *Pulicartia crispa* e *Ochradenus baccatus*, combinados com *Beauveria bassiana* apresentam eficiência e podem ser utilizados contra pulgões (*Aphis gossypii* Glov). Na revisão de Silva, Sato e Raga (2019) são elencados os extratos de *Melia azedarach*, *Allium sativum*, *Curcuma longa*, *Ruta graveolens* são eficientes no controle de *C. capitata*.

As pesquisas que avaliam as propriedades bioativas de extratos vegetais sobre diversos insetos vem sendo conduzidas de forma mais intensa nos últimos tempos e com isso a produção de informações e produtos alternativos de controle de pragas vem se dando de forma constante, porém alguns insetos se apresentam como um problema fitossanitário crítico e persistente, como é o caso da *C. capitata*, o que gera a necessidade de se ampliar ainda mais as pesquisas e o desenvolvimento de produtos e métodos eficientes de controle desse e de outros insetos.

3.4 POTENCIAIS ESPECIES VEGETAIS

3.4.1 Fruto do cajueiro (*Anacardium occidentale*)

A espécie *Anacardium occidentale*, conhecida como cajueiro, é uma planta nativa do Brasil e amplamente utilizada como fitoterápico, tendo em suas diferentes partes (caule, folha, flor e fruto) propriedades e concentrações distintas de compostos químicos bioativos como: alcaloides, saponinas, ácidos fenólicos e taninos (SIRACUSA et al. 2020).

O fruto do cajueiro, a castanha de caju, é formada pela casca ou epicarpo, mesocarpo esponjoso, onde se encontram os alvéolos repletos de líquido, e o endocarpo, película que protege a amêndoa. O Líquido da Castanha de Caju (LCC) é apontado como tendo o papel natural de proteger a amêndoa do caju contra a ação de insetos, sendo um líquido viscoso composto principalmente pelo ácido anarcádico e pelo cardol (AINA et al., 2018).

A amêndoa apresenta um valor de mercado considerável, seja por suas características nutricionais ou pelo sabor doce e agradável. A castanha é rica em ácidos graxos não saturados como o oléico e linoléico, além de vitaminas como B1 e B2 e ácido pantotênico, potássio, fósforo e zinco, magnésio e ferro (CAMELO, 2020). A castanha do caju é um dos principais produtos agroindustriais brasileiros, devido à presença de compostos com importância sensorial e que trazem características agradáveis aos produtos, a exemplo de aminoácidos biologicamente ativos, ácidos graxos benéficos, alquilfenóis, fitoesteróis, selênio alto teor de amido e perfil de polissacarídeos nutricional e industrialmente importantes (MATTISON et al., 2018).

Estima-se que a produção da castanha do caju seja maior que 4,89 milhões de toneladas, grande parte dessa produção é subutilizada, tendo em vista que 90% da castanha do caju é composta por subprodutos tais como a casca. Os rejeitos do processamento e da produção da castanha do caju ocasionam um perigo ambiental, pois a queima resulta no surgimento de gases maléficos ao sistema respiratório de seres humanos e seus rejeitos não podem ser utilizados como compostagem devido a formação de poluentes no solo. Tendo em vista, esse problema alguns autores têm demandado esforços na produção de alternativas com o intuito de diminuir os impactos ambientais, tais como o uso de óleo essencial e extratos vegetais no controle de insetos (RAMOS, NOMEN e SEMPERE, 2018; VANI et al., 2018; DE CARVALHO et al., 2019).

Com isso e tendo em vista sua composição química rica em compostos fenólicos o LCC é constantemente apontado por diversos pesquisadores como uma alternativa sustentável

promissora aos recursos petroquímicos em diversos setores, inclusive no controle de insetos (LOMONACO e MELE, 2017).

Trabalhos vêm sendo desenvolvidos com vistas a verificar a bioatividade dos compostos da Castanha de caju no controle de insetos, a exemplo do estudo de Vani et al. (2018) que testaram a eficiência de um mix de óleo natural de Castanha de caju e óleo de Mamona (*Ricinus communis* L.) a fim de comprovar efeito larvicida em *Aedes aegypti*, chegando à resultados de 100% das larvas em três horas. Carvalho et al. (2019) observaram efeitos ovicidas do óleo da casca da castanha de caju sobre *Musa domestica*, apontando o óleo como letal para esse inseto em condições de laboratório e com potencial para uso em campo.

Esses estudos trazem importantes indícios de ação fitossanitária da castanha de caju, além de evidenciarem a necessidade de ampliação de pesquisas que se somem e forneçam novas informações quando às propriedades da espécie *Anacardium occidentale* sobre a biologia de espécie de insetos de interesse como é o caso da *C. capitata*.

3.4.2 Velame (*Croton heliotropiifolius*)

A espécie *Croton heliotropiifolius* Kunth pertence à família Euphorbiaceae, é considerada uma planta pioneira da região Nordeste do Brasil, sendo geralmente encontrado na vegetação da Caatinga. Essa espécie é utilizada como planta medicinal no alívio de dores estomacais e problemas do trato digestivo, além de apresentar compostos relevantes para pesquisas farmacológicas e fitoquímicas podendo ser citados os alcaloides e os açúcares redutores (ROCHA et al., 2016; SOUSA et al. 2020). Silva Brito et al. (2018) realizaram a caracterização química e avaliaram a atividade antioxidante e antimicrobiana de óleos essenciais e extratos metanólicos (folhas e caule) de *C. heliotropiifolius* e *C. argyrophyllus* e chegaram à resultados gerais que mostraram que essas espécies de plantas são fontes potenciais de fitoquímicos com ação antimicrobiana e antioxidante.

O extrato de *C. heliotropiifolius* é rico em compostos fenólicos como: catequina, ácido gálico, quercetina, ácido vanílico, ácido elágico, ácido cafeico, ácido transcinâmico, ácido p-cúmarico, ácido síngico, ácido ferúlico e ácido clorogênico. Sendo que os compostos fenólicos além de antioxidantes naturais possuem ação fungicida e inseticida e com poder farmacológico para atividade antimelanótica, antioxidante, antibacteriana e antiviral (SOUSA et al. 2020; CASTRO et al., 2021).

Cavalcanti, Silveira e Silva (2020) apontaram, em sua revisão, que *C. heliotropiifolius* possui ações, antibactericida, antifúngica, antioxidante, antiparasitária de uso animal, carrapaticida, inseticida, ovicida, larvicida, nematicida e poder alelopático, além de ser um inibidor da acetilcolinesterase (AChE), que é uma enzima com função de finalização das transmissões dos impulsos nervosos dos insetos.

Brito et al. (2015) avaliaram óleos essenciais de *C. heliotropiifolius*, *C. pulegiodorus* e *Myracrodruon urundeuva* em *Zabrotes subfasciatus*, coleóptero praga de feijão armazenado e encontraram uma redução de emergência de adulto, através do efeito ovicida/larvicida.

3.4.3 Marmeleiro (*Croton sonderianus*)

O gênero *Croton* L. é o quarto maior gênero em número de espécies vegetais no Brasil, contando com 316 espécies, que são conhecidas por seu uso na medicina popular. Seus efeitos benéficos à saúde vêm sendo comprovados devido à presença de compostos bioativos tais como: monoterpenos (38,3 a 42,1%) e sesquiterpenos (52,5 a 57,2%) que variam em quantidade de acordo com a espécie (SOUZA et al., 2017).

Dentre as diversas espécies desse gênero se destaca o Marmeleiro, também chamado de Marmeleiro Preto, cuja presença se concentra de forma majoritária na região Nordeste, e a ela são associadas atividades larvicidas, anti-inflamatória, antinociceptiva, entre outras, dada a presença de diversos compostos bioativos à exemplo dos monoterpenos e sesquiterpenos (TORRES, 2020).

Cavalcanti, Silveira e Silva (2020) construíram uma revisão de literatura com três plantas do gênero *Croton* e concluíram, a partir do apanhado de informações, que o *C. sonderianus* além de ações gastroprotetoras, anti-inflamatória e antinoceptiva apresenta potencial larvicida e inseticida. A espécie *C. sonderianus* ocorre espontaneamente nas regiões da caatinga brasileira e caracteriza-se como sendo uma árvore de porte esbelto. É uma árvore endêmica, podendo atuar na recuperação do solo e prevenção da erosão. Seus caules são geralmente utilizados na produção agrícola suporte de sustentação para outras culturas, mas também podem ser usados na fabricação de espetos de churrasco, lenha e na indústria do carvão (MILLIKEN et al., 2018). Além desses usos já atestados algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas no intuito de avaliar a ação fitossanitária do marmeleiro seja para o controle de doenças ou para insetos fitófagos.

Figueiredo et al. (2010) avaliaram a eficiência de diferentes concentrações de óleo essencial de uma espécie de Marmeleiro (*Croton grewoides*), também conhecida como Alecrim-de-cabocla ou Canelinha de cheiro, sobre a mortalidade de pupas de *C. capitata* e chegaram à conclusão de que as menores concentrações de óleo testadas, mais precisamente estimou-se que a CL50 foi a concentração 0,29 e a CL90 foi de 0,95, sendo assim eficientes e com potencial de serem aplicadas em solo e utilizadas para controle de pupas de mosca-das-frutas.

Araújo (2018) em seu trabalho avaliou diferentes concentrações de extrato de *C. sonderianus* sobre o gorgulho-do-milho (*Sithophilus zeamais*), verificando a ação inseticida da espécie para *S. zeamais*, com maior destaque para os extratos de acetato de etila e hexano que a 3% de concentração causaram, respectivamente, à 95% e 100% de mortalidade.

3.4.4 Jurema preta (*Mimosa tenuiflora*)

A jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Wild.) é uma espécie pioneira, endêmica do bioma Caatinga, geralmente utilizada como fonte energética a partir de sua combustão, além de produzir forragem, e ser utilizada para alimentação animal e como madeira (AZEVEDO et al., 2017; OLIVEIRA, LOPES e SANTOS, 2016). A jurema-preta é uma espécie arbustiva, que pertence à família Mimosaceae e apresenta resistência à seca, tendo uma grande capacidade de rebrota, visto que essa ocorre durante todo o ano. A espécie *M. tenuiflora* é considerada uma planta arbustiva, com galhos baixos e geralmente bifurcada, podendo chegar em 5 anos à uma altura de média de 4,5 m (ROCHA et al., 2015; AZÊVEDO et al., 2014).

A jurema-preta possui sistema radicular profundo, característica que possibilita seu desenvolvimento vegetativo em solos degradados, reafirmando assim sua rusticidade e capacidade de resistências à ambientes cuja disponibilidade de nutrientes ou água podem estar comprometidas (AZEVEDO e AZEVÊDO, 2012).

As plantas do gênero *Mimosa* são amplamente utilizadas na medicina tradicional em função das diversas aplicações biológicas atribuídas aos diferentes metabólitos secundários existentes em sua composição, à exemplo de flavonoides e taninos (SILVA et al., 2020). Além da atividade biológica para fins medicinais espécies do gênero *Mimosa* vêm sendo pesquisadas visando outros campos de utilização como o controle de doenças e insetos de importância agrícola.

La Torre et al. (2013) utilizaram o extrato de *M. tenuiflora* no controle de *Plasmopara viticola*, o agente causal do míldio da videira, e chegaram ao resultado de que há efeito de inibição de *P. viticola* o indicando assim que *M. tenuiflora* pode ser utilizado na redução do uso de agrotóxicos em videiras.

O pó de jurema-petra pode interferir na razão sexual de insetos, à exemplo do *Callosobruchus maculatus*, podendo diminuir em 40% o número de fêmeas desse inseto (MELO et al., 2014). De igual forma o seu extrato etanólico apresentou potencial atividade inseticida quando testada sobre a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) em diferentes concentrações (JESUS, DE MENDONÇA e MOREIRA, 2013).

3.5 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PATENTEADAS RELACIONADAS A MÉTODOS DE CONTROLE DE *Ceratitis capitata*

São muitos os ensaios e pesquisas que investigam as potencialidades de utilização de metabólitos secundários de plantas no controle de insetos danosos às culturas de interesse econômico. Muitos desses estudos se tornam públicos à comunidade científica e a população através de eventos acadêmicos, feiras, publicações em periódicos ou trabalhos de conclusão de curso, gerando desenvolvimento de ciência e tecnologia, produtos e processos com potencial para patente.

O Brasil tem como banco de dados dos depósitos de patentes o INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) vinculado ao Ministério da Economia, que fornece informações das inovações e invenções produzidas no país. Além do banco nacionais de patentes os bancos internacionais podem fornecer informações também relevantes sobre as últimas inovações tecnológicas desenvolvidas no que se refere ao controle de *Ceratitis capitata*, à exemplo do LATIPAT, que reúne informações da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), Escritório Europeu de Patentes (EPO), Oficina Espanhola de Patentes e Marcas (OEPM) e de mais de 18 Institutos de Patentes da América Latina, ou do PATENTSCOPE[®], que também é um portal mantido pela OMPI e reúne diversas patentes depositadas em diversos países.

Consultando esses bancos de dados pôde-se levantar um número de 14 patentes distribuídas em países como Brasil, Estados Unidos da América, Chile, Portugal, África do Sul, Espanha, sendo essas inovações datadas de 1988 à 2019. As patentes referem majoritariamente

à patente de processos e alguns equipamentos e produtos como as iscas tóxicas, utilizadas para o controle de *C. capitata* (Quando 1).

Quadro 1 - Levantamento de patentes de processos e produtos para controle de *Ceratitits capitata* depositadas no INPI e em bancos de patentes internacionais.

Nº	TÍTULO DA PATENTE	PAÍS	DEPOSITANTE INVENTORES	ANO	BANCO DE DADOS
1.	Isclas persistentes para a mosca-de-frutas do mediterrâneo, o mtodo de preparação e métodos de uso.	Brasil	Terrence P MCGovern; Roy T Cunningham	1988	Latipat
2.	Cctra gene as a tool to produce male-only progeny in the mediterranean fruit fly <i>ceratitits capitata</i>	Estados Unidos da América	Bovi Pasquale Delli, Pane Attilio, Polito Catello	2004	Patentscope
3.	Métodos para combater moscas de frutas e para erradicar substancialmente moscas de frutas de uma área de terreno	Brasil	Basf SE	2005	INPI
4.	Synthetic bait for fruit pests comprises aliphatic amines, ammonium salts and a vegetable protein mix of prolonged activity.	Espanha	De Rosas Cesar Alberto, De Rosas Diego Bernardo	2006	Patentscope
5.	Mezcla pesticida que comprenden metaflumizona y clotianidina, util para combatir a la mosca mediterranea de la fruta (<i>Ceratitits capitata</i>).	Chile	HARNECKER	2008	Patentscope
6.	Atrayente para moscas de la fruta.	Espanha	BIOIBERICA S.A.	2008	Latipat
7.	Methods of inhibiting, preventing, killing and/or repelling insects using simulated blends of chenopodium extracts	Portugal	Bayer Cropscience LP	2010	Patentscope
8.	Novas composições de isca sólidas usadas para proteção das moscas das frutas	Brasil	The Agricultural Research Organization	2011	INPI
9.	Atrayentes de insectos.	África do Sul	Activetrad Proprietary LTD	2012	Latipat
10.	Dispositivo eletrônico de combate às pragas na agricultura.	Portugal	Eufox - Research Development, LDA	2016	Patentscope
11.	Dispositivo para combate às moscas das frutas e demais pragas	Brasil	Mendes Amaral Arnaldo	2018	Latipat
12.	Processo para utilização do pedunculo do botão floral do craveiro-da-india no controle de pragas	Brasil	Univ Estadual de Santa Cruz	2018	Latipat
13.	A method for controlling arthropods	Portugal	BASF SE	2019	Patentscope
14.	Self-selecting sterile male arthropods	Estados Unidos da América	Innovation Drive Milton Park Abingdon	2019	Patentscope

Fonte: Autora, 2020

Observa-se então que, mesmo que o desenvolvimento científico de métodos e técnicas de controle da mosca-do-mediterrâneo venha avançando, o número de inovações tecnológicas, aptas para emprego industrial e patenteadas ainda se mostra limitado à nível nacional e mundial. Dentro desse cenário as tecnologias alternativas que possibilitem o controle desse inseto, de forma eficiente e menos danosa ao meio ambiente, representam um campo para o

desenvolvimento de ciência e inovação tecnológica convidativo e de grande importância para o setor frutícola.

REFERÊNCIAS

- AINA, E. O.; *et al.* Performance evaluation of a developed cashew nut shell liquid expeller. **Agricultural Engineering**, v. 22, n. 2, p. 5-19, 2018.
- AMARAL, T. S. **Parâmetros bioecológicos de *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae)**. 2019. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Entomologia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE. 2019.
- Anuário Brasileiro de Horti e Fruti. 2020. Disponível em http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2020/05/HORTIFRUTI_2020.pdf. Acessado em 12 de novembro de 2020.
- ARAÚJO, H. M. de. **Eficiência inseticida de *Croton sonderianus* Muell sobre *Sitophilus zeamais*: contribuição para o desenvolvimento sustentável**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Agrárias e Ambientais – Universidade Federal do Maranhão. 2018
- ASADI, R., *et al.* Preventative releases of self-limiting *Ceratitis capitata* provide pest suppression and protect fruit quality in outdoor netted cages. **International Journal of Pest Management**, p.1–12, 2020.
- AZEVÊDO, S. M. A. e AZEVÊDO, M. A. A. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da caatinga. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 3, 2012.
- AZEVÊDO, T. K. B. de; *et al.* Teor de taninos condensados Ppresente na casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) em função das fenofases. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-7, 2017.
- AZEVÊDO, T. K. B.; *et al.* Relações entre volume e massa da madeira e casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 97-102, 2014.
- BALDIN, M. M., *et al.* Concentration and lethal time of toxic baits based on spinosyns on *Ceratitis capitata* and *Diachasmimorpha longicaudata*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 323-330, 2018.
- BARONIO, C. A., *et al.* Population suppression of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) on table grapes using toxic baits. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 3963-3973, 2018.
- BARONIO, C. A., *et al.* Toxicities of insecticidal toxic baits to control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Implications for field management. **Journal of Economic Entomology**. v. 112, n. 6, p. 2782-2789, 2019.
- BOTTON, M., *et al.* Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: situação atual e perspectivas de controle através do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. **Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

BRASIL. MAPA - Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola – SPA. **Brasil projeções do agronegócio 2016/2017 a 2026/2027 – Projeção à longo prazo**. Brasília, 2017

BRASIL. MAPA - Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola – SPA. **Brasil projeções do agronegócio 2018/2019 a 2028/2029 – Projeção à longo prazo**. Brasília, 2019. Disponível em:
<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2018-2019-2028-2029/view>>
Acesso em 15/07/2019

BRITO, S. S. S. *et al.* Bioatividade de óleos essenciais sobre *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijão-comum armazenado. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 243-248, 2015

CAMELO, D. Elaboração de biscoito tipo cookies adicionado de castanha de caju (*Anacardium* sp). In. **Extensão Rural em Foco: Apoio à Agricultura Familiar, Empreendedorismo e Inovação**. v. 2. p.38-47, 2020.

CANCINO, J., *et al.* Suppression of *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) populations in coffee in the Mexico–Guatemala border region through the augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biocontrol Science and Technology**. v. 29, n. 8, p. 822-826, 2019.

CARTAXO, P. H. de A. **Óleos essenciais no controle de *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba. 2020.

CARVALHO, G. H. F. *et al.* Ovicidal and deleterious effects of cashew (*Anacardium occidentale*) nut shell oil and its fractions on *Musca domestica*, *Chrysomya megacephala*, *Anticarsia gemmatalis* and *Spodoptera frugiperda*. **Chemistry & Biodiversity**, v. 16, n. 5, p. e1800468, 2019.

CASTRO, W. J., *et al.* **Compostos fenólicos em diferentes clones de eucalipto**. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto Federal Goiano. 2021.

CAVALCANTI, D. F. G.; SILVEIRA, D. M.; SILVA, G. C. Aspectos e potencialidades biológicas do gênero *Croton* (Euphorbiaceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 45931-45946, 2020.

COELHO, R. I.; SCHMILDT, E. R.; ZUCOLOTO, M. Fruticultura tropical: diversificação e consolidação. **Livros**, 2017.

COSTA, N. B., *et al.* Obtenção do perfil químico de extratos das folhas do cajueiro (*Anacardium occidentale*) a partir de diferentes solventes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e40110817473-e40110817473, 2021.

CRUZ, M. P. *et al.* Antinociceptive and anti-inflammatory activities of the ethanolic extract, fractions and flavones isolated from *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (Leguminosae). **PLoS one**, v. 11, n. 3, 2016.

DIMARCO, C. E. da S.; BARBOZA, L. G.; DOS SANTOS, W. R. Adoção de manejo sustentável no combate às moscas-das-frutas. **EXTRAMUROS - Revista de Extensão da Univasf**, v. 3, n. 2, p. 53-64, 2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production**, 2017. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

FARAH, S. *et al.* Effects of toxic baits and food-based attractants for fruit flies on the parasitoid *Fopius arisanus* (Sonan)(Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 2, p. 278-284, 2020.

FARNSWORTH, N.R., SOEJARTO, D. D. Global importance of medicinal plants. **The Conservation of Medicinal Plants**, v. 26, p. 25-51, 1991.

FIGUEIREDO, W. R. S. *et al.* Bioactivity of oil from *Croton grewoides* on the control of mediterranean fruit fly. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 4, p. 113-118, 2010

FRAGOSO, D. F. M *et al.* Biological activity of plant extracts on the small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis*, an important pest in the Neotropical region. **Crop Protection**, v. 145, p. 105606, 2021.

