



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA E  
DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL**

**MICHELE SOUSA TRAVASSOS TORRES**

**EXTRAÇÃO ARTESANAL, CARACTERIZAÇÃO E BIOATIVIDADE DE  
ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS**

**JUAZEIRO**

**2023**

**MICHELE SOUSA TRAVASSOS TORRES**

**EXTRAÇÃO ARTESANAL, CARACTERIZAÇÃO E BIOATIVIDADE DE  
ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial, para obtenção do título de Doutora.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Rita de Cássia Rodrigues Gonçalves Gervásio.

Co-orientador: Prof. Dr. José Alves de Siqueira Filho.

**JUAZEIRO**

**2023**

T693e Torres, Michele Sousa Travassos  
Extração artesanal, caracterização e bioatividade de óleos essenciais sobre pragas de grãos armazenados / Michele Sousa Travassos Torres. - Juazeiro, 2023.  
xv, 85 f.: il.; 29 cm.

Tese (Doutorado em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial - PPGADT) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Espaço Plural, Juazeiro, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Rodrigues Gonçalves Gervásio.

1. Plantas aromáticas. 2. Bioinseticidas. 3. Hidrodestilação. I. Título. II. Gervásio, Rita de Cássia Rodrigues Gonçalves. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 581.634

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF  
Bibliotecário: Márcio Pataro. CRB - 5 / 1369.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA E  
DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL - PPGADT**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**


**Michele Sousa Travassos Tôrres**

**EXTRAÇÃO ARTESANAL, CARACTERIZAÇÃO E BIOATIVIDADE DE  
ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial, nível Doutorado Profissional, na Linha de Pesquisa: Ambiente, Saúde e Sistemas Agroalimentares, como requisito da obtenção do título de Doutora em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial.


Aprovado(a) em: 12 de junho de 2023.

**Banca Examinadora**

Documento assinado digitalmente  
 RITA DE CASSIA RODRIGUES GONCALVES  
Data: 18/06/2023 09:35:40-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof(a). Dr(a). Rita de Cássia Rodrigues Gonçalves Gervásio - PPGADT/UNIVASF

Documento assinado digitalmente  
 GERTRUDES MACARIO DE OLIVEIRA  
Data: 17/06/2023 21:33:06-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


---

Prof(a). Dr(a). Gertrudes Macario de Oliveira - UNEB/PPGADT

Documento assinado digitalmente  
 MICHELY CORREIA DINIZ  
Data: 13/06/2023 12:09:21-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


---

Prof(a). Dr(a). Michely Correia Diniz- UNEB/PPGADT

Documento assinado digitalmente  
 VIMARIO SIMÕES SILVA  
Data: 15/06/2023 07:51:03-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Vímário Simões Silva - – UFCG/CCT

Documento assinado digitalmente  
 MOISES FELIX DE CARVALHO NETO  
Data: 14/06/2023 17:23:19-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Moisés Felix de Carvalho Neto- UFAM

Dedico ao meu esposo Yury, que foi o meu apoio em todas as etapas para a realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pois, é o melhor caminho, a verdade que liberta e a fonte de água viva para todo o sempre.

Aos meus pais, Marcelino Xavier Travassos e Albaneide Sousa Travassos, pela criação e cuidados.

Ao meu esposo Yury Jansen Soares Siqueira Torres, pelo amor, incentivo, competência e dedicação.

À professora Rita de Cássia Rodrigues Gonçalves Gervásio, pela oportunidade de realização deste estudo, pela orientação segura e competente, dedicação, atenção e liberdade durante a realização deste trabalho.

Ao senhor Marcio Nardelli Wandermuren do Centro Analítico de Instrumentação da Universidade de São Paulo, pela competência e atenção.

As profissionais Ana Caroline Coelho Pereira da Silva e Elaine Maiara Bonfim Nunes do Centro de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas da Caatinga, da Universidade Federal do Vale do São Francisco, pela atenção, profissionalismo e cordialidade.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco pela oportunidade de realização deste trabalho de pesquisa.

Finalmente, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a concretização desta tese.

*Então, Maria, tomando uma libra de bálsamo de nardo puro, mui precioso, ungiu os pés de Jesus e os enxugou com os seus cabelos; e encheu-se toda a casa com o perfume do bálsamo.*

JOÃO 12: 3

## RESUMO

TORRES, M.S.T. (2023). **Extração artesanal, caracterização e bioatividade de óleos essenciais sobre pragas de grãos armazenados**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA.

Óleos essenciais são compostos aromáticos extraídos de plantas. Controlam pragas, são seguros e naturais. Avaliou-se a atividade inseticida de OEs de quatro plantas (*Croton blanchetianus* Baill, *Sida cordifolia* Linn, *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson e *Shinus terebinthifolius* Raddi) sobre *Callosobruchus maculatus* e *Sitophilus zeamais*. A extração dos OEs ocorreu de duas formas: convencional e artesanal. Nas duas formas, aplicou-se o método da hidrodestilação. Utilizou-se materiais de baixo custo para fazer o extrator artesanal de OEs. Foram realizadas extrações simultâneas dos OEs de *C.blanchetianus*, *Citrus sinensis* e *Rosmarinus officinalis* através da extrações convencional e artesanal. Os rendimentos dos OEs obtidos pelos dois métodos foi comparado e analisado estatisticamente. Realizou-se o perfil cromatográfico dos OEs extraídos convencionalmente. Para os bioensaios, utilizou-se recipientes com feijão e insetos adultos não sexados da espécie *C. maculatus* e *S. zeamais*. Em seguida, aplicou-se diferentes concentrações dos OEs de *C. blanchetianus*, *S. cordifolia*, *L. alba* e *S. terebinthifolius* nos testes de biofumigação. Após 48 horas, analisou-se estatisticamente os resultados de mortalidade determinando-se as concentrações letais  $CL_{50}$  e  $CL_{90}$ . No experimento de sinergismo, os compostos majoritários foram aplicados por fumigação, individualmente ou em mistura, nas doses correspondentes às suas concentrações no OE de *C. blanchetianus*. Para as espécies de marmeleiro, laranja e alecrim, os rendimentos foram de 0,45%, 0,69% e 0,64%, respectivamente, no extrator artesanal, e 0,49%, 1,09% e 1,00% na extração convencional. Os rendimentos dos OEs apenas pelo método convencional foram: *C. blanchetianus* (0,90% e 0,50%), *S. cordifolia* (0,03%), *L. alba* (0,3%) e *S. terebinthifolius* (0,2%). O perfil cromatográfico apresentou os seguintes componentes majoritários: 1,8-cineol (32,89%) para o *C. blanchetianus*; espatulenol (31,76%) para *S.cordifolia*; linalol (75,17%) para a *L. alba* e oxido de cariofileno (13,61%) para *S. terebinthifolius*. Atividade inseticida do OE de *C. blanchetianus* apresentou valores de  $CL_{50} = 2,46\mu\text{L}/750\text{mL}$  e  $CL_{90} = 3,91\mu\text{L}/750\text{mL}$ . O OE de *S. cordifolia* apresentou baixa mortalidade (5,3%) de *C.maculatus* na maior dosagem utilizada. O OE das cascas de *S. terebinthifolius* apresentou atividade contra o inseto *C. maculatus*, resultando alta mortalidade (100%) a partir da dose de  $40\mu\text{L}/750\text{mL}$ . O OE de *L. alba* mostrou bioatividade contra *C. maculatus*, com valores de  $CL_{50} = 1,57\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$  e  $CL_{90} = 1,59\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ . O OE de *L. alba* apresentou baixa mortalidade (2%) contra *S. zeamais*. No sinergismo, a mistura de 1,8-cineol e  $\alpha$ -pineno apresentou menor toxicidade do que o 1,8-cineol isolado, indicando potencial biocida deste constituinte. Os resultados de sinergismo demonstram que o potencial do OE de *C. blanchetianus* no controle de *C. maculatus* em grãos armazenados deve-se ao efeito sinérgico de seus constituintes. A obtenção de OEs por meio de um extrator artesanal é eficiente, apresentando rendimentos semelhantes ao método convencional. O vídeo educacional aborda a eficácia dos OEs como bioinseticida. O site <https://bioinseticidasnaagricultura.com/> fornece informações sobre o uso de OEs como bioinseticidas na agricultura.

**Palavras-chave:** plantas aromáticas; hidrodestilação; rendimento; bioinseticidas.



## ABSTRACT

TORRES, M.S.T. (2023). **Artisanal extraction, characterization and bioactivity of essential oils on stored grain pests**. Doctoral thesis. Universidade Federal do Vale do São Francisco, BA.

Essential oils are aromatic compounds extracted from plants. They control pests, are safe and natural. The insecticidal activity of EOs from four plants (*Croton blanchetianus* Baill, *Sida cordifolia* Linn, *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson and *Shinus terebinthifolius* Raddi) on *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus zeamais* was evaluated. The extraction of EOs occurred in two ways: conventional and artisanal. In both forms, the hydrodistillation method was applied. Low-cost materials were used to make the handmade EO extractor. Simultaneous extractions of *C. blanchetianus*, *Citrus sinensis* and *Rosmarinus officinalis* EOs were carried out through conventional and artisanal extractions. The EO yields obtained by the two methods were compared and statistically analyzed. The chromatographic profile of conventionally extracted EOs was performed. For the bioassays, containers with beans and unsexed adult insects of the species *C. maculatus* and *S. zeamais* were used. Then, different concentrations of EOs from *C. blanchetianus*, *S. cordifolia*, *L. alba* and *S. terebinthifolius* were applied in the biofumigation tests. After 48 hours, the mortality results were statistically analyzed by determining the lethal LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> concentrations. In the synergism experiment, the major compounds were applied by fumigation, individually or in mixture, at doses corresponding to their concentrations in the EO of *C. blanchetianus*. For the quince, orange and rosemary species, the yields were 0.45%, 0.69% and 0.64%, respectively, in the artisanal extractor, and 0.49%, 1.09% and 1.00% in conventional extraction. The yields of EOs only by the conventional method were: *C. blanchetianus* (0.90% and 0.50%), *S. cordifolia* (0.03%), *L. alba* (0.3%) and *S. terebinthifolius* (0.2%). The chromatographic profile showed the following major components: 1,8-cineol (32.89%) for *C. blanchetianus*; spathulenol (31.76%) for *S. cordifolia*; linalool (75.17%) for *L. alba* and caryophyllene oxide (13.61%) for *S. terebinthifolius*. Insecticidal activity of the EO from *C. blanchetianus* showed values of LC<sub>50</sub> = 2.46µL/750mL and LC<sub>90</sub> = 3.91µL/750mL. The EO from *S. cordifolia* showed low mortality (5.3%) of *C. maculatus* in the highest dosage used. The EO from the bark of *S. terebinthifolius* showed activity against the insect *C. maculatus*, resulting in high mortality (100%) from the dose of 40µL/750 mL. The EO from *L. alba* showed bioactivity against *C. maculatus*, with values of CL<sub>50</sub> = 1.57µL/mL<sup>-1</sup> and CL<sub>90</sub> = 1.59µL/mL<sup>-1</sup>. The EO of *L. alba* showed low mortality (2%) against *S. zeamais*. In synergism, the mixture of 1,8-cineol and α-pinene showed less toxicity than 1,8-cineol alone, indicating the biocidal potential of this constituent. The synergism results demonstrate that the potential of *C. blanchetianus* EO in controlling *C. maculatus* in stored grains is due to the synergistic effect of its constituents. Obtaining EOs using an artisanal extractor is efficient, with yields similar to the conventional method. The educational video addresses the effectiveness of EOs as a bioinsecticide. The website <https://bioinseticidasnaagricultura.com/> provides information on the use of EOs as bioinsecticides in agriculture.

**Keywords:** aromatic plants; hydrodistillation; performance; bioinsecticides.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> <i>C. blanchetianus</i> .....	20
<b>Figura 2:</b> <i>L. alba</i> .....	21
<b>Figura 3:</b> <i>S. cordifolia</i> .....	23
<b>Figura 4:</b> <i>S. terebinthifolius</i> .....	24
<b>Figura 5:</b> Alguns dos principais constituintes dos óleos essenciais de <i>C. blanchetianus</i> (Euphorbiaceae), Família Malvaceae, <i>S. terebinthifolius</i> (Anacardiaceae) e <i>L. alba</i> (Verbenaceae).....	27
<b>Figura 6:</b> Mapa de localização da área de estudo .....	43
<b>Figura 7:</b> Extração de OEs por hidrodestilação utilizando o equipamento Clevenger .....	45
<b>Figura 8:</b> Extração de OEs por hidrodestilação utilizando o equipamento artesanal .....	47
<b>Figura 9:</b> Câmara climatizada para criação de insetos ( <i>C. maculatus</i> e <i>S. zeamais</i> ) .....	48
<b>Figura 10:</b> Perfil cromatográfico do óleo essencial das folhas frescas de <i>C. blanchetianus</i> .....	57
<b>Figura 11:</b> Perfil cromatográfico do óleo essencial das folhas frescas de <i>S. cordifolia</i> .....	57
<b>Figura 12:</b> Perfil cromatográfico do óleo essencial das cascas de <i>S. terebinthifolius</i> .....	57
<b>Figura 13:</b> Perfil cromatográfico do óleo essencial das folhas frescas de <i>L. alba</i> .....	58
<b>Figura 14.</b> Curva concentração-mortalidade para adultos de <i>C. maculatus</i> tratados com OE de <i>C. blanchetianus</i> .....	64

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Massas das espécies vegetais utilizadas na extração de OEs.....	46
<b>Tabela 2.</b> Rendimento médio do óleo essencial de <i>C. blanchetianus</i> .....	51
<b>Tabela 3.</b> Rendimento médio do óleo essencial de <i>C. sinensis</i> .....	52
<b>Tabela 4.</b> Rendimento médio do óleo essencial de <i>R. officinalis</i> .....	53
<b>Tabela 5.</b> Rendimento médio dos óleos essenciais de <i>C. sinensis</i> , <i>C. blanchetianus</i> e <i>R. officinalis</i> obtidos através dos métodos de extração convencional e artesanal.....	53
<b>Tabela 6.</b> Rendimento médio do óleo essencial obtido das folhas de <i>C. blanchetianus</i> .....	54
<b>Tabela 7.</b> Constituintes do óleo essencial de folhas frescas de <i>C. blanchetianus</i> .....	59
<b>Tabela 8.</b> Constituintes do óleo essencial de folhas frescas de <i>S. Cordifolia</i> .....	60
<b>Tabela 9.</b> Constituintes do óleo essencial de cascas de <i>S. terebinthifolius</i> .....	62
<b>Tabela 10.</b> Constituintes do óleo essencial de folhas de <i>L. alba</i> .....	62
<b>Tabela 11.</b> Estimativas das CL <sub>50</sub> e CL <sub>90</sub> ( $\mu\text{g}/750\text{ cm}^3$ ) do óleo essencial de <i>C. blanchetianus</i> sobre <i>C. maculatus</i> .....	64
<b>Tabela 12.</b> Concentração Letal (CL) ( $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ) de óleo essencial de folhas de <i>L. alba</i> sobre <i>C. maculatus</i> .....	69

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b>	Quimiotipos do óleo essencial tea tree <i>Melaleuca alternifolia</i> .....	33
<b>Quadro 2 .</b>	Rendimento de óleos essenciais em função dos métodos de secagem.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>cm<sup>3</sup></b>	centímetros cúbicos
<b>CL<sub>50</sub></b>	Concentração Letal necessária para matar 50% dos organismos testados.
<b>CL<sub>90</sub></b>	Concentração Letal necessária para matar 90% dos organismos testados.
<b>CL<sub>95</sub></b>	Concentração Letal necessária para matar 95% dos organismos testados.
<b>OEs</b>	Óleos Essenciais
<b>OE</b>	Óleo Essencial
<b>CG</b>	Cromatografia gasosa
<b>h</b>	hora
<b>ISO</b>	International Standard Organization
<b>m</b>	metro
<b>QT</b>	Quimiotipo
<b>µL</b>	microlitro

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
2.1 <i>Croton blanchetianus</i> Baill .....	19
2.2 <i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson.....	20
2.3 <i>Sida cordifolia</i> Linn.....	22
2.4 <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	24
2.5 Óleos Essenciais: Principais características e variabilidade química .....	25
2.5.1 Atividade Inseticida .....	34
2.6 O mercado de óleos essenciais .....	38
2.7 Extração e rendimento de óleos essenciais: Um olhar para o agricultor familiar	40
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	42
3.1 Tipo de Pesquisa.....	42
3.2 Local de Estudo .....	43
3.3 Material Vegetal .....	44
3.4 Extração e rendimento do óleo essencial por hidrodestilação utilizando equipamento convencional Clevenger .....	45
3.5 Extração e rendimento do óleo essencial por hidrodestilação utilizando equipamento artesanal .....	46
3.6 Análise CG-EM do óleo essencial .....	47
3.7 Criação dos insetos .....	47
3.8 Avaliação da atividade inseticida .....	48
3.9 Avaliação de Sinergismo .....	49
3.10 Análise estatística .....	50
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	50
4.1 Extração e rendimento de óleos essenciais .....	50
4.2 Influência da Secagem no Rendimento de Óleo Essencial de Folhas de <i>Croton blanchetianus</i> utilizando o equipamento Clevenger .....	54
4.3 Análise CG-EM .....	57
4.3.1 Óleo essencial de <i>Croton blanchetianus</i> .....	58
4.3.2 Óleo essencial de <i>Sida cordifolia</i> .....	60
4.3.3 Óleo essencial de <i>Schinus terebinthifolius</i> .....	60
4.3.4 Óleo essencial de <i>Lippia alba</i> .....	62

4.4 Avaliação da atividade inseticida .....	63
4.5 Sinergismo dos principais constituintes do óleo essencial de <i>Croton blanchetianus</i> sobre <i>Callosobruchus maculatus</i> .....	70
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	71
<b>6. SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS</b> .....	72
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	74
<b>APÊNDICE: PRODUTO FINAL</b> .....	100

## 1. INTRODUÇÃO

A relação entre o homem e os insetos é antiga e complexa. Porém, com o avanço do tempo e, do desenvolvimento da humanidade em diversas áreas do conhecimento, estabeleceu-se uma melhor compreensão sobre o mundo em que vivemos, bem como a complexidade dos fatores bióticos e abióticos em nosso planeta. Tais fatores, são considerados um pilar harmônico sustentável para a vida de diversas espécies da flora e da fauna.

Neste contexto, muito tem-se descoberto sobre a importância dos insetos para os ecossistemas naturais. Isto acontece, por serem organismos abundantes em todo o nosso planeta, e também, devido a identificação de uma elevada variedade de espécies que se destacam não somente como organismos nocivos, mas prestadores de diversos serviços ecossistêmicos essenciais como ciclagem de nutrientes, polinização, predação e parasitismo, além da decomposição de detritos (JANKIELSOHN, 2018). Segundo esse mesmo autor, percebe-se ainda, a importância do estudo das relações entre os insetos e as plantas nos sistemas agrícolas, uma vez que aproximadamente 50% destes organismos, são herbívoros e o crescimento descontrolado de uma pequena fração (0,5%) do total de espécies conhecidas podem colocá-los na categoria de pragas por causarem danos significativos à produção agrícola mundial.