GAVA, C. A. T. *et al.* Applying local entomopathogenic fungi strains to the soil can control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Wiedemann adults. **Biocontrol Science and Technology**, p. 1-13, 2019.

GHABBARI, M. *et al.* Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 907-917, 2018.

GHABBARI, M. *et al.* Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 907-917, 2018.

GOLDSHTEIN, E. *et al.* Development of an automatic monitoring trap for Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) to optimize control applications frequency. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 139, p. 115-125, 2017.

HAFSI, A., ABBES, K., HARBI, A., CHERMITI, B. Field efficacy of commercial food attractants for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mass trapping and their impacts on non-target organisms in peach orchards. **Crop Protection**, v. 128, p. 104989, 2020.

HARBI, A. *et al.* Biological control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Tunisia: Introduction and potential establishment of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in Tunisian citrus orchards. **Integ Control Citrus Fruit Crop IOBC-WPRS Bull**, v. 132, p. 142-149, 2018

JESUS, S. C. P.; DE MENDONÇA, F. A. C.; MOREIRA, J. O. T. Atividade Inseticida e modos de ação de extratos vegetais sobre mosca branca (*Bemisia tabaci*). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, 2013.

LA TORRE A. *et al.* Activity of *Mimosa tenuiflora* extract for the control of *Plasmopara viticola*. **Le Progrès Agricole et Viticole**. 130(11). 2013.

LEANDRO, R. da S. *et al.* **Letalidade de *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae) submetida a diferentes extratos vegetais**. 2019. Tese de doutorado da Universidade Federal da Paraíba. 2019.

LEMIC, D. *et al.* Agroecological effect and sexual shape dimorphism in medfly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) an example in Croatian populations. **Zoologischer Anzeiger**, v. 288, p. 118-124, 2020.

LIMA, G. F.; DOS SANTOS, H. S. Conservação da diversidade: tipos de controle biológico. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 4, p. 23-23, 2021.

LIMA, J. K. A. *et al.* Biototoxicity of aqueous extract of *Genipa Americana* L. bark on red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). **Ind. Crop. Prod.** 156. 2020.

LIMA, R. B. *et al.* Espécies vegetais usadas como repelentes e inseticidas no estado do Amapá, BR. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 3, p. 14-14, 2019.

LOMONACO, D.; MELE, G.; MAZZETTO, Selma E. Cashew Nutshell Liquid (CNSL): from an agro-industrial waste to a sustainable alternative to petrochemical resources. **Cashew Nut Shell Liquid**, p. 19-38, 2017.

LOULOU, A. *et al.* Potential of *Oscheius tipulae* nematodes as biological control agents against *Ceratitis capitata*. **PloS one**, v. 17, n. 6, 2022.

MAGALHÃES, J. C. M. **Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em fragmentos florestais de cerrado no Brasil central: biodiversidade e padrões populacionais**. 2019. 78f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul. 2019.

MAIA, J. M. *et al.* Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, p. 295-310. 2017.

MANAYAY VARGAS, C. J. **Toxicidad de cuatro insecticidas utilizados como cebos sobre adultos de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) bajo condiciones de laboratorio**. Trabajo de Conclusión de Curso (Bachiller) – Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú. 2018.

MARTINS, A. P. **Controle biológico em culturas agrícolas no Brasil uma revisão bibliográfica do período de 2006 a 2017**. 2017. 29 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental) —Universidade de Brasília, Planaltina-DF. 2017.

MATTISON, C. P. *et al.* Effects of industrial cashew nut processing on anacardic acid content and allergen recognition by IgE. **Food chemistry**, v. 240, p. 370-376, 2018.

MELO, B. A., *et al.* Bioatividade de pós de espécies vegetais sobre a reprodução de *Callosobruchus maculatus* (Fabr. 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014.

- MILLIKEN, W. *et al.* Impact of management regime and frequency on the survival and productivity of four native tree species used for fuelwood and charcoal in the caatinga of northeast Brazil. **Biomass and bioenergy**, v. 116, p. 18-25, 2018.
- MORAIS, M. C. *et al.* Susceptibility of brazilian populations of *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), and *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology**, 114 (3), p. 1291–1297, 2021.
- MORETTI, M. D. L. *et al.* Antifeedant effects of some essenciais oil on *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae). **Journal Of Essential Oil Research**. v. 10, n. 4, p. 405-412, 1998.
- NAVA, D. E.; BOTTON, M. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.
- OLIVEIRA, A. da M.; LOPES, A. S.; SANTOS, T. M. F. Qualidade fisiológica de sementes de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* WILLD.). Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 4: **Congestas** 2016.
- OVIEDO, A. *et al.* Biopesticide effects on pupae and adult mortality of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Austral Entomology**, v. 57, n. 4, p. 457-464, 2018.
- OVIEDO, A. *et al.* Exposure to essential oils and ethanol vapors affect fecundity and survival of two frugivorous fruit fly (Diptera: Tephritidae) pest species. **Bulletin of Entomological Research**, p. 1-8, 2020.
- PAPANASTASIOU, S. A. *et al.* Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). **Plos One**, v. 12, n. 5, p.1-12, 2017.
- PAPANICOLAOU, A. *et al.* The whole genome sequence of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), reveals insights into the biology and adaptive evolution of a highly invasive pest species. **Genome biology**, v. 17, n. 1, p. 192, 2016.
- PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects—a review. **Plant Protection Science**, v. 52, n. 4, p. 229-241, 2016.
- PIETERSE, W. *et al.* Comparative demography of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on deciduous fruit. **Bulletin of Entomological Research**. p.1–10. 2019
- RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F. de. Manual de moscas-das-frutas: medidas para o controle sustentável. 2021. Disponível em:
<http://repositoriobiologico.com.br/jspui/bitstream/123456789/733/1/Manual_Mosca-das-Frutas.pdf> Acesso em 14-04-2021
- RAMOS, E. H.; NOMEN, R.; SEMPERE, J. Recovery of Anacardic Acids from Cashew Nut Shell Liquid with Ion-Exchange Resins. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 57, n. 49, p. 16903-16908, 2018.

- ROCHA, H. L. S., *et al.* Caracterização físico mecânica da madeira de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) visando seu emprego na indústria moveleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 262-267, 2015
- ROCHA, T. de O. *et al.* Estimate of genetic diversity in cassutinga (*Croton heliotropiifolius*) based on molecular markers. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 13, p. 518-523, 2016.
- RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Á. *et al.* Insecticidal properties of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon winterianus* against *Acanthoscelides obtectus*, insect pest of the common bean (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Insects**, v. 10, n. 5, p. 151, 2019.
- ROHDE, C. *et al.* Compatibilidade de nematóides entomopatogênicos e extratos vegetais aquosos visando o controle da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1033-1042, 2013.
- SANTOS, I. L. A. *et al.* Emergência de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) após a aplicação de conídios de *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* Sorokin no solo. In: **Embrapa Semiárido-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: **Congresso Brasileiro De Entomologia**, 26.; Congresso Latino-Americano De Entomologia, 9., 2016, Maceió. Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- SANTOS, R. P. **Potencial inseticida de plantas encontradas na caatinga sobre *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Agronomia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2019.
- SASSO, R. *et al.* The establishment of a rearing technique for the fruit fly parasitoid *Baryscapus silvestrii* increases knowledge of biological, ecological and behavioural traits. **BioControl**. Vol. 65, p. 47-57. 2020.
- SAYED, Samy; ELARNAOUTY, Sayed-Ashraf; ALI, Esmat. Suitability of five plant species extracts for their compatibility with indigenous *Beauveria bassiana* against *Aphis gossypii* Glov.(Hemiptera: Aphididae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 1, p. 1-8, 2021.
- SILVA BRITO, S. S. *et al.* *Croton argyrophyllus* Kunth and *Croton heliotropiifolius* Kunth: Phytochemical characterization and bioactive properties. **Industrial Crops and Products**, v. 113, p. 308-315, 2018.
- SILVA, A. I. *et al.* Perfil fitoquímico de extratos etanólicos e metanólicos do *Croton blanchetianus*. **Revista Brasileira Multidisciplinar (ReBram)**, v. 24, n. 1, p. 134-143, 2021
- SILVA, H. D., *et al.* Bioatividade dos extratos aquosos de plantas às larvas da mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata* (Wied.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, 2015.
- SILVA, I. D. de L. *et al.* Evaluation of the potentials of jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) and cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) extracts for use in antimicrobials and antioxidants active packaging. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, n. 1, 2021.

- SILVA, S. A. de N. M. *et al.* Phytochemical and biological prospection of *Mimosa* genus plants extracts from Brazilian northeast. **Phytochemistry Letters**, v. 39, p. 173-181, 2020.
- SILVA, S. B.; SATO, M. E.; RAGA, A. Uso de extratos naturais no controle de insetos, com ênfase em moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). **Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 1, p. 1-30, 2019.
- SIRACUSA, R. *et al.* The antioxidant and anti-inflammatory properties of *Anacardium occidentale* L. cashew nuts in a mouse model of colitis. **Nutrients**, v. 12, n. 3, p. 834, 2020.
- SIVINSKI, J. M. The past and potential of biological control of fruit flies. In: **Fruit Fly Pests**. CRC Press, 2020. p. 369-375.
- SOUSA, C. B. do C., *et al.* Greener ultrasound-assisted extraction of bioactive phenolic compounds in *Croton heliotropiifolius* Kunth leaves. **Microchemical Journal**, v. 159, p. 105525, 2020.
- SOUZA, G S de *et al.* Chemical composition and yield of essential oil from three *Croton* species. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, 2017.
- STUPP, P. *et al.* Lethal and sublethal toxicities of acetogenin-based bioinsecticides on *Ceratitis capitata* and the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*. **Phytoparasitica**, p. 1-13, 2020.
- SZYNISZEWSKA, A. M.; TATEM, A. J. Global assessment of seasonal potential distribution of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **PLoS One**, v. 9, n. 11, p. e111582, 2014.
- TORRES, M. da C. de M. *et al.* Composição química dos óleos essenciais de *Croton sonderianus* Muell. Arg. (Euphorbiaceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 81493-81503, 2020
- TRASSATO, L. B. *et al.* Primeira ocorrência de *Ceratitis capitata* (Wied.) no estado de Roraima, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 1, p. 88-91, 2017.
- TRIADANI, Carlos Omar Enrique; BUXMANN, Erik German. La mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*). **AER Río Primero**, INTA, 2019.
- VANI, J. M. *et al.* The mixture of cashew nut shell liquid and castor oil results in an efficient larvicide against *Aedes aegypti* that does not alter embryo-fetal development, reproductive performance or DNA integrity. **Plos one**, v. 13, n. 3, p. e0193509, 2018.
- VILATUÑA, J. *et al.* Hospederos de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en Ecuador. **Ecuador es Calidad**, v. 3, n. 1, 2016.
- WAN, Nian-Feng *et al.* An ecological indicator to evaluate the effect of chemical insecticide pollution management on complex ecosystems. **Ecological Indicators**, v. 53, p. 11-17, 2015.
- ZUCCHI, R. A. *et al.* Prejuízos das moscas-das-frutas na exportação de citros. **Visão Agrícola**, v. 2, n. 2, p. 73-77, 2004.

CAPÍTULO 1 – OBTENÇÃO E RENDIMENTO DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS E HIDRO-ETANÓLICOS DE ESPÉCIES DA CAATINGA PARAIBANA

RESUMO

O estudo sobre os rendimentos dos extratos vegetais de plantas pouco estudadas, a exemplo das plantas da Caatinga, se faz necessário uma vez que contribui para a ampliação do conhecimento e para o desenvolvimento de bioprodutos derivados desses vegetais. O rendimento de extratos vegetais sofre influência de diversos fatores, entre eles do tipo de solvente utilizado no processo de extração. Diante disso, objetivou-se produzir e avaliar o rendimento de 4 diferentes extratos vegetais etanólico e hidroetanólicos a partir das espécies da Caatinga paraibana: *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora*. A pesquisa foi conduzida na Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de Bananeira-PB, Brasil. O material vegetal utilizado foi coletado em área da vegetação típica de Caatinga no município de Sertãozinho, no Agreste paraibano. Após a coleta, o material foi higienizado, desidratado e convertido a pó vegetal. O processo de extração deu-se por meio de maceração, em que a matriz vegetal foi exposta aos solventes, em uma proporção de 2:10 (p/v), sendo os solventes, etanol 96% e etanol 70%, resultando ao fim em extratos etanólico e hidroetanólicos, respectivamente. A extração ocorreu durante 7 dias e a solução foi agitada a cada 24h, sendo o extrato filtrado e posteriormente concentrado em um evaporador rotativo. Após isso, os extratos foram pesados e o rendimento foi calculado. O extrato etanólico com maior rendimento foi o de *M. tenuiflora* (26,34%), seguido por *A. occidentale* (19,20%), já os extratos de *C. heliotropiifolius* (11,23%) e *C. sonderianus* (6,42%) apresentaram os menores rendimentos. Os extratos hidroetanólicos das quatro espécies vegetais apresentaram maiores porcentagens de rendimento quando comparados aos extratos etanólicos, sendo os extratos de *M. tenuiflora* (27,76%) e de *A. occidentale* (25,5%) como os de maiores rendimentos. O extrato hidroetanólico de *C. sonderianus* (11,82%) obteve um rendimento muito superior ao extrato etanólico da mesma espécie e o extrato de *C. heliotropiifolius* (7,2%) apresentou o menor rendimento entre os extratos hidroetanólicos. Com isso os extratos hidroetanólicos se destacaram em suas porcentagens de rendimento, indicando que o etanol 70% é um solvente eficiente no processo de extração vegetal, apresentando potencial para uso industrial, visto que resulta em maiores quantitativos de produto final. Estudos futuros devem ser conduzidos a fim de relacionar a porcentagem de rendimento do extrato final com os rendimentos de metabólitos que compõem os extratos.

Palavras-chave: Maceração; Jurema Preta; Velame; Marmeleiro; Fruto de cajú.

CHAPTER 1 - OBTAINING AND YIELDING ETHANOL AND HYDRO-ETHANOLS PLANT EXTRACTS FROM SPECIES OF THE CAATINGA PARAIBANA

ABSTRACT

The study on the yields of plant extracts from poorly studied plants, such as the Caatinga plants, is necessary since it contributes to the expansion of knowledge and to the development of bioproducts derived from these plants. The yield of plant extracts is influenced by several factors, including the type of solvent used in the extraction process. Therefore, the objective was to produce and evaluate the yield of 4 different ethanolic and hydroethanolic plant extracts from species from the Caatinga of Paraíba: *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* and *Mimosa tenuiflora*. The research was conducted at the Phytosanitary Clinic of the Center for Social and Agrarian Sciences of the Federal University of Paraíba, in the city of Bananeira-PB, Brazil. The plant material used was collected in an area of typical Caatinga vegetation in the municipality of Sertãozinho, in the Agreste region of Paraíba. After collection, the material was sanitized, dehydrated and converted to vegetable powder. The extraction process took place through maceration, in which the plant matrix was exposed to solvents, in a proportion of 2:10 (w/v), with the solvents being 96% ethanol and 70% ethanol, resulting in ethanolic and hydroethanolic extracts, respectively. The extraction took place for 7 days and the solution was stirred every 24 hours, the extract being filtered and then concentrated in a rotary evaporator. After that, the extracts were weighed and the yield was calculated. The ethanol extract with the highest yield was that of *M. tenuiflora* (26.34%), followed by *A. occidentale* (19.20%), whereas the extracts of *C. heliotropiifolius* (11.23%) and *C. sonderianus* (6.42%) had the lowest yields. The hydroethanolic extracts of the four plant species showed higher percentages of yield when compared to the ethanolic extracts, with the extracts of *M. tenuiflora* (27.76%) and *A. occidentale* (25.5%) as the ones with the highest yields. The hydroethanolic extract of *C. sonderianus* (11.82%) had a much higher yield than the ethanolic extract of the same species and the extract of *C. heliotropiifolius* (7.2%) had the lowest yield among the hydroethanolic extracts. Thus, the hydroethanolic extracts stood out in their yield percentages, indicating that 70% ethanol is an efficient solvent in the plant extraction process, with potential for industrial use, since it results in greater quantities of the final product. Future studies should be conducted in order to relate the percentage of yield of the final extract with the yields of metabolites that make up the extracts.

Keywords: Maceration; Black Jurema; canopy; Quince; Cashew fruit.

1 INTRODUÇÃO

A extração de compostos a partir de uma matriz sólida, à exemplo de vegetais, é realizada com diferentes métodos: a infusão, a decocção, a digestão, a maceração e a percolação, utilizando diferentes solventes, temperatura e períodos de tempo de exposição da matriz ao solvente, de forma que a quantidade e os compostos resultantes da extração sofrem influência direta desses fatores. O processo de extração torna os compostos presentes na matriz vegetal disponíveis, resultando em extratos com altas concentrações desses compostos, de forma que a seleção da técnica de extração e solvente adequados é extremamente importante e determina a qualidade e o rendimento do extrato final DHANANI et al., 2017; FRANZEN et al., 2018; PONTES et al., 2018).

A utilização de solventes, como o etanol, que apresentam baixo ponto de ebulição, rápida recuperação, menos toxicidade e de menor custo de aquisição, pode tornar os extratos finais mais acessíveis. Vale ressaltar que o etanol foi considerado um solvente eficiente no arraste de maiores concentrações de compostos fenólicos em um estudo realizado com plantas da Costa do Marfim, que o comparou com solventes como: acetona, água e metanol (KOFFI et al., 2010; SCARAMUSSA e SANTANA, 2020).

As plantas possuem a capacidade de produzir diversos compostos bioativos com elevada concentração fitoquímica como: compostos fenólicos, flavonóides, taninos e ligninas, que podem atuar de forma benéfica na saúde humana. Os compostos encontrados nos extratos vegetais podem ainda ter efeito fitossanitário, seja no controle de insetos, à exemplo da eficiência dos extratos alcoólicos de mamona (*Ricinus communis*) e fumo (*Nicotiana tabacum*) no controle de afídeos (*Brevicoryne brassicae*), ou no controle de fitopatologias, como os extratos das plantas nativas Capeba (*Piper marginatum*), Caferana (*Picrolema sprucei*) e Sacaca (*Croton cajucara*) que inibem o crescimento micelial do fungo causador da antracnose em cebolinhas (ALTEMIMI et al., 2017; SILVA et al., 2019; MICHETEN e PESSENTI, 2021).

As plantas nativas do bioma Caatinga têm atraído o interesse de pesquisadores devido à sua ampla diversidade e vasto potencial terapêutico, muitas das espécies endêmicas presente nesse bioma possuem a capacidade de inibir o crescimento de microrganismos patogênicos. A Caatinga também pode fornecer espécies vegetais que além de efeito antimicrobiano apresenta ação inseticida, à exemplo da aroeira (*Schinus terebinthifolia*), eficiente sobre o gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*), faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus*), larvicida sobre larvas no

terceiro estágio de *Aedes aegypti*, pinhão-roxo (*Jatropha gossypifolia* L.), jurubeba (*Solanum paniculatum* L.), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Mart.), potenciais inseticidas para ninfas de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) (SILVA, 2021; MESQUITA, et al., 2017; OLIVEIRA e SANTOS, 2020; SILVA, 2019; ARAÚJO SOARES e SANTOS, 2021).

Além do conhecimento sobre a bioatividade dos extratos vegetais conhecer o rendimento do produto final é relevante para a obtenção desses bioprodutos (produtos sintéticos ou naturais de fonte biológicas). O conhecimento sobre os rendimentos dos extratos vegetais de plantas pouco estudadas se faz necessário uma vez que contribui para o fornecimento de novas informações para o desenvolvimento de novos produtos derivados desses vegetais. O rendimento também é considerado importante no processo de produção de extratos, visto que extratos que apresentam maiores rendimentos são mais valorizados comercialmente, levando-se em consideração o custo-benefício e suas possíveis bioatividades (LEMOS e GALVÃO, 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

Objetivou-se nesta pesquisa produzir e avaliar o rendimento de diferentes extratos vegetais etanólico e hidroetanólicos a partir das seguintes espécies da Caatinga paraibana: *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O processo de obtenção dos extratos vegetais foi realizado na Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, no período de abril a maio de 2021.

2.2 COLETA DO MATERIAL VEGETAL

O material vegetal utilizado para obtenção dos extratos etanólicos foi obtido diretamente de áreas com vegetação típica do bioma Caatinga, mais precisamente na área rural do município

de Sertãozinho, situado na região Agreste do estado da Paraíba (6° 45' 21.1" S 35° 25' 42.7" W), em março de 2021. Foram coletadas as espécies: jurema preta (Figura 1A), marmeleiro (Figura 1B), velame (Figura 1C) e fruto do cajueiro (Figura 1D).

Figura 1 - Material vegetais utilizado para obtenção dos extratos: jurema preta (A); marmeleiro (B); velame (C); fruto do cajueiro (D)



Fonte: Autoria própria (2021)

A identificação do material vegetal coletado foi realizada a partir da comparação com as exsicatas presentes no banco de dados GBIF (Global Biodiversity Information Facility) (Tabela 1).

Tabela 1- Espécies botânicas utilizadas na obtenção dos extratos vegetais etanólicos

Família	Nome científico	Nome popular	Parte utilizada	Link*
Euphorbiaceae	<i>Croton sonderianus</i>	Marmeleiro	Folha	https://www.gbif.org/species/3059926
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema-preta	Folha	https://www.gbif.org/species/2969531
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Cajueiro	Fruto (castanha)	https://www.gbif.org/species/5421368
Euphorbiaceae	<i>Croton heliotropifolius</i>	Velame	Folha e Flor	https://www.gbif.org/pt/species/3060038

*As espécies vegetais apresentadas nessa tabela foram identificadas a partir da comparação com as informações das exsicatas depositadas online e disponíveis em: <https://www.gbif.org/species/6>

2.3 PREPARO E OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS

Os vegetais coletados, jurema preta, marmeleiro e velame (folhas, flores e galhos), foram submetidos à higienização com solução à 2% de hipoclorito de sódio durante 15 minutos e posteriormente, lavados com água destilada, sendo em seguida, colocados em descanso para retirada do excesso de água (Figura 2A).

Realizou-se uma extração à seco, por meio de maceração (JOVANOVIĆ et al., 2017), de forma que, após a higienização as partes vegetais foram cortadas para diminuição das partículas e consequentemente aumento da superfície de contato, o que auxilia no processo de secagem que se seguiu. As estruturas vegetais, já cortadas, foram levadas à estufa de circulação de ar forçada, e expostas a uma temperatura de 45° C, por um período de 48 horas. E em seguida esse material foi convertido ao pó vegetal com o auxílio de um moinho de facas. Após a obtenção dos pós o material foi pesado e colocado em recipientes inertes, devidamente protegidos da incidência de luz para que os compostos fotossensíveis não sofressem possíveis alterações (Figura 2B).

Figura 2 - Higienização de folhas, flores e ramos de velame (A); Armazenamento de pó vegetal de velame (B)



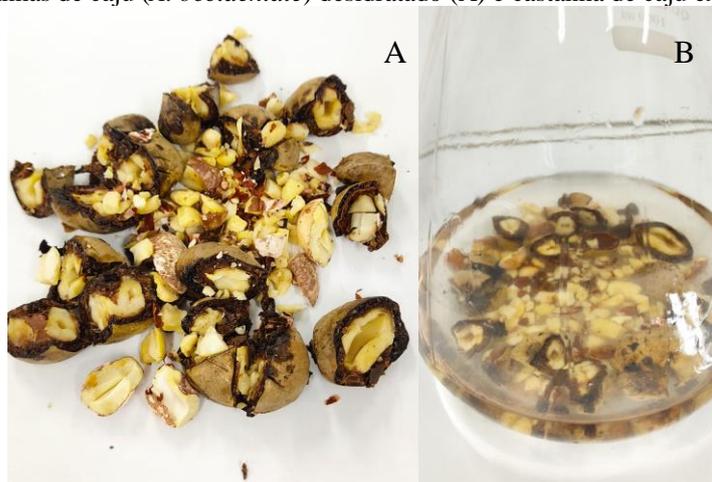
Fonte: Autoria própria (2021)

Os extratos foram obtidos a partir do processo de maceração que consistiu em colocar a parte da planta diretamente em contato com o solvente, em temperatura ambiente. A mistura (vegetal+solvente) foi protegida da luz e agitadas a cada 24h, durante 7 dias, finalizando o processo com a filtragem (RODRIGUES et al., 2016).

Foi utilizada uma proporção de 2:10 (p/v) de pó vegetal e solvente, sendo assim utilizados 50g de pó vegetal para cada 250mL de etanol (MELO, 2019 adaptado; OLIVEIRA e LIMA, 2017). Foram utilizados etanol em duas concentrações, o etanol 96% e o etanol 70% em dois processos de extração distintos.

As castanhas de caju, por sua vez, passaram pelos mesmos processos de higienização, corte e desidratação (Figura 3A), porém não foi submetido ao moinho de facas e transformados em pó vegetal, sendo levado diretamente ao processo de extração pela exposição dos solventes, utilizando etanol 96% para se obter os extratos etanólicos e etanol 70% para os extratos hidroetanólicos. Foram utilizada as mesmas proporções para todos os vegetais (Figura 3B).

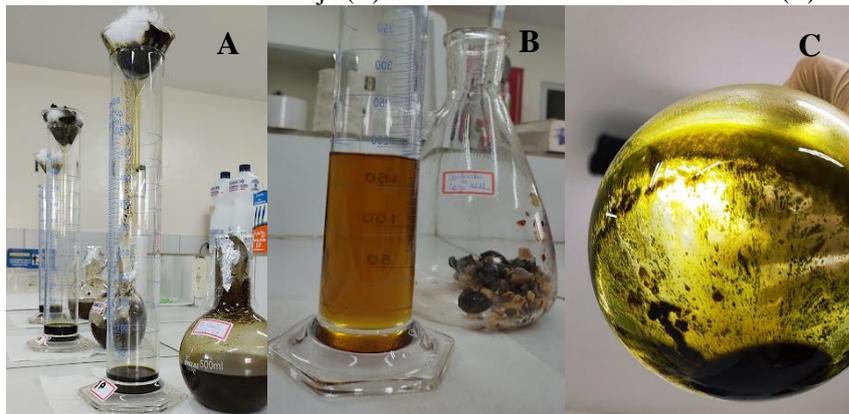
Figura 3 - Castanhas de caju (*A. occidentale*) desidratado (A) e castanha de caju exposta à etanol (B)



Fonte: Autoria própria (2021)

Após os sete dias de extração, os extratos foram submetidos à duas filtrações, a primeira com o auxílio de um chumaço de algodão, para retirada dos sólidos (Figura 4A), e a segunda filtração fazendo uso do papel filtro, para retirado de possíveis sólidos residuais (Figura 4B). Cada extrato filtrado foi, posteriormente, concentrado em evaporador rotativo, ficando sob uma pressão de aproximadamente 600 mmHg à uma temperatura de 55°C, até que o solvente fosse retirado do extrato (Figura 4C).

Figura 4 - Primeira filtragem dos extratos de jurema preta, marmeleiro e velame (A). Segunda filtragem do extrato de castanha de caju (B). Extrato concentrado de marmeleiro (C)



Fonte: Autoria própria (2021)

Os dados de rendimento dos extratos vegetais resultantes da utilização dois solventes, foram expressos em porcentagem, de acordo com a massa inicial do vegetal seco e moído e a massa final do extrato já concentrado. Sendo utilizada para o cálculo do rendimento a equação 1 (MALLMAN et al., 2021).

Equação 1- Equação do rendimento de extrato

$$\% \text{ de Rendimento} = \frac{ME (g)}{MVSM (g)} * 100 \quad (1)$$

Onde:

ME – Massa do extrato (g)

MVSM – Massa vegetal seca e moída (g)

3 RESULTADOS

Na tabela 2 podem ser observados os porcentagem de rendimento dos extratos etanólicos e hidroetanólicos das espécies vegetais da Caatinga Paraíba.

Tabela 2 - Porcentagem de rendimento, média e desvio padrão dos rendimentos de extratos vegetais de *Mimosa tenuiflora*, *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius* e *Croton sonderianus* utilizando etanol 96% e etanol 70%

Extrato	MVSM (g)*	Extrato etanólico		Extrato hidroetanólico		RM (%)	± DP
		MFEE (g)	R (%)	MFEH (g)*	R (%)		
<i>M. tenuiflora</i>	50	13,17	26,34	13,88	27,76	27,05	0,71
<i>A. occidentale</i>	50	9,60	19,20	12,75	25,5	22,35	3,15
<i>C. heliotropiifolius</i>	50	5,61	11,23	3,60	7,20	9,22	2,02
<i>C. sonderianus</i>	50	3,21	6,42	5,91	11,82	9,12	2,70

*MFEE – Massa final do extrato etanólico

*MFEH – Massa final do extrato hidroetanólico

*MVSM – Massa do vegetal seco e moído

R – Rendimento

RM – Rendimento médio

DP – Desvio Padrão

O extrato etanólico com maior rendimento foi o de *M. tenuiflora* (26,34%), seguido por *A. occidentale* (19,20%), já os extratos de *C. heliotropiifolius* (11,23%) e *C. sonderianus* (6,42%) apresentaram os menores rendimentos. Os extratos hidroetanólicos de *M. tenuiflora* (27,76%), *A. occidentale* (25,5%) e *C. sonderianus* (11,82%) apresentaram-se com maiores porcentagens de rendimento quando comparados aos extratos etanólico das mesmas espécies, apenas o extrato hidroetanólico de *C. heliotropiifolius* (7,20%) apresentou percentual de rendimento inferior ao extrato etanólico da mesma planta.

4 DISCUSSÃO

Os rendimentos dos extratos vegetais hidroetanólicos foram superiores aos quantitativos resultantes dos extratos etanólicos, com exceção de *C. heliotropiifolius*. Sendo que o rendimento da fração folha de *Mimosa tenuiflora* se sobressaiu em ambos os casos e, notadamente, superior ao rendimento obtido no estudo de Cruz et al. (2016), que obtiveram extratos de diferentes frações da *M. tenuiflora* e através de diferentes métodos, um rendimento de 6,70% quando extraídos em etanol, isso pode ter ocorrido em decorrência do procedimento metodológico adotado o que pode ter resultado na evidente variação de rendimento.

O rendimento da extração de metabólitos secundários na forma de extratos vegetais, tende a variar mediante as condições ambientais à que a planta é submetida, hora de coleta e partes dos vegetais ou os solventes utilizados no processo de extração. No trabalho de Gurung, Adhikari e Parajuli (2020) o rendimento do extrato etanólicos de folhas de *Mimosa rubricaulis*, foi de 11,52% bem inferior ao rendimento do extrato etanólico de *M. tenuiflora* obtido neste estudo.

Oliveira et al. (2016) que submeteram as frondes de *Dicksonia sellowiana* à diferentes métodos de extração com solvente etanólico e hidro-etanólico (etanol absoluto e à 70%), observaram em seu estudo que o solvente hidroalcoólico possui melhor rendimento em praticamente todos os métodos extrativos testados. Vale ressaltar que o método de extração por maceração com solvente hidroetanólico obteve melhores rendimentos, quando comparado com o rendimento do extrato obtido por maceração com solvente etanólico, similar ao que ocorreu em nosso estudo. De uma forma geral a extração por Soxhlet apresentou os menores resultados de rendimento para os dois solventes.

Cox et al. (2019) conduziram um estudo, objetivando melhorar a extração de compostos bioativos de sorgo usando como solventes etanol e ácido cítrico, e verificaram que o uso do etanol 70% e de ácido cítrico 5% foi mais eficaz para a extração de compostos bioativos de sorgo. No trabalho de Eruygur et al. (2019) resultados aproximados de rendimento de extração foram encontrados utilizando etanol 80% na parte aérea de *Achillea cucullata*, resultando em 22,18% de rendimento, o que pode indicar que ao utilizar solventes menos concentrados como o caso do etanol 70% o resultante quantitativo de extrato obtido tende a ser superior ao encontrado com etanol mais puro.

De acordo com Karabegović et al. (2014) isso pode se dar em função das propriedades anfifílicas do etanol, que extrai tanto substâncias com caráter apolar quanto polar. Essa propriedade somada às propriedades de extração dos 30% de água existente podem ampliar ainda mais a capacidade de extração da solução que se forma. De acordo com Falkenberg et al. (2002) a utilização de solventes hidroalcológicos na extração de taninos e saponinas, obtidos com diferentes frações de água e etanol, é eficiente.

5 CONCLUSÃO

Os extratos vegetais etanólicos e hidroetanólicos de *Croton sonderianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Anacardium occidentale* e *Croton heliotropiifolius* foram produzidos e apresentaram rendimentos significativos.

Os extratos etanólicos e hidroetanólicos de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* possuem maiores rendimentos quando comparados com os demais.

O etanol 70% é um solvente eficiente no processo de produção de extratos vegetais, apresentando potencial para uso industrial, visto que resulta em maiores quantitativos de produto final.

Estudos futuros devem ser conduzidos a fim de relacionar a porcentagem de rendimento do extrato final com os rendimentos de metabólitos que compõem esses os extratos.

REFERÊNCIAS

- ALTEMIMI, Ammar *et al.* Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. **Plants**, v. 6, n. 4, p. 42, 2017.
- ARAÚJO SOARES, T. N. e SANTOS, C. A. B. Extratos vegetais com potencial para o controle da mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.). **Natural Resources**, v. 11, n. 2, 2021.
- COX, Sarah *et al.* Evaluation of ethanol-based extraction conditions of sorghum bran bioactive compounds with downstream anti-proliferative properties in human cancer cells. **Heliyon**, v. 5, n. 5, p. e01589, 2019.
- CRUZ, M. P. *et al.* Antinociceptive and anti-inflammatory activities of the ethanolic extract, fractions and flavones isolated from *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (Leguminosae). **PloS one**, v. 11, n. 3, 2016
- DHANANI, Tushar *et al.* Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withania somnifera*. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. S1193-S1199, 2017
- ERUYGUR, N. *et al.* Screening the in vitro antioxidant, antimicrobial, anticholinesterase, antidiabetic activities of endemic *Achillea cucullata* (Asteraceae) ethanol extract. **South African Journal of Botany**, v. 120, p. 141-145, 2019
- FRANZEN, Felipe *et al.* Teor e rendimento de extratos de flores obtidos por diferentes métodos e períodos de extração. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 1, p. 9-21, 2018.
- GURUNG, R.; ADHIKARI, S.; PARAJULI, K.. Evaluation of the antibacterial and antioxidant activity of *Mimosa rubicaulis* and *Reinwardtia indica*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2020, 2020.
- JOVANOVIĆ, A. A.; *et al.* Optimization of the extraction process of polyphenols from *Thymus serpyllum* L. herb using maceration, heat-and ultrasound-assisted techniques. **Separation and Purification Technology**, v. 179, p. 369-380, 2017.
- KARABEGOVIĆ, Ivana T. *et al.* The effect of different extraction techniques on the composition and antioxidant activity of cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) leaf and fruit extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 54, p. 142-148, 2014.
- KOFFI, E. *et al.* Effect of solvent type on extraction of polyphenols from twenty three Ivorian plants. **Journal of Animal and Plant Sciences (JAPS)**, v. 5, n. 3, p. 550-558, 2010.
- LEMOS, A. F. da S. e GALVÃO, E. L. **Obtenção do extrato das folhas do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) a partir de diferentes técnicas de extração.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2019.
- MALLMAN, A. P. *et al.* Rendimento, caracterização fitoquímica e avaliação de atividade antimicrobiana e antioxidante de extratos de *Ilex brevicuspis* Reissek (Aquifoliaceae) frente a sorotipos de *Salmonella* spp. de origem avícola. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 29143-29158, 2021.
- MELO, R. S. **Desenvolvimento e estabilidade de fitocosméticos contendo extratos de *Morus nigra* L. (Moraceae): avaliação da atividade fotoprotetora e antioxidante.** 2019. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2019.

- MESQUITA, M. O. M. de *et al.* Potencial antimicrobiano de extratos e moléculas isolados de plantas da **Caatinga: uma revisão**. 2017.
- MICHETEN, M. V. C. e PESSENTI, I. L. Extratos vegetais no controle de brevicoryne brassicae nas brassicáceas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e57710313681-e57710313681, 2021.
- OLIVEIRA, I. do N. *et al.* Atividade antimicrobiana in vitro de extratos vegetais sobre bactérias isoladas de degelo de peixe. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e306997406-e306997406, 2020.
- OLIVEIRA, R. M. e LIMA, R. A. Prospecção fitoquímica do extrato etanólico de *Bauhinia forficata* L. e seu potencial candidacida. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 4, n. 1, 2017.
- OLIVEIRA, V. B. et al. Efeito de diferentes técnicas extrativas no rendimento, atividade antioxidante, dosamentos totais e no perfil por clae-dad de *Dicksonia sellowiana* (presl.). Hook, dicksoniaceae. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 18, p. 230-239, 2016.
- OLIVEIRA, V. L. F. e SANTOS, C. A. B. Avaliação da repelência e atividade inseticida de pós vegetais de plantas da Caatinga sobre gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais* M.). **Revista Ouricuri**, v. 10, n. 2, p. 013-020, 2020.
- PONTES, E. D. S.; *et al.* Diferentes métodos de extração de compostos bioativos de vegetais. **International Journal of Nutrology**, v. 11, n. S 01, p. Trab312, 2018.
- RODRIGUES, F. *et al.* Obtenção de extratos de plantas do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.
- SCARAMUSSA, S. A. de L. e SANTANA, L. C. L. de A. Quantification of total phenolics and total flavonoids in extracts obtained from the junction of noni peel and seeds flours. **Revista INGI-Indicação Geográfica e Inovação**, v. 4, n. 3, p. 802-811, 2020.
- SILVA, A. I. *et al.* Perfil fitoquímico de extratos etanólicos e metanólicos do *Croaton blanchetianus*. **Revista Brasileira Multidisciplinar (ReBram)**, v. 24, n. 1, p. 134-143, 2021
- SILVA, E. de A. **Prospecção fitoquímica do extrato aquoso das partes aéreas de *Cnidocolus phyllacanthus* (Müll. Arg.) Pax & K. Hoffm e avaliação larvicida do aedes aegypti L.(Diptera: Culicidae) no Estádio L3**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.
- SILVA, I. M. *et al.* **Extratos vegetais no controle da antracnose em cebolinha**. 2019. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas. 2019.

CAPÍTULO 2 – BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE *CERATITIS CAPITATA*

RESUMO

A atividade biológica de *Ceratitis capitata* estabelece a demanda por estratégias de controle eficientes, em vista dos danos causados na fruticultura nacional. Notadamente o seu controle tem se dado de forma majoritária com a utilização de agrotóxicos, o que devido aos seus impactos ambientais, sociais e sanitários instiga os pesquisadores a desenvolverem estratégias alternativas de controle. Objetivou-se com esse trabalho verificar o efeito de letalidade dos extratos vegetais etanólicos de *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora*, individualmente e em mistura (mix) sobre *Ceratitis capitata*. Para tal, realizou-se um bioensaio em laboratório utilizando pupas de *C. capitata* provenientes da criação estabelecida em laboratório. O desenho experimental consistiu de um bioensaio em Delineamento Inteiramente Casualizado, organizado em arranjo fatorial 7x4, sendo o fator 1 os extratos, que foi composto por sete níveis: água destilada, Água destilada+etanol 96%, extratos *C. sonderianus*, *M. tenuiflora*, *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, além de uma Mistura dos quatro extratos (mix) e o fator 2, as concentrações, formado por quatro níveis: 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150 µL/mL e 200 µL/mL. O experimento foi composto por 140 unidades experimentais, que foram constituídas de uma placa de Petri contendo uma amostra aleatória de 10 pupas de *C. capitata* cada, distribuídas em 5 repetições, perfazendo um total de 28 tratamentos, combinações de extratos e concentrações, 140 parcelas experimentais e 1400 indivíduos estudados. As pupas, de oito dias, foram submetidas a imersão por 60 segundos de exposição em cada solução-tratamento. As avaliações foram conduzidas durante três dias após o primeiro adulto emergido. Foram analisados o número de adultos emergidos e o número de pupários abertos e fechados para estabelecer o número de indivíduos afetados e a média de sobrevivência em cada parcela. A partir dos resultados obtidos verificou-se que ocorreu bioatividade significativa de letalidade nas diferentes combinações de extratos e concentrações, ocorrendo interação entre esses fatores. O extrato de *M. tenuiflora* se destacou em relação aos demais, com uma média de 3,10 insetos adultos emergidos, sendo a menor média obtida em relação aos demais extratos. Os extratos de *A. occidentale* e o mix apresentaram as médias de 6,80 e 6,70 de indivíduos emergidos, interferindo de forma eficiente no ciclo de vida de *C. capitata*. A concentração de 150 µL/mL foi a que se destacou das demais com a menor média de emergência dos adultos, indicando ser a concentração em que os extratos foram mais letais ao inseto. As interações mais eficientes foram entre o extrato de *M. tenuiflora* em todas as concentrações, o de *A. occidentale* nas concentrações de 150 µL/mL e 200 µL/mL e o mix nas concentrações 100 µL/mL e 150 µL/mL apresentaram efeito sobre a emergência de *C. capitata*. Os extratos vegetais etanólicos de *M. tenuiflora*, *A. occidentale* e o mix dos extratos apresentaram atividade biológica de letalidade sobre a fase de pupas de *Ceratitis capitata*. O extrato de *M. tenuiflora* na concentração 150 µL/mL evidencia possuir potencial de eficácia para emprego em estudos de controle de *C. capitata*.

Palavras-chave: Bioinseticida; Extratos alcoólicos de plantas da Caatinga; Mosca-das-frutas; Mosca-do-Mediterrâneo.