Considerando ainda, o universo agrícola, é notável e intuitivo para o agricultor, a necessidade de controlar o crescimento de populações de insetos considerados pragas, uma vez que os mesmos, causam prejuízos e resultam na necessidade de adoção de diferentes métodos de controle (NIU *et al.*, 2018).

As perdas de grãos por infestação de insetos, durante o armazenamento podem atingir 50 a 60% em situações extremas (KUMAR *et al.*, 2017; LUO *et al.*, 2020), o que se constitui em um dos grandes obstáculos para a melhoria da qualidade dos alimentos e a conquista da segurança alimentar (BOXALL, 2001). Dentre esses insetos, os coleópteros se destacam como grupo mais importante, sendo que entre as espécies de maior interesse se incluem: *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae), *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Curculionidae) (SHAAYA *et al.*, 1997), que provocam danos quantitativos e qualitativos em grãos e sementes armazenados (RAJKUMAR *et al.*, 2019).



O caruncho *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) é uma das mais importantes pragas do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, pelo seu impacto na perda de peso dos grãos armazenados (HARSHANI e KARUNARATNE, 2019; OLIVEIRA, 1984). Segundo Ganascini *et al.* (2019), a região Nordeste do Brasil, destaca-se como a maior produtora de feijão do gênero *Vigna* do país. No entanto, grandes quantidades dos grãos produzidos nessa região, são perdidas durante o armazenamento, sendo uma das principais causas, a ação dos insetos-praga. Outra praga importante a ser combatida, é o gorgulho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: curculionidae), que ataca diretamente o milho, podendo causar danos tanto em condições de campo, como no cereal armazenado (ALAM *et al.*, 2019).

O manejo de insetos-praga de grãos armazenados é normalmente realizado com o uso de pesticidas químicos (WAQAS *et al.*, 2018), no entanto, o uso generalizado leva a riscos ecológicos, ambientais e a saúde humana (WERRIE *et al.*, 2021), além de promover o desenvolvimento de populações de insetos resistentes aos princípios ativos utilizados (SISAY *et al.*, 2019; RUSIN e GOSPODAREK, 2018). Portanto, a descoberta de novos produtos naturais relativamente seguros e eficazes contra pragas, que possam contribuir para uma gestão sustentável do agroecossistema, tem se tornado cada vez mais importante.

Os produtos à base de plantas se constituem em fontes potencialmente importantes de pesticidas botânicos. Dentro desse contexto, os óleos essenciais (OEs) surgem como alternativa promissora por apresentarem atividade inseticida, pela grande biodisponibilidade no mundo e uma boa relação custo-benefício (CAMPOLO *et al.*, 2018). Alguns OEs são comprovadamente eficientes para o controle de pragas (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Além disso, a aplicação dos óleos essenciais, seja por contato direto ou por fumigação, não exige cuidados especiais e geralmente é segura, sem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente (ISMAN, 2020; ZIMMERMANN *et al.*, 2021).

Os métodos para a obtenção dos óleos essenciais variam de acordo com a parte da planta utilizada, podendo ser por arraste a vapor, hidrodestilação ou prensagem (SIMÕES e SPITZER, 2004). Esses processos, resultam em um concentrado aromático, considerado como fonte de substâncias ativas, de ação extremamente potente e precisa (BUTNARIU e SARAC, 2018).

Os óleos essenciais são líquidos naturais de grande complexidade, odoríferos, voláteis, hidrofóbicos, constituídos por diversos compostos sintetizados pelas plantas aromáticas como metabólitos secundários (SWAMY *et al.*, 2016). Os terpenos são os compostos mais abundantes nos óleos essenciais (CAZELLA *et al.*, 2019), são geralmente tóxicos para os processos fisiológicos e bioquímicos nos insetos (PASSREITER *et al.*, 2004; ROH *et al.*, 2020), como o timol, que pode ser encontrado em óleos essenciais de diversas espécies de plantas, incluindo *Thymus vulgaris* L., que apresenta uma considerável toxicidade contra o lepidóptero *Spodoptera litura* (MARCHESE *et al.*, 2016).

Rodrigues *et al.* (2019) analisando a composição química do óleo essencial de *C. blanchetianus* da família Euphorbiaceae, verificou que 49,5% dos constituintes eram de terpenóides, sendo que destes, 39,2 % eram monoterpenos e 10,3% sesquiterpenos. Pinheiro (2016) ao analisar a composição química do óleo essencial de *Sida rhombifolia* da família Malvaceae, encontrou 19,9 % de compostos monoterpênicos. Investigar a composição química e o potencial inseticida de óleos essenciais de espécies vegetais é necessário pois facilitará a obtenção de novos compostos que possam ser usados no manejo de pragas.

Neste contexto, considerando as vantagens do uso dos inseticidas naturais para o meio ambiente e alimentação humana, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar o potencial de quatro espécies vegetais: *Croton blanchetianus* Baill (Marmeleiro); *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson (Erva-cidreira); *Sida cordifolia* Linn. (Malva) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira vermelha) quanto à produção de óleos essenciais e atividade inseticida sobre os insetos *C. maculatus* e *S. zeamais*.

Como objetivos específicos, têm-se:

- I. Avaliar o rendimento e a composição química dos óleos essenciais de *C. blanchetianus*, *S. cordifolia*, *L. alba* e *S. terebinthifolius*;
- II. Confeccionar um extrator artesanal.
- III. Avaliar a eficácia e viabilidade da extração artesanal como opção de manejo de insetos-pragas em grãos armazenados, fornecendo informações e inspiração para que os agricultores possam realizar suas próprias extrações.
- IV. Investigar a atividade inseticida dos OEs sobre adultos do caruncho-do-feijão (*C. maculatus*) e gorgulho-do-milho (*S. zeamais*);

- V. Investigar o sinergismo dos constituintes majoritários (1,8-cineol e  $\alpha$ -pineno) do óleo essencial de *C. blanchetianus* sobre *C. maculatus*.
- VI. Elaborar como produto final, um vídeo de comunicação de mídia: *Produção de programas de veículos de comunicação através da produção e divulgação de vídeo educacional*.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Croton blanchetianus* Baill

*C. blanchetianus* (Figura 1) é uma espécie vegetal da família Euphorbiaceae conhecida popularmente por marmeleiro, é um arbusto amplamente distribuído na flora do nordeste brasileiro, compondo o ecossistema Caatinga (RIBEIRO *et al.*, 2018). Suas folhas e cascas, são comumente, utilizadas na medicina popular, para o tratamento de diversas enfermidades como: problemas gastrointestinais, reumatismo, cefaleia, edema, cólicas intestinais, hemoptise, vômitos e diarreia (SANTOS *et al.*, 2008; GOMES, 2006, FRANCO e BARROS, 2006; CHAVES e REINHARD, 2003).

A espécie *C. blanchetianus* foi indicada por Freitas *et al.* (2020) como uma produtora abundante de óleos essenciais com diversas atividades biológicas. Além disso, outros estudos sobre os óleos essenciais dessa planta revelaram ações antibacterianas, antimicrobianas, antifúngicas, antiinflamatórias e gastroprotetoras. (MALVEIRA *et al.*, 2022; FIRMINO *et al.*, 2019; AQUINO *et al.*, 2017; MELO *et al.*, 2013).

Segundo Palmeira-Junior *et al.*, (2006), a maioria das espécies do gênero *Croton*, sintetizam óleos essenciais, cuja composição química é majoritária em monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides. Logo, a bioatividade do óleo essencial das espécies do gênero *Croton* deve-se a sua correlação com a variabilidade de seus constituintes químicos (GUERRA *et al.*, 2022).

**Figura 1:** *C. blanchetianus*.



Fonte: Autora (2021).

Além disso, existem vários estudos que apresentam o potencial inseticida dos OEs do gênero *Croton* no controle de pragas: *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) (SILVA *et al.*, 2020); *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) (OLIVEIRA *et al.*, 2020), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: curculionidae) (SILVA *et al.*, 2019), *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) (SÁ, 2018). Os OEs da espécie *C. blanchetianus* apresentam monoterpenos e sesquiterpenos em sua composição química (SILVA *et al.*, 2020). De modo geral, monoterpenos e sesquiterpenos são considerados tóxicos para alguns insetos como o besouro *C. maculatus*, considerado praga em grãos armazenados (RAJKUMAR *et al.*, 2019).

A espécie não sofre ameaça de extinção pois caracteriza-se pela fácil propagação e vasta distribuição, sendo possível encontrar populações preservadas em Unidades de Conservação (AMARAL *et al.*, 2013; NASCIMENTOS *et al.*, 2018).

## **2.2 *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson**

*L. alba* (Figura 2), pertence à família Verbenaceae. Conhecida popularmente como erva-cidreira, é uma planta nativa, porém não endêmica do Brasil, sendo de grande distribuição geográfica nas regiões brasileiras norte e nordeste (CORADIN *et al.*, 2018). Apresenta-se como um subarbusto aromático de morfologia variável, alcançando até 2m de altura, com ramos finos de

coloração esbranquiçada, arqueados, longos e quebradiços (LIMA E LINS, 2020; CORADIN *et al.*, 2018).

Suas flores e folhas são bastante usadas para fins medicinais com ação calmante (RIBEIRO *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2015), espasmódica, analgésica, sedativa, febrífuga (RIBEIRO *et al.*, 2014), anti-inflamatória, antigripal (LIMA *et al.*, 2016), afecções hepáticas, regulador intestinal (CUNHA *et al.*, 2015), antimicrobiana e ansiolítica (LIMA E LINS, 2020; PASCUAL *et al.*, 2001; CAMÊLO *et al.*, 2011; MOSCA; LOIOLA, 2009; PINTO *et al.*, 2006; RODRIGUES; ANDRADE, 2014; SANTOS *et al.*, 2012; MATOS, 2000).

**Figura 2:** *L. alba*



Fonte: Autora (2021).

A rica composição química de *L. alba*, representada por flavonoides, taninos, saponinas, monoterpenos citral, cânfora, dentre outros, garante a diversidade de seu uso para fins medicinais. (DA SILVA *et al.*, 2017; CAMÊLO *et al.*, 2011).

Essa espécie se caracteriza por apresentar quimiotipos diversos, cada um, com perfis morfológicos e fitoquímicos diferentes. Jannuzzi *et al.* (2010) identificaram 16 genótipos diferentes de *L. alba* no Distrito Federal (região centro-oeste do Brasil) e constataram a presença de cinco quimiotipos: Carvona, Citral, Limoneno, Linalol e Mirceno. No Nordeste do Brasil, o termo "cidreira" é utilizado para se referir a apenas duas espécies de Verbenaceae:

*Lippia alba* (Mill) e *Lippia geminata* var. *lanceolata* Griseb. Essas duas espécies possuem duas ou três variedades com algumas diferenças morfológicas e aromáticas. Matos *et al.* (1996) investigaram a composição química volátil de seis variedades cultivadas no horto de plantas medicinais da Universidade Federal do Ceará (região do nordeste brasileiro) e identificaram a presença de dois quimiotipos distintos. O quimiotipo I apresentou citral,  $\beta$ -mirceno e limoneno, enquanto o quimiotipo II apresentou citral e limoneno. A variação dos componentes químicos majoritários do OE de *L. alba* é principalmente influenciada pelo fator genético da planta (WOLFFENBUTTEL, 2016).

O metabólito linalol, presente em *L. alba* é bem conhecido na indústria, pois é aplicado na produção de fragrâncias e cosméticos, valorizando, desta forma, seu potencial econômico. Além disso, *L. alba* é uma espécie promissora para a indústria farmacêutica e, também para a indústria agrícola, devido às suas propriedades antifúngica (YAMAMOTO *et al.*, 2008), inseticida (ALVES *et al.*, 2015) e repelente (GUERRA *et al.*, 2019).

Apesar da exploração para diversos usos, a erva cidreira não está ameaçada de extinção pois apresenta excelente capacidade adaptativa a diferentes condições agronômicas, vegetando e florescendo o ano todo, além de apresentar grande flexibilidade fenotípica (YAMAMOTO, 2006).

### **2.3 *Sida cordifolia* Linn**

*S. cordifolia* (Figura 3), comumente conhecida como malva-branca, pertence à família Malvaceae. Trata-se de uma planta nativa, porém, não endêmica do Brasil, facilmente encontrada nas regiões brasileiras Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (SANTOS, 2021). Diferentes partes das plantas do gênero *Sida* são utilizadas no tratamento de distúrbios neurológicos e uterinos, dores de cabeça, tuberculose, diabetes, malária, hemorroidas, úlceras, feridas, problemas reumáticos e cardíacos, diarreia e disenteria, doenças de pele etc. (KONATÉ *et al.*, 2011; DINDA *et al.*, 2015; PAWAR *et al.*, 2016; PALLELA *et al.*, 2018; PUJARI *et al.*, 2019).

**Figura 3:** *S. cordifolia*.

Fonte: Autora (2021).

As raízes e caules da malva-branca (*S. cordifolia*) são fortes e vigorosas, caracterizando-se como um arbusto que pode crescer até 2 m de altura (SANTOS, 2021). Suas folhas são curtas (7 cm de comprimento e 5 cm de largura) e suas flores pequenas de cor amarela ou branca, solitárias e axilares. Já seus frutos medem 8 mm de diâmetro sendo compostos de 5 a 10 mericarpos (BRANDÃO *et al.*, 2017).

Diwan e Kanth (1999), identificaram alcalóides, óleos, esteróides, resinas ácidas, mucina e nitrato de potássio como principais componentes químicos de *S. cordifolia*. Alguns estudos mostraram que os extratos obtidos de diferentes partes da *S. cordifolia* apresentaram ações antiinflamatórias, analgésicas, antipiréticas e ligados à regeneração hepática (DIWAN e KANTH, 1999; FRANZOTTI *et al.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006; PHILIP *et al.*, 2008). Também foi verificada ação antimicrobiana do óleo essencial de *S. cordifolia* por Nunes *et al.* (2006).

A respeito dos OEs de espécies vegetais da família *Malvaceae*, alguns autores identificaram compostos monoterpênicos em sua composição química. Pinheiro (2016), analisando o óleo essencial de *Sida rhombifolia*, encontrou o linalol,  $\alpha$ -terpinol, geraniol e o  $\alpha$ -pineno. Já Oliveira (2021), ao analisar a composição química do óleo essencial de *Malva Sylvestris*, identificou o monoterpene eugenol como componente majoritário.

*S. cordifolia* não sofre ameaça de extinção pois caracteriza-se pela ampla distribuição e fácil localização ao longo de estradas, campos baldios, solos danificados por chuvas pesadas, calor excessivo e pastagem não manejada. Sua grande infestação prejudica o cultivo agrícola devido à eficiência do sistema radicular (MATINS, 2015). A presença da *S. cordifolia* para produtores nigerianos indica pobreza do solo (BOUBACAR, 2010; HAYASHI *et al.*, 2013).

Não há relatos na literatura sobre avaliação inseticida e composição química do OE de *S. cordifolia* encontrada na região do nordeste brasileiro, tão pouco existem informações sobre os constituintes químicos do seu OE, o que torna o estudo inédito para esta espécie.

#### **2.4 *Schinus terebinthifolius* Raddi**

*S. terebinthifolius* (Figura 4), pertencente à família Anacardiaceae, sendo conhecida popularmente no Brasil como aroeira-vermelha. É uma planta nativa, porém não endêmica do Brasil com ampla distribuição geográfica nas regiões brasileiras Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (FLORA DO BRASIL, 2020). Suas folhas e cascas (do caule) são bastante usadas, popularmente, como adstringente, antimicrobiano, cicatrizante, anti-inflamatório, antipirético e analgésico (MAIA *et al.*, 2021; CARVALHO, *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2012). Destaca-se ainda, o uso desta planta como condimento, denominado pimenta-rosa, obtido após o processamento de seus frutos (ULIANA *et al.*, 2016; CORADIN *et al.*, 2018).

**Figura 4:** *S. terebinthifolius*.



Fonte: Autora (2021).



A aroeira-vermelha é uma árvore perenifólia, com altura variando entre 5 e 10 m e grande copa. O tronco desta planta é cilíndrico e pouco denso (MAIA *et al.*, 2021). Neves *et al.* (2016) e Rorato *et al.* (2018) caracterizaram a casca interna do tronco (*S. terebinthifolius*) como sendo fibrosa, de odor característico com exsudação de terebintina e tonalidade avermelhada. Já as flores são pequenas, masculinas e femininas, reunidas em panículas piramidais ao final dos ramos. Os frutos são muito aromáticos e medem de 4 a 5mm de diâmetro sendo do tipo drupa, de coloração vermelho vivo brilhante conforme avança a maturação (LORENZI; MATOS, 2002).

A composição química do óleo essencial de *S. terebinthifolius* apresenta monoterpenos como  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -Pineno, mirceno e limoneno, seguidos de menor concentração de sesquiterpenos como D-germacreno (GOIS *et al.*, 2016; SANTOS *et al.* 2014; GILBERT e FAVORETO, 2011; BARBOSA *et al.*, 2007). Segundo Silva *et al.* (2010), os constituintes químicos majoritários ( $\delta$ -3-careno,  $\alpha$ -pineno, silvestreno, germacreno D,  $\beta$ -mirceno e isoterpinoleno) presentes no OE de frutos e sementes da aroeira-vermelha, apresentaram potencial larvicida para mosquitos do gênero *Aedes Stegomyia*, transmissores de doenças como dengue e febre amarela. Além disso, o potencial inseticida do OE de *S. terebinthifolius* foi relatado em diversos trabalhos. Nascimento (2012) comprovou o potencial acaricida e inseticida, a partir dos efeitos letais e subletais, sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e *Rhyzopherta dominica* Fabr. (Coleoptera: Bostrichidae); Alves *et al.* (2015) avaliou o efeito fumigante sobre *C. maculatus* e Lima (2009) pesquisou a ação do OE de *S. terebinthifolius* no controle biológico de *Hypothenemus hampei* Ferrari.

Segundo Coradin *et al.* (2018), a aroeira-vermelha (*S. terebinthifolius*) não sofre ameaça de extinção pois apresenta-se amplamente disseminada em suas áreas de ocorrência natural, além de ser típica de matas ciliares, cuja conservação e uso são regulamentados pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012).

## **2.5 Óleos Essenciais: Principais características e variabilidade química**

Os óleos essenciais, são substâncias voláteis, bastante concentradas, extraídas de várias partes (caules, cascas, sementes, flores,

raízes e/ou frutos) de plantas aromáticas, cada um, com efeitos terapêuticos e energéticos particulares. As plantas aromáticas, apresentam uma abundante composição química, com potencialidades terapêuticas e biológicas, que auxiliam em melhorias na saúde e na qualidade de vida (BALDOUX, 2018; SWAMY, 2016).