CHAPTER 2 – BIOACTIVITY OF ETHANOLIC VEGETABLE EXTRACTS ON PUPAES OF *Ceratitis capitata*

ABSTRACT

The biological activity of *Ceratitis capitata* establishes the demand for efficient control strategies, in view of the damage that this insect causes in national fruit production. Notably, the control of this insect has occurred mostly with the use of pesticides, which, due to their environmental, social and health impacts, causes researchers to develop alternative control mechanisms. The objective of this work was to verify the lethality effect of the ethanolic plant extracts of *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* and *Mimosa tenuiflora*, individually and in a mixture (mix) on *Ceratitis capitata*. For this, a bioassay was carried out in the laboratory using pupae of *C. capitata* from mass rearing of the insect established in captivity. The experimental design consisted of a completely randomized design bioassay, organized in a 7x4 factorial arrangement, with factor 1 being the extracts, which was composed of seven levels: distilled water, distilled water + 96% ethanol, *C. sonderianus* extracts, *M. tenuiflora*, *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius* and a mixture of the four extracts (mix) and the factor 2 concentrations, formed by four levels: 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150 µL/mL and 200 µL/mL. The experiment consisted of 140 experimental units, which consisted of a Petri dish containing a random sample of 10 pupae of *C. capitata* each, distributed in 5 replicates, making a total of 28 treatments, combinations of extracts and concentrations, 140 plots experimental and 1400 studied individuals. The pupae were submitted to immersion for 60 seconds of exposure in each treatment solution. Assessments were conducted for three days after the first emerged adult. The number of emerged adults and the number of open and closed pupae were analyzed to establish the number of affected individuals and the mean survival in each plot. From the results obtained, it was verified that there was significant bioactivity of lethality in the different combinations of extracts and concentrations, with an interaction between these factors. The *M. tenuiflora* extract stood out in relation to the others, with an average of 3.10 adult insects emerged, being the lowest average obtained in relation to the other extracts. The extracts of *A. occidentale* and the mix presented the averages of 6.80 and 6.70 of emerged individuals, interfering efficiently in the life cycle of *C. capitata*. The concentration of 150 µL/mL was the one that stood out from the others with the lowest average emergence of adults, indicating that this concentration is the range of lethality efficacy. The most efficient interactions were between the *M. tenuiflora* extract at all concentrations, the *A. occidentale* extract at concentrations of 150 µL/mL and 200 µL/mL and the mix at concentrations 100 µL/mL and 150 µL/mL showed effect on the emergence of *C. capitata*. The ethanolic plant extracts of *M. tenuiflora*, *A. occidentale* and the mix of extracts showed lethal biological activity on the pupae stage of *Ceratitis capitata*. *M. tenuiflora* extract at a concentration of 150 µL/mL shows potential for efficacy for use in *C. capitata* control studies.

Keywords: Bioinsecticide; Alcoholic extracts of plants from the Caatinga; Fruit fly; Mediterranean fly.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os insetos invasores, e cuja atividade biológica causa enormes danos econômicos à fruticultura nacional e mundial a mosca-das-frutas do mediterrâneo *Ceratitidis capitata* se sobressai em relação aos demais, devido sua alta capacidade de dispersão e adaptação, ampla diversidade de espécies vegetais hospedeiras, ocasionando a necessidade de intenso monitoramento e de ações de controle constantes (CABI, 2021).

O controle de insetos causadores de danos econômicos às culturas, é comumente realizado com a utilização de inseticidas sintéticos. Contudo essa prática apresenta diversas desvantagens e efeitos nocivos do ponto de vista ambiental e em relação à própria saúde humana. Dentro desse cenário, pesquisadores e ambientalistas vêm propondo a utilização de produtos alternativos que apresentem eficiência de controle, no que se refere aos insetos, e um menor impacto negativo, aos manipuladores e ao agroecossistema (ASAWALAM e CONSTANCE, 2018; WALIA et al., 2017).

Uma das alternativas de controle de insetos, em que as pesquisas vêm se concentrando, é o uso de biopesticidas, seja na forma de óleos essenciais ou de extratos vegetais. Os extratos, diferentes dos inseticidas sintéticos, são constituídos por diversos metabólitos secundários que atuam de forma sinérgica, o que reduz fortemente as chances do desenvolvimento de resistência por parte dos insetos, e afetam os processos fisiológicos e comportamentais dos insetos de forma satisfatória (LOPES et al., 2020; OLAITAN et al., 2020).

Dentre as espécies vegetais que são foco de pesquisas recentes na busca por bioinseticidas podem-se destacar o uso de plantas nativas da Caatinga, comumente utilizadas para fins medicinais e muitas vezes subutilizadas ou negligenciadas em outros campos com potencial para uso (GOMES et al., 2022). Diante disso, e dada a necessidade de controle de insetos fitófagos como a *C. capitata*, a condução de testes que avaliem a bioatividade de plantas nativas da Caatinga, sobre esse inseto, torna-se um campo de pesquisa em potencial.

Objetivou-se, então, com esse trabalho verificar o efeito de letalidade dos extratos dos vegetais etanólico de marmeleiro (*Croton sonderianus*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), cajueiro (*Anacardium occidentale*) e velame (*Croton heliotropiifolius*), individualmente e em uma mistura (mix) sobre pupas de *Ceratitidis capitata*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O bioensaio foi conduzido na Clínica Fitossanitária Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

2.2 CRIAÇÃO DE *Ceratitis capitata*

Os espécimes de *C. capitata*, utilizadas durante os bioensaios, foram oriundos da criação estabelecida na Clínica Fitossanitária da UFPB, Campus III, no município de Bananeiras, estado da Paraíba, Brasil (Figura 1). As primeiras pupas de *C. capitata*, para o estabelecimento da criação, foram cedidas da criação mantida no Laboratório de Invertebrados do Campus II da Universidade Federal da Paraíba (Figura 1a).

As placas de Petri contendo as pupas foram colocadas no interior de gaiolas de aço semi trapezoidal revestidas por tecido *voile* (70x50 cm), sendo submetidas às condições controladas de temperatura ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar ($70\pm 10\%$) e fotofase (12 horas) para emergência (Figura 1b). Para a alimentação dos insetos adultos foi ofertada uma solução de água e mel na proporção 8:2, respectivamente, em chumaços de algodão, contendo em sua superfície aproximadamente 0,5g de levedura, sendo também fornecido um chumaço adicional embebido, unicamente, em água. A alimentação foi fornecida durante todo o ciclo de reprodução dos adultos.

Figura 1 - Criação de *Ceratitis capitata*. **a** - Placa contendo pupas de *C. capitata*. **b** - Visão interna da gaiola de criação contendo adultos de *C. capitata*. **c** - Ovos coletados de *C. capitata*. **d** - Dieta e larvas em L3 de *C. capitata*



Fonte: Autoria própria (2021)

Os ovos foram coletados em bandejas de polietileno contendo água para evitar o ressecamento. A bandeja foi posicionada na lateral mais inclinada da gaiola, com uma declividade aproximada de 10cm, onde estrategicamente havia uma lâmpada que servia para atrair os insetos a ovipositar naquele local.

Os ovos coletados (Figura 1c) foram distribuídos em placas de Petri, contendo dieta artificial à base de cenoura crua (400g), levedo seco de cerveja (80g) e Nipagin (3g) para alimentação das larvas (BRITO, 2007 adaptada; SANTANA et al., 2019). As placas contendo os ovos e a dieta foram acondicionados em câmara B.O.D ($28 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas). Transcorridos 8-10 dias as placas, contendo as larvas em estágio L3, de desenvolvimento, foram transferidas para bandejas plásticas contendo areia esterilizada para obtenção das pupas (Figura 1d).

Após a formação das pupas, estas foram separadas da areia e, parte foi colocada em placas de *Petri* e depositadas no interior das gaiolas de criação para emergência dos adultos a retomada do ciclo com a geração seguinte e outra parte foi utilizada durante o bioensaio.

2.3 COLETA DO MATERIAL VEGETAL PARA OBTENÇÃO DOS EXTRATOS

As partes vegetais utilizadas no processo de obtenção dos extratos etanólicos, correspondente as espécies, *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora*, foram coletados na área rural do município de Sertãozinho na região Agreste do estado da Paraíba ($6^\circ45'21.1''\text{S}$ $35^\circ25'42.7''\text{W}$), em março de 2021.

2.4 OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS

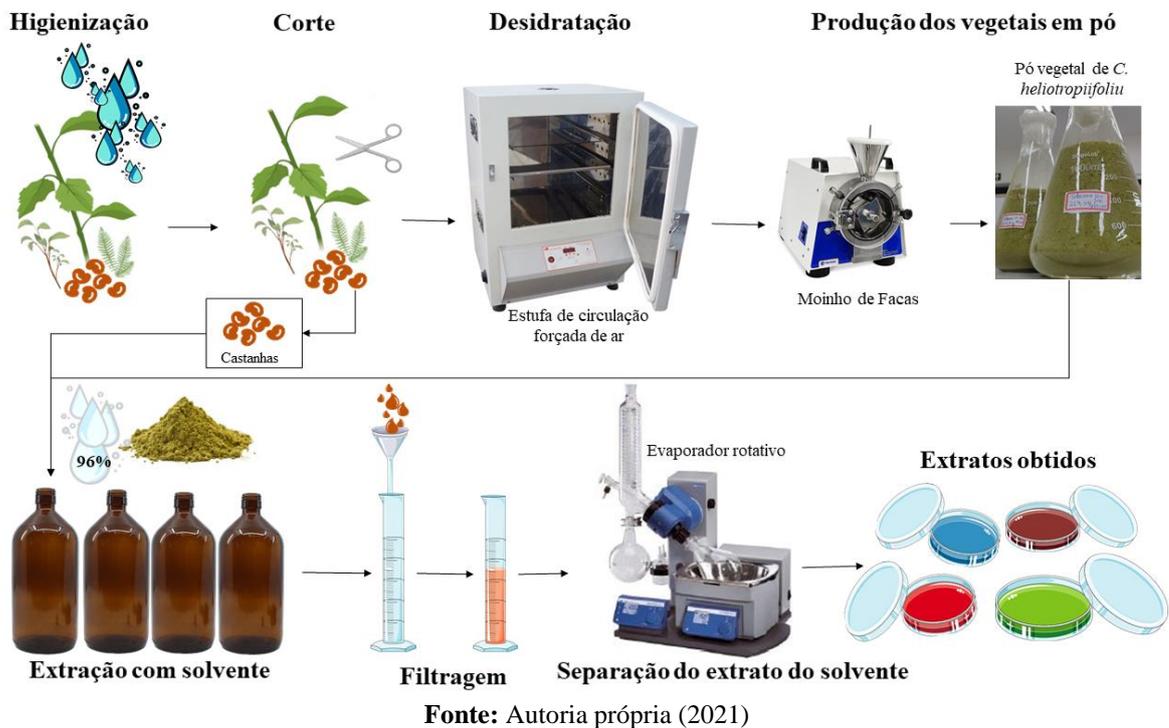
O material vegetal coletado foi transportado à Clínica Fitossanitária do CCHSA/UFPB e submetido a uma seleção prévia, para eliminar parte com possíveis lesões ou doenças causadas pela ação de insetos ou patógenos. Feita a seleção, o material foi higienizado, com solução à 2% de hipoclorito de sódio durante 15 minutos e posteriormente lavados com água destilada, sendo, em seguida, colocados em descanso para retirada do excesso de água e preparado para desidratação.

As estruturas vegetais utilizadas foram submetidas a cortes, para facilitar a retirada da umidade, e expostas a uma temperatura de 45° C, em estufa de circulação de ar forçada, por um período de 48 horas. Após a desidratação todos os vegetais foram transportados ao moinho de facas, onde foram obtidos os pós vegetais, excetuando a castanha de *A. occidentale*. Toda a castanha (casca e amêndoa) foi cortada em partes menores e expostas diretamente ao solvente para extração, não passando pelo processo de desidratação como os demais vegetais (MGAYA et al., 2019).

Os pós vegetais e as partes de castanha de caju foram pesados e adicionados ao solvente etanólico (etanol 96%), sendo 100 g de material vegetal em 500 mL do etanol, valores adaptados de Melo (2019), de maneira que se formasse uma mistura, que ficou armazenada por sete dias, em local protegido da luz para que os compostos fotossensíveis não sofressem possíveis alterações. Essa mistura foi agitada a cada 24 horas para facilitar o processo de extração.

A etapa seguinte do processo de obtenção dos extratos foi a filtragem da mistura, para a separação das estruturas sólidas do extrato e solvente já homogêneos. O filtrado foi colocado no evaporador rotativo para separação do solvente e concentração do extrato vegetal, que após concentrado foi armazenado sob refrigeração e protegido da incidência de luz até os testes biológicos (Figura 2).

Figura 2 – Processo metodológico de obtenção dos extratos vegetais etanólico



2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, MONTAGEM E AVALIAÇÃO DO BIOENSAIO

2.5.1 Delineamento e organização experimental

Após a obtenção dos extratos vegetais etanólicos deu-se prosseguimento com o teste biológico. O bioensaio foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), organizado em arranjo fatorial 7x4, sendo o primeiro fator composto por sete níveis: dois controles (água destilada e a água destilada + etanol 96%) e os extratos, extrato de *A. occidentale*, *C. heliotropifolius*, *C. sonderianus*, *M. tenuiflora*, e uma mistura dos quatro extratos (mix) e o segundo fator foi formado por quatro níveis, as concentrações: 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150 µL/mL, 200 µL/mL. A combinação dos fatores totalizou 28 tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Representação esquemática da organização do Bioensaio

EXTRATOS	CONCENTRAÇÕES			
	50 μ L	100 μ L	150 μ L	200 μ L
Água destilada	T1	T2	T3	T4
Água destilada e etanol	T5	T6	T7	T8
<i>A. occidentale</i>	T9	T10	T11	T12
<i>C. heliotropiifolius</i>	T13	T14	T15	T16
<i>C. sonderianus</i>	T17	T18	T19	T20
<i>M. tenuiflora</i>	T21	T22	T23	T24
Mix	T25	T26	T27	T28

Para a execução do bioensaio foi utilizado um total de 1.400 insetos na fase de pupa, com idade de oito dias, sendo distribuída uma amostra aleatória de 10 pupas em cinco repetições, totalizando 140 unidades experimentais, que foram constituídas de uma placa de *Petri*, cujo fundo foi recoberto por um disco de papel filtro para facilitar a observação e avaliação dos eventos ao longo do bioensaio (Figura 3).

Figura 3 – Visão superior das pupas de *C. capitata* distribuídas nas unidades experimentais

Fonte: Autoria Própria (2021)

2.5.2 Montagem do bioensaio

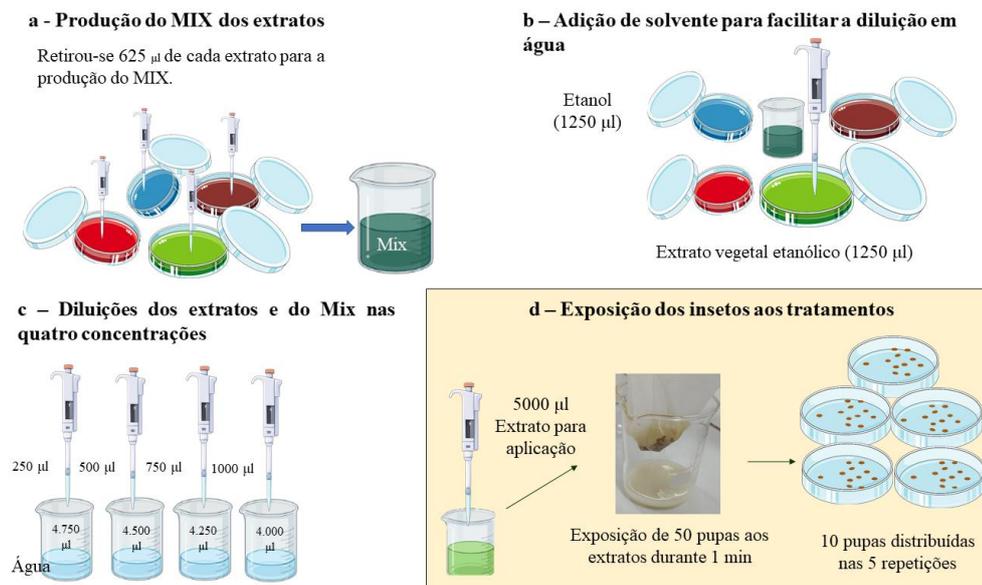
As pupas de *C. capitata* foram expostas às diferentes concentrações dos extratos vegetais e do mix de forma que se avaliasse o efeito desses produtos sobre a biologia do inseto (Figura 4). Para isso, inicialmente, foi realizada a obtenção das diferentes concentrações dos extratos, foram utilizados um total de 2500 μ L de cada extrato, assim como do mix, que, por

sua vez, foi formulado retirando-se 625 μL de cada extrato vegetal (Figura 4a). Após esse processo os extratos individualmente e em forma de mix foram diluídos inicialmente na proporção de 1:1 de extrato e etanol 96%, resultando nos 2500 μL necessários para a condução do bioensaio (Figura 4b).

Os testes biológicos foram realizados utilizando-se os extratos previamente diluídos no solvente, nas concentrações de 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$ e 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$, respectivamente significando, 250 μL , 500 μL , 750 μL e 1000 μL dos extratos e do mix, adicionados a uma proporção correspondente para totalizar 5 mL de água destilada para cada concentração (Figura 4c).

Para exposição dos insetos às concentrações dos extratos e dos tratamentos controle 50 pupas foram imersas em 5 mL das soluções de extrato e água destilada durante um minuto e posteriormente divididos entre as cinco repetições (Figura 4d).

Figura 4 – Esquema do processo metodológico adotado para expor as pupas aos extratos. **a** – Produção do mix de extratos; **b** – Adição de etanol 96% para facilitar a diluição dos extratos em água; **c** – Diluição dos extratos e mix nas concentrações avaliadas; **d** – Exposição das pupas de *C. capitata* às concentrações e tratamentos estudados

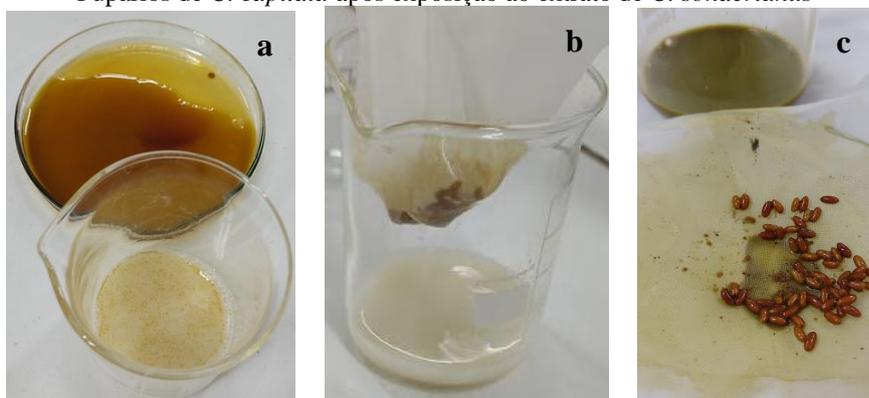


Fonte: Autoria própria (2021)

Na figura 5 pode ser observado de forma mais precisa a diluição do extrato de *A. occidentale*, processo que se repetiu para todos os outros, assim como o processo em que as 1400 pupas foram divididas em 50 e colocadas em um tecido *voil* e colocadas em um béquer que continha a solução de cada extratos e mix, e os tratamentos controle (Figura 5a). As pupas foram totalmente imersas para garantir o contato direto delas com os extratos vegetais em todas

as concentrações testadas (Figura 5b). Transcorrido 60 segundo as pupas foram retiradas de cada solução e transportadas para as respectivas unidades experimentais (Figura 5c).

Figura 5 – Exposição dos pupáruos de *C. capitata* aos extratos botânicos. **a** - Preparo do extrato de *A. occidentale* para teste em pupas de *C. capitata*. **b** - Pupários expostos ao extrato etanólico de *A. occidentales*. **c** - Pupários de *C. capitata* após exposição ao extrato de *C. sonderianus*



Fonte: Autoria própria (2021)

Após esse processo as unidades experimentais foram mantidas em temperatura ambiente e observadas para avaliação dos efeitos dos extratos.

2.5.3 Avaliação e coleta de dados

As pupas de oito dias, sendo essa idade contabilizada a partir do período compreendido a partir do fim do último instar (L3) e após o processo de formação da pupa, foram estudadas a partir da observação dos efeitos dos extratos no desenvolvimento do inseto.

As pupas foram observadas e após a primeira emergência dos adultos de mosca-das-frutas, ocorrida três dias depois da montagem do bioensaio, contabilizou-se o número de adultos emergidos. Os insetos adultos ainda foram observados durante três dias para verificar possíveis anomalias ou alterações subseqüentes (comportamentais ou morfológicas), totalizando assim seis dias de avaliação.

Os dados foram sistematizados e submetidos à análise de variância, e teste de média pelo software estatístico R v. 4.1.2 (R Core Team, 2021). Para cálculo da porcentagem de eficiência dos extratos como bioinseticidas foi utilizada a equação de Abbott (1925) (Equação 1).

Equação (1)

$$\% EC = \left(1 - \frac{n \text{ em } T \text{ após o bioensaio}}{n \text{ em } Co \text{ após o bioensaio}} \right) * 100$$

Onde:

%EC – Porcentagem de Eficiência de Controle Corrigida

n = número de insetos

T= Tratamento

Co= Controle

3 RESULTADOS

3.1 BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

As pupas de *C. capitata* tratadas com diferentes extratos de plantas nativas apresentaram diferença quanto ao número de indivíduos emergidos, tendo o extrato etanólico de *M. tenuiflora* se destacando em relação aos demais, visto que ocorreu média de 3,10 insetos adultos emergidos e saudáveis, sendo a menor médias em relação às demais apresentadas pelos outros extratos. Esse tratamento também apresentou a maior porcentagem de EC (61,25%) quando comparado com os demais (Tabela 2).

Na tabela 2 também podem ser verificadas que as médias de insetos emergidos, quando tratados com os extratos etanólicos de *A. occidentale* e com o mix, foram de 6,80 e 6,70, respectivamente, sendo assim inferiores às médias dos tratamentos controle e apresentando porcentagem de EC de 15% e 16,25%. Dessa forma, esses dois tratamentos se mostraram promissores no controle de *C. capitata*, nas condições em que o estudo foi conduzido.

No que se refere aos extratos de *C. sonderianus* e *C. heliotropiifolius*, pode ser observado na tabela 2 que as médias de insetos emergidos não diferiram significativamente dos tratamentos controle, a Água destilada e Água destilada + álcool, e não apresentaram EC, apontando que, dentro dos parâmetros em que o bioensaio foi realizado, essas espécies vegetais não se mostraram eficientes no controle de mosca-das-frutas.

Tabela 2 - Média e desvio padrão do número de adultos de *Ceratitis capitata* emergidos, e porcentagem de eficiência de controle dos extratos vegetais etanólicos de *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius* *Croton sonderianus*, *Mimosa tenuiflora*, e mix e dos tratamentos controle (Água e Água+etanol)

Extratos vegetais etanólicos	Adultos emergidos	% EC *
Água destilada	8,00 ± 0,65 ^a	-
Água destilada + etanol	8,60 ± 1,05 ^a	-
<i>A. occidentale</i>	6,80 ± 2,31 ^b	15,00
<i>C. heliotropiifolius</i>	8,90 ± 1,41 ^a	-11,25
<i>C. sonderianus</i>	8,90 ± 0,97 ^a	-11,25
<i>M. tenuiflora</i>	3,10 ± 1,65 ^c	61,25
Mix	6,70 ± 1,92 ^b	16,25
CV%	15,63	-

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

*Eficiência de controle corrigida de acordo com Abbott (1925)

3.2 BIOATIVIDADE DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

Entre as quatro concentrações dos extratos etanólicos testados verificou-se que a concentração de 15%, ou seja, a de 150 µL/mL se destacou das demais, com a menor média de insetos emergidos, interferindo assim no desenvolvimento de *C. capitata*, podendo, dessa forma, ser indicada para utilização em testes posteriores ou em campo (Tabela 3).

Tabela 3- Média e desvio padrão de insetos adultos de *C. capitata* emergidos após tratamento com diferentes concentrações 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150 µL/mL, 200 µL/mL de extratos vegetais etanólicos

Concentrações (µl/ml)	Número de insetos emergidos
50	8,08 ± 1,86 ^a
100	7,17 ± 2,44 ^b
150	6,42 ± 2,79 ^c
200	7,45 ± 2,26 ^{ab}

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.3 INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E DAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

Houve interação entre os fatores testados: extratos vegetais e concentrações, destacando-se o extrato etanólico de *M. tenuiflora* que em todas as concentrações apresentou média de insetos adultos de *C. capitata* emergidos inferior aos demais. Já o extrato de *A. occidentale* nas concentrações de 150 µL/mL e 200 µL/mL e o mix nas concentrações 100 µL/mL e 150 µL/mL apresentaram efeito sobre a emergência de *C. capitata* (Tabela 4).

Tabela 4 - Média e desvio padrão da interação entre os fatores extratos vegetais: Água destilada, Água+etanol, *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus*, *Mimosa tenuiflora*, o mix, e as concentrações: 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150µL/mL, 200µL/mL, levando em consideração o número de insetos emergidos

Extratos	Concentrações (µL/mL)			
	50 ^{1,2}	100 ^{1,2}	150 ^{1,2}	200 ^{1,2}
Água destilada	8,00 ± 0,71 ^{aA}	8,00 ± 0,71 ^{aA}	8,00 ± 0,71 ^{aA}	8,00 ± 0,71 ^{aA}
Água + etanol 96%	8,00 ± 1,58 ^{aA}	8,80 ± 1,58 ^{aA}	9,00 ± 0 ^{aA}	8,60 ± 0,55 ^{aA}
<i>Anacardium occidentale</i>	9,60 ± 0,55 ^{aA}	7,60 ± 1,67 ^{aB}	4,20 ± 0,84 ^{bC}	5,80 ± 1,10 ^{bBC}
<i>Croton heliotropiifolius</i>	9,40 ± 0,89 ^{aAB}	8,20 ± 1,64 ^{aAB}	8,00 ± 1,58 ^{aB}	10,00 ± 0 ^{aA}
<i>Mimosa tenuiflora</i>	4,44 ± 0,55 ^{bA}	3,00 ± 1,87 ^{cAB}	1,80 ± 1,79 ^{cB}	3,20 ± 1,30 ^{cAB}
<i>Croton sonderianus</i>	9,00 ± 0,71 ^{aA}	9,40 ± 0,55 ^{aA}	8,80 ± 1,30 ^{aA}	8,40 ± 1,14 ^{aA}
Mix	8,20 ± 1,48 ^{aA}	5,20 ± 1,30 ^{bB}	5,20 ± 1,10 ^{bB}	8,20 ± 1,10 ^{aA}

¹Média seguida pela mesma letra minúscula na coluna (DMS = 2.16) e maiúscula na linha (DMS = 1.88) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

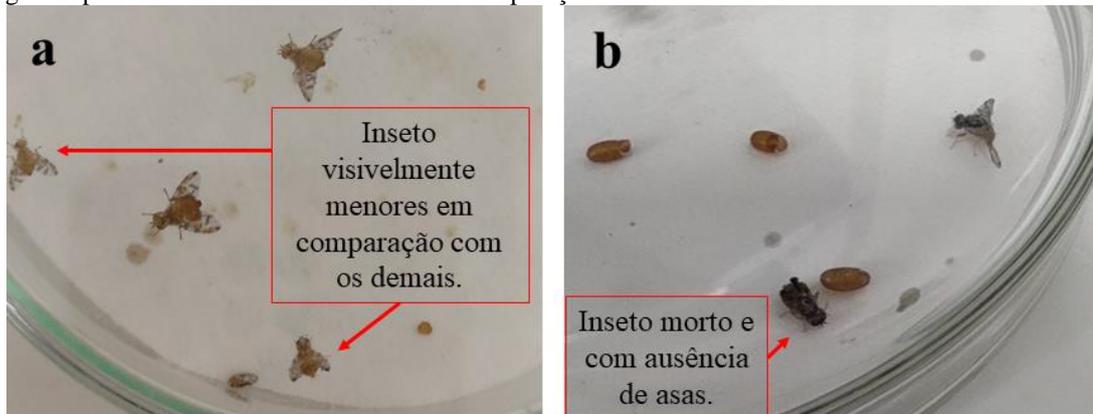
² Desvio padrão (s) aplicado aos dados originais

3.4 ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM *C. capitata* TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS DE PLANTAS DA CAATINGA

Os espécimes de *C. capitata* foram observados em relação ao seu comportamento e morfologia após emergirem dos pupários. Em relação ao comportamento dos sobreviventes não foi observada nenhuma anomalia evidente.

Quanto à morfologia foram verificados em alguns indivíduos tratados com extrato etanólico de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* a inexistência de asas, assim como a mortalidade desses indivíduos, notou-se também a diminuição considerável do tamanho de alguns dos insetos, mesmo quando este conseguia emergir (Figura 6).

Figura 6 – Alterações morfológicas em *C. capitata* tratada com extratos botânicos etanólicos. **a** – Insetos adultos emergidos apresentando tamanhos menores em comparação com os demais. **b** – Inseto adulto morto e sem asas



Fonte: Autora (2022)

4 DISCUSSÃO

4.1 BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

O extrato de *Mimosa tenuiflora* apresentou bioatividade sobre a emergência de *C. capitata* possivelmente em virtude de sua composição fitoquímica. No estudo de Bezerra et al. (2011) foi relatada a presença de taninos em *M. tenuiflora*, mas além dos taninos esse vegetal apresenta compostos flavonóides como: antocianinas, antocianidinas, leucoantocianidinas, flavonas, xantonas e catequina, podendo ainda serem identificados, mais precisamente, quantitativos significativos catecol (4,61 mg/L), o ácido cafeico (4,70 mg/L), a cumarina (0,53 mg/L), o ácido salicílico (4,66 mg/L), a rutina (1,50 mg/L), a quercetina (48,70 mg/L) e o kaempferol (2,48 mg/L) (FRANCO, COSTA e PAVÃO, 2018).

O extrato de *Tarennia asiatica* apresentou maior toxicidade sobre as pupas dos dípteros: *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* e *Aedes aegypti*, quando extraído em 400 ppm de acetato de etila, tendo esse extrato a presença de compostos como flavonóides, taninos, glicosídeos, catequinas, quinonas, proteínas, fenóis, fitoesteróis, alcalóides, terpenoides e saponinas (GANDHIMATHY e JEYASANKAR, 2018).

Soares et al. (2022) testaram extratos botânicos hidroetanólico de *Piper tuberculatum* e *Vismia guianensis* e evidenciaram o efeito de 90% e 80% de mortalidade sobre *Hypothenemus hampei*, efeito esse associado à presença de compostos como: saponinas, compostos fenólicos, flavonoides e taninos.

No estudo de Leandro (2019) os extratos de *S. aromaticum*, *E. uniflora* e *M. villosa* apresentaram efeito inibitório, pupacida e larvicida para *C. capitata*, esses extratos apresentaram ácido rosmarínico e luteolin7-O-rutinoside, derivados de miricetina glicosilada e quercetina e isohamnetin, glicose digalloyl (glucogalin), isobiflorin, biflorin e kaempferol, compostos fenólicos considerados bioativos e eficientes no controle do inseto alvo.

Cartaxo (2020) avaliou o efeito de óleos essenciais de Andiroba (*Carapa guianensis*), Citronela (*Cymbopogon winterianus*) e Eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) sobre a emergência de *C. capitata* e observou efeito de letalidade em pupas de mosca-das-frutas em plantas com alto teor de flavonoides à exemplo da andiroba.

Em *Drosophila melanogaster* os polifenóis de Chá verde (*Camellia sinensis*) interferem de forma negativa na reprodução e no desenvolvimento desse inseto, visto que compostos em dosagens altas causam retardo na formação de pupas e na subsequente emergência (LOPES et al., 2016).

Dentre os vários compostos fenólicos com bioatividade contra insetos fitófagos, a rutina, um flavonóide polifenólico, tem efeito sobre o desenvolvimento das fases imaturas de insetos, visto que em diferentes dosagens afeta o peso e tempo de desenvolvimento de larvas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (SILVA et al., 2016).

A atividade de fenóis, extraídos de plantas, no controle de insetos se estendem desde a inibição ou alteração no comportamento, reprodução e desenvolvimento até efeitos tóxicos agudos que causam a mortalidade direta, e essa bioatividade pode ser influenciada pela estrutura química do específico composto (BEZERRA, 2018). Plantas da família Fabaceae, como a *M. tenuiflora* são ricas em flavonoides, metabólitos secundários que tem como principal local de ação a acetilcolinesterase (AChE), como verificado com Perumalsamy et al. (2015), que avaliaram a ação larvicida de quatro flavonoides e dois ácidos graxos extraídos de sementes de *Millettia pinnata* sobre os dípteros *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* e *Culex pipiens pallen*.

A média resultante da emergência de *C. capitata* submetida ao contato direto com o extrato de *A. occidentale* evidenciou a interferência dos extratos no ciclo de vida do inseto alvo. Notadamente plantas do gênero *Anacardium* apresentam efeito inseticida sobre diversas ordens de insetos de importância agrícola ou sanitária, como a *Anacardium humile* que é um bioinseticida para o díptero *Aedes aegypti* L. (ROMANO, et al., 2018), assim como o Líquido de Castanha de Caju (LCC), extraído de *A. occidentale*, que é um potente larvicida botânico para essa espécie (MOTTI et al., 2019).

Os extratos de *A. occidentale* são ricos em compostos bioativos, entre eles flavonóides como: quercetina, ácido gálico, encontrados em extratos de folha e casca dessa planta, se mostram eficientes contra *Drosophila melanogaster* (COSTA et al., 2020), e outros compostos comumente ligados à ação tóxica sobre insetos em diversas fases de vida, um exemplo disso é o cardol, composto encontrado no óleo de *A. occidentale* com ação larvicida e pupicida para os mosquitos *A. aegypti*. e *Culex quinquefasciatus* (CARVALHO et al., 2019).

A utilização de extratos vegetais em forma de mix se mostrou satisfatória, visto que a média de insetos emergidos foi inferior às apresentadas pelos tratamentos controle, sendo estatisticamente similar ao efeito do extrato de *A. occidentale*. Outros trabalhos já fizeram uso de vegetais mixados e obtiveram bons resultados, à exemplo do trabalho de Vani et al. (2018)

que utilizaram um mix de óleo essencial de castanha do caju e óleo de *Ricinus communis* L. e identificaram efeito larvicida em de *Aedes aegypti*.

Os extratos de *C. sonderianus* e *C. heliotropiifolius* não diferiram significativamente dos controles, em todas as concentrações testadas (Tabela 4), porém apresentaram médias numericamente superiores de adultos emergidos, o que resultou uma porcentagem de eficiência de controle negativa, esse fato pode ser explicado como um efeito de hormoligose. De acordo com Luckey (1968) a hormoligose ocorre quando qualquer agente estressante, no nosso caso os extratos vegetais, em quantidade sub nocivas, estimula um organismo, as pupas de *C. capitata*, a apresentarem maior capacidade de resposta e adequação a ambientes com condições hostis ao seu desenvolvimento, dessa forma, as doses utilizadas desses extratos vegetais proporcionou uma mortalidade inferior ao controle e não foram eficientes para esse fim. Dessa forma há a necessidade de ampliar os estudos dos efeitos subletais, sobre os adultos sobreviventes.

É comumente utilizado uma escala de classificação em relação à toxicidade dos inseticidas comerciais, que tomam como base o cálculo da porcentagem de eficiência de controle e de acordo com essa escala o inseticida pode ser classificado conforme o efeito exercido (% de mortalidade que promove) sobre os insetos, como: S (seletivo = 0 a 20 %), B (baixa toxicidade = 21 a 40 %), M (média toxicidade = 41 a 60 %) e A (alta toxicidade = 61 a 100 %) (SILVA, 2004; LHAMBY e BACALTCHUK, 2007). Dessa forma de acordo com os valores aqui encontrados o extrato vegetal de *M. tenuiflora* pode ser classificado com altamente tóxico para pupas de *C. capitata*, enquanto os demais extratos ou não tiveram efeito, como foi o caso do *C. sonderianus* e *C. heliotropiifolius*, ou podem ser classificados como seletivos, como *A. occidentale* e o mix dos extratos.

4.2 BIOATIVIDADE DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

Bioensaios que avaliam a eficiência de extratos ou óleos essenciais de diversas plantas testam as dosagem ou concentrações mais adequadas e viáveis para utilização. A concentração de 150 µL/mL já se mostrou eficiente sobre diversas espécies de artrópodes como foi verificado por Madreseh-Ghahfarokhi et al. (2019) que avaliaram *Zingiber officinale* e *Eucalyptus* sobre

Rhipicephalus bursa e também verificaram eficiência de controle na concentração de 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

No estudo aqui conduzido testou-se quatro diferentes concentrações e verificou-se que a dosagem intermediária foi a mais eficiente, isso pode ter ocorrido devido à hormese, fenômeno que indica que há uma dosagem adequada e que manifesta maior efeito de interferência na biologia do inseto e que doses maiores, que em tese, deveria ser mais eficiente causam o efeito contrário, muitas vezes agindo como estimulantes (MURAKAMI, 2014; CUTLER, et al., 2022).

4.3 INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E DAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

A interação do extrato de *M. tenuiflora* se mostrou eficiente em todas as concentrações, mesmo na menor, 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (Tabela 4), o que evidencia sua alta atividade pupicida. A eficiência desse extrato provavelmente está relacionada à sua composição fitoquímica, mas também pode ter sido potencializada pelo método de exposição dos insetos a ele, visto que a aplicação tópica de extratos vegetais apresenta maior ação inseticida (PASCUAL-VILLALOBOS e ROBLEDO, 1999; PHAMBALA, 2020).

Em um ensaio com bioinseticidas de origem vegetal, Stupp et al. (2020) estudaram três espécies de *Annona* sobre adultos de *C. capitata*, sendo que *A. mucosa* provocou a mortalidade de mais de 85% em bioensaio de ingestão e de aplicação tópica, na dose de 0,5g/mL, resultados similares aos inseticidas convencionais.

Outro estudo com insetos praga como o *Sitophilus zeamais* avaliando o efeito de óleos essenciais de *Myristica fragrans*, *Cinnamomum verum*, *Pimenta racemosa*, *Syzygium aromaticum* e *Cuminum cyminum* em diferentes concentrações, mostrou que *M. fragrans*, e *C. verum* na concentração de 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$ apresentou efeito de mortalidade (RAMLAL et al, 2021).

Os dados dessas pesquisas, associados aos resultados obtidos neste estudo, encorajam o uso de bioinseticidas no controle de *C. capitata*, tendo em vista que esses produtos causam menos impactos ao agroecossistema e se mostraram eficientes nas doses testadas.

4.4 ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM *C. capitata* TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS DE PLANTAS DA CAATINGA

Os achados dessa pesquisa apontam para o efeito deletério dos extratos etanólicos de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* sobre a morfologia de *C. capitata*, afetando o processo de emergência dos insetos adultos, a quantidade de asas e o tamanho de alguns insetos sobreviventes. Dados similares foram encontrados por Boutjagualt et al. (2022), que avaliaram a bioatividade de *Fucus spiralis* sobre *C. capitata*.

Os extratos vegetais apresentam efeitos diversos sobre a emergência e a sobrevivência de insetos dípteros, assim como também causa deformações visíveis e alterações morfológicas no tamanho, número de pernas, asas, formação dos órgãos (PAJAČ ŽIVKOVIĆ et al., 2018; GUTIERREZ-PALOMARES et al., 2020; KHATER, 2020; SOLIMAN e EL-GENAIDY, 2021).

O efeito de extratos vegetais sobre a morfologia de insetos, em particular sobre a *C. capitata*, pode ser explicada em função de sua composição fitoquímica. Em relação ao extrato de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* em ambas as plantas estão presentes compostos fenólicos bioativos, assim como em outras plantas avaliadas sobre o mesmo inseto (BOURJAGUALT et al., 2022). Essas substâncias podem atuar no sistema neuroendócrino, podendo agir sobre as glândulas protorácicas, responsáveis pela biossíntese pela ecdisona e 20-hidroxicdisona, os hormônios da ecdise. Com isso pode ocorrer interferência no processo de desenvolvimento do inseto, desregulando a muda, assim como a metamorfose (BRAGA, SILVA e RAGA, 20219)

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos os extratos vegetais de *Mimosa tenuiflora*, *Anacardium occidentale* e o mix das quatro plantas (*C. sonderianus*, *M. tenuiflora*, *A. occidentale* e *C. heliotropiifolius*) possuem bioatividade, afetando o desenvolvimento e causando deformidades em pupas e adultos de *Ceratitis capitata*, reduzindo assim a emergência, comprometendo a sobrevivência e a viabilidade do inseto.

O extrato botânico de *M. tenuiflora* na concentração de 150 µL/mL apresentou maior bioatividade na letalidade de pupas de *C. capitata*, sugerindo seu potencial uso como bioinseticida para o controle dessa espécie-praga.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. *et al.* A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Jornal econ. Entomol**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.

ASAWALAM, E. F.; CONSTANCE, E. Control of field insect pests of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) using some plant extracts in Umudike, Nigeria. **Journal of Medicinal Plants for Economic Development**, v. 2, n. 1, p. 1-5, 2018.

BRAGA, S.; SILVA, M. E.; RAGA, A. Uso de extratos naturais no controle de insetos, com ênfase em moscas-das-frutas (Diptera: tephritidae). **Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 1, p. 1-30, 2019.

BEZERRA, D. A. C.; *et al.* Abordagem fitoquímica, composição bromatológica e atividade antibacteriana de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret e *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 1, p. 99-106, 14 fev. 2011.

BEZERRA, E. F. B. **Toxicidade de extratos de *Machaerium opacum* (Fabaceae) em *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2018. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-Go, 2018.

BOUTJAGUALT, I. *et al.* Chemical composition and insecticidal effects of brown algae (*Fucus spiralis*) essential oil against *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) pupae and adults. **Biocatalysis and agricultural biotechnology**, v. 40, p. 102308, 2022.

CABI. **Invasive Species Compendium Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide: *Ceratitis capitata* (Mediterranean fruit fly)**. 2022. Disponível em: <https://www-cabi.ez15.periodicos.capes.gov.br/isc/datasheet/12367#tosummaryOfInvasiveness>. Acesso em: 07 fev.2022.

CARTAXO, P. H. de A. **Óleos essenciais no controle de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba. 2020.

CARVALHO, G. H. F. de; *et al.* Larvicidal and pupicidal activities of eco-friendly phenolic lipid products from *Anacardium occidentale* nutshell against arbovirus vectors. **Environmental science and pollution research**, v. 26, n. 6, p. 5514-5523, 2019.

COSTA, A. R.; *et al.* Phytochemical profile of *Anacardium occidentale* L. (cashew tree) and the cytotoxic and toxicological evaluation of its bark and leaf extracts. **South African Journal Of Botany**, v. 135, p. 355-364, 2020.

CUTLER, G. C.; *et al.* Hormesis and insects: effects and interactions in agroecosystems. **Science Of The Total Environment**, v. 825, p. 153899, 2022.