A International Standard Organization (ISO) (norma 9235) estabelece o conceito de OEs como: "...produtos obtidos de matérias-primas naturais de origem vegetal, por destilação a vapor, por processos mecânicos a partir do epicarpo de frutos cítricos, ou por destilação a seco, após a separação da fase aquosa – se houver – por processos físicos" (ISO, 2021). O conceito de OE descarta outros produtos aromáticos/voláteis obtidos por diferentes técnicas extrativas, como extração com solventes, ceras e gorduras, extração de fluidos supercríticos, técnicas de *headspace* ou qualquer outro procedimento extrativo.

Os óleos essenciais apresentam rica composição química, assegurando aos vegetais, vantagens adaptativas no meio, onde estão inseridos (WERRIE *et al.*, 2021; OUSSALAH *et al.*, 2007). Estão localizados em partes glandulares ou cavidades secretoras da parede de células vegetais e estão presentes como gotas de líquido nas folhas, caules, casca, flores, raízes e/ou frutos em diferentes plantas. As características aromáticas dos óleos essenciais apresentam diversas funções para as plantas, incluindo (i) atração ou repelência de insetos, (ii) proteção contra calor ou frio; e (iii) proteção contra herbívoros (BALDOUX, 2018; BAKKALI *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2012; GILLES *et al.*, 2010). Normalmente, estes óleos são líquidos em baixas temperaturas, passando facilmente para o estado gasoso à temperatura ambiente, ou ligeiramente superior, sem sofrer decomposição. Na maioria das plantas, a quantidade de óleo essencial obtida é de 1 a 2%, mas esse valor pode variar de 0,01 a 10% (WERRIE *et al.*, 2021; OPENDER *et al.*, 2008; BALDOUX, 2018). Além do mais, são solúveis em álcool, solventes não polares ou fracamente polares, ceras e óleos. No entanto, são ligeiramente solúveis em água. Geralmente os OEs são incolores ou amarelo pálido (SWAMY *et al.*, 2016; SEFIDKON *et al.*, 2007; BAKKALI *et al.*, 2008; GILLES *et al.*, 2010).

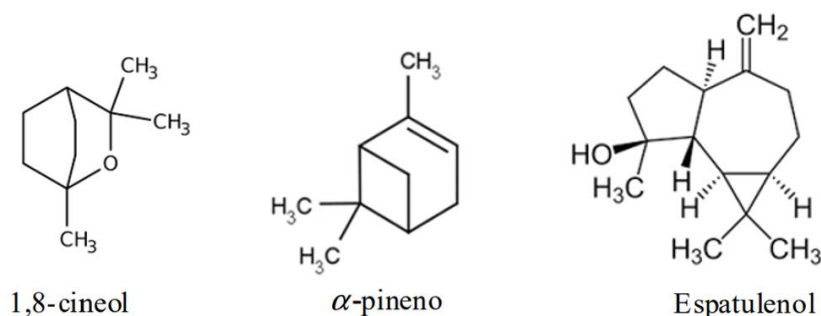
Em termos de composição química, os óleos essenciais contêm 85–99% de componentes voláteis de baixo massa molecular, incluindo terpenóides, terpenos e outros constituintes aromáticos e alifáticos, diferindo em suas concentrações (GONZÁLEZ-MAS *et al.*, 2019; SMITH-PALMER *et al.*, 2001;

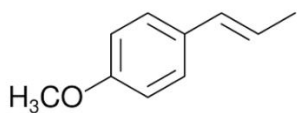
CAZELLA *et al.*, 2019). Em geral, os constituintes químicos dos óleos essenciais são terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos), compostos aromáticos (aldeído, álcool, fenol, derivado metoxi e outros), e terpenóides (isoprenoides) (BALDOUX, 2018; WOLFFENBUTTEL, 2016). Os monoterpenos (com 10 átomos de carbono) são voláteis comumente encontrados nos óleos essenciais, os quais contribuem para o aroma característico das plantas que os produzem (BALDOUX, 2018; COSTA *et al.*, 2018; SIMÕES e SPITZER, 2004).

O rendimento de óleo essencial pode variar para uma mesma espécie de planta, considerando fatores como, ano da safra, estações do ano, horário de coleta e região, secagem da planta antes do processo de extração; método de extração e condições de armazenamento (SILVA *et al.*, 2005; BARBOSA *et al.*, 2006b; LEMOS *et al.*, 2012; PIMENTEL *et al.*, 2013; FRANCO - VEGA *et al.*, 2016), de modo a interferir na quantidade e qualidade de seus constituintes químicos (BALDOUX, 2018; GOBBO-NETO e LOPES, 2007). A Figura 5, apresenta alguns dos principais constituintes químicos dos óleos essenciais das espécies *C. blanchetianus* (PALMEIRA-JUNIOR *et al.*, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2018; OLIVEIRA, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2019), família Malvaceae (PINHEIRO, 2016; OLIVEIRA, 2021), *S. terebinthifolius* (COLE, 2008; NASCIMENTO, 2012; ALVES *et al.*, 2015) e *L. alba* (ALVES *et al.*, 2015; ZOGHBI *et al.*, 1998; AGUIAR e COSTA, 2005).

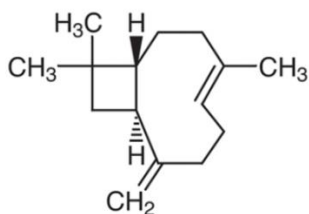
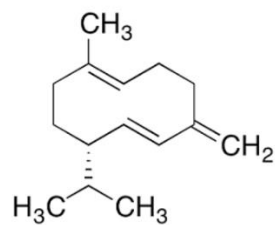
**Figura 5:** Alguns dos principais constituintes dos óleos essenciais de *C. blanchetianus* (Euphorbiaceae), Família Malvaceae, *S. terebinthifolius* (Anacardiaceae) e *L. alba* (Verbenaceae).

• *Croton blanchetianus*



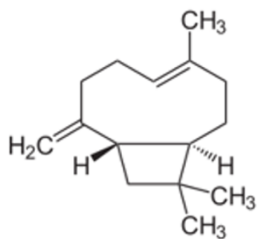


Anetol

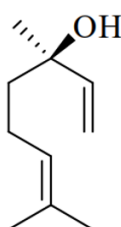
 $\beta$ -cariofileno

Germacreno D

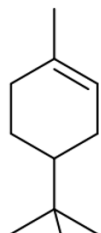
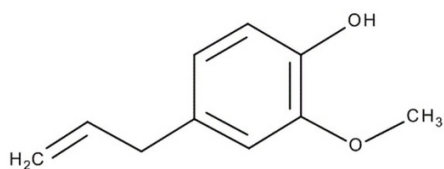
• Familia Malvaceae



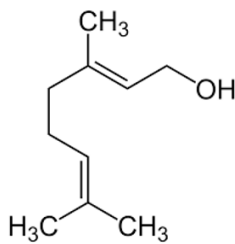
Oxido de Cariofileno



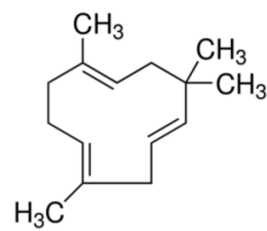
Linalol

 $\alpha$ -terpineol

Eugenol

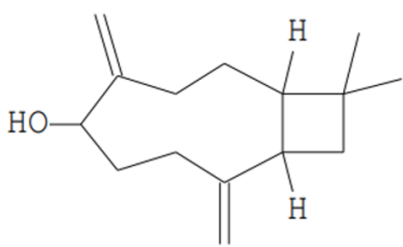
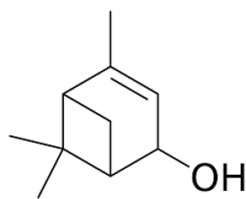


Geraniol

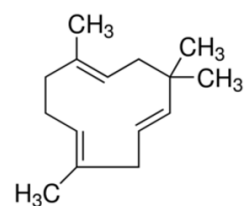


Humeleno

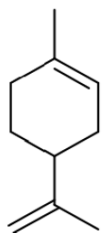
• *Schinus terebinthifolius*

Caryophylla- 4(12),8(13)-dien-5 $\alpha$ -ol

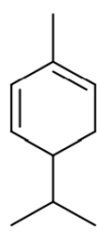
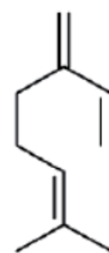
Verbenol



Humeleno

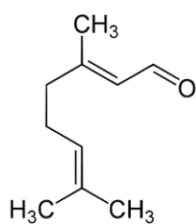


Limoneno

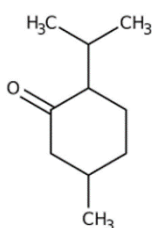
 $\alpha$ -felandreno

Mirceno

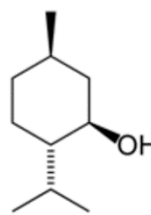
• *Lippia alba*



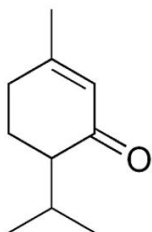
Citral



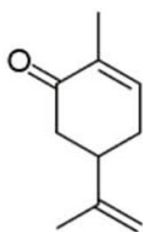
Mentona



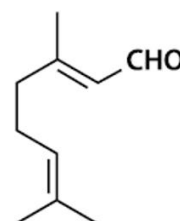
Mentol



Piperitona



Carvona



Geranial

Fonte: WOLFFENBUTTEL, 2016.

A técnica de extração de óleos essenciais por destilação é a mais empregada para plantas aromáticas, devido a volatilidade de seus constituintes químicos, principalmente, quando se quer extrair o OE das folhas (PINHEIRO, 2003; YAN *et al.*, 2019; KUMAR e MATHELA, 2018). A extração dos OEs pode ser feita por diferentes métodos (WOLFFENBUTTEL, 2016). Industrialmente, são aplicados métodos mais usuais como a destilação com água e vapor, a destilação direta com vapor de água e a destilação com água (hidrodestilação) (BOŽOVIĆ *et al.*, 2017). Destaca-se na literatura, o método da hidrodestilação como o mais utilizado em diversos países como: Brasil (FERNANDEZ *et al.*, 2018), Itália (MAGGIO *et al.*, 2019), Argentina (GONZÁLEZ *et al.*, 2019), Equador (PINO *et al.*, 2018), Marrocos (ELAZZOZI, *et al.*, 2018), Argélia (BENCHAA *et al.* 2019), Peru (SOLÍS-QUISPE *et al.*, 2019), Tunísia (RAHALI, *et al.*, 2019), Índia (UPADHYAY *et al.*, 2019) e Munique (THIELMANN e MURANYI, 2019) dentre outros.

Ribeiro *et al.* (2018) avaliaram o rendimento e a composição química dos óleos essenciais obtidos a partir das folhas frescas de três espécies do gênero *Croton* coletadas no município de Fortaleza - CE em três diferentes horários do dia, incluindo o *C. blanchetianus*, onde verificaram aumento no rendimento (0,3967%) apenas às 12 h. Em termos de composição química, os

mesmo autores identificaram como constituintes majoritários o espatulenol no horário de 8 e 12h, e o anetol as 20h, estando o espatulenol ausente no horário de 20 h. Além disso, também foi possível a verificação da variação da concentração dos componentes químicos para esta espécie em todos os horários. Pereira (2017), realizou trabalho semelhante com a coleta de folhas frescas da espécie *C. blanchetianus* em diferentes horários do dia no município de Parnaíba- PI onde obteve um rendimento de 0,39% ligeiramente menor no horário de 12h, porém próximo do teor de OE obtido por Ribeiro *et al.* (2018). Sobre a composição química, Pereira (2017) identificou os compostos majoritários (1R) -  $\alpha$ -Pineno, cariofileno, 1-etenil-1-metil-2-(1-metiletenil)-4-(1-metiletilideno)-Ciclohexano, espatulenol com destaque para o eucaliptol pois apresentou maior concentração em todos os horários de coleta. Outros exemplos de plantas do gênero *Croton* (Euphorbiaceae) que identificaram o espatulenol como sendo um de seus constituintes principais foram *C. nummularius* (BASTO, 2013) e *C. argyrophyloides* (FONTENELL *et al.*, 2008). No entanto, espatulenol também foi identificado como componente majoritário de diversas outras plantas como *Hyptis martiusii* Benth (CALDAS *et al.*, 2013), *Duguetia furfuracea* (A.St.-Hil.) Benth. & Hook.f. (VALTER *et al.*, 2008), *Hypenia aristulata* (Epling) R.Harley (SILVA *et al.*, 2011), *Lippia stachyoides* var. *martiana* (Schauer) Salimena & Múlgura (SILVA *et al.*, 2013) e *Pterodon emarginatus* Vogel (ALVES *et al.*, 2013).

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a maior produção de constituintes químicos voláteis ocorre sob altos níveis de radiação solar devido às reações biossintéticas que são realizadas por meio de processos fotossintéticos, fato que pode explicar, tanto o aumento no rendimento apresentado por Ribeiro *et al.* (2018), quanto à ligeira diminuição no rendimento obtido conforme observado por Pereira (2017).

Diversos estudos com espécies de *Sida* mostraram uma variabilidade química de seus metabólitos secundários, tais como: ácidos graxos (SILVA *et al.*, 2010), diterpenos (BHATT *et al.*, 1983), esteróides, flavonóides (SILVA *et al.*, 2006) e alcalóides (PYREK; CHARI, 1983; WOLDEYES *et al.*, 2012; CHAVES *et al.*, 2013; DIWAN e KANTH 1999). No entanto, a espécie *S. cordifolia*, mesmo apresentando propriedades medicinais relatadas na literatura (PHILIP *et al.*, 2008), ainda é pouco estudada quanto a sua composição química e atividades biológicas de seus óleos essenciais.

Quanto aos compostos químicos presentes na casca de *S. terebinthifolius*, são poucos ainda, os estudos relacionados ao tema. No entanto, a maioria dos estudos químicos realizados até o momento indicam que essa espécie possui uma quantidade significativa de terpenos em seus óleos essenciais, incluindo monoterpenos como: limoneno,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -felandreno,  $\delta$ -3-careno, o-cimeno, mirceno e, sesquiterpenos como: germacreno D) presentes nas folhas e frutos (RAMOS *et al.*, 2022). O presente estudo trará informações únicas sobre o perfil cromatográfico do óleo essencial das cascas de *S. terebinthifolius* coletadas no município de Petrolina-PE.

Quanto a extração e composição química, segundo Santos *et al.* (2013), a extração por hidrodestilação, utilizando o aparelho Clevenger resultou em um rendimento de 0,8% de óleo essencial de *S. terebinthifolius* obtido a partir das folhas. Os mesmos autores identificaram 37 constituintes no OE de *S. terebinthifolius*, sendo que os compostos majoritários foram germacreno D, (E)- $\beta$ -cariofileno e d-elemeno. Lima (2009) também obteve OE a partir da hidrodestilação das folhas de *S. terebinthifolius* e conseguiu identificar o  $\delta$  - elemeno como principal constituinte.

Cole (2008) avaliou a composição química do óleo essencial extraído dos frutos de *S. terebinthifolius* e identificou a predominância de constituintes monoterpênicos (85,81% do total identificado), onde os principais compostos encontrados foram  $\delta$ -3-careno, limoneno,  $\alpha$ -felandreno e  $\alpha$ -pineno. Nascimento (2012), também estudou a composição química dos OEs de frutos de *S. terebinthifolius* e o resultado confirmou o composto limoneno como constituinte majoritário nas proporções 44,1% para frutos maduros e 31,8% para frutos imaturos. Vários estudos avaliaram a composição química do OE de *S. terebinthifolius* obtido a partir de seus frutos (GILBERT e FAVORETO, 2011; RICHTER *et al.*, 2010; BARBOSA *et al.*, 2007; BENDAOU *et al.*, 2010).

Segundo Baldox (2018), a composição química dos OEs extraídos de diversas partes de uma planta pode variar para uma mesma espécie de planta, considerando fatores como, ano da safra, estações do ano, horário de coleta e região, de modo, a interferir na quantidade e qualidade de seus componentes químicos.

Embora todos os fatores já mencionados possam afetar a composição química de um OE, existe um princípio básico que explica a variabilidade química dos óleos essenciais. Tal princípio está diretamente

associado a ampla ação terapêutica de seus constituintes químicos, podendo alguns OEs apresentarem 300 compostos. Desta forma, um OE pode ter ação fungicida e calmante devido a atuação conjunta de diversos princípios ativos terapêuticos. O conhecimento destes princípios ativos valida os diversos usos medicinais e atividades biológicas das espécies em pesquisa aqui já mencionadas *C. blanchetianus* (CHAVES e REINHARD, 2003; FRANCO e BARROS, 2006; SANTOS *et al.*, 2008; GOMES, 2006), *L. alba* (LIMA E LINS, 2020; LORENZI; MATOS, 2002; LIMA *et al.*, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2015; CAMÊLO *et al.*, 2011; MOSCA; LOIOLA, 2009; PINTO *et al.*, 2006; RODRIGUES; ANDRADE, 2014; SANTOS *et al.*, 2012), *S. cordifolia* (KONATÉ *et al.*, 2011; DINDA *et al.*, 2015; PAWAR *et al.*, 2016; PALLELA *et al.*, 2018; PUJARI *et al.*, 2019) e *S. terebinthifolius* (MAIA *et al.*, 2021; CARVALHO, *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2012).

O efeito terapêutico de um óleo essencial depende da ação conjunta de todos os seus constituintes, incluindo os principais que podem representar mais de 84% da composição, e aqueles presentes em menor quantidade, que podem ter uma concentração inferior a 0,1% (WOLFFENBUTTEL, 2016). Baptista (2021), avaliou os efeitos de óleos essenciais sobre *Lasioderma serricorne* (FABRICIUS) e verificou que a mistura binária dos óleos essenciais das espécies *P. aduncum* e *P. marginatum* mostrou-se mais tóxica que os óleos essenciais usados separadamente, demonstrando assim, o potencial inseticida de misturas sinérgicas entre os constituintes químicos dos OEs. Já Feitosa-Alcântara *et al.* (2017), avaliaram a atividade formicida dos óleos essenciais de dois genótipos de *Hyptis pectinata* (quimiotipos) e da mistura binária de seus constituintes majoritários, esses autores verificaram que os óleos essenciais foram mais tóxicos do que seus compostos principais isolados.

A variação química dos constituintes majoritários de um óleo essencial de uma mesma planta, ou seja, de plantas com características morfológicas iguais, é chamada de quimiotipo (QT) e é principalmente influenciada pelo fator genético da planta. Estudos citogenéticos evidenciaram que os quimiotipos apresentam diferentes números cromossômicos, o que sugere o processo de especiação (TAVARES *et al.*, 2005; JOSÉ, 2009). O óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*, mais conhecido como tea tree, é um exemplo



que possui três quimiotipos com efeitos terapêuticos distintos, conforme apresentado na Quadro 1.

**Quadro 1.** Quimiotipos do óleo essencial tea tree *Melaleuca alternifolia*.

Quimiotipo	Ativo majoritário	Ação terapêutica
QT1	Terpineol-4	Antimicrobiana
QT2	1,8-Cineol	Bactericida e restaurador do aparelho respiratório, antisséptico, com ação expectorante e descongestionante.
QT3	Terpinoleno	Solvente fluidificador do sangue, indicado a casos de varizes, trombozes e flebites, quando usado por via oral.

Fonte: (WOLFFENBUTTEL,2016).

O conhecimento dos quimiotipos é fundamental para utilizar corretamente cada óleo essencial. Por isso, é crucial ter conhecimento sobre as informações técnicas de cada óleo. No momento atual, a ISO publicou 143 normas sobre óleos essenciais e está elaborando mais 8 (ISO, 2022). Estes documentos da ISO apresentam as especificações técnicas e os métodos de análise para a maior parte dos óleos essenciais que são significativos comercialmente, além de questões relacionadas à rotulagem. A ISO 3218 descreve as normas para atribuir um nome oficial a um óleo essencial, incluindo a origem botânica da planta, a parte usada, o estado fenológico, o tratamento prévio do material, antes da destilação e o método de obtenção (se houver mais de um) (ISO 3218, 2014). Outras informações, como a existência de variedades, clones ou quimiotipos associados a um óleo essencial, bem como a origem geográfica da planta, podem ser adicionadas à ficha técnica do OE. Já a norma ISO 4720, especifica as plantas que são usadas na produção de óleos essenciais comerciais (ISO 4720, 2018). Adicionalmente, as normas também detalham as propriedades físico-químicas, tais como cor, cheiro, densidade, rotação óptica, índice de refração e composição mínima. As normas específicas também descrevem os métodos de teste para avaliar essas especificações, desde medidas simples como a densidade (ISO 279, 1998) até a cromatografia gasosa com fases quirais (ISO 22972, 2004). Diversos países possuem normas técnicas com especificações de produto e métodos de análise. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou normas para OEs desde a década de 1970. Entretanto, todas foram canceladas entre 2010 e 2011 e, no presente, não há normas nacionais vigentes para óleos essenciais.

Importante registrar que os constituintes dos óleos essenciais são compostos por combinações de estruturas químicas e suas respectivas funções. A base estrutural dos óleos essenciais é formada por isoterpenos. Alguns óleos possuem apenas dois isoterpenos (monoterpenos), enquanto outros podem ter até três (sesquiterpenos) e a quantidade total de unidades isoterpênicas pode ultrapassar cem. Algumas das principais funções químicas presentes nos óleos essenciais incluem álcoois, cetonas, aldeídos, ácidos carboxílicos, ésteres, fenóis e óxidos. Um dos componentes do óleo essencial da palmarosa (*Cymbopogon martinii*) é o geraniol, que possui uma estrutura química de terpeno e é classificado como um álcool químico. (BALDOUX, 2018; WOLFFENBUTTEL, 2016; GONZÁLEZ-MAS *et al.*, 2019; SMITH-PALMER *et al.*, 2001; CAZELLA *et al.*, 2019).

### 2.5.1 Atividade Inseticida

Até o momento, a ciência descobriu aproximadamente 1,8 milhão de espécies de seres vivos, incluindo animais, plantas e fungos (MONTENEGRO e SIMONI, 2021). Entre todos os grupos animais, os insetos são os mais abundantes, representando cerca de 70% das espécies conhecidas. No entanto, ainda há uma grande quantidade de espécies de insetos que precisam ser descobertas, com estimativas indicando que há entre 3 a 5 milhões de espécies ainda não catalogadas, incluindo 1,5 milhão apenas de coleópteros. O Brasil apresenta a maior diversidade de insetos do mundo, com cerca de 90 mil espécies, o que equivale a 9% de todas as espécies conhecidas destes organismos. Além disso, estima-se que a fauna do Brasil possa conter entre 500 mil a um milhão de espécies de insetos ainda não descritas (MONTENEGRO e SIMONI, 2021).

Insetos desempenham um papel crucial na agricultura e produção de alimentos, visto que eles ajudam a melhorar a qualidade do solo, contribuem para a decomposição de matéria orgânica de plantas e animais, realizam a polinização de plantações em todo o mundo e ainda fazem o controle biológico de pragas (MONTENEGRO e SIMONI, 2021). No entanto, alguns insetos que se alimentam de plantas são responsáveis pela maioria dos danos causados em culturas destinadas à alimentação humana em todo o mundo sendo considerados insetos-praga (NIU *et al.*, 2018; DENT e BINKS, 2020). Além do mais, vários insetos são responsáveis por transmitir doenças que afetam a saúde

humana (WARE, 1999). Assim sendo, o controle de insetos é altamente desejável e necessário para proporcionar a melhoria da qualidade de vida e da saúde humana. Nesse contexto, os óleos essenciais têm despertado o interesse dos pesquisadores como uma alternativa para o controle de insetos (POLATOĞLU *et al.*, 2017; TIETBOHL *et al.*, 2019; BEHI *et al.*, 2019; ABOLGHASEMI *et al.*, 2018; LAWAL *et al.*, 2019; LUO *et al.*, 2019; KOORKI *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020; TABANCA *et al.*, 2013; WEDGE *et al.*, 2009).

Os OEs exercem diferentes efeitos nos insetos, afetando uma ampla gama de processos fisiológicos, incluindo efeitos tóxicos por contato e fumigação, ação repelente, alterações no desenvolvimento e comportamento, esterilidade e infertilidade (ISMAN, 2000). Os terpenos, que são os principais constituintes dos óleos essenciais de plantas (CAZELLA *et al.*, 2019), são frequentemente citados por apresentarem efeito tóxico nos insetos (ROH *et al.*, 2020). O mecanismo de ação mais provável para o efeito inseticida por contato é uma ação neurotóxica (PLATA-RUEDA *et al.*, 2017), enquanto para o efeito inseticida por fumigação, é mais provável que seja devido à ação dos monoterpenoides no sistema respiratório (MOSSA, 2016).

Segundo GALLO *et al.* (2002), a fim de minimizar os impactos do controle de pragas, é importante compreender o modo de ação dos inseticidas, reduzir os efeitos da resistência e aumentar a seletividade do produto. No entanto, para atingir esse objetivo, é fundamental compreender a fisiologia do inseto. No sistema nervoso dos insetos, a transmissão do impulso nervoso pode ocorrer de duas maneiras distintas: transmissão elétrica e transmissão química.

A transmissão elétrica ocorre por meio do processo conhecido como Bomba de Sódio ( $\text{Na}^+$ ) e Potássio ( $\text{K}^+$ ). Esse mecanismo de transporte ativo é auxiliado por enzimas que garantem que as concentrações desses íons sejam mantidas em níveis diferentes no meio intra e extracelular. A concentração de íons  $\text{Na}^+$  é maior no meio extracelular, enquanto a de  $\text{K}^+$  é maior no meio intracelular. A importância desse mecanismo se dá pela sua capacidade de estabelecer uma diferença de carga elétrica entre os meios intra e extracelular, o que promove diversos processos essenciais, como: I. a facilitação da penetração de aminoácidos e açúcares; II. a manutenção da concentração de íons  $\text{K}^+$  dentro da célula - fator essencial para síntese de proteínas e respiração; e III. o equilíbrio osmótico (CHAPMAN, 2012).

A transmissão química do impulso nervoso ocorre entre neurônios. Na extremidade do axônio pré-sináptico, encontram-se as vesículas sinápticas que armazenam o neurotransmissor acetilcolina. Após sua liberação na fenda sináptica, a acetilcolina é modulada pelos canais de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) presentes na membrana pré-sináptica, para que o impulso seja propagado para o neurônio pós-sináptico. Em seguida, a acetilcolina é degradada pela enzima acetilcolinesterase em ácido acético e colina. Além disso, outros neurotransmissores também estão envolvidos na transmissão química do impulso nervoso, como o l-glutamato e o ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA) (GALLO *et al.*, 2002; CHAPMAN, 2012).

Algumas substâncias químicas, sejam sintéticas ou naturais, são capazes de atuar no sistema nervoso dos insetos, alterando a transmissão química entre os neurônios. Entre as substâncias naturais, pesquisas têm demonstrado a ação inseticida dos óleos essenciais (GALLO *et al.*, 2002; CHAPMAN, 2012; ALVES *et al.*, 2015).

A atividade inseticida dos óleos essenciais está associada aos seus componentes majoritários, que são formados por terpenoides. Essas moléculas atuam diretamente no sistema nervoso do inseto, no sítio de ligação octopaminérgico. Esse sítio é receptor da octopamina, que é um neurotransmissor, neuromodulador e neuro-hormônio. Disfunções nesse sítio podem causar interrupções na transmissão química, levando à morte do inseto. No entanto, esse sítio de ligação não está presente no sistema nervoso de vertebrados e, portanto, não é tóxico para os seres humanos (ENAN, 2001; TRIPATHI *et al.*, 2009; DUBEY *et al.*, 2010).

Devido à sua característica de volatilidade, os óleos essenciais são produtos de baixo resíduo. Além disso, a complexa mistura de moléculas presentes em sua composição dificulta a seleção de indivíduos resistentes, o que os tornam um produto com grande potencial para o controle de insetos-praga.

SILVA *et al.* (2020) estudaram os efeitos do óleo essencial de *C. blanchetianus* como bioinseticida contra o caruncho (*C. maculatus*) em grãos de feijão armazenados. Os autores verificaram, por meio de bioensaios de contato, que a concentração letal observada ( $\text{CL}_{50}$ ) foi de 7,14  $\mu\text{L}/20\text{g}$  de feijão, enquanto a  $\text{CL}_{90}$  foi de 14,85  $\mu\text{L}/20\text{g}$  de feijão. O trabalho realizado por Idoko *et al.* (2020) teve como objetivo investigar as atividades inseticidas por contato de cinco óleos

essenciais (*Tetrapleura tetráptera* T., *Annona muricata* L., *Aframomum melegueta* s., *Eucalyptus globulus* L. e *Ficus exasperata* V. como bioinseticidas contra o caruncho *C. maculatus*, também em feijão armazenado. Os resultados obtidos indicaram que a eficácia dos óleos essenciais dependia das taxas de aplicação e do tempo de exposição. Além do mais, Idoko *et al.* (2020) identificaram que o óleo essencial de *A. melegueta* apresentou a maior eficácia, com uma concentração letal (CL<sub>50</sub>) de 2,42 ml/kg e concentração letal (CL<sub>95</sub>) de 4,86 ml/kg, quando comparado aos outros tratamentos. Ao realizar um estudo sobre o manejo de populações de três cepas de pragas adultas, incluindo *C. maculatus*, através do uso de óleos essenciais de *Eucalyptus lehmani* (Schauer) B. e *Eucalyptus astringens* M., Hamdi *et al.* (2015) identificaram que o óleo essencial de *E. lehmani* foi o mais tóxico por fumigação, atingindo taxas de mortalidade de 68,33% e 46,36% de *C. maculatus* provenientes da Argélia e Tunísia, respectivamente. Os autores Hamdi *et al.* (2015) indicaram ainda, que a toxicidade do óleo de *E. lehmani* pode ser atribuída principalmente à sua composição química, com destaque para o 1,8 - cineol, que corresponde a 34,56% de sua composição. O 1,8-cineol é empregado como fumigante contra adultos de *C. maculatus* (AGGARWAL *et al.*, 2001) e também como inibidor da enzima acetilcolinesterase (RYAN e BRYAN, 1988). Além disso, outros óleos essenciais também foram investigados quanto a sua atividade inseticida para o controle do *C. maculatus* como os (OEs) de *Eucalyptus citriodora* H., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* J. e *Foeniculum vulgare* M. (GUSMAO *et al.*, 2013); OE de *Vanillosmopsis arborea* B. (MOURA *et al.*, 2019); (OEs) de *Ocimum gratissimum* L., *Ocimum basilicum* L., *Cymbopogon nardus* L., *Cymbopogon citratus* (D.C.) S., *L. alba*, *Mentha arvensis* L., *S. terebinthifolius* e *Cordia verbenacea* DC. (ALVES *et al.*, 2015); OE de *Baccharis articulata* L. (CAMPOS *et al.*, 2014).

O gorgulho *S. zeamais* é a principal praga que afeta tanto as plantações de milho quanto os grãos armazenados. Os OEs de *Eucalyptus saligna* S., *Eucalyptus camaldulensis* D., *Eucalyptus globulus* L. e *Eucalyptus citriodora* H. foram testados quanto à sua atividade repelente contra *S. zeamais* com concentrações variando de (0,002 a 2)  $\mu\text{L.L}^{-1}$  por Karemu *et al.* (2013). Estes mesmos autores verificaram que os OEs de *E. camaldulensis* e *E. citriodora* apresentaram a melhor atividade repelente, com 74,35% e 69,15%, respectivamente, seguidos por *E. globulus* (53,68%) e *E. saligna* (40,5%). Além

disso, os constituintes individuais dos OEs também foram testados, e a maior atividade repelente foi associada ao teor de 1,8-cineol, com 70,97% (KAREMU *et al.*, 2013). Silva *et al.* (2019) realizaram testes de fumigação para investigar os efeitos do óleo essencial de *Croton pulegiodorus* Baill em oito populações de *S. zeamais* com diferentes níveis de suscetibilidade a inseticidas. Estes autores identificaram que o óleo essencial de *C. pulegiodorus* em concentrações variadas causou mortalidade em todas as populações. De acordo com Silva *et al.* (2019), os menores valores de mortalidade foram observados em DL50 (3,40  $\mu\text{L L}^{-1}$  de ar) e DL90 (9,60  $\mu\text{L L}^{-1}$  de ar), enquanto as maiores doses letais foram de DL50 (14,49  $\mu\text{L L}^{-1}$  de ar) e DL90 (19,60  $\mu\text{L L}^{-1}$  de ar). Já o estudo conduzido por ATAIDE *et al.* (2020) avaliou o efeito tóxico dos óleos essenciais de *Rosmarinus officinalis* L., *Myrocarpus frondosus* A., *Citrus limonum* L. e *Mentha piperita* L., por meio de fumigação contra duas espécies de insetos-praga, incluindo *S. zeamais*. Os resultados obtidos por ATAIDE *et al.* (2020) indicaram mortalidades que variaram entre 41% e 0% sobre o *S. zeamais*.

## 2.6 O mercado de óleos essenciais

O Brasil tem uma participação significativa na cadeia de produção e comércio de óleos essenciais, fornecendo esses insumos ao mercado global por quase um século (BIZZO *et al.*, 2009). Segundo a ITC Trade Map de 2022, a Índia, os EUA, a França, a China e o Brasil são os principais atores do mercado internacional em termos de valores. Neste contexto, o Brasil encontra-se na quinta colocação em valor de exportações, mas quando se trata de quantidade exportada, o país ocupa a primeira posição há mais de 20 anos. Esse fato é atribuído principalmente ao grande volume produzido e exportado de óleo essencial de laranja, que é um subproduto da indústria do suco. Somente no ano de 2020, foram exportadas 35 mil toneladas de óleo essencial de laranja a um preço de US\$ 4,6 por quilograma (BIZZO e REZENDE, 2022).

De acordo com a International Federation of Essential Oils and Aroma Trades (IFEAT), em 2018, os principais óleos essenciais comercializados no mercado internacional utilizados principalmente como aromatizantes, bebidas e fragrâncias foram a Menta japonesa (*Mentha arvensis* L.), Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), Limão siciliano (*Citrus limon* (L.) Osbeck), Hortelã-pimenta (*Mentha x piperita* L.), Cravo, folhas (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry), Menta (*Mentha spicata* L.), Cedro da Virgínia (*Juniperus virginiana*

L.), Citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) com destaque para o óleo essencial de Laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck e outras) (HITCHEN e BRUD, 2019).

A regulação da produção e comércio de óleos essenciais é importante para garantir a segurança na escolha e uso terapêutico desses produtos. No cenário internacional, normas e especificações que levam em consideração parâmetros físico-químicos, composição química incluindo os percentuais de concentração são utilizadas para definir a pureza e qualidade de determinados óleos essenciais (ISO 3218; ISO 4720). Contudo, óleos essenciais de outras espécies vegetais ou com variações em seus parâmetros de qualidade que não estejam dentro das faixas de tolerância normalizadas podem ser comercializados desde que haja quem os produza e quem os compre. No entanto, a denominação do produto (o nome do óleo essencial que consta no rótulo) não poderá ser o mesmo utilizado para o produto que atenda às normas vigentes. No âmbito nacional, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceu normas para óleos essenciais a partir da década de 1970. Entretanto, todas foram canceladas entre 2010 e 2011 e, atualmente, não há normas nacionais em vigor para regulamentar a produção e comercialização dos óleos essenciais (BIZZO e REZENDE, 2022).

Os OEs produzidos em pequena escala no Brasil, a partir de espécies nativas ou exóticas não possuem especificações predefinidas. Além disso, devido à variação na composição dos constituintes químicos das plantas em função de sua herança genética e das condições edafoclimáticas em que são cultivadas (RIBEIRO *et al.*, 2018; TAVARES *et al.*, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2008), é comum encontrar óleos essenciais supostamente da mesma espécie vegetal, mas provenientes de duas ou mais origens, com diferenças qualitativas e quantitativas em sua composição. Fatores externos, como temperatura, pluviosidade, vento, solo, latitude, altitude e época do ano, afetam de forma significativa a produção desses metabólitos secundários, resultando em variações no comportamento da planta ao longo do ano (PINTO e BERTOLUCCI, 2002; GOBBO-NETO e LOPES, 2007). Essa falta de uniformidade é, aliás, um dos principais desafios para os produtores rurais e indústrias interessadas em seu uso (WOLFFENBUTTEL, 2016).

O rendimento do óleo essencial é outro parâmetro importante que deve ser considerado pelos produtores e indústrias. De acordo com Trentini e

Teske (2001), o rendimento pode variar entre espécies, oscilando de 0,05% a 10% da massa da planta. Além disso, fatores como temperatura, pluviosidade, vento, solo, latitude, altitude, época do ano, técnicas de extração de óleos essenciais, partes da planta selecionadas para extração desses óleos, entre outros, influenciam no teor de óleo essencial obtido (ALVES *et al.*, 2015). O rendimento do óleo essencial é um parâmetro importante para determinar a viabilidade do estudo de uma espécie como fonte de substâncias bioativas, caso seja necessário o isolamento dessas substâncias ou ainda que o óleo essencial apresente atividade equiparada à da substância isolada (RIBEIRO *et al.*, 2018). Sendo assim, o estudo do rendimento do óleo essencial torna-se uma ferramenta fundamental para os produtores rurais, pois permite estimar a quantidade de biomassa necessária para produzir uma quantidade satisfatória de óleo essencial.