- GANDHIMATHY, S.; JEYASANKAR, A. Toxicity of *Tarennia asiatica* (L.) Kuntze ex K. Schum on mosquito pupae. **Global Journal of Biotechnology & Biochemistry**, v.7, n. 4, p. 575-579, 2018
- GOMES, C. D. L.; *et al.* Bioactivity of plant extracts from caatinga on cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 7, p. 541-546, 2022.
- GUTIERREZ-PALOMARES, V. M. *et al.* Effect of irradiation on wing morphology of *Drosophila suzukii*. **Southwestern entomologist**, v. 45, n. 2, p. 475-482, 2020.
- KHATER, K. S. Histopathological effects of azadirachtin on *Dacus ciliatus* Loew (Diptera: Tephritidae). **Egyptian Academic journal of biological sciences, D. histology and histochemistry**, v. 12, n. 1, p. 91-104, 2020.
- LEANDRO, R. da S. *et al.* **Letalidade de *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae) submetida a diferentes extratos vegetais.** 2019. Tese de doutorado da Universidade Federal da Paraíba. 2019.
- LHAMBY, J.C.B.; BACALTCHUK, B. **Informações técnicas para a safra 2007 trigo e triticale.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 74p. (Embrapa Trigo: Documentos, 69).
- LOPES, A. I. F. *et al.* Cytotoxic plant extracts towards insect cells: Bioactivity and nanoencapsulation studies for application as biopesticides. **Molecules**, v. 25, n. 24, p. 5855, 2020.
- LOPEZ, T. E.; *et al.* The impact of green tea polyphenols on development and reproduction in *Drosophila melanogaster*. **Journal Of Functional Foods**, v. 20, p. 556-566, 2016.
- LUCKEY, T. D. Insecticide hormoligosis. **Journal of Economic Entomology**, v. 61, n. 1, p. 7-12, 1968.
- MELO, R. S. **Desenvolvimento e estabilidade de fitocosméticos contendo extratos de *Morus nigra* L. (Moraceae): avaliação da atividade fotoprotetora e antioxidante.** 2019. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2019.
- MGAYA, James; *et al.* Neerish. Cashew nut shell: a potential bio-resource for the production of bio-sourced chemicals, materials and fuels. **Green Chemistry**, v. 21, n. 6, p. 1186-1201, 2019.
- MOTTI, P. R., *et al.* Determinação da concentração letal da formulação a base do líquido da castanha do caju em larvas de *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera: Culicidae). 2019. **71ª Reunião Anual da SBPC – UFMS.** Campo Grande-MS, 2019.
- MURAKAMI, A. Dose-dependent functionality and toxicity of green tea polyphenols in experimental rodents. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 557, p. 3-10, 2014.
- OLAITAN, A. F.; ABIODUN, A. T.; ABIODUN, O. O. Bioactivity and effects of spraying interval of selected plant extracts for control of pre-flowering insect pests of watermelon (*Citrulus lanatus* [Thunb.] Matsum. & Nakai). **Acta agriculturae Slovenica**, v. 116, n. 1, p. 107-114, 2020.

PAJAČ ŽIVKOVIĆ, I. *et al.* Effect of fruit host on wing morphology in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A first view using geometric morphometrics. **Entomological research**, v. 48, n. 4, p. 262-268, 2018.

PASCUAL-VILLALOBOS, M. J.; ROBLEDO, A. Anti-insect activity of plant extracts from the wild flora in southeastern Spain. **Biochemical systematics and ecology**, v. 27, n. 1, p. 1-10, 1999.

PERUMALSAMY, H. *et al.* Larvicidal activity and possible mode of action of four flavonoids and two fatty acids identified in *Millettia pinnata* seed toward three mosquito species. **Parasites & vectors**, v. 8, n. 1, p. 1-14, 2015.

PHAMBALA, K.; *et al.* Bioactivity of common pesticidal plants on fall armyworm larvae (*Spodoptera frugiperda*). **Plants**, v. 9, n. 1, p. 112, 2020.

R Core Team. 2021. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. URL <https://www.R-project.org/>

RAMLAL, S. *et al.* Bioactivity of essential oils from five spices against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Tropical Agriculture**, v. 97, n. 1, 2021.

ROMANO, C. A.; *et al.* Insecticidal activity of *Anacardium humile* (Anacardiaceae) nut shell liquid against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Journal of Tropical Pathology**, v. 47, n. 3, p. 183, 25 set. 2018.

SANTANA, W. Dietas artificiais utilizadas no desenvolvimento larval de *Ceratitis capitata* (wied.) 1824. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2019.

SILVA, M. T. B. Normas para avaliação e para a indicação de inseticidas. São Paulo: EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do38_9.htm> Acessado em: 01-02-2022

SILVA, T. R. F. B.; *et al.* Effect of the flavonoid rutin on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 165, 2016.

SOARES, W. P.; *et al.* Atividade inseticida de extratos botânicos sobre a broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 1, p. 1-13, 21 fev. 2022.

SOLIMAN, N. A.; EL-GENAIDY, M. AM. Toxicological and Histological Effects of Licorice *Glycyrrhiza glabra* L., Roots Aqueous Extract on Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) Under Laboratory Conditions. **Journal of plant protection and pathology**, v. 12, n. 8, p. 553-562, 2021

STUPP, P. *et al.* Lethal and sublethal toxicities of acetogenin-based bioinsecticides on *Ceratitis capitata* and the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*. **Phytoparasitica**, p. 1-13, 2020.

VANI, J. M.; *et al.* The mixture of cashew nut shell liquid and castor oil results in an efficient larvicide against *Aedes aegypti* that does not alter embryo-fetal development, reproductive performance or DNA integrity. **Plos one**, v. 13, n. 3, p. e0193509, 2018.

WALIA, S.; *et al.* Phytochemical biopesticides: some recent developments. **Phytochemistry reviews**, v. 16, n. 5, p. 989-1007, 2017.

CAPÍTULO 3 – PERFIL DE COMPOSTOS FENÓLICOS E BIOATIVIDADE DE EXTRATOS BOTÂNICOS HIDROETANÓLICO SOBRE *Ceratitis capitata*

RESUMO

Diante da crescente demanda por produtos bioativos eficientes no controle de insetos fitófagos, como a *Ceratitis capitata*, que causem menos impactos negativos aos agroecossistemas, a utilização de compostos provenientes de espécies botânicas com potencial inseticida, na forma de extratos vegetais, torna-se um campo de estudo promissor no desenvolvimento de bioinseticida. A partir desse pressuposto, plantas nativas da Caatinga brasileira podem possuir em sua composição fitoquímica compostos que interfiram de forma deletéria no desenvolvimento de *C. capitata*. Objetivou-se verificar a ação bioativa de extratos vegetais hidroetanólicos de espécies vegetais da Caatinga sobre pupas de *Ceratitis capitata* e identificar e quantificar os principais compostos fenólicos presentes nos seus extratos vegetais. Os ensaios biológicos ocorreram na Clínica Fitossanitária da Universidade Federal da Paraíba. O material vegetal: castanhas *Anacardium occidentale* e folhas de *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora* foram processados e os extratos hidroetanólicos foram obtidos utilizando etanol 70% como solvente. O bioensaio de atividade biológica sobre os insetos foi conduzido em DIC, organizado em arranjo fatorial 5x4, sendo o primeiro fator composto por cinco níveis: Controle (água destilada) e os quatro extratos, e o segundo fator composto por quatro níveis, as concentrações: 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150 µL/mL, 200 µL/mL, totalizando 20 tratamentos. Cada tratamento foi composto por 5 repetições e em cada repetição foram adicionadas 10 pupas tratadas. Todos os extratos foram submetidos à cromatografia líquida de alta eficiência para identificação e quantificação dos compostos fenólicos. Nos ensaios biológicos os extratos estudados apresentaram evidência de bioatividade de letalidade sobre pupas de *C. capitata*, tendo o extrato de *M. tenuiflora* apresentado a menor média, 1,6 insetos emergidos, na concentração de 100 µL/mL e *A. occidentale* 1,8 na concentração de 200 µL/mL. Já os extratos de *C. sonderianus*, na maior concentração testada (200 µL/mL) causou média de 2,8 e *C. heliotropiifolius* apresentou médias de 4,2 insetos adultos emergidos, na concentração de 100 µL/mL. Foram identificados compostos fenólicos bioativos nos quatro extratos vegetais, alguns com efeito inseticida já identificados na literatura científica. Os extratos hidroetanólicos das plantas da Caatinga são letalmente bioativos a *C. capitata* em fase de pupa, com destaque aos extratos de *Anacardium occidentale* em 200 µL/mL e *M. tenuiflora* em 100 µL/mL. Foram identificados 20 compostos fenólicos distintos, distribuídos de forma diferentes entre os quatro extratos vegetais, sendo comum a todos e em quantidades consideráveis a Rutina e a Miricetina.

Palavras-chave: Metabólitos secundários; mosca-das-frutas; bioinseticida.

CHAPTER 3 - PROFILE OF PHENOLIC COMPOUNDS AND BIOACTIVITY OF HYDROETHANOL BOTANICAL EXTRACTS ON CERATITIS CAPITATA

ABSTRACT

Faced with the growing demand for efficient bioactive products in the control of phytophagous insects, such as *Ceratitis capitata*, which cause less negative impacts on agroecosystems, the use of compounds from botanical species with insecticidal potential, in the form of plant extracts, becomes a field of promising study in the development of bioinsecticide. Based on this assumption, native plants of the Brazilian Caatinga may have in their phytochemical composition compounds that interfere in a deleterious way with the development of *C. capitata*. The objective was to verify the bioactive action of hydroethanolic plant extracts from Caatinga species on *Ceratitis capitata* pupae and to identify and quantify the main phenolic compounds present in their plant extracts. The biological assays took place at the Phytosanitary Clinic of the Federal University of Paraíba. The plant material: *Anacardium occidentale* nuts and leaves of *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* and *Mimosa tenuiflora* were processed and the hydroethanolic extracts were obtained using 70% ethanol as solvent. The bioassay of biological activity on insects was conducted in DIC, organized in a 5x4 factorial arrangement, the first factor being composed of five levels: Control (distilled water) and the four extracts, and the second factor composed of four levels, the concentrations: 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150 µL/mL, 200 µL/mL, totaling 20 treatments. Each treatment consisted of 5 replicates and 10 treated pupae were added to each replicate. All extracts were submitted to high performance liquid chromatography for identification and quantification of phenolic compounds. In the biological assays, the studied extracts showed evidence of lethality bioactivity on *C. capitata* pupae, with the *M. tenuiflora* extract showing the lowest average, 1.6 emerged adult insects, at a concentration of 100 µL/mL and *A. occidentale* 1.8 at a concentration of 200 µL/mL. The extracts of *C. sonderianus*, at the highest concentration tested (200 µL/mL) caused an average of 2.8 and *C. heliotropiifolius* presented averages of 4.2 emerged adult insects, at a concentration of 100 µL/mL. Bioactive phenolic compounds were identified in the four plant extracts, some with insecticidal effect already identified in the scientific literature. Hydroethanolic extracts from Caatinga plants are lethally bioactive to *Ceratitis capitata* in the pupal stage, with emphasis on extracts of *Anacardium occidentale* at 200 µL/mL and *M. tenuiflora* at 100 µL/mL. Twenty distinct phenolic compounds were identified, distributed differently among the four plant extracts, being common to all and in considerable amounts, Rutin and Myricetin.

Keywords: Secondary metabolites; fruit fly; bioinsecticide.

1 INTRODUÇÃO

O controle de insetos considerados pragas agrícolas comumente é realizado utilizando inseticidas sintéticos, que por mais eficientes que sejam trazem consigo transtornos significativos, como: a indução de resistências aos insetos alvo, diminuição das populações de inimigos naturais no agroecossistema, contaminação de solo, água, ar e manipuladores. Com isso a busca por produtos alternativos, à exemplo dos inseticidas botânicos, com efetiva ação de controle e menores impactos ambientais, vem sendo cada vez mais intensificada (EBADOLLAHI, ZIAEE, PALLA, 2020; HIKAL, BAESHEN e SAID-AL AHL, 2017; PAVELA, 2016).

Nesse sentido os extratos vegetais surgem como uma dessas vias alternativas de controle de insetos. Eles apresentam efeitos citotóxicos para células de insetos, interferem na morfologia e fisiologia das fases imaturas (ovo, larva e pupa) e afetam também insetos adultos (LOPES et al., 2020; RAMKUMAR et al., 2019; SILVA SÁ et al., 2022).

O Brasil possui uma grande biodiversidade de plantas, ricas em compostos bioativos com enorme potencial para a produção de extratos vegetais, isso muito em função de sua extensão territorial que contempla biomas com vegetações muito distintas à exemplo do bioma Amazônico e da Caatinga. Na Caatinga, particularmente, existem plantas com grande potencial para aplicação em diversas áreas como: saúde, produção de energia, e controle fitossanitário, tendo evidências científicas substanciais de sua ação inseticida (SILVA MARTINS et al., 2022; MALAFAIA et al., 2017; MARQUES et al., 2021; FELIX et al., 2021).

Dentre os insetos considerados de importância econômica para o Brasil e para o mundo pode-se destacar a *Ceratitis capitata*, ou mosca-do-Mediterrâneo, visto que esse inseto é uma das pragas mais limitantes da fruticultura. Devido ao seu hábito alimentar polifágico esse inseto afeta diversas espécies de frutos economicamente explorados, de modo que seu controle é de extrema necessidade para o setor frutícola mundial e nacional (CARDOSO et al., 2022; DIAS, MONTOYA e NAVA, 2022).

Similar ao que ocorre com muitas outras pragas agrícolas a *C. capitata* é geralmente controlada com o uso de inseticidas químicos, sejam os organofosforados e carbamatos ou as espinosinas e piretróides, fato que como já exposto ocasiona inúmeros problemas à médio e longo prazo. Com isso, e tendo em vista que os extratos vegetais já se mostraram, em estudos anteriores, uma alternativa viável para controle de *C. capitata* (TSAKIRELI, 2019; DI ILIO e

CRISTOFARO, 2021) testar diferentes espécies vegetais da Caatinga brasileira torna-se um campo de investigação cada vez mais promissor. Objetivou-se avaliar a bioatividade de extratos vegetais hidroetanólicos de espécies da Caatinga no controle de *Ceratitis capitata* e identificar os compostos fenólicos presentes nesses extratos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental ocorreu na Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado na microrregião do Brejo paraibano, na cidade de Bananeiras à 131,0 km da capital do estado, João Pessoa.

2.1 OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS

Para obtenção dos extratos hidroetanólicos foram utilizados os frutos verdadeiros (Castanhas) de Caju (*Anacardium occidentale*), folhas de Velame (*Croton heliotropiifolius*), Marmeleiro (*Croton sonderianus*) e Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*). Esses vegetais foram coletados na área rural do município de Sertãozinho na região Agreste do estado da Paraíba (6°45'21.1"S 35°25'42.7"W), em novembro de 2021.

A obtenção dos extratos vegetais ocorreu na à Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Local onde o material vegetal foi submetido a uma pré-seleção, em que partes indesejadas, com lesões ou doenças, foram eliminadas. Feita a seleção, o material foi higienizado e preparado para a etapa seguinte.

Os vegetais foram desidratados e para isso, as estruturas sofreram cortes e foram transportadas à estufa de circulação de ar forçada, à uma temperatura de 45° C por um período de 48 horas. O material vegetal do *C. heliotropiifolius*, do *C. sonderianus* e da *Mimosa tenuiflora*, desidratados foram moidos com auxílio de um moinho de facas, onde foram obtidos os pós.

As castanhas (casca e amêndoa) de *A. occidentale* não passaram pelo processo de desidratação, nem pelo moinho, como os demais vegetais, de forma que após o corte seguiram para a etapa seguinte do processo de obtenção do extrato (MGAYA et al., 2019).

Foram pesados 100 g das estruturas vegetais (pós vegetais e as partes de castanha de caju) e adicionados à 500 mL de etanol 70% conforme metodologia adaptada de Melo (2019).

Essa mistura fora armazenada por sete dias e agitada a cada 24 horas, em local protegido da incidência de luz, evitando-se que os compostos fotossensíveis fossem alterados.

Após os sete dias a solução foi filtrada em duas etapas: na etapa 1 foi realizada a filtragem utilizando chumaço de algodão, para retirada do material sólidos, na etapa 2 foi utilizado papel filtro, com o intuito de filtrar possíveis resíduos sólidos ainda existentes na solução. O extrato filtrado resultante foi concentrado com o auxílio do rotaevaporador, com pressão reduzida e temperatura entre 45-50° C, e após isso o extrato obtido foi armazenado sob refrigeração (PADIAL et al., 2020; MIRANDA FILHO et al., 2021; MIRANDA et al., 2021).

2.2 TESTE DE EFICIÊNCIA DOS EXTRATOS HIDROETANÓLICOS

2.2.1 Organização experimental

Após a obtenção dos extratos vegetais hidroetanólicos deu-se prosseguimento com o teste biológico. O bioensaio foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), organizado em arranjo fatorial 5x4, sendo o primeiro fator composto por cinco níveis: o controle (água destilada), e os extrato de *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* e *M. tenuiflora*, e o segundo fator composto por quatro níveis, as concentrações: 50 µL/mL, 100 µL/mL, 150 µL/mL, 200 µL/mL. A combinação dos fatores totalizou 20 tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Representação esquemática da organização do Bioensaio

EXTRATOS	CONCENTRAÇÕES			
	50 µL/ml	100 µL/ml	150 µL/ml	200 µL/ml
Controle	T1	T2	T3	T4
<i>A. occidentale</i>	T5	T6	T7	T8
<i>C. heliotropiifolius</i>	T9	T10	T11	T12
<i>C. sonderianus</i>	T13	T14	T15	T16
<i>M. tenuiflora</i>	T17	T18	T19	T20

Cada tratamento continha cinco repetições, totalizando 100 unidades experimentais, que foram constituídas de uma placa de *Petri*, cuja parte interna foi recoberta por um disco de papel filtro para facilitar a observação e avaliação dos eventos ao longo do bioensaio. Em cada

unidade experimental foram colocadas 10 pupas de *C. capitata*, sendo utilizados 1.000 exemplares de pupas dos insetos durante o desenvolvimento da pesquisa.

2.2.2 Montagem e avaliação do bioensaio

Os insetos utilizados foram obtidos da criação estabelecida na Clínica Fitossanitária, do CCHSA/UFPB, a partir da doação inicial de pupas de *C. capitata* pelo Laboratório de Invertebrados do Centro de Ciências Agrárias da UFPB. Criação essa que seguiu o protocolo descrito por Brito (2007), com algumas adaptações.

Os extratos vegetais hidroetanólicos foram preparados nas diferentes concentrações para os testes biológicos com pupas de *C. capitata* (Figura 1). Inicialmente foram retiradas amostras de 250 μL , 500 μL , 750 μL , 1000 μL , de cada extrato e adicionadas à água destilada, na quantidade suficiente para resultar em um volume total de 5.000 μL por concentração preparada, o que resulta de forma mais precisa em concentrações de 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$, para o tratamento controle utilizou-se somente água destilada (Figura 1a).

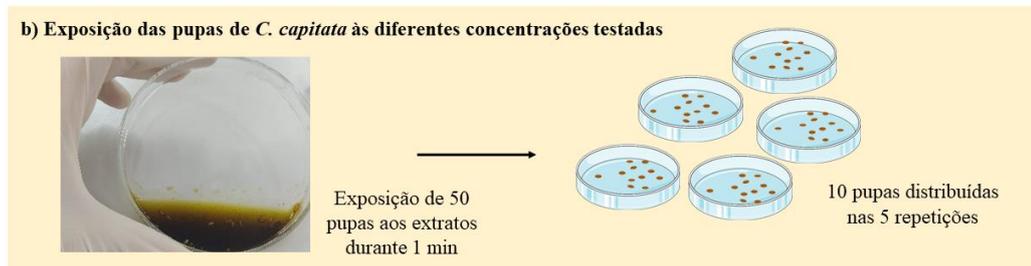
Para exposição das pupas aos extratos vegetais, 50 pupas, de oito dias, foram totalmente imersas em cada solução por 1 minuto e posteriormente distribuídas em um total de 10 pupas por unidade experimental (Figura 1b).

Figura 1 – Extratos vegetais hidroetanólicos de *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* nas concentrações testadas. **a)** Preparação dos extratos vegetais e tratamento controle. **b)** Pupas de *C. capitata* expostas aos extratos vegetais hidroetanólicos

a) Preparação dos extratos nas diferentes concentrações testadas



b) Exposição das pupas de *C. capitata* às diferentes concentrações testadas



Fonte: Autoria própria (2022)

Para avaliação as pupas foram observadas a cada 24 horas, após a montagem do bioensaio, até a emergência dos insetos. Após a verificação dos primeiros insetos emergidos procedeu-se com a contagem do número de insetos adultos em cada unidade experimental por mais três dias, sendo ainda verificada quaisquer anomalias evidentes como: atrofia de asas, inexistência de asas, anomalia no aparelho ovipositor, insetos incapazes de completar a metamorfose, alterações na coloração das pupas e insetos adultos mortos.

Os dados foram sistematizados e submetidos à análise de variância, e teste de média pelo software estatístico R v. 4.1.2 (R Core Team, 2021). Para cálculo da porcentagem de eficiência dos extratos como bioinseticidas foi utilizada a equação de Abbott (1925) (Equação 1).

Equação (1)

$$\% EC = \left(1 - \frac{n \text{ em } T \text{ após o bioensaio}}{n \text{ em } Co \text{ após o bioensaio}} \right) * 100$$

Onde:

%EC = Porcentagem de Eficiência de Controle Corrigida

n = número de insetos

T= Tratamento

Co= Controle

2.3 CROMATOGRAFIA DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS

A análise cromatográfica foi realizada no Laboratório de Materiais de Combustível (Lacom), Campus I, seguindo a metodologia descrita por Alcântara et al. (2019), de forma que foi utilizada a cromatografia líquida de alta eficiência (High Performance Liquid Chromatography - HPLC) Shimadzu (Kyoto, Japão), equipada com um injetor automático Rheodyne 7125i e um detector UV/VIS. As colunas utilizadas foram uma Shimadzu LC-18 (25 cm × 4,6 mm, tamanho de partícula de 5 µm, da Supelco, Bellefonte, PA, EUA) e uma pré-coluna Shimadzu C-18 ODS.