Há uma demanda no mercado por novos óleos essenciais e o produtor rural precisa estar atento. No entanto, é importante que o planejamento e a estruturação da cadeia de valor sejam conduzidos adequadamente, começando pela identificação correta das tendências de mercado. Além da já mencionada expansão do mercado de aromaterapia, existem novas aplicações para os óleos essenciais, como sua utilização na produção de biopesticidas, que representam oportunidades de crescimento para o setor (BIZZO e REZENDE, 2022). Desde 1947, a Environmental Protection Agency - Estados Unidos (EPA) apresenta registros de óleos essenciais na categoria de "sem riscos ao meio ambiente" na classificação de biopesticidas com ação repelente. Alguns destes óleos essenciais registrados nesta categoria são: anis (*Illicium verum*), bergamota (*Citrus reticulata*), cedro (*Cedrus*), citronela (*Cymbopogon nardus*), eucalipto (*Eucalyptus*), lavandim (*Lavandula hybrida*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e laranja (*Citrus aurantium*). No entanto, ao longo dos anos, vários estudos sobre atividade inseticida de óleos essenciais de diversas espécies vegetais têm contribuído para ampliar o conhecimento nesta área (POLATOĞLU *et al.*, 2017; TIETBOHL *et al.*, 2019; BEHI *et al.*, 2019; ABOLGHASEMI *et al.*, 2018; LAWAL *et al.*, 2019; LUO *et al.*, 2019; KOORKI *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020; TABANCA *et al.*, 2013; WEDGE *et al.*, 2009).

## **2.7 Extração e rendimento de óleos essenciais: Um olhar para o agricultor familiar.**



Os óleos essenciais podem ser extraídos de várias espécies de plantas, incluindo as das famílias Asteraceae, Lamiaceae, Cyperaceae, Zingerberaceae, Piperaceae, Apiaceae, Myrtaceae, Solanaceae, Apocynaceae e Lauraceae (NUZHAT E VIDYASAGAR, 2013). Essas substâncias são os principais metabólitos secundários isolados de folhas, cascas, flores, brotos, sementes, raízes, caule e frutos de diversas plantas aromáticas (MAURYA *et al.*, 2019).

Devido à alta volatilidade dos óleos essenciais, que se vaporizam rapidamente sob o efeito do aumento da temperatura, a técnica de extração por destilação é a mais utilizada para a maioria das plantas aromáticas, principalmente quando se deseja extrair o óleo essencial das folhas (PINHEIRO, 2003). Existem diferentes métodos para a extração dos óleos essenciais, e industrialmente são utilizados os mais tradicionais, como a destilação com água e vapor, a destilação direta com vapor de água e a destilação com água (hidrodestilação) (BOŽOVIĆ *et al.*, 2017).

Na destilação com água e vapor, o material vegetal é colocado sobre uma placa perfurada acima da água, que é aquecida para produzir vapor que atravessa a planta, volatilizando o óleo essencial. O vapor, que é uma mistura de óleo e água, é resfriado ao passar por um condensador, e como os componentes voláteis e a água são imiscíveis, ocorre a formação de duas fases líquidas que podem ser facilmente separadas. Na destilação a vapor, o sistema de extração consiste em dois compartimentos, sendo um com água, que é aquecida para produzir vapor que passa através de uma tubulação até o outro compartimento com o material vegetal. Quando o vapor atravessa a planta, volatiliza o óleo essencial, que segue para o condensador. Na hidrodestilação, o material vegetal permanece em contato com a água em ebulição, e o vapor força a abertura das paredes celulares, ocorrendo a evaporação do óleo que está entre as células da planta (WOLFFENBUTTEL, 2016).

A hidrodestilação equivale a inserir uma massa conhecida da parte da planta desejada para a extração do óleo essencial em um recipiente com um volume determinado de água. Em seguida, o recipiente é fechado e aquecido até a fervura, causando a ruptura da parede celular do tricoma, que contém a gotícula de óleo essencial, iniciando o processo de volatilização tanto da água quanto do óleo, que neste momento é extraído da planta. O recipiente aquecido é então acoplado a uma serpentina refrigerada, de modo que as trocas térmicas

proporcionem a condensação da água e do óleo essencial, que voltam ao estado líquido. A mistura líquida condensada é heterogênea, apresentando duas fases líquidas distintas, onde a fase superior é a do óleo essencial, por possuir densidade inferior à da água. A fase inferior, classificada como hidrolato, é constituída pela parte aquosa do processo de extração, composta por substâncias químicas solúveis em água, além de uma grande quantidade de constituintes do óleo essencial. Por fim, utiliza-se um separador, um recipiente que recebe a mistura líquida de hidrolato e óleo essencial, com uma torneira acoplada na sua parte inferior, que tem a finalidade de separar espontaneamente líquidos imiscíveis de densidades diferentes. Ao abrir a torneira, escoam-se apenas o líquido mais denso (hidrolato), e em seguida, o óleo é coletado (WOLFFENBUTTEL, 2016).

O extrator de óleo essencial mais utilizado em escala laboratorial é do tipo Clevenger, que apesar de fornecer bons resultados, apresenta limitações, por ser de vidro e operar com pequenos volumes, o que inviabiliza qualquer projeto cujo objetivo seja obter óleos essenciais em quantidades maiores. Essa realidade motivou a realização do presente trabalho, para avaliar a eficiência de um extrator totalmente artesanal, o qual utiliza o mesmo princípio (arraste a vapor) do Clevenger, mas com a possibilidade de se obter volumes maiores de OEs. Além disso, a hidrodestilação é um dos métodos de extração mais aplicados em função dos baixos requisitos de investimento e custos operacionais em comparação com outros métodos de extração, como dióxido de carbono em estado subcrítico, micro-ondas, ultrassom e solventes apolares.

Por falta de informação, muitos agricultores não sabem como obter e usar óleos essenciais como pesticidas naturais para controlar pragas, o que dificulta sua aceitação e uso. Este estudo demonstra que a obtenção de óleos essenciais é simples e pode ser feita com um extrator artesanal fácil de construir, permitindo que o agricultor extraia óleos em sua própria propriedade.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo de Pesquisa**

Este estudo é caracterizado por uma abordagem quantitativa de natureza aplicada e é classificado como uma pesquisa experimental e bibliográfica. O trabalho está alinhado com a linha de pesquisa Ambiente, Saúde

e Sistemas Agroalimentares do programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial.

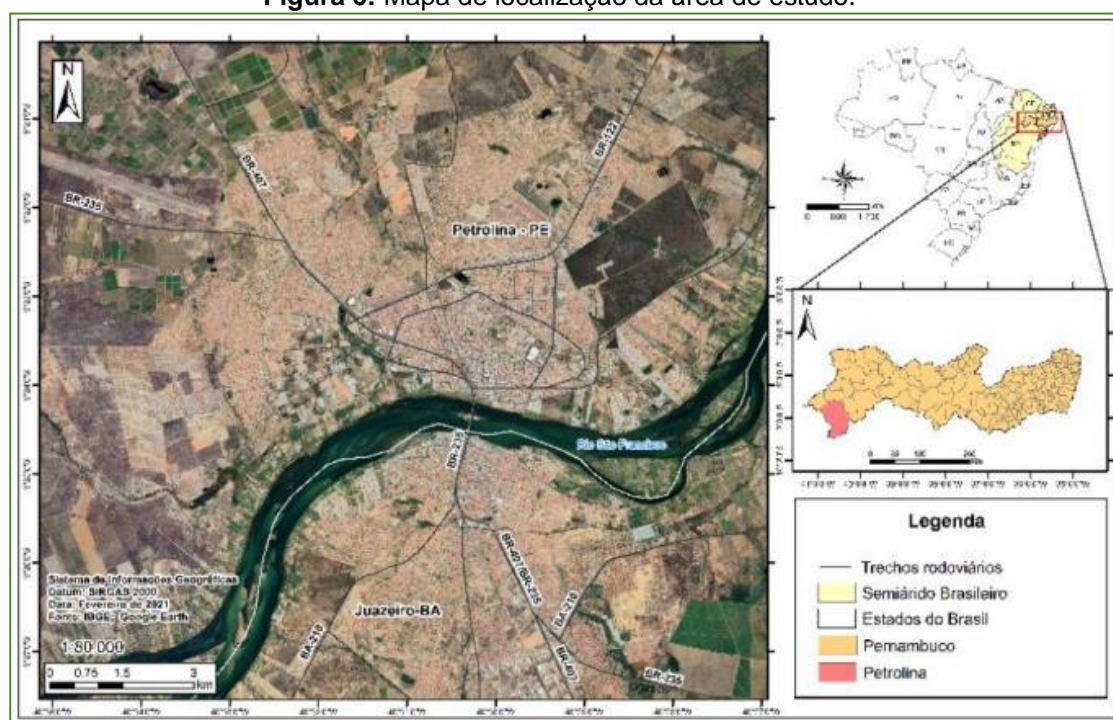
O percurso metodológico é interdisciplinar e, se afina com o pensamento agroecológico proposto por Caporal (2004). De acordo com esse autor, a agroecologia se consolida como ciência à medida que se constitui de conhecimentos compartilhados.

Com base nos procedimentos utilizados, esta pesquisa é classificada como experimental e bibliográfica. De acordo com Gil (2007), a pesquisa experimental é considerada o método mais valioso disponível para os cientistas, pois permite testar hipóteses que estabelecem relações de causa e efeito. Por sua vez, a pesquisa bibliográfica consiste na busca de referencial teórico em artigos, livros, revistas e outras fontes para obter conhecimentos prévios sobre um determinado tema (FONSECA, 2002).

### 3.2 Local de Estudo

Na Figura 6 observa-se a área onde a pesquisa foi realizada, que corresponde ao município de Petrolina - PE, Brasil. O município possui uma área aproximada de 4.561,870 km<sup>2</sup>, contida entre as coordenadas: latitude -9.39416 e longitude -40.5096, a qual está situado na região Nordeste, distante 712 km da capital, Recife (IBGE, 2020).

**Figura 6:** Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autora (2021).

### 3.3 Material Vegetal

Os OEs investigados foram extraídos de seis espécies de plantas. A escolha das espécies vegetais foi feita levando em conta critérios como aroma, atividades biológicas, disponibilidade e ampla distribuição na região do nordeste brasileiro. Para a avaliação da atividade inseticida foram investigadas quatro espécies: *C. blanchetianus*, *S. cordifolia*, *S. terebinthifolius* e *L. alba*. Já para o processo de extração artesanal foram utilizadas duas espécies, *R. officinalis* e *C. sinensis* além da espécie *C. blanchetianus*.

As espécies vegetais *C. blanchetianus*, *S. cordifolia*, *S. terebinthifolius* e *L. alba* utilizadas neste estudo foram identificadas pela equipe de profissionais do Centro de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas da Caatinga, da Universidade Federal do Vale do São Francisco (CRAD/UNIVASF). Três amostras de cada planta foram depositadas no Herbário Vale do São Francisco (HVASF) com os seguintes números de registro: *C. blanchetianus* (24.231), *S. cordifolia* (24.232), *S. terebinthifolius* (24.233) e *L. alba* (25.052). O material para extração dos OEs foi constituído de folhas frescas e folhas secas de *C. blanchetianus* (latitude 9° 16' 14" S e longitude de 40° 25' 58" W), folhas frescas de *S. cordifolia* (latitude 9° 16' 00" S e longitude de 40° 25' 57" W), as quais foram coletadas entre os meses de março a maio de 2021, as 9:00 horas, na fazenda Santana – município de Petrolina-PE, região Nordeste do Brasil. Também foram utilizadas folhas frescas de *L. Alba* (latitude: 9° 24' 44,06" S e longitude: 40° 32' 52,00" W) coletadas no mesmo período no Viveiro de Plantas Ornamentais Renascer, localizado na BR 655, município de Petrolina. Partes aéreas (cascas) da espécie vegetal *S. terebinthifolius* (latitude: 9° 22' 60" S e longitude: 40° 27' 26" W) foram coletadas na mesma época no Viveiro particular Plantae, localizado na Avenida Pedrinhas, nº 150ª, BR 1634.

Para a seleção das espécies vegetais submetidas ao processo de extração artesanal, foi levado em consideração sua disponibilidade na região semiárida, seu potencial na extração de óleo essencial e sua atividade inseticida. Nesse sentido, foram selecionadas as espécies: *R. officinalis*, *C. sinensis*, *C. blanchetianus*, que são facilmente encontradas, apresentam um bom rendimento e atividade inseticida comprovada. O material para extração artesanal dos OEs foi constituído de folhas frescas de *C. blanchetianus* (latitude 9°16'14" S e longitude de 40° 25' 58" W) coletados na fazenda Santana – município de Petrolina-PE, folhas frescas de *R. officinalis* (latitude 9°23'06" S e longitude de

40° 28' 16" W) e cascas frescas de frutos de *C. sinensis* coletados no Ceasa de Juazeiro, BA. Obtidas no mesmo período que as demais plantas. O material vegetal da presente pesquisa foi cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número A64B755.

### 3.4 Extração e rendimento do óleo essencial por hidrodestilação utilizando equipamento convencional Clevenger

Para as extrações dos OEs, foram pesadas em triplicata, 100g de folhas frescas e 100 g de folhas secas (*C. blanchetianus*). Após a colheita, parte das folhas frescas de *C. blanchetianus* foram secadas a sombra, espalhadas em uma área de 1m<sup>2</sup>, por um período de 48 horas. Além disso, foram utilizadas 100g de folhas frescas (*S. cordifolia* e *L. Alba*) e 100 g de partes aéreas (cascas) (*S. terebinthifolius*), as quais foram transferidas para um balão volumétrico de 2 Litros, com posterior adição de 1,5 L de água. Esse balão foi acoplado a um aparelho de Clevenger, para se proceder a hidrodestilação (Figura 7), de acordo com o método recomendado pela Farmacopeia Europeia (1983). Ao final do processo, o óleo essencial foi medido diretamente na bureta de extração. A análise gravimétrica para obter o rendimento de óleo (% p/p) foi realizada, com base no peso fresco, de acordo com a seguinte equação:  $RO\% = (Mo * 100) / Bm$ . Onde: RO%, Mo e Bm, são o rendimento do óleo essencial, a massa do óleo essencial extraído e biomassa vegetal, respectivamente. Após a extração, os óleos foram armazenados em frasco âmbar e conservados a 4°C até o uso.

**Figura 7:** Extração de OEs por hidrodestilação utilizando o equipamento Clevenger.



Fonte: Autora (2021).

### 3.5 Extração e rendimento do óleo essencial por hidrodestilação utilizando equipamento artesanal

Para avaliar a eficácia do extrator artesanal, foram comparados os rendimentos na extração de óleo essencial de três espécies botânicas (*C. blanchetianus*, *Citrus sinensis* (L). Osbeck e *Rosmarinus officinalis* L.) com os rendimentos obtidos através do aparelho Clevenger. As extrações foram realizadas ao mesmo tempo. A avaliação dentre os métodos artesanal e convencional para obtenção dos rendimentos de cada óleo essencial é inédita e valida o extrator artesanal para ser utilizado por pequenos produtores.

Os óleos essenciais foram extraídos pelo método de hidrodestilação, conforme descrito no tópico 3.4 e, de acordo com método recomendado pela Farmacopeia Europeia (1983), adaptado para utilização do destilador artesanal. Na hidrodestilação, a matéria-prima vegetal foi completamente mergulhada em água. O processo consistiu, essencialmente, em volatilizar o óleo essencial com uma corrente de vapor de água (WALTERMAN, 1993).

Foram pesadas três amostras de folhas frescas de cada espécie vegetal em estudo. A Tabela 1 mostra as massas pesadas para cada espécie vegetal. As cascas de laranja foram separadas do endocarpo e cortadas em pedaços de aproximadamente 2 × 5 × 3 mm.

**Tabela 1.** Massas das espécies vegetais utilizadas na extração de OEs.

	<i>C. blanchetianus</i>	<i>C. sinensis</i>	<i>R. officinalis</i>
Massa Vegetal (g)	1000	500	250

Fonte: Autora (2021).

O extrator em estudo é uma reprodução de um modelo de extrator de óleos essenciais artesanal, desenvolvido por extrativistas no município de Mâncio Lima – AC). O sistema de extração artesanal por hidrodestilação foi construído, utilizando-se de materiais alternativos, de baixo custo e facilmente encontrado no comércio (Figura 8). Os quatro componentes utilizados para confeccionar o extrator artesanal foram: 1. Panela de pressão de 20 L; 2. Panela de alumínio de 30 L; Tubo de cobre de 5 metros; Torneira  $\frac{1}{2}$  x  $\frac{3}{4}$ .

**Figura 8:** Extração de OEs por hidrodestilação utilizando o equipamento artesanal.



Fonte: Autora (2021).

### 3.6 Análise CG-EM do óleo essencial

A análise química do óleo essencial foi realizada utilizando o equipamento SHimadzu QP 2020, que consiste num Cromatógrafo Gasoso GC-2010, acoplado a um analisador de espectrometria de massas quadrupolar. A coluna utilizada foi uma RTX 5MS (crosslinked 5% fenil metil siloxano) com 30 m x 0,25 mm de diâmetro interno (DI), espessura de película de 0,25 µm. O gás de arraste foi o hélio, com fluxo de coluna de 1,82 ml.min<sup>-1</sup>. A quantidade de amostras injetadas foi de 1 µL com split de 5:1. A temperatura do forno era inicialmente de 50°C, aumentada a uma taxa de 3°C. min<sup>-1</sup> até 280° C. O espectrômetro de massa quadrupolo foi varrido ao longo do intervalo 37 a 660 u (unidade de massas atômica) com uma voltagem de Impacto Eletrônico de 70 eV. Os principais componentes dos OEs foram identificados com base nos espectros de massa comparados com dados do banco de dados da Biblioteca de Massas NIST14 com índice de similaridade de 90%.

### 3.7 Criação dos insetos

A criação de *C. maculatus* e *S. zeamais* foram realizadas no Laboratório de Apicultura e Meliponicultura da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), *Campus* Ciências Agrárias seguindo a metodologia de Filomeno (2016). Os insetos foram mantidos em recipientes de vidro de 2,0 L, cobertos com tecido fino tipo “tule” contendo grãos de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Insetos adultos foram mantidos nos grãos por oito dias após a cópula e oviposição. Após este período de infestação, os insetos foram removidos e o sistema foi deixado apenas com os ovos para obtenção da primeira geração. O mesmo procedimento foi realizado para obter as próximas

gerações. Os insetos foram mantidos em câmara climatizada (Figura 9), sob temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , e umidade relativa do ar de  $60\% \pm 10\%$ , e fotofase de 12h.

**Figura 9:** Câmara climatizada para criação de insetos (*C. maculatus* e *S. zeamais*).



Fonte: Autora (2021).

### 3.8 Avaliação da atividade inseticida

A avaliação da atividade inseticida dos OEs sobre *C. maculatus* foi realizada por meio de ensaios biológicos com insetos na fase adulta, utilizando a metodologia de biofumigação de Alves *et al.* (2015). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, sendo que os tratamentos foram constituídos por diferentes concentrações dos óleos essenciais das espécies selecionadas para o estudo, com no mínimo cinco repetições para cada tratamento. A determinação das concentrações a serem utilizadas, baseada em pré-testes e, em trabalhos anteriores, envolvendo os mesmos insetos em estudo.

Para as espécies *C. blanchetianus*, *S. cordifolia* e *S. terebinthifolius*, quinze insetos adultos não sexados foram introduzidos em potes de vidro (750mL) contendo 10g de feijão-caupi. Para a realização dos testes de biofumigação, com o objetivo de determinar as concentrações letais para o óleo essencial de *C. blanchetianus* foram utilizadas as concentrações 0; 1,38; 1,90; 2,63; 3,62; 5,0 ( $\mu\text{L}/750\text{mL}$ ). Já para o óleo essencial de *S. cordifolia* e *S. terebinthifolius*, foram realizados apenas testes preliminares envolvendo as



seguintes concentrações de óleo: *S. cordifolia* 0; 3; 6; 9; 12 e 15 ( $\mu\text{L}/750\text{ mL}$ ); *S. terebinthifolius* 0; 10; 20; 30; 40 e 50 ( $\mu\text{L}/750\text{ mL}$ ).

A aplicação do óleo essencial foi realizada por meio da introdução de uma tira de papel filtro (2x3 cm) no interior da tampa do recipiente sendo impregnada com diferentes volumes de óleo essencial com auxílio de uma micropipeta. Para evitar o contato direto do óleo essencial com os insetos, a tira de papel ficou suspensa em uma tela fina de tecido, tipo “tule”, posicionada na parte superior do frasco.

Para o tratamento testemunha, foram utilizadas tiras de papel impregnadas com água destilada, utilizando o volume correspondente à dose mais alta do óleo essencial. Após aplicação dos tratamentos, os frascos foram fechados, de modo a evitar a saída de gases. Posteriormente, os insetos foram mantidos em câmara climatizada, sob temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $60\% \pm 10\%$  e, fotofase de 12h. Quanto à avaliação da mortalidade, foi realizada 48 horas após a instalação do experimento, registrando-se o número de insetos mortos.

A avaliação da atividade inseticida do OE de *L. alba* sobre os insetos *C. maculatus* e *S. zeamais* foi realizada por fumigação em tubos Falcon com capacidade para 50mL, utilizando as concentrações 0; 1; 2; 3; 4; 5 ( $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ) para *C. maculatus* e 0; 0,10; 0,18; 0,33; 0,60; 1,09 ( $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ) para *S. zeamais*. Em cada tubo Falcon, foram adicionadas 10g de grãos e dez insetos adultos, não sexados, considerando as mesmas etapas do procedimento experimental de fumigação, descrito anteriormente. Os grãos utilizados nas avaliações inseticidas de *C. maculatus* e *S. zeamais* foram feijão e milho respectivamente.

### 3.9 Experimento Sinergismo

Os bioensaios por fumigação foram conduzidos de forma semelhante ao descrito na seção 3.8, utilizando tubos Falcon de 50 mL contendo 10g de feijão-caupi e dez insetos adultos não sexados de *C. maculatus* conforme metodologia de Filmento (2016). Os tratamentos corresponderam à dose necessária para matar 90% dos insetos ( $\text{CL}_{90}$ ) do OE de *C. blanchetianus* e dos seus componentes majoritários 1,8-cineol (32.89%) e  $\alpha$ -pineno (18.98%). Os componentes principais foram aplicados por fumigação, individualmente e em mistura, considerando a sua concentração na dose correspondente à  $\text{CL}_{90}$  do OE de *C. blanchetianus*. Dessa forma, foram realizados quatro tratamentos,

assim constituídos: 4 $\mu$ L.L<sup>-1</sup> de água destilada (testemunha); 2 $\mu$ L.L<sup>-1</sup> (mistura 1,8-cineol e  $\alpha$ -pineno); 1,3  $\mu$ L L<sup>-1</sup> (1,8-cineol) e 0,7  $\mu$ L.L<sup>-1</sup> ( $\alpha$ -pineno). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições.

O efeito da mistura binária sobre os insetos adultos foi classificado em antagonismo, aditismo ou sinergismo, em função da comparação entre as mortalidades observada e esperada. (HUMMELBRUNNER e ISMAN, 2001).

Os compostos puros foram adquiridos da Quinarí (CNPJ 05.424.392/0001-30), Ponta Grossa, Paraná, Brasil (1,8 cineol) e Cultive Comércio de Produtos Agrícolas EIRELI (CNPJ 25.045.346/0001-37), Santo André, São Paulo, Brasil ( $\alpha$ -pineno).

### 3.10 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e estudo da regressão com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2014). As Doses Letais (DL) foram calculadas pela análise de PROBIT (FINNEY, 1971), por meio do Software "R".

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Extração e Rendimento de Óleos Essenciais

A confecção do extrator artesanal, utilizando materiais alternativos, encontrados facilmente no comércio de utensílios domésticos foi extremamente simples e, o custo foi relativamente baixo (panela de pressão de 20 L no valor de R\$ 410,00; panela de alumínio de 35 L no valor de R\$ 180,00; tubo de cobre de 5 metros no valor de R\$ 150,00; Torneira  $\frac{1}{2}$  x  $\frac{3}{4}$  no valor de R\$ 57,00). A extração de óleos essenciais por hidrodestilação é um dos métodos mais utilizados na extração de OEs. No presente estudo, o sistema extrator (panela de pressão) de 20 litros permitiu o processamento de uma boa quantidade de material vegetal, favorecendo a obtenção de um maior volume de óleo essencial a cada processo de extração.

*C. blachetianus*, conhecido como marmeleiro, é um arbusto rico em metabólitos secundários que possui inúmeras atividades biológicas, incluindo atividade inseticida de contato e por fumigação em insetos considerados pragas (SILVA *et al.*, 2020; GAZZANO e GARCÍA, 2021). Em se tratando de uma espécie vegetal, tipicamente encontrada em regiões semiáridas, o marmeleiro é uma planta abundante no nordeste brasileiro. Ademais, apresenta um

significativo teor de óleos essenciais. Os rendimentos médios do óleo essencial de folhas frescas de *C. blanchetianus* obtidos por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger e o extrator artesanal, foram 0,49% e 0,44% (Tabela 2).

**Tabela 2.** Rendimento médio do óleo essencial de *C. blanchetianus*.

<i>Convencional</i>			<i>Artesanal</i>		
Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)	Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)
0,54	0,53	<b>0,53</b>	4,8	4,7	<b>0,47</b>
0,50	0,49	<b>0,49</b>	4,6	4,5	<b>0,45</b>
0,49	0,48	<b>0,48</b>	5,0	4,9	<b>0,49</b>
0,49	0,48	<b>0,48</b>	4,1	4,2	<b>0,42</b>
0,48	0,47	<b>0,47</b>	4,0	4,1	<b>0,41</b>
<b>Rendimento Médio</b>		<b>0,49</b>	<b>Rendimento Médio</b>		<b>0,44</b>

Fonte: Autora (2021).

Não há relatos na literatura de estudos que descrevam os rendimentos de óleos essenciais obtidos por métodos não convencionais, ou seja, aqueles que utilizam um sistema de extração totalmente artesanal. Portanto, os estudos referenciados aqui foram usados com o propósito de comparação, tendo obtido rendimentos a partir de extrações realizadas pelo método convencional, utilizando o aparelho Clevenger.

Como a metodologia de extração (hidrodestilação) foi a mesma, seja no aparelho de Clevenger (método convencional) ou no extrator artesanal, os relatos dos trabalhos utilizados como parâmetro, foram utilizados para fins comparativos. É importante ressaltar que os rendimentos obtidos para a espécie *C. blanchetianus*, tanto pelo método convencional quanto pelo artesanal, apresentaram uma notável similaridade (Tabela 2).

Ao extrair o óleo essencial de *C. blanchetianus*, Pereira (2017) registrou um rendimento de 0,40%, um pouco menor que os valores obtidos no presente trabalho, inclusive, no extrator artesanal. Já Angélico (2011), para a mesma espécie vegetal, obteve um rendimento de 0,72%, superior a todos os valores aqui mostrados. Silva *et al.* (2006) sugerem que essas variações podem ser atribuídas a diversos fatores, tais como: época da coleta, condições climáticas, idade do material vegetal, período e condições de armazenamento, método e tempo de destilação. Segundo Wolffenbuttel (2016), a técnica de extração e as condições de operação podem afetar significativamente o rendimento do processo e, conseqüentemente, a eficiência da extração.

A laranja doce (*C. sinensis*) é um fruto proveniente de uma das árvores mais amplamente cultivadas em todo o mundo (PANDHARIPANDE e MAKODE, 2012). O teor de óleo essencial presente nas cascas de frutas cítricas varia entre 0,5 e 5,0% (p/v) (PALAZZOLO *et al.*, 2013). Os rendimentos médios do óleo essencial de *C. sinensis* obtidos por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger e o artesanal, foram 1,09% e 0,69%, respectivamente (Tabela 3). Embora o rendimento obtido por meio do método de Clevenger tenha sido ligeiramente superior ao do extrator artesanal, ambos os valores se enquadraram no intervalo (0,5-5,0%) conforme apontado por Palazzolo *et al.* (2013).

**Tabela 3.** Rendimento médio do óleo essencial de *C. sinensis*.

<i>Convencional</i>			<i>Artesanal</i>		
Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)	Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)
1,5	1,23	<b>1,23</b>	6,7	5,51	<b>0,73</b>
1,4	1,15	<b>1,15</b>	6,5	5,35	<b>0,71</b>
1,4	1,15	<b>1,15</b>	6,4	5,26	<b>0,70</b>
1,2	0,99	<b>0,99</b>	6,1	5,02	<b>0,67</b>
1,1	0,96	<b>0,96</b>	5,9	4,87	<b>0,65</b>
<b>Rendimento Médio</b>		<b>1,09</b>	<b>Rendimento Médio</b>		<b>0,69</b>

Fonte: Autora (2021).

Outros pesquisadores que extraíram óleos essenciais de cascas de laranjas obtiveram resultados semelhantes. Kamal *et al.* (2011) ao estudar o rendimento de óleo essencial de cascas de *C. sinensis* frescas, secas ao ambiente e em estufa, encontraram valores que variaram de 0,24 a 1,07%. Sharma e Tripathi (2008), registraram rendimento máximo de 1,8% em cascas de *C. sinensis* e Assunção (2013), por sua vez, obteve um rendimento de 2,47%.

A espécie *R. officinalis*, mais conhecida como alecrim, é uma planta aromática, medicinal e condimentar que pertence à família Labiatae. O óleo essencial extraído dessa espécie vegetal possui grande valor comercial em virtude de suas inúmeras propriedades biológicas, incluindo sua notável atividade inseticida. Os rendimentos médios do óleo essencial de *R. officinalis* obtidos por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger e o artesanal, foram 1,0% e 0,63%, respectivamente (Tabela 4). Igualmente como ocorreu para a espécie *C. sinensis*, a eficiência na extração do extrator artesanal ficou um pouco abaixo ao do extrator Clevenger. Outros trabalhos resultaram em valores de rendimentos aproximados aos do presente estudo, principalmente, aos

obtidos através do extrator Clevenger. Hussain *et al.* (2010), obtiveram rendimento de 0,93%, e Elyemni *et al.* (2022) encontraram teores que variaram entre 1,35 e 2,24%.

**Tabela 4.** Rendimento médio do óleo essencial de *R. officinalis*.

<i>Convencional</i>			<i>Artesanal</i>		
Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)	Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)
1,19	1,10	<b>1,12</b>	1,87	1,7	<b>0,69</b>
1,06	0,98	<b>0,98</b>	1,95	1,8	<b>0,72</b>
1,05	0,97	<b>0,97</b>	1,62	1,5	<b>0,60</b>
1,0	0,97	<b>0,97</b>	1,6	1,5	<b>0,60</b>
0,9	0,96	<b>0,96</b>	1,5	1,4	<b>0,57</b>
<b>Rendimento Médio</b>		<b>1,0</b>	<b>Rendimento Médio</b>		<b>0,63</b>

Fonte: Autora (2021).

Na metodologia apresentada, para a extração artesanal do óleo essencial da espécie *C. blanchetianus*, utilizou-se a maior massa, 1000 g, já para as espécies de *C. sinensis* e *R. officinalis*, as massas foram de 500 g e 250 g, respectivamente. Conforme observado, a maior homogeneidade nos valores de rendimento entre o extrator artesanal e o Clevenger, ocorreu quando se utilizou uma maior quantidade de material. Como na extração artesanal, utilizou-se uma panela de 20 L, onde foi misturada a massa vegetal com a água, acredita-se que o volume vegetal, ocupando um maior espaço dentro do recipiente, tenha influenciado o rendimento.

Através da análise de variância, observa-se que a dispersão entre os resultados obtidos pelas extrações artesanal e convencional foi baixa, de 8,66% (Tabela 5). Isso demonstra que os dados obtidos entre os grupos são homogêneos, comprovando a eficácia e viabilidade e, conseqüentemente, validando o equipamento de extração artesanal.

**Tabela 5.** Rendimento médio dos óleos essenciais de *C. sinensis*, *C. blanchetianus* e *R. officinalis* obtidos através dos métodos de extração convencional e artesanal.

Espécie	Método de Extração do OE (*)	
	Convencional	Artesanal
<i>C. sinensis</i>	1,09 ± 0,05 a	0,69 ± 0,01 b
<i>C. blanchetianus</i>	0,49 ± 0,01 a	0,45 ± 0,01 a
<i>R. officinalis</i>	1,00 ± 0,03 a	0,64 ± 0,03 b
CV (**)	8.66	

(\*) Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(\*\*) CV = Coeficiente de Variação.

Fonte: Autora (2021).

#### 4.2 Influência da Secagem no Rendimento de Óleo Essencial de Folhas de *Croton blanchetianus* utilizando o equipamento Clevenger

Logo no início da destilação, já foi possível observar duas fases, uma fase aquosa (água aromática) e uma fase orgânica (óleo essencial) de cor amarelada, assim, como também foi possível, sentir a presença de um aroma característico, o mesmo que é detectado no campo, na hora da coleta do *C. blanchetianus*. Próximo as duas horas de destilação, tempo estabelecido pelo presente trabalho, observou-se que, a extração do óleo era praticamente irrelevante.

A Tabela 6, aponta que os óleos essenciais obtidos por hidrodestilação de folhas secas de *C. blanchetianus*, apresentam um rendimento de 0,90%, quase o dobro do valor, quando se utiliza folhas frescas, que é de 0,50%. Observa-se, que o método de secagem das folhas a sombra, levou a um aumento no rendimento de óleo essencial de 80%, que é bastante expressivo.

**Tabela 6.** Rendimento médio do óleo essencial obtido das folhas de *C. blanchetianus*.

<i>Croton blanchetianus</i>	Massa das folhas (g)	Massa do óleo (g)	Rendimento (%)
Folhas frescas	100	0,50	0,50
Folhas secas	100	0,90	0,90

Fonte: Autora (2020).

Foram encontrados na literatura vários trabalhos que determinaram o rendimento de óleos essenciais de folhas frescas de *C. blanchetianus*. Angélico (2011), obteve um rendimento de 0,72%, já Melo (2011), relatou 0,70%, por sua vez, Pereira (2017), descreveu um rendimento de 0,40%. Conforme mostra a Tabela 8, para folhas frescas, o rendimento foi de 0,50%. Respectiva variação de valores no rendimento, é devido a fatores ambientais, como clima, solo, altitude, vento, chuva, bem como o horário da coleta.

O método de secagem das folhas de *C. blanchetianus* a sombra, conforme aponta a Tabela 6, favorece de forma muito significativa o rendimento. Na literatura, encontra-se vários trabalhos, com maiores rendimentos de óleos essenciais, quando as amostras vegetais, foram submetidas a algum tipo de secagem, principalmente, a sombra conforme mostra o Quadro 2.

**Quadro 2.** Rendimento de óleos essenciais em função dos métodos de secagem.

<b>Autores</b>	<b>Amostras vegetais</b>	<b>Processos de Secagem</b>	<b>Maior Rendimento</b>
Shalaby, El-Gengaihi e Khattab (1995)	<i>Folhas de Melissa officinalis</i>	Secagem a sombra e estufa	Secagem a sombra
Fathi e Sefidkon (2012)	Folhas de <i>Eucalyptus sargentii</i>	Secagem a sombra, sol e estufa	Secagem a sombra
Omidbaigi, Kabudani e Tabibzadeh (2007)	Flores de <i>Tanacetum parthenium</i> cv. <i>Zardband</i>	Secagem a sombra, sol e forno	Secagem a sombra
Silva <i>et al.</i> (2019)	Folhas de <i>Corymbia citriodora</i>	Secagem em estufa	Secagem em estufa

Fonte: Autora (2020).

O Quadro 2, aponta, que dentre os vários tipos de secagem, a secagem a sombra, demonstra ser, o mais eficaz, já que os rendimentos são maiores em relação aos outros tipos de secagem. A exposição a altas temperaturas de material vegetal sob o Sol, e secagem em forno, leva a uma perda de óleo volátil segundo Hassanpouraghdam (2010). A secagem a sombra, para as espécies vegetais da Tabela 8, parece ter permitido a perda da umidade, sem no entanto, ocorrer uma volatilização e perda de óleos essenciais.

Upadhyay et al. (2019) fizeram um estudo para avaliar a influência do armazenamento pós-colheita de partes aéreas de capim-limão (*Cymbopogon flexuosus*) em campo aberto, sombra e em condições de ambiente ventilado sobre o rendimento e a composição do óleo essencial, durante 10 dias consecutivos. O teor de óleo significativamente mais alto, foi registrado, quando destilado no mesmo dia da colheita, decrescendo continuamente ao longo de sucessivas secagens do vegetal. Para respectiva espécie, quanto mais fresca as partes aéreas, maior o teor de óleo essencial. Conforme Rahimmalek e Goli (2013), a secagem, pode reduzir o teor de óleo essencial, devido à volatilização ou degradação dos constituintes. Conforme trabalhos apresentados no Quadro 2, a secagem da planta e a perda da umidade ocasionam mudanças físico-químicas, e de acordo com cada espécie vegetal, pode influenciar de forma positiva ou não no rendimento. Por isto, para algumas espécies vegetais, a secagem só interfere de forma positiva no rendimento, se forem secadas a sombra, a baixa temperatura, já que promove a perda da umidade, sem no entanto, ocorrer a volatilização de substâncias aromáticas e/ou degradação dos constituintes, como para o *C. blanchetianus*. Já para o capim-limão, ainda que a secagem ocorra a sombra, parece ocorrer uma grande volatilização e/ou

degradação dos constituintes, de modo a interferir negativamente no rendimento de óleo essencial. Resultados diferentes no rendimento, estão relacionados ao tipo e origem das espécies vegetais, bem como, nas condições utilizadas para os tratamentos de secagem (SHAHHOSEINI *et al.*, 2013).

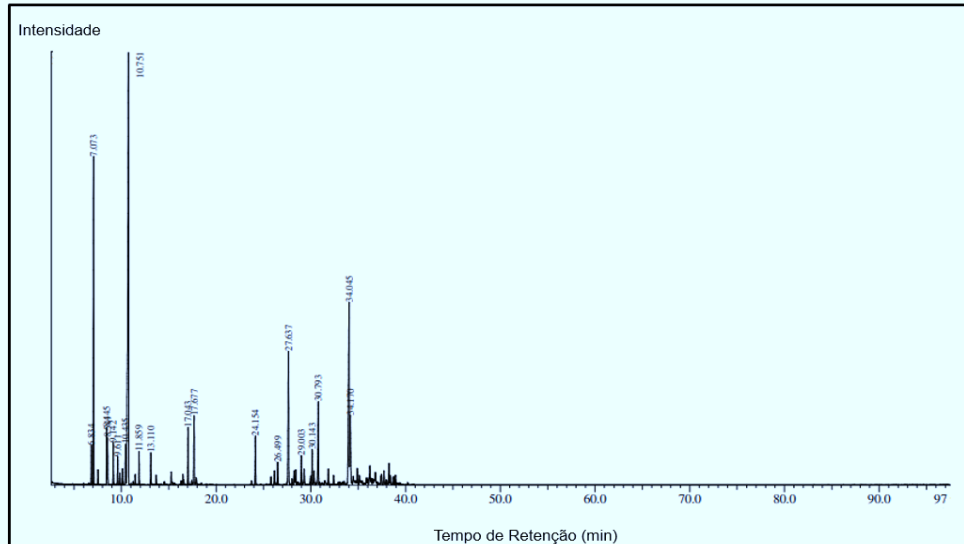
Do ponto de vista puramente econômico, o processo de secagem do material vegetal, diminui a energia gasta durante o processo de extração do óleo essencial, considerando que a capacidade de alocação de matéria-prima em tanque de destilação, é definido por peso, e a desidratação do tecido vegetal, permite a alocação de maior quantidade de matéria-prima. No caso da obtenção de óleo essencial de folhas de *C. blanchetianus* em grande escala, a secagem das folhas a sombra, além de favorecer um maior rendimento, uma maior quantidade de folhas, podem ser alocadas no tanque, reduzindo o gasto de energia para a obtenção de óleo essencial.

### 4.3 Análise CG-EM

A análise por CG-MS dos óleos essenciais de *C. blanchetianus* e de *S. cordifolia* gerou 20 picos em ambas as amostras, onde foi possível identificar pela comparação do espectro de massa com o banco de dados da Biblioteca de massas NIST14, 20 componentes no primeiro (Figura 10) e 12 no segundo (Figura 11). Já para o OE de *S. terebinthifolius*, foram gerados 48 picos (Figura 12) com 7 componentes identificados, enquanto para o OE de *L. alba*, a análise por CG-EM gerou 20 picos (Figura 13) e a identificação de 18 constituintes.

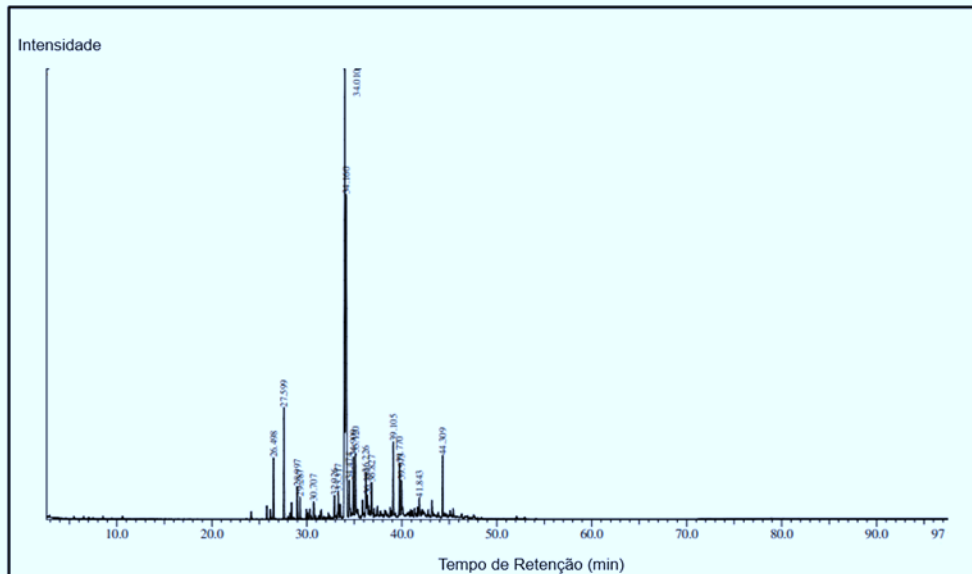


**Figura 10:** Perfil cromatográfico do óleo essencial das folhas frescas de *C. blanchetianus*.



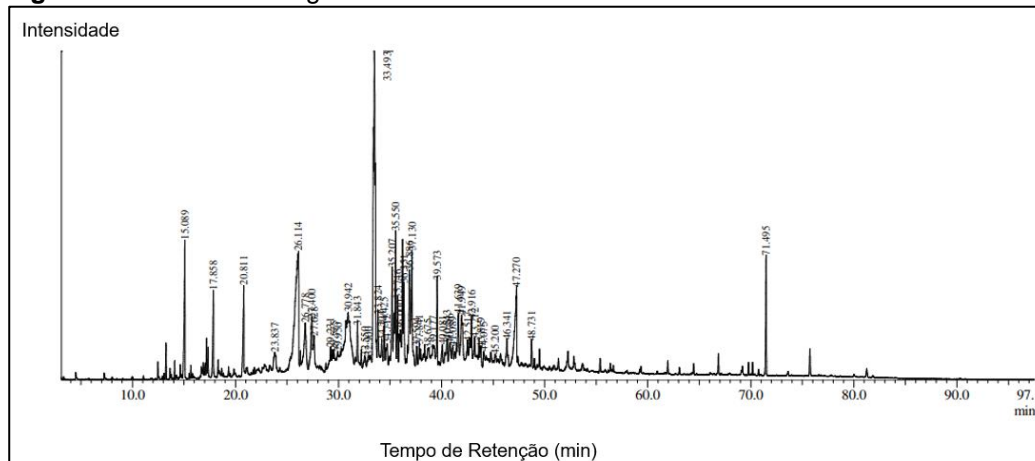
Fonte: Autora (2022).

**Figura 11:** Perfil cromatográfico do óleo essencial das folhas frescas de *S. cordifolia*.

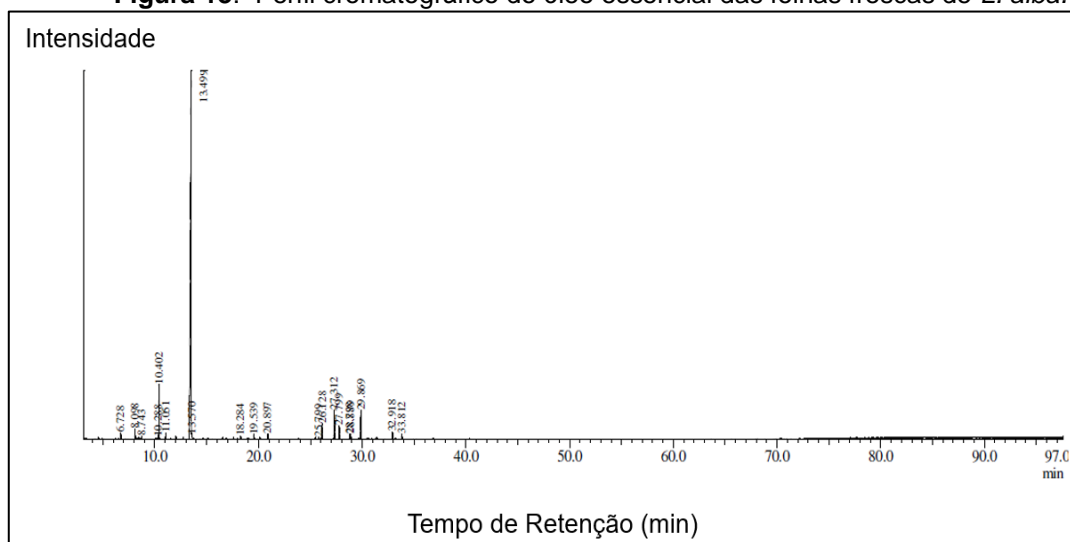


Fonte: Autora (2022).

**Figura 12:** Perfil cromatográfico do óleo essencial das cascas de *S. terebinthifolius*.



Fonte: Autora (2022).

**Figura 13:** Perfil cromatográfico do óleo essencial das folhas frescas de *L. alba*.

Fonte: Autora (2022).

#### 4.3.1 Óleo essencial de *Croton blanchetianus*

Após comparação com o banco de dados GC-EM e índices de retenção conhecidos, foi possível identificar vinte compostos do OE de *C. blanchetianus*, sendo em sua maioria monoterpenos, perfazendo 63,59% de sua composição total (Tabela 7). Os constituintes majoritários foram os hidrocarbonetos monoterpenicos 1,8-cineol (32.89%) e  $\alpha$ -pineno (12.98%), além do sesquiterpeno espatulenol (13.87%), sendo que a soma destes, correspondeu a um total de 59.74%. *C. blanchetianus*, assim como a maioria das espécies do gênero *Croton*, sintetizam óleos essenciais, cuja composição química é farta em mono, sesquiterpenóides e fenilpropanóides (PALMEIRA-JUNIOR *et al.*, 2006).

Ribeiro *et al.*, (2018) realizaram a análise química dos óleos essenciais obtidos das folhas de três espécies do gênero *Croton* coletadas em diferentes horários do dia, incluindo o *C. blanchetianus*, onde identificaram o espatulenol como constituinte majoritário no horário de 8 e 12h, e o anetol às 20h. Os mesmos autores observaram que para essa espécie, o espatulenol (segundo constituinte mais abundante do presente trabalho), está ausente no horário de 20h. Oliveira (2008) identificou na composição química do óleo essencial de *C. blanchetianus*, o  $\alpha$ -pineno (10,5%) como composto majoritário, seguido pelo  $\beta$ -pineno (1,4%) e  $\beta$ -mirceno (1,9%), já Rodrigues *et al.*, (2019), observou 1,8 cineol (16,9%) como o composto principal, seguido por  $\beta$ -cariofileno (15,9%) e germacreno D (14,5%).

A análise dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas frescas de *C. blanchetianus*, de acordo com os dados do presente estudo e relatórios anteriores, mostrou uma variação quanto ao composto majoritário, sendo que apenas no trabalho de Rodrigues *et al.*, (2019) foram encontradas semelhanças com os componentes aqui referenciados. Os autores também identificaram o 1,8-cineol como constituinte mais abundante. Esse composto é um monoterpeneo identificado, naturalmente, em diversas plantas aromáticas dos gêneros *Eucalyptus*, *Croton*, *Hyptis*, *Pectis*, *Rosamarinus* e *Salvia* (ARAÚJO, 2003; VILELA, 2009). No presente trabalho, o 1,8-cineol e o  $\alpha$ -pineno foram considerados monoterpeneos majoritários no óleo essencial de *C. blanchetianus*.

Ebadollahi *et al.* (2020) também identificaram no óleo essencial de *Eucalyptus*, reconhecido por sua ação inseticida, o 1,8-cineol (51,6%) e o  $\alpha$ -pineno (15,8%) como constituintes principais.

Essas diferenças na composição química dos óleos essenciais estão ligadas a fisiologia da planta, sendo que os constituintes e suas quantidades dependem, principalmente, das enzimas responsáveis por catalisar a produção de compostos voláteis em um órgão, do estágio de desenvolvimento e, ainda, de estresses abióticos, como a salinidade do solo, umidade e temperatura (SANGWAN *et al.*, 2001).

**Tabela 7.** Constituintes do óleo essencial de folhas frescas de *C. blanchetianus*.

COMPOSTOS	SI*	RT (min.)**	%
$\alpha$ -tujeno	96	6.384	1.35
$\alpha$ -Pineno	97	7.073	<b>12.98</b>
Sabineno	96	8.445	2.03
Nopineno	97	8.541	1.65
Myrceno	92	9.142	1.45
Phellandreno	97	9.611	1.10
Cymeno	96	10.435	2.08
Eucaliptol(1,8-cineol)	90	10.751	<b>32.89</b>
Terpineno	97	11.859	1.21
Terpinoleno	96	13.110	1.21
4-Terpineol	95	17.043	2.56
$\alpha$ -Terpineol	96	17.677	3.08
Elemeno	91	24.154	2.31
$\beta$ -Elemeno	93	26.499	1.12
Caryophylleno	95	27.637	7.14
Humuleno	96	29.003	1.39
D-Germacreno	94	30.143	1.66
B-Germacreno	93	30.793	4.58
Espatuleno	94	34.045	<b>13.87</b>
Óxido de cariofileno	90	34.170	4.34
Monoterpeneos (%)			63.59
Sesquiterpeneos (%)			36.41
Total de componentes identificados			20

(\*) Índice de Similaridade com base nos espectros de massa da Biblioteca de Massas NIST14.

(\*\*) Tempo de Retenção.

Fonte: Autora (2022).

### 4.3.2 Óleo essencial de *Sida cordifolia*

Para o óleo essencial de *S. cordifolia* (Malvaceae), as análises químicas permitiram a identificação de 12 compostos por CG-EM, sendo todos sesquiterpenos, perfazendo 83.81% de sua constituição total (Tabela 8). Os compostos majoritários foram espatulenol (31.76%) e óxido de cariofileno (24.88%), sendo a soma destes, correspondente a um total de 56.64%. Em contraste, alguns autores identificaram compostos monoterpênicos em espécies vegetais da família *Malvaceae*, como Pinheiro (2016), que analisando o óleo essencial de *Sida rhombifolia*, encontrou o linalol (15.1%),  $\alpha$ -terpinol (2.6%), geraniol (1.7%) e o  $\alpha$ -pineno (0.5%). Por sua vez, Oliveira (2021), ao analisar a composição química do óleo essencial de *Malva Sylvestris*, identificou o monoterpene eugenol (14,9%). Os constituintes dos óleos essenciais do grupo dos monoterpênicos, como o 1-8-cineol, carvacrol e eugenol, são os que possuem propriedades pesticidas altas contra pragas de produtos armazenados (AJAYI *et al.*, 2014), logo, a ausência ou a pouca quantidade de terpenóides, pode resultar em baixa atividade inseticida.

**Tabela 8.** Constituintes do óleo essencial de folhas frescas de *S. Cordifolia*.

COMPOSTOS	SI*	TR (min.)**	%
$\beta$ -Elemeno	94	26.498	3.40
Cariofileno	95	27.599	5.79
Humuleno	95	28.997	1.73
Aromadrendeno	94	29.287	1.07
Epoxido Humuleno	91	32.926	1.20
Espatulenol	94	34.010	<b>31.76</b>
Oxido de Cariofileno	92	34.160	<b>24.88</b>
Ledol	95	34.474	1.59
Viridiflorol	95	34.900	3.67
Oxido de Humeleno II	90	35.120	3.35
$\alpha$ -Cadinol	90	36.827	2.04
Phtalato Dioctyl	93	44.309	3.33
Monoterpenos (%)			-
Sesquiterpenos (%)			83,81
Total de componentes identificados			12

(\*) Índice de Similaridade com base nos espectros de massa da Biblioteca de Massas NIST14.

(\*\*) Tempo de Retenção.

Fonte: Autora (2022).

### 4.3.3 Óleo essencial de *Schinus terebinthifolius*

O rendimento do óleo essencial obtido a partir das cascas de *S. terebinthifolius* foi de 0,2%. Após a análise por CG-EM dos óleos essenciais de *S. terebinthifolius*, foram obtidos 48 picos (Figura 12), e, por meio da comparação do espectro de massa com o banco de dados da Biblioteca de Massas NIST14,

foi possível identificar sete componentes (Tabela 9), sendo a maioria sesquiterpenos, que correspondem a 57,1% de sua composição total. O sesquiterpeno oxido de cariofileno (13,61%) foi o constituinte majoritário.

Os resultados encontrados no presente estudo diferem dos resultados obtidos por Alves *et al.* (2015) que avaliaram o rendimento e o perfil fitoquímico dos óleos essenciais de oito espécies vegetais, dentre elas a aroeira-vermelha (*S. terebinthifolius*) tendo verificado um teor de 0,3 % de OE obtido a partir de seus frutos coletados no município de Búzios – RJ. Os mesmos autores identificaram os monoterpenos  $\alpha$ -pineno,  $\delta$ -3-careno e limoneno como componentes majoritários para esta espécie. Já Pratti (2017), avaliou o rendimento e os compostos químicos dos OEs da espécie *S. terebinthifolius* obtidos a partir de frutos maduros, frutos imaturos e folhas frescas, sendo os materiais vegetais coletados nos municípios de Guarapiri -ES e Aracruz-ES. No que se refere à composição química, nesse trabalho, foi identificada para os frutos maduros, a predominância de constituintes monoterpênicos, com traços de sesquiterpenos, enquanto no óleo essencial dos frutos imaturos e das folhas foi observada a presença de sesquiterpenos em maior quantidade. O componente majoritário do óleo essencial do fruto maduro e das folhas foi o  $\delta$ -3-careno, já do fruto imaturo foi o limoneno. Comparando os estudos realizados por Alves *et al.* (2015) e Pratti (2017) que trabalharam com extração de OE de *S. terebinthifolius*, a partir de seus frutos, foi verificado que apenas dois dos três componentes majoritários identificados no trabalho de Alves *et al.* (2015) foram comuns aos constituintes identificados por Pratti (2017), sendo estes o  $\delta$ -3-careno e limoneno, em diferentes concentrações. A variação da composição química dos OEs extraídos por Alves *et al.* (2015) e Pratti (2017) foi totalmente diferente do perfil cromatográfico do OE extraído das cascas de *S. terebinthifolius* do presente trabalho. Neste sentido, a variabilidade química do OE de *S. terebinthifolius* extraído de diversas partes da planta foi influenciada por fatores como clima, solo, estações do ano, forma de plantio, adubação, uso de agrotóxicos, irrigação, tempo e condições ambientais e variação geográfica (FRANCO *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2005; APEL *et al.*, 2006; ASEKUN *et al.*, 2006; CARVALHO FILHO *et al.*, 2006; POTZERNHEIM *et al.*, 2006; TELCI *et al.* 2006; SEFIDKON *et al.*, 2007).

**Tabela 9.** Constituintes do óleo essencial de cascas e tronco de *S. terebinthifolius*.

COMPOSTOS	SI*	TR (min.)**	%
Verbenol	94	15.089	2.41
Biciclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-t	92	17.858	1.42
Oxido de Cariofileno	91	33.493	<b>13.61</b>
Globulol	90	33.824	1.60
Cariofila- 4(12),8(13)-dien-5 $\alpha$ -ol	90	35.550	<b>3.89</b>
Ácido n-Hexadecanoico	96	47.270	3.86
Tetratetracontano	97	71.495	1.96
Monoterpenos (%)			28,6
Sesquiterpenos (%)			57,1
Carotenoides (%)			14,3
Total de componentes identificados			7

(\*) Índice de Similaridade com base nos espectros de massa da Biblioteca de Massas NIST14.