Para o processo de identificação dos compostos fenólicos, as amostras foram eluídas com um sistema de gradiente, composto por solvente A (ácido acético 2%, v/v) e solvente B (acetonitrila: metanol, 2:1, v/v), utilizado como fase móvel, com vazão de 1 mL/min. A temperatura da coluna foi mantida a 25°C e o volume de injeção foi de 20 µL. O sistema de gradiente começou de 90% A em 0 min, a 80% A em 10 min, 70% A em 15 min, 60% A em 25 min, 50% A em 30-40 min, 75% A em 42 min, e 90% A em 44 min. Os picos dos compostos fenólicos foram monitorados a 280 nm. O software LabSolutions (Shimadzu) foi usado para controlar o sistema LC-UV e para o processamento de dados.

3 RESULTADOS

3.1 BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA SOBRE *C. capitata*

De acordo com a análise de variância houve diferença significativa entre os tratamentos, de forma que as médias de insetos emergidos dos pupários tratados com os quatro extratos vegetais hidroetanólicos diferiram significativamente do tratamento controle. Os extratos hidroetanólicos de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* proporcionaram menores médias de insetos emergidos, 3,2 e 3,35, respectivamente. Os demais extratos, *C. heliotropiifolius* e *C. sonderianus*, apresentaram número médio de insetos emergidos de 4,6 e 5,15, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Número médio de adultos de *Ceratitis capitata* emergidos, e porcentagem de eficiência de controle (EC) dos extratos vegetais hidroetanólicos sobre os pupários tratados

Extratos vegetais etanólicos	Insetos emergidos	EC (%) *
Controle	8,40 ± 0,5 ^a	
<i>A. occidentale</i>	3,35 ± 1,73 ^c	60,12
<i>C. heliotropiifolius</i>	4,6 ± 1,6 ^b	45,24
<i>C. sonderianus</i>	5,15 ± 2,03 ^b	38,69
<i>M. tenuiflora</i>	3,2 ± 1,24 ^c	61,90

As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

*Porcentagem de eficiência de controle (EC) corrigida pela equação de Abbott (1925).

Com relação aos dados da porcentagem de EC, o extrato de *M. tenuiflora* mostrou 61,90% de eficiência e o de *A. occidentale* 60,12%, sendo os extratos que apresentaram maior porcentagem de controle de pupas de *C. capitata*. Os extratos de *C. heliotropiifolius* e *C. sonderianus* apresentaram porcentagens de EC de 45,24% e 38,68%, respectivamente, valores esses que foram inferiores aos apresentados pelos extratos de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* (Tabela 2).

3.2 DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

Os dados médios do número de insetos emergidos de pupas foram tratadas com os extratos vegetais nas quatro concentrações encontram-se na Tabela 3. No teste de comparação de média do fator concentração, isoladamente, verificou-se que há diferença significativa entre as médias do número de insetos emergidos dos pupários tratados. Nos testes com aplicação dos extratos na menor concentração, isto é, 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$, ocorreu a maior média de insetos emergidos, em comparação com as demais concentrações, tendo sido observado em média 5,9 insetos emergidos, enquanto as concentrações 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$, e 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$, não diferiram significativamente entre si, apresentando, respectivamente, médias de 4,6, 1,9 e 4,4 (Tabela 3).

Tabela 3- Média e desvio padrão de insetos adultos de *C. capitata* emergidos após submetidos às concentrações 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de extratos vegetais hidroetanólicos

Concentrações ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	Insetos emergidos
50	5,9 \pm 1,86 ^a
100	4,6 \pm 2,44 ^b
150	4,9 \pm 2,79 ^b
200	4,4 \pm 2,26 ^b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.3 INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E SUAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

A partir da análise de variância verificou-se que há interação significativa entre os fatores testados: extratos vegetais e concentrações. Os extratos hidroetanólicos foram bioativos em todas as concentrações quando comparados com o tratamento controle.

O número de adultos de *C. capitata* emergidos foi menor quando as pupas foram tratadas com os extratos hidroetanólicos de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* a partir da concentração de 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$. A menor média de adultos emergidos de pupários tratados com 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de extrato de *M. tenuiflora* foi de 1,6 e de 1,8 para os pupários tratados com 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de extrato de *A. occidentale*. O extrato de *C. sonderianus* na maior concentração testada (200 $\mu\text{L}/\text{mL}$) proporcionou um número médio de 2,8 insetos emergidos e o extrato de *C.*

heliotropiifolius na concentração de 100 µL/mL apresentou médias de 4,2 adultos emergidas de *C. capitata* (Tabela 4).

Tabela 4 – Número médio de insetos de *Ceratites capitata* emergidos de pupários tratados com diferentes concentrações de extratos hidroetanólicos de plantas da Caatinga

Extratos	Concentrações (µL/mL)			
	50 ^{1,2}	100 ^{1,2}	150 ^{1,2}	200 ^{1,2}
Controle	8,4 ± 0,5 ^{aA}	8,4 ± 0,5 ^{aA}	8,4 ± 0,5 ^{aA}	8,4 ± 0,5 ^{aA}
<i>Anacardium occidentale</i>	4,6 ± 0,5 ^{bA}	3,2 ± 1,1 ^{bcAB}	3,2 ± 0,8 ^{bAB}	1,8 ± 0,4 ^{cB}
<i>Croton heliotropiifolius</i>	5,8 ± 3,3 ^{bA}	4,2 ± 1,3 ^{bA}	5,4 ± 2,2 ^{bA}	5,2 ± 0,8 ^{bA}
<i>Croton sonderianus</i>	5,8 ± 0,8 ^{bA}	5,4 ± 1,1 ^{bA}	4,4 ± 0,8 ^{bAB}	2,8 ± 1,8 ^{cB}
<i>Mimosa tenuiflora</i>	5,0 ± 1,0 ^{bA}	1,6 ± 0,5 ^{cB}	3,2 ± 0,8 ^{aAB}	3,6 ± 2,2 ^{bcAB}

¹Média seguida pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

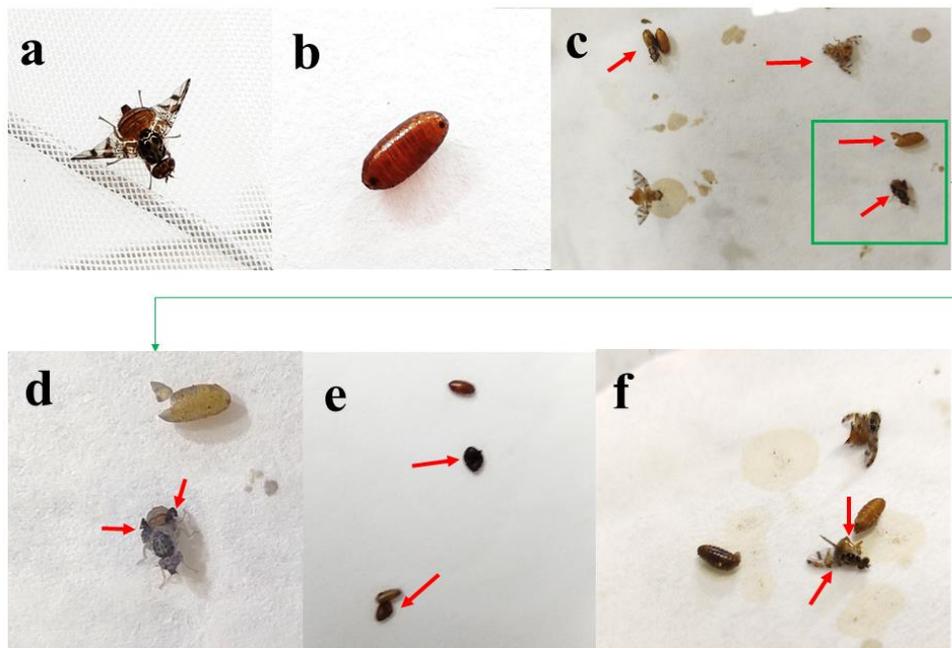
² Desvio padrão (s) aplicado aos dados originais

3.4 ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM *C. capitata* TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA

Os insetos emergidos foram observados afim de verificar possíveis anomalias comportamentais e/ou morfológicas visíveis macroscopicamente (Figura 2). Foi possível notar que alguns dos insetos tratados com os extratos hidroetanólicos de *M. tenuiflora* e *A. occidentale* apresentaram dificuldade de movimentação e dificuldade em emergir do pupário (Figura 2c), isso quando comparados com os insetos que formavam o tratamento controle (Figura 2a), além disso foi possível observar a ausência de uma (Figura 2f) ou das duas asas em alguns dos insetos tratados (Figura 2d).

Foi observado que alguns pupário apresentaram mudança de coloração e textura, quando comparados com os pupários do tratamento controle (Figura 2b). Os pupários que apresentaram alterações ficaram visivelmente mais escurecidos ao longo o experimento e com consistência menos firme (Figura 2e), culminando em insetos não emergidos e, por consequência, mortos (Figura 2f).

Figura 2 – Visualização de alterações morfológica de *C. capitata* tratadas com extratos etanólicos de vegetais da Caatinga. **a** – Adulto saudável de *C. capitata*. **b** – Pupário saudável de *C. capitata*. **c** – Inseto adulto de *C. capitata* emergindo do pupário, inseto adulto morto e vivo com alterações morfológicas. **d** – Inseto adulto de *C. capitata* com asas visivelmente atrofiadas. **e** – Pupários com alteração na coloração e apresentando deformidade estrutural. **f** – Adulto de *C. capitata* morto, apresentando ausência de uma das asas.



Fonte: Autora (2021)

3.5 PERFIL DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA

Na tabela 5 podem ser observado os compostos fenólicos presentes nos extratos vegetais de *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* e suas quantidades em miligrama por grama de extrato.

Tabela 5 – Composto fenólicos presentes nos extratos vegetais de *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora*

Compostos	Quantidade (mg/g)			
	<i>Anacardium occidentale</i>	<i>Croton heliotropiifolius</i>	<i>Croton sonderianus</i>	<i>Mimosa tenuiflora</i>
Ácido 3,4 diroxibenzoico	3,4	1,4	1,4	1,8
Ácido 4 Hidroxibenzoico	5,2	2	4,4	1,6
Ácido p Cumárico	4,2	1	1,6	0,6
Ácido Salicílico	270,4	6,2	0	0

Cont. da **Tabela 5**

Compostos	Quantidade (mg/g)			
	<i>Anacardium occidentale</i>	<i>Croton heliotropiifolius</i>	<i>Croton sonderianus</i>	<i>Mimosa tenuiflora</i>
Ácido Sinápico	0	1,2	6	2,4
Ácido Siríngico	11,8	0,4	2,2	1
Ácido Trans cinâmico	0	0,4	0,6	0,4
Ácido Vanílico	3,2	2	3	3
Ácido Felúrico	6,6	0,8	2	0
Ácido Elágico	0	1,4	0	1,4
Ácido Cafeico	50,6	4,6	4,2	0
Rutina	192,2	2	11,6	25,8
Miricetina	61,2	5,6	114,6	20,4
Quercetina	0	1	2,6	2,4
Naringenina	9,2	0,8	6	0,8
Kampferol	10,8	0,4	3	1,8
Catequina	50,8	6	19,2	1,8
Hespertina	1	0	0,4	0
Crisina	1,2	0	0	0
Ac Gálico	5,2	0	0,6	3,2

4 DISCUSSÃO

4.1 BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA SOBRE *C. capitata*

Todos os extratos (*Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora*) se mostraram bioativos e interferiram no desenvolvimento dos pupários de *Ceratitis capitata*, com destaque maior para os extratos de *Mimosa tenuiflora* e *Anacardium occidentale*. Essas plantas são ricas em compostos fenólicos (HERNANDEZ et al., 2022; BAPTISTA et al., 2020) e esses compostos podem atuar como atraentes, repelentes, esterilizantes ou inseticidas para *C. capitata* (ALUJA et al., 2019; ABBASSY, IBRAHIM e GAB ALLA, 2018; TABANCA et al., 2019).

Plantas como *C. heliotropiifolius* e *C. sonderianus* possuem em sua composição rutina, hiperina, quercitrina, isoquercitrina, canferol-6"-O-p-coumaroil-3-Oβ-D-galactosídeo, tilirosídeo e 3'-metoxi-tlirosídeo (CABRERA, 2019). Compostos fenólicos como a quercetina, rutina, ácido gálico e ácido tânico já se mostraram eficientes na inibição da oviposição da mosca-do-melão (*Bactrocera cucurbitae*) (SHARMA e SOHAL, 2016). Compostos fenólicos e polifenólicos também demonstraram efeito ovicida e quimioesterilizante sobre *C. capitata* (DI ILIO e CRISTOFARO, 2020; (HOFFMANN-CAMPO, HARBORNE e MCCAFFERY, 2001; SALVADOR et al., 2010; SILVA e ALMEIDA, 2016).

Assim como os resultados encontrados neste estudo, os trabalhos de Dantas et al. (2019) e Souza, Cruz e Pereira (2021) mostraram que a *M. tenuiflora* possui efeito inseticida sobre dípteros. Efeito esse que pode ser justificado pela presença, em seu extrato, de fenólicos como: ácido cafeico, cumarina, ácido salicílico, rutina, quercetina e kaempferol (OMENA et al., 2020). Os compostos presentes nos extratos de *M. tenuiflora* já se mostraram eficientes no controle de *C. capitata* e outros insetos (LEANDRO et al., 2019; BAZ et al., 2022; MAZOR, 2018) corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

O extrato de *A. occidentale* é rico em compostos fenólicos como: catequina, rutina, ácido tânico, ácido gálico, hidroquinina, isoquercetina, epicatequina, ácido anacárdico (CHOTPHRUETHIPONG, BENJAKUL e KIJROONGROJANA. 2017; VILAR, et al., 2016; CORREIA, DAVID e DAVID, 2006) e já se mostrou eficiente no controle de dípteros como a

Musa domestica e a *Chrysomya megacephala* e lepidópteros como *Anticarsia gemmatalis* e *Spodoptera frugiperda* (CARVALHO et al., 2019).

Um dos principais metabólitos secundários da *A. occidentale* é o ácido 6-nonadecil salicílico, ou ácido anacárdico, um composto de ocorrência natural, sendo o resultado de vários compostos orgânicos intimamente relacionados e pode estar associado à inibição da acetiltransferase, enzima ligada a síntese da Acetilcolina, importante receptor do sistema nervoso dos insetos (LUAN et al., 2016). Esse composto pode ter colaborado para a morte dos insetos ainda no estágio de pupa, afetando o sistema nervoso ainda dentro do envoltório pupal.

Como neste estudo houve a interferência na fisiologia do inseto e por consequência na mudança de estágio de desenvolvimento, de pupa a adulto é possível que o mecanismo de ação do extrato de *A. occidentale* tenha agido no processo de muda, tendo em vista que já foi relatado a ação do Ácido Anacárdico, agindo na inibição da tirosinase ou da lacase, ambas enzimas ligadas ao processo de muda dos insetos (SCHULTZ et al., 2006).

Em relação à porcentagem de eficiência de controle e seguindo a escala de classificação de inseticidas comerciais, que leva em consideração o nível de toxicidade, que o produto possui sobre a espécie alvo ou os inimigos naturais, e classifica os inseticidas como: **S** (seletivo = 0 a 20 %), **B** (baixa toxicidade = 21 a 40 %), **M** (média toxicidade = 41 a 60 %) e **A** (alta toxicidade = 61 a 100 %) (SILVA, 2004; LHAMBY e BACALTCHUK, 2007), o extrato de *C. sonderianus* é classificado com **B**, o extrato de *C. heliotropiifolius* é classificado como **M** e os extratos de *A. occidentale* e *M. tenuiflora* são classificados como **A**.

Além da composição química dos extratos seu efeito pode ter sido potencializado pela forma de exposição dos insetos à eles, visto que os insetos foram diretamente colocados em contato com os extratos. De acordo com Oviedo et al. (2017) o contato direto, através da aplicação tópica de diferentes biopesticidas produz diferentes efeitos na mortalidade pupal de *Ceratitis capitata*. No mesmo estudo, os óleos essenciais de *Baccharis dracunculifolia* (Alecrim-do-campo) e *Pinus elliottii* (Pinho comum) causaram 100% de mortalidade em pupas de *C. capitata*.

Dessa forma pode-se afirmar que os extratos vegetais hidroetanólicos das plantas da Caatinga aqui estudada, em particular *Anacardium occidentale* e *Mimosa tenuiflora*, são eficientes no controle de *C. capitata*.

4.2 DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

As concentrações dos extratos vegetais interferiram no processo de desenvolvimento de *C. capitata* de forma que já na menor concentração (50 $\mu\text{L}/\text{mL}$) aproximadamente 50% das pupas não foram viáveis. Esse número progrediu nas concentrações intermediárias (100 $\mu\text{L}/\text{mL}$ e 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$), chegando a menor média de insetos adultos emergidos, ou seja, o maior número de pupas inviáveis, na maior concentração testada de 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

Uma droga vegetal pode apresentar efeito sobre a biologia de um inseto mesmo em baixas concentrações, a exemplo do que ocorreu no ensaio com hidrolato de *Monarda didym* sobre *Drosophila suzukii*, que após aplicação via contato direto observou-se efeito tóxico em dosagens baixas (5,03 $\mu\text{L}/\text{mL}$) (FINETTI et al., 2022).

Contudo o efeito pode variar e aumentar a medida que a concentração do extrato vegetal aumenta como no estudo de Pinto, Vella e Agrò (2020), em que dosagens diferentes de óleos essenciais de *Mentha piperita* (hortelã-pimenta), *Cupressus sempervirens* (cipreste). e *Eucalyptus globulus* (eucalipto) foram estudadas contra a traça do tomateiro (*Tuta absoluta*) e após uma hora de exposição o óleo essencial de eucalipto determinou-se 100% de mortalidade (na dose de 7 $\mu\text{l}/\text{ml}$), enquanto os de cipreste e hortelã-pimenta causaram 70% (na dose de 12 $\mu\text{l}/\text{ml}$) e 50% (na dose de 50 $\mu\text{l}/\text{ml}$), respectivamente.

Os dados aqui expressos são parecidos aos encontrados no estudo de Ruiz et al. (2014), que estudaram extratos vegetais de citrus sobre estágios imaturos (ovos e larvas) de *C. capitata*, e obtiveram como resultado para ovos que o extrato de éter de limão (*Citrus limon*) chegou a CL_{50} (Concentração Letal de 50% da população) em 113,46 $\mu\text{L}/\text{mL}$.e a LC_{90} (Concentração Letal de 90% da população) em 323,94 $\mu\text{L}/\text{mL}$, e o extrato de éter de toranja (*Citrus paradisi*) chegou a $\text{LC}_{50\%}$ em 72,94 $\mu\text{L}/\text{mL}$.e $\text{LC}_{90\%}$ em 240,43 $\mu\text{L}/\text{mL}$. Para larvas as concentrações foram muito menores e mesmo assim foi verificado efeito dos extratos e seus compostos.

Nossos achados são similares, também, aos encontrados no estudo de Anmed, et al. (2020) em que a mortalidade de *Brevicoryne brassicae*, submetido a diferentes extratos vegetais, aumentou à medida que houve o aumento das concentrações e períodos de exposição.

Tendo em vista a otimização do uso dos extratos aqui estudados e visando o uso prático desses, como bioinseticida, as concentrações 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$ e 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ dos extratos

hidroetanólicos das plantas da Caatinga, aqui pesquisadas, podem ser utilizadas no controle de *C. capitata*.

4.3 INTERAÇÃO ENTRE OS EFEITOS DOS EXTRATOS VEGETAIS E SUAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SOBRE PUPAS DE *C. capitata*

A interação entre efeito/concentração evidenciou que o extrato de *M. tenuiflora* a 10% (100 µL/mL) foi mais bioativo em relação aos demais, mesmo em uma concentração intermediária. É de conhecimento nosso que não há estudos que avaliaram *M. tenuiflora* sobre fases imaturas de *C. capitata*, contudo outros ensaios foram conduzidos avaliando a bioatividade inseticida do extrato vegetal de *M. tenuiflora*, sobre outros insetos, por exemplo a planta na forma de pó vegetal afeta a emergência de adultos de *Callosobruchus maculatus*, bem como causa a mortalidade de *Sitotroga cerealella* (MELO, 2014; OLIVEIRA, et al., 2020).

Algumas espécies botânicas reduzem sua eficiência em concentrações altas assim como discutido por Santos et al. (2011), o que ocorreu no caso no extrato de *M. tenuiflora* que alcançou sua maior bioatividade em uma concentração intermediária, mesmo ainda se mostrando eficiente na medida que a concentração aumentou.

A bioatividade dos extratos vegetais sobre *C. capitata* pode ser dependente da relação efeito/concentração, a exemplo do extrato etanólico de *Ruta graveolens* que apresentou atividade inseticida em adultos de *C. capitata*, obtendo uma DL₅₀ em uma concentração 36,4 µL/mL e a DL₉₀ e 60,1 µL/mL (GHABBARI, et al., 2018) dados próximos aos encontrados no presente trabalho.

O extrato de *A. occidentale* desde a menor concentração (50 µL/mL) induziu números baixos de insetos emergidos, se destacando na maior concentração testada, de 200 µL/mL, isso pode ter sido ocasionado pela composição química do extrato ou pelo fator dose/resposta, entendendo esse fator como verificação da eficácia de uma droga aplicada em níveis crescentes, a fim de identificar em que nível há uma resposta em uma população (SOUZA, CHAVES e MUNIZ, 2011).

Dados parecidos foram encontrados por Ramasamy et al. (2021), que avaliaram diferentes concentrações de extratos brutos de éter de petróleo de *Ageratum conyzoides* e a dosagem máxima testada, 200 ppm, demonstrou atividade larvicida significativa contra o quarto

instar de *Aedes aegypti*, com 96% de mortalidade, *Anopheles stephensi*, com 93% de mortalidade, e *Culex quinquefasciatus* com 92% de mortalidade.