(\*\*) Tempo de Retenção.

Fonte: Autora (2022).

#### 4.3.4 Óleo essencial de *Lippia alba*

Para a espécie *L. alba*, o rendimento do óleo essencial foi de 0,3%. O resultado da análise CG-EM para o OE extraído das folhas frescas permitiu a identificação de 18 compostos, sendo em sua maioria monoterpenos, perfazendo 55,6% de sua composição total (Tabela 10). Os constituintes majoritários foram os monoterpenos Linalol (75,17%) e Eucaliptol (5,56%).

**Tabela 10.** Constituintes do óleo essencial de folhas de *L. alba*.

COMPOSTOS	SI*	TR (min.)**	%
$\alpha$ -Pinene	95	6.728	0.54
Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)	96	8.098	0.89
$\beta$ -Myrcene	93	8.743	0.30
Limonene	94	10.288	0.30
Eucalyptol	93	10.402	<b>5.56</b>
1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)	97	11.051	0.58
Linalool	96	13.499	<b>75.17</b>
1,5,7-Octatrien-3-ol, 3,7-dimethyl-	91	13.570	0.56
2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)-	95	19.539	0.55
Citral	96	20.897	0.62
Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1. $\alpha$ ,2. $\beta$ ,4. $\beta$ )]-	95	26.128	1.98
Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R,4Z,9S)]-	95	27.312	3.92
1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethylidene)-, (E,E)-	96	27.799	1.81
Humulene	96	28.798	0.63
(E)- $\beta$ -Farnesene	90	28.889	0.77
Germacrene D	93	29.869	3.60
$\gamma$ -Elemene	92	32.918	0.88
Caryophyllene oxide	92	33.812	0.74
Monoterpenos (%)			55,6
Sesquiterpenos (%)			44,4
Total de componentes identificados			18

(\*) Índice de Similaridade com base nos espectros de massa da Biblioteca de Massas NIST14.

(\*\*) Tempo de Retenção.

Fonte: Autora (2022).

Os resultados obtidos neste estudo estão em concordância com os encontrados por Bahl *et al.* (2000), que avaliaram a composição do óleo essencial de *L. alba* cultivada na Índia. Esses autores identificaram o linalol (65%) como o constituinte principal do óleo essencial de *L. alba*. Mallavarapu *et al.* (2000) também relataram o linalol (69,3%) como o componente majoritário do óleo essencial das folhas de *L. alba*, dentre os 38 componentes identificados no estudo. No entanto, Alves *et al.* (2015) encontraram um resultado diferente, identificando o citral (87,1%) como o componente majoritário para o OE de *L. alba* coletadas no Rio de Janeiro - RJ. O quimiotipo citral (70,6-79,0%) também foi identificado como composto majoritário para o OE de *L. alba* coletada no município de Ilhéus-BA em diferentes estações sazonais (GLAMOČLIJA *et al.*, 2011). No presente trabalho, também foi identificado o constituinte citral (0,62%) mas em uma quantidade bem inferior aos teores encontrados por Alves *et al.*, (2015) e Glamočlija *et al.*, (2011).

Neste estudo, assim como em Glamočlija *et al.* (2011), o óleo essencial das folhas de *L. alba* foi obtido através de hidrodestilação. No entanto, Glamočlija *et al.* (2011) obteve um teor diferente, com um valor igual a 0,15%. Já Shukla *et al.* (2009) encontraram um teor ainda menor, de 0,08%. O rendimento do óleo essencial de *L. alba* obtido no presente trabalho está dentro do intervalo de variação dos teores obtidos por Castro *et al.* (2002), que foi de 0,15% a 0,61%.

As variações na composição química dos óleos essenciais de *Lippia alba* relatadas pelos autores Bahl *et al.* (2000), Mallavarapu *et al.* (2000), Alves *et al.* (2015), Glamočlija *et al.* (2011), assim como no presente estudo, são resultado do equilíbrio entre a formação e transformação da planta durante seu crescimento, influenciado principalmente por três fatores: genéticos, ambientais e técnicas de cultivo (CASTRO *et al.*, 2002).

#### **4.4 Avaliação da Atividade Inseticida**

Enquanto o óleo essencial de *C. blanchetianus* indicou maior bioatividade sobre *C. maculatus*, com valores de CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> de 2,46µL/750 mL e 3,91µL/750 mL, respectivamente (Tabela 11), o óleo essencial de *S. cordifolia* apresentou baixa atividade contra o inseto, resultando em uma mortalidade máxima de apenas 5,3% na maior dosagem utilizada (15µL/750 mL). Devido a esse baixo efeito, optou-se por não determinar os valores de CL<sub>50</sub> e DL<sub>90</sub> para

esse óleo essencial, uma vez que seriam necessárias grandes quantidades de material vegetal para obtenção de concentrações maiores, o que poderia inviabilizar a aplicação prática desse produto.

**Tabela 11.** Estimativas das CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> (µL/750 mL) do óleo essencial de *C. blanchetianus* sobre *C. maculatus*.

Óleo essencial	Coefficiente angular (± EP)	CL <sub>50</sub> (IC) <sup>(a)</sup>	CL <sub>90</sub> (IC)	χ <sup>2</sup> (b)	g.l. (c)
<i>C. blanchetianus</i>	7,63 ± 0,20	2,46 (2,34 - 2,58)	3,91 (3,59 - 4,25)	17,08*	3

<sup>a</sup> IC: Intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

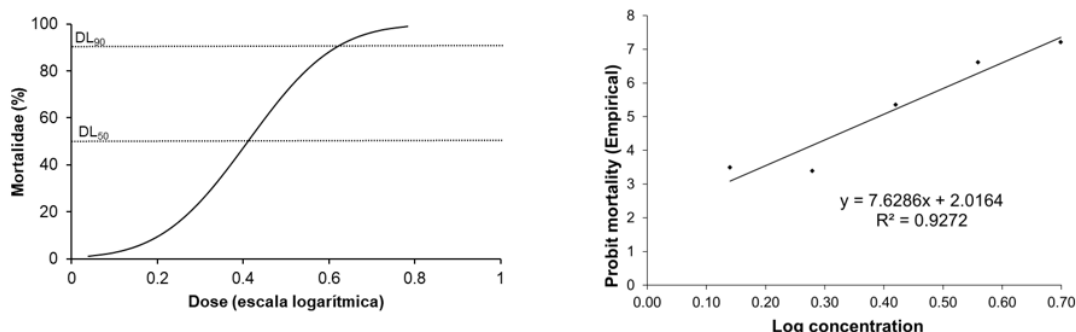
<sup>b</sup> χ<sup>2</sup>: valor de qui-quadrado calculado.

<sup>c</sup> g.l.: graus de liberdade.

Fonte: Autora (2022).

A curva de concentração de mortalidade para o OE de *C. blanchetianus* sobre *C. maculatus* está representada na Figura 14.

**Figura 14.** Curva concentração-mortalidade para adultos de *C. maculatus* tratados com OE de *C. blanchetianus*.



Fonte: Autora (2022).

O efeito na mortalidade do OE de *C. blanchetianus* sobre *C. maculatus* foi representativo e mostrou-se crescente com o aumento da dose, o que evidencia a capacidade desse produto para o controle de *C. maculatus*, quando aplicado via fumigação sobre o inseto. Corroborando com os resultados do presente trabalho, Silva *et. al* (2020) observaram em testes de toxicidade por contato, a ação inseticida do óleo essencial de *C. blanchetianus* sobre *C. maculatus* (CL<sub>50</sub>= 7,14 µL/20g de feijão e CL<sub>90</sub>= 14,85 µL/20g feijão respectivamente). Os autores evidenciaram ainda que a ação do óleo essencial de *C. blanchetianus* frente a oviposição e *C. maculatus* nascidos vivos é dose-dependente, onde a menor e a maior concentração geraram uma redução média na quantidade de ovos de 16,7% e 95,52%, respectivamente, além de reduzirem a emergência de insetos, que alcançou valores de 15,75% na menor



concentração e 94, 41% na maior dose. Esse resultado potencializa a eficiência do OE dessa espécie sobre *C. maculatus*, uma vez que apresenta ação inseticida por contato e por fumigação. Conforme Silva *et al.*, (2020), o óleo essencial dessa espécie apresenta atividade inseticida por um longo período de armazenamento, entretanto, por ser biodegradável, a sua atividade inseticida vai diminuindo ao longo do tempo.

Existem outras espécies pertencentes ao gênero *Croton* que também manifestam atividade inseticida, como as espécies *C. conduplicatus* e *C. sonderianus*, que de acordo com Oliveira (2019) reduz a oviposição e as puncturas de alimentação da mosca-minadora, *Liriomyza sativae* em meloeiro.

Vários trabalhos têm demonstrado o efeito inseticida de óleos essenciais sobre *C. maculatus*, agindo de maneiras diversas, o que demonstra a abundância de espécies vegetais produtoras de compostos com propriedades biocida. Os óleos essenciais de *Lippia citrodora* Kunth., *Rosmarinus officinalis* L., *Mentha piperita* L. e *Juniperus Sabina* L. apresentam notável ação por fumigação contra *C. maculatus*, já o óleo essencial de absinto da Judéia (*Artemisia judaica* L.) reduz a fecundidade e emergência de adultos e, o óleo essencial de *Wedelia trilobata* L., rico em  $\alpha$ -pineno, também apresenta elevado potencial de eficácia no controle de *C. maculatus* (MAHMOUDVAND *et al.*, 2011; ABD-ELHADY, 2012; SATONGROD *et al.*, 2021).

Os óleos essenciais, devido à diversidade de seus constituintes, apresentam diversos mecanismos de ação, ligando-se a diferentes sítios-alvo em níveis bioquímicos e fisiológicos nos insetos (TRIPATHI e MISHRA, 2016). Compostos terpenóides obtidos de OEs demonstram várias atividades inseticidas contra pragas de produtos armazenados, moscas, baratas e mosquitos (TRIPATHI e MISHRA, 2016). Dos principais constituintes dos óleos essenciais que apresentam propriedade inseticidas contra pragas de produtos armazenados, os monoterpenos 1,8-cineol e o carvacrol revelam ser os mais tóxicos, com uma alta atividade inseticida contra *C. maculatus*. Os compostos  $\beta$ -pineno e  $\alpha$ -pineno também apresentam atividade sobre esses insetos, contudo, com uma menor toxicidade (AJAYI, 2014). O 1,8-cineol é utilizado como fumigante para adultos de *C. maculatus* (AGGARWAL *et al.*, 2001), e inibidor da enzima acetilcolinesterase (RYAN e BRYAN, 1988).

Estudos propõem que a acetilcolinesterase (AChE) pode ser um alvo potencial da atividade inseticida, já que a respectiva enzima exerce uma

ação crítica na regulação das transmissões nervosas (LIU *et al.*, 2021). Já foi demonstrado que inseticidas induzem a mortalidade em pragas ao interromper a AChE (BHAVYA *et al.*, 2018). Os monoterpenos 1,8-cineol e o  $\alpha$ -pineno (dois dos compostos majoritários do óleo essencial de *C. blanchetianus* do presente trabalho), já foram descritos antes como tendo atividade inibitória da AChE (DOHI *et al.*, 2009). Os monoterpenoides encontrados em óleos essenciais de várias espécies vegetais são, de fato, os principais responsáveis pela atividade inseticida (TONG e COATS, 2010), apontados como fumigantes e tóxicos de contato para muitos insetos-praga (RICE e COATS, 1994).

Certos constituintes dos óleos essenciais, principalmente os mais abundantes, são capazes de exercer sozinhos a ação inseticida, no entanto, esse efeito biocida é potencializado pela ação conjunta dos inúmeros constituintes presentes, que acabam promovendo um sinergismo. O óleo essencial de alecrim tem uma potente ação inseticida, onde o 1,8-cineol e a cânfora são dois dos seus principais constituintes. Tak e Isman (2015) demonstraram que parte da ação inseticida do óleo essencial do alecrim se dá em função do sinergismo do 1,8-cineol e a cânfora, onde o primeiro isoladamente é mais tóxico do que o segundo quando aplicado topicamente, mas que em conjunto, provocam uma ação inseticida mais significativa, devido ao 1,8-cineol interagir com a camada lipídica da cutícula do inseto, ocasionando o aumento da solubilidade da cânfora, potencializando sua penetração e, conseqüentemente, um efeito nocivo mais letal.

Nota-se que os OEs vegetais por conter constituintes menos agressivos, podem ser usados em substituição aos inseticidas convencionais, devido aos seus efeitos tóxicos mínimos no meio ambiente e na saúde humana (GONZALEZ-MAS *et al.*, 2019).

Em face dos numerosos relatos quanto a ação inseticida dos monoterpenos 1,8-cineol e  $\alpha$ -pineno, acredita-se que esses constituintes são os ativos principais na ação inseticida fumigante do OE de *C. blanchetianus* contra *C. maculatus*, e que o efeito máximo ocorre em função do sinergismo de todos os elementos, incluindo o sesquiterpeno espatulenol. O  $\alpha$ -pineno e espatulenol já foram listados como potentes agentes inseticidas (SILVA *et al.*, 2012; ANDRADE, 2016; LAWAL *et al.*, 2018). Portanto, os OEs de *C. blanchetianus* devido a sua composição química, pode tornar-se uma alternativa sustentável aos inseticidas químicos, por ser eficaz no controle do *C. maculatus*.

Com relação ao efeito fumigante do óleo essencial de *S. cordifolia* neste estudo, não foram constatadas diferenças significativas entre as concentrações testadas e o tratamento controle. O óleo extraído das folhas dessa espécie provocou baixa mortalidade dos insetos, alcançando valor máximo de 5,3% na maior dosagem utilizada (15 $\mu$ L/750 mL). A análise química do óleo essencial de *S. cordifolia* não identificou nenhum monoterpenoide. Esses constituintes apresentam atividade biocida e normalmente, são encontrados em grandes proporções em óleos essenciais de plantas aromáticas com atividade inseticida. Nesse sentido, acredita-se que esse fato possa explicar os resultados encontrados no presente trabalho com relação às espécies *C. blanchetianus* e *S. cordifolia*.

O óleo essencial das cascas de *S. terebinthifolius* apresentou atividade contra o inseto *C. blanchetianus*, resultando em uma mortalidade máxima de 100% a partir da dosagem de (40 $\mu$ L/750 mL). No entanto, não foi possível determinar a CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> nesse caso devido ao baixo rendimento de óleo essencial obtido que acabou limitando o número de repetições experimentais.

Os resultados obtidos a partir da atividade inseticida do óleo essencial (OE) de cascas de *S. terebinthifolius* no presente estudo divergem dos resultados encontrados por Freitas *et al.* (2009), os quais verificaram ação inseticida sobre *C. maculatus* utilizando o OE foliar de *S. terebinthifolius* na dosagem de 50  $\mu$ l. mL<sup>-1</sup>. Os mesmos autores relataram que a ação inseticida do OE de *S. terebinthifolius* pode estar relacionada, tanto à presença dos isômeros monoterpênicos  $\alpha$ - e  $\beta$ -ocimeno, que são os constituintes majoritários, quanto ao sinergismo de todos os seus componentes químicos. Já Alves *et al.*, (2015) avaliaram a composição e toxicidade de óleos Essenciais por fumigação contra *C. maculatus* em grãos de feijão, incluindo o OE de frutos de *S. terebinthifolius* na concentração de 0,4  $\mu$ l.cm<sup>-3</sup> e obtiveram baixo índice de mortalidade (33,3%) para os insetos adultos. Contudo, Alves *et al.*, (2015) verificaram que o OE de *S. terebinthifolius* foi eficiente na interferência do ciclo de vida do inseto devido ao efeito da alta inibição da oviposição (96,1 e 82,4%) e emergência de novos adultos (98,5 e 96,9%). Segundo estes mesmos autores, a eficiência no ciclo de vida do *C. maculatus* deve-se as maiores porcentagens de monoterpenos (98,6%), com destaque para seus constituintes principais  $\alpha$ -pineno,  $\delta$ -3-careno e limoneno do OE de *S. terebinthifolius*.

No presente estudo, os monoterpenos Verbenol e Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trime representam apenas 28,6% da composição química do óleo essencial (OE) das cascas de *S. terebinthifolius*. No entanto, o sinergismo de todos os seus componentes químicos pode estar relacionado com o efeito inseticida do OE das cascas de *S. terebinthifolius* sobre *C. maculatus*, uma vez que compostos monoterpênicos são tipicamente lipofílicos, apresentando alto potencial para interferências tóxicas com funções bioquímicas básicas, fisiológicas e comportamentais contra insetos. Muitas dessas substâncias exibem propriedades tóxicas, repelentes ou mesmo atrativas em numerosas espécies de insetos. Tais substâncias são tóxicas por meio da penetração no corpo do inseto via sistema respiratório (efeito fumigante), através da cutícula (efeito de contato) e pelo aparelho digestivo (efeito de ingestão) (PRATES *et al.*, 2019; ABDELGALEIL *et al.*, 2021).

A identificação do sesquiterpeno óxido de cariofileno como constituinte majoritário, encontrado neste estudo, é corroborada pelos resultados obtidos por Alcântara (2015), que investigou a composição química e o potencial terapêutico dos óleos essenciais de 19 espécies amazônicas extraídas das folhas, galhos e frutos através da hidrodestilação. Alcântara (2015) constatou o óxido de cariofileno como o constituinte principal da maioria dos óleos essenciais, incluindo folhas de *Annona insignis* (35,4%), *Guatteria blepharophylla* (55,7%), *G. foliosa* (33,7%), *G. olivacea* (31,2% e 18,5%), *G. scytophylla* (21,4%) e nos galhos de *G. blepharophylla* (51,0%). De modo geral, óleos essenciais que apresentam monoterpenos e sesquiterpenos em sua composição, revelam ter ação inseticida quando aplicados no controle de pragas (TAVARES *et al.*, 2021; ISMAN 2006). No entanto, é importante destacar que o potencial inseticida dos OEs pode ser modulado pelos demais constituintes presentes na sua composição (HOET *et al.*, 2006).

O óleo essencial de *L. alba* indicou bioatividade sobre *C. maculatus*, com valores de DL50 e DL90 de  $1,57\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$  e  $1,59\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 12). No entanto, este mesmo óleo essencial apresentou baixa atividade contra o inseto *S. zeamais* resultando em uma mortalidade máxima de apenas 2% na maior dosagem utilizada ( $1,09\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ). Nesse caso, não foram determinadas as DL<sub>s</sub> 50 e 90. A pequena quantidade de insetos *S. zeamais* gerados a partir da criação em ambiente de laboratório, limitou a quantidade de repetições por tratamento experimental.

**Tabela 12.** Dose Letal (CL) ( $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) de óleo essencial de folhas de *L. alba* sobre *C. maculatus*.

Inseto	N	GL	Inclinação