4.4 ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM *C. capitata* TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA

As alterações morfológicas observadas nos espécimes de *C. capitata* ao longo do bioensaio, pode ser relacionada à composição química dos extratos vegetais, tendo em vista a presença de composto com ácido cafeico, rutina, miricetina e outros compostos fenólicos que comumente estão relacionados na literatura científica como desencadeador de deformações nos insetos expostos a eles (CANDIDO, 2016; PERES et al., 2017; BENTIVENHA et al., 2018).

Eventos similares ocorreram nos estudos de Pereira (2022) e Pereira et al. (2022), de forma que a ação deletéria de fitocompostos presentes em bioproducto de origem vegetal sobre insetos díperos vem sendo atestada em outras pesquisas. Alguns compostos bioativos presentes em vegetais podem ocasionar deformações diversas na estrutura dos insetos, indo desde alterações nos órgãos reprodutivos, até na ocorrência de atrofia total do inseto ou parcial, tendo em vista a atrofia de alguns órgãos ou estruturas externas como as asas, pernas ou aparelho bucal (MARTINS JUNIOR, 2017; NASCIMENTO, 2018; WARMLING et al., 2018; SILVA et al., 2018; SILVA, 2019).

4.5 PERFIL DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DOS EXTRATOS VEGETAIS HIDROETANÓLICOS DE PLANTAS DA CAATINGA

De acordo com os resultados da análise fitoquímica, focada na identificação e quantificação dos compostos fenólicos dos extratos vegetais testados ao longo desse estudo, verificou-se a presença e a ausência de diferentes compostos fenólicos, assim como quantidades distintas dos compostos existentes. E esse fato pode estar intimamente relacionado à bioatividade desempenhada pelos extratos sobre as pupas de *C. capitata*.

Foram identificados 16 compostos fenólicos no extrato de *Anacardium occidentale*, porém alguns em quantidades mais elevadas, como: ácido salicílico (270,4 mg/g), Rutina (192,2 mg/g), miricetina (61,2 mg/g), catequina (50,8), ácido cafeico (50,6 mg/g), Kampferol (11,8 mg/g), ácido felúrico (6,6 mg/g), ácido gálico e ácido 4 hidroxibenzoico (5,2 mg/g) e ácido cumárico (4,2 mg/g), enquanto outros compostos fenólicos foram identificados em menor quantidade.

Entre os 17 compostos fenólicos identificados no extrato de *Croton heliotropiifolius* os que foram encontrados em maior quantidade foram o ácido salicílico (6,2 mg/g), aatequina (6 mg/g), miricetina (5,6 mg/g), ácido cafeico (4,6 mg/g). No extrato de *Croton sonderianus* foram encontrados 17 os compostos fenólicos, sendo os mais presentes: miricetina (114,6 mg/g), catequina (19,2 mg/g), rutina (11,6 mg/g) e naringenina (6 mg/g).

Já no extrato de *M. tenuiflora* foram identificados 15 compostos fenólicos, destacando-se em maior quantidade a rutina (25,8 mg/g) e a miricetina (20,4 mg/g), sendo identificados outros compostos (quercetina, ácido sirínico, ácido gálico e outros) em menor expressão.

Diversas pesquisas apontam esses compostos, presentes nos extratos das plantas da Caatinga, aqui investigadas, como inseticidas potentes (VARGAS, 2015; PANTOJA PULIDO, 2018; BURGER et al., 2021; PUNIA et al., 2021).

O ácido salicílico, por exemplo, é um dos metabólitos secundários essenciais para a manutenção da resistência sistêmica das plantas (HUANG et al., 2020), de forma que potencialmente é um composto bioativo potente para controle de insetos fitófagos. O ácido salicílico tem se mostrado altamente tóxico juntamente com os outros fenólicos, como: miricetina e rutina, sobre *Sitophilus oryzae* (ABDELKHALEK et al., 2020). Esses compostos também têm sido estudados em associação à inseticidas sintéticos para aumentar a eficiência, desse ultimo, e resultar em menores quantidades sendo utilizadas no campo (EL-SHERBENI et al. 2019).

Em nosso estudo foi evidenciado que todos os extratos vegetais apresentaram efeito sobre pupas de *C. capitata*, contudo em diferentes níveis, e com base na análise fitoquímica observou-se que os estratos mais bioativos (*M. tenuiflora* e *A. occidentale*) apresentam quantitativos distintos dos compostos fenólicos identificados, o que nos leva a crer que esse efeito está fundamentado na sinergia dos compostos, que de acordo com Casanova e Costa (2017) é o efeito produzido pelas interações de substâncias em combinação, que se mostra mais bioativa que seus componentes isoladamente.

5 CONCLUSÃO

Os extratos hidroetanólicos de *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora* são bioativos sobre pupas de *Ceratitis capitata*, com destaque ao extrato de *A. occidentale* na concentração de 200 µL/mL e *M. tenuiflora* a 100 µL/mL, que afetaram substancialmente a sobrevivência desse inseto, causando também alterações morfológicas significativas nos insetos.

Foram identificados 20 compostos fenólicos distintos, distribuídos de forma diferentes entre os quatro extratos vegetais, sendo comum a todos e em quantidades consideráveis a Rutina e a Miricetina, aos quais podem ser associadas às atividades biológicas identificadas ao longo do estudo.

Esses achados nos levam a considerar os extratos hidroetanólicos das espécies vegetais da Caatinga, aqui testadas, potencialmente úteis como métodos de interrupção do ciclo biológico da mosca-do-mediterraneo *C. capitata*.

REFERÊNCIAS

- ABBASSY, M. M. S.; IBRAHIM, H. Z.; GAB ALLA, Mahenaz AA. Evaluating the insecticidal and fungicidal efficiency of *Acacia nilotica* pods extract. **Journal of Plant Protection and Pathology**, v. 9, n. 5, p. 283-289, 2018.
- ABBOTT, W. S. *et al.* A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Jornal econ. Entomol**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.
- ABDELKHALEK, A.; *et al.* Antiviral, antifungal, and insecticidal activities of *Eucalyptus* bark extract: HPLC analysis of polyphenolic compounds. **Microbial Pathogenesis**, v. 147, p. 104383, 2020.
- AHMED, M., *et al.* Insecticidal activity and biochemical composition of *Citrullus colocynthis*, *Cannabis indica* and *Artemisia argyi* extracts against cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2020.
- ALCÂNTARA, M. A., *et al.* Effect of the solvent composition on the profile of phenolic compounds extracted from chia seeds. **Food Chemistry**, v. 275, p. 489-496. 2019.
- ALUJA, M. *et al.* *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) is not a host of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Evidence from multi-year field and laboratory studies in Colombia. **Insects**, v. 10, n. 12, p. 434, 2019.
- BAPTISTA, A. B., *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Anacardium occidentale* L. and *Anacardium microcarpum* D. extracts on the liver of IL-10 knockout mice. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, p. 1-13, 2020.
- BAZ, M. M. *et al.* Larvicidal and adulticidal effects of some Egyptian oils against *Culex pipiens*. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1-18, 2022.
- BENTIVENHA, José PF *et al.* Role of the rutin and genistein flavonoids in soybean resistance to *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae). **Arthropod-plant interactions**, v. 12, n. 2, p. 311-320, 2018.
- BRITO, C. H. de. **Controle térmico de mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata*) (Wied.) em frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.).** 2007. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007
- BURGER, M. C. de M.; *et al.* Flavonoides e atividade inseticida sobre *Spodoptera frugiperda* de *Myrsine coriacea* (Primulaceae). **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 4, p. 953-958, 2021.
- CABRERA, S. P. **Estudo químico de flores visitadas por abelhas do Sertão paraibano.** 2019. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Química da a Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2019.
- CANDIDO, L. P. **Busca de extratos e compostos ativos com potencial herbicida e inseticida nas espécies *Davilla elliptica* St. Hill e *Ocotea pulchella* Nees & Mart.** 2016.

Tese de doutorado em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos. 2016.

CARDOSO, J. S. *et al.* Genetic diversity in populations of Mediterranean Fruit Flies in north-eastern Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 14, n. 2, 2022.

CARVALHO, G. H. F. de, *et al.* Ovicidal and deleterious effects of Cashew (*Anacardium occidentale*) nut shell oil and its fractions on *Musca domestica*, *Chrysomya megacephala*, *Anticarsia gemmatalis* and *Spodoptera frugiperda*. **Chemistry & Biodiversity**, v. 16, n. 5, p. 1-10, 2019.

CASANOVA, L. M., COSTA, S. S. Interações sinérgicas em produtos naturais: potencial terapêutico e desafios. **Revista Virtual Química**, 9 (2), p. 575-595, 2017

CHOTPHRUETHIPONG, L.; BENJAKUL, S.; KIJOONGROJANA, K.. Optimization of extraction of antioxidative phenolic compounds from cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaves using response surface methodology. **Journal of Food Biochemistry**, v. 41, n. 4, p. 12379-12389, 2017.

CORREIA, S. de J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Química Nova**, v. 29, p. 1287-1300, 2006.

DANTAS, J. O. *et al.* Extracts of potential plants in the control of the *Aedes aegypti* population. **Ensaio e Ciência**, v. 23, n. 2, p. 104-108, 2019

DI ILIO, V., CRISTOFARO, M. Polyphenolic extracts from the olive mill wastewater as a source of biopesticides and their effects on the life cycle of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, n. 1, p. 359-366, 2021.

DIAS, N. P.; MONTOYA, P.; NAVA, D. E. Historical invasion of medfly in the Neotropical region and adoption of management techniques. **Current Opinion in Insect Science**, 2022.

EBADOLLAHI, A.; ZIAEE, M.; PALLA, F. Essential oils extracted from different species of the Lamiaceae plant family as prospective bioagents against several detrimental pests. **Molecules**, v. 25, n. 7, p. 1556, 2020.

EL-SHERBENI, A. E. H. E.D.; *et al.* Effect of some insecticides alone and in combination with salicylic acid against aphid, *Aphis gossypii*, and whitefly *Bemisia tabaci* on the cotton field. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 1, p. 1-7, 2019.

FELIX, S. F., *et al.* Chemical composition, larvicidal activity, and enzyme inhibition of the essential oil of *Lippia grata* Schauer from the Caatinga Biome against dengue vectors. **Pharmaceuticals**, v. 14, n. 3, p. 250, 2021.

FINETTI, Luca; *et al.* Monarda didyma Hydrolate Affects the Survival and the Behaviour of *Drosophila suzukii*. **Insects**, v. 13, n. 3, p. 280, 2022.

GHABBARI, M.; *et al.* Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 907-917, 2018.

HERNANDEZ, C. *et al.* Preservation of *Mimosa tenuiflora* antiaflatoxic activity using microencapsulation by spray-drying. **Molecules**, v. 27, n. 2, p. 496, 2022.

- HIKAL, W. M.; BAESHEN, R. S.; SAID-AL AHL, H. A. H. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. **Cogent Biology**, v. 3, n. 1, p. 1404274, 2017.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; HARBORNE, J. B.; MCCAFFERY, A. R. Pre-ingestive and post-ingestive effects of soya bean extracts and rutin on *Trichoplusia ni* growth. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 98, n. 2, p. 181-194, 2001.
- HUANG, W.; *et al.* biosynthesis and regulation of salicylic acid and n-hydroxypipicolinic acid in plant immunity. **Molecular Plant**, v. 13, n. 1, p. 31-4, 2020.
- LEANDRO, R. da S. *et al.* **Letalidade de *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae) submetida a diferentes extratos vegetais.** 2019. Tese de doutorado da Universidade Federal da Paraíba. 2019.
- LOPES, A. I. F.; *et al.* Cytotoxic plant extracts towards insect cells: bioactivity and nanoencapsulation studies for application as biopesticides. **Molecules**, v. 25, n. 24, p. 5855, 2020.
- LUAN, Y., *et al.* Histone acetyltransferases. **Epigenetic Technological Applications**, p. 291-317, 2015.
- MALAFIA, C. B., *et al.* Effects of Caatinga plant extracts in planktonic growth and biofilm formation in *Ralstonia solanacearum*. **Microbial Ecology**, v. 75, n. 3, p. 555-561, 2017.
- MARQUES, D. M., *et al.* Essential oils of caatinga plants with deleterious action for *Aedes aegypti*: a review. **South African Journal of Botany**, v. 143, p. 69-78, 2021.
- MARTINS JUNIOR, V. X. **Bioatividade de óleo essencial de *Laurus nobilis* (Lauraceae) sobre *Lucilia cuprina* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Calliphoridae).** 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Entomologia Médica) - Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2017.
- MAZOR, M. L. The role of acetic acid in the attraction of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* to ammonium acetate. **Phytoparasitica**, v. 46, n. 3, p. 377-381, 2018.
- MELO, B. A.; *et al.* Bioactivity of powders from plant species on reproduction of *Callosobruchus maculatus* (Fabr. 1775)(Coleoptera: Bruchidae). **Bioscience Journal**, v. 30, n. Supplement, p. 346-353, 2014.
- MELO, R. S. **Desenvolvimento e estabilidade de fitocosméticos contendo extratos de *Morus nigra* L. (Moraceae): avaliação da atividade fotoprotetora e antioxidante.** 2019. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2019.
- MGAYA, J., *et al.* Neerish. Cashew nut shell: a potential bio-resource for the production of bio-sourced chemicals, materials and fuels. **Green Chemistry**, v. 21, n. 6, p. 1186-1201, 2019.
- MIRANDA FILHO, A. E. F. de *et al.* Atividade do extrato hidroetanólico das folhas de *Raphanus sativus* em glândulas submandibulares de ratos com diabetes mellitus. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e21610212447-e21610212447, 2021.
- MIRANDA, P. H. O. de *et al.* Efeito alelopático do extrato etanólico das folhas de *Caryocar coriaceum* Wittm. sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 3, 2021.

- NASCIMENTO, R. F. S. C. **Bioatividade de óleos essenciais extraídos de duas espécies de Piper (Piperaceae) sobre o desenvolvimento pós-embrionário de Chrysomya megacephala (Fabricius, 1794) (Calliphoridae), em laboratório.** 2018. 150 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Entomologia Médica) - Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 2018.
- OLIVEIRA, V. L. P.; et al. Avaliação de extratos vegetais da flora nordestina no controle no controle da *Sitotroga cerealella* Olivier, 1819. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 145-152, 2020.
- OMENA, W. E. C., et al. Fracionamento biodirecionado da atividade alelopática da planta *Mimosa tenuiflora* e identificação de seus compostos fenólicos. **EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, v. 9, n. 1, p. 1075-1086, 2020.
- OVIEDO, A., et al. Biopesticide effects on pupae and adult mortality of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Austral Entomology**, v. 57, n. 4, p. 457-464, 2018.
- PADIAL, I. M. P. M. et al. Efeito de extratos vegetais de *Styrax camporum* Pohl. sobre a oviposição de *Plutella xylostella* (L., 1758)(Lepidoptera: Plutellidae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 67038-67055, 2020.
- PANTOJA PULIDO, K. D. **Atividade inseticida de extratos e atividade antioxidante de derivados do ácido cafeico em *Tithonia diversifolia*, e atividade antibacteriana de Regioisômeros sintéticos análogos ao Achyrofuran em Achyrocline Satureoides.** 2018. Tese de Doutorado em Ciências Químicas - Universidade do Vale. 2018.
- PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects—a review. **Plant Protection Science**, v. 52, n. 4, p. 229-241, 2016.
- PEREIRA E. B. S. S., et al. Atividade larvicida do extrato aquoso e do hidrolato das folhas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan sobre o *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Revista semiárido de Visu**, 1:32-45. 2022.
- PEREIRA, E. B. S. S. **Bioatividade do óleo essencial de feijão-bravo (*Cynophalla hastata*) frente à mosca-da-fruta (*Ceratitis capitata*) e sua toxicidade em *Artemia salina*.** 2022. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, PE, 39 f., 2022.
- PERES, L. L. S. et al. Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, n. 4, p. 125, 2017.
- PINTO, M. L.; VELLA, L.; AGRÒ, A. Adulticidal activity of essential oils of *Mentha piperita* L., *Cupressus sempervirens* L., and *Eucalyptus globulus* Labill. against the tomato leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). **Jornal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, p. 1721-1728, 2020.
- PUNIA, A.; et al. Effect of gallic acid on the larvae of *Spodoptera litura* and its parasitoid *Bracon hebetor*. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2021

R Core Team. 2021. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. URL <https://www.R-project.org/>

RAMASAMY, V.; *et al.* Chemical characterization of billy goat weed extracts *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) and their mosquitocidal activity against three blood-sucking pests and their non-toxicity against aquatic predators. **Environmental Science And Pollution Research**, v. 28, n. 22, p. 28456-28469, 2021.

RAMKUMAR, G.; *et al.* *Culex quinquefasciatus* egg membrane alteration and ovicidal activity of *Cipadessa baccifera* (Roth) plant extracts compared to synthetic insect growth regulators. **Research and Reports in Tropical Medicine**, v. 10, p. 145-151, 2019.

RUIZ, M. J., *et al.* Toxic effect of citrus peel constituents on *Anastrepha fraterculus* Wiedemann and *Ceratitis capitata* Wiedemann immature stages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 41, p. 10084-10091, 2014.

SALVADOR, M. C. *et al.* Do different casein concentrations increase the adverse effect of rutin on the biology of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)? **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 774-783, 2010.

SANTOS, C. A. B.; *et al.* Atividade inseticida de extratos vegetais contra o pulgão (*Aphis craccivora* Koch) do feijão caupi (*Vigna unguiculata*). **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, p.1-5, 2011

SCHULTZ, D. J., *et al.* Bioactivity of anacardic acid against colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) larvae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 20, p. 7522-7529. 2006.

SHARMA, R.; SOHAL, S. K. Oviposition response of melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) to different phenolic compounds. **Journal of Biopesticides**, v. 9, n. 1, p. 46, 2016.

SILVA MARTINS, Luiza Helena da *et al.* Antimicrobial activity of extracts and essential oils of medicinal plants occurring in amazonia: nanotechnology as a boon to enhance bioactivity. In: **Promising Antimicrobials from Natural Products**. Springer, Cham, 2022. p. 31-52.

SILVA SÁ, G. C. da; *et al.* Arbovirus vectors insects: are botanical insecticides an alternative for its management?. **Journal of Pest Science**, p. 1-20, 2022.

SILVA, Juliana Barroso. **Avaliação biológica e biotecnológica de uma serpina (CfSerpina) do endoparasitoide *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) sobre o seu hospedeiro *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2018. Teses de doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola) – FCAV. 2018.

SILVA, T. R. F. B., *et al.* Effect of the flavonoid rutin on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 165, 2016.

SILVA, Tainá Maria Santos da. **Indigofera suffruticosa MILL (FABACEAE): estudo da biologia reprodutiva de machos de *Aedes aegyptis***. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2019.

SOUZA, D. dos S., CRUZ, L. de S. e PEREIRA, R. de C. Methanolic extract of the root bark of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret to control *Aleurocanthus woglumi* ASHBY (Hemiptera:

Aleyrodidae). In: **Presented at the 1st International Electronic Conference on Entomology (IECE 2021)**. 2021. p. 15.

SOUZA, E. M.; CHAVES, L. M.; MUNIZ, J. A. Regressão isotônica aplicada à análise *PROBIT* em ensaios de dose-resposta sequenciais. **Revista Brasileira Biomédica**, São Paulo, v.29, n.1, p.122-146, 2011

TABANCA, N., *et al.* Laboratory evaluation of natural and synthetic aromatic compounds as potential attractants for male Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. **Molecules**, v. 24, n. 13, p. 2409, 2019.

TSAKIRELI, D. *et al.* Functional characterization of CYP6A51, a cytochrome P450 associated with pyrethroid resistance in the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 157, p. 196-203, 2019.

VARGAS, J. D. **Análise fitoquímica e potencial inseticida de *Eragrostis plana* NEES sobre *Drosophila Melanogaster***. 2015. 31 f. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Biotecnologia). Universidade Federal do Pampa. Campus São Gabriel. São Gabriel. 2015.

VILAR, M.; *et al.* Assessment of phenolic compounds and anti-inflammatory activity of ethyl acetate phase of *Anacardium occidentale* L. Bark. **Molecules**, v. 21, n. 8, p. 1087, 2016.

WARMLING, Jheniffer Valmira et al. **Efeitos letais e subletais de extratos vegetais alcoólicos sobre *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2018.

CONCLUSÃO GERAL

A partir dos achados dessa pesquisa os extratos etanólicos e hidroetanólicos das espécies botânicas *Anacardium occidentale*, *Croton heliotropiifolius*, *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora* possuem rendimentos significativos, principalmente os extratos hidroetanólicos.

Os extratos etanólicos de *A. occidentale*, *M. tenuiflora* e a mistura dos extratos de *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* interferiram, individualmente e como mix, no desenvolvimento de *Ceratitis capitata*, dado seu efeito tóxico sobre a fase de pupas, podendo representar uma alternativa viável no controle desse inseto.

Verificou-se ainda a ação biológica dos extratos vegetais hidroetanólicos de todas as espécies estudadas, em pupas de *C. capitata*, o que aponta a possibilidade de sua utilização como bioinseticida. Esse potencial inseticida possivelmente está associado aos compostos fenólicos identificados, em particular à Rutina e a Miricetina, comum a todos os extratos aqui estudados e com ação tóxica contra insetos fitófagos já evidenciada.

Conclui-se que os extratos das espécies botânicas *A. occidentale*, *C. heliotropiifolius*, *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* são bioativos sobre *C. capitata* e possuem potencial ação bioinseticida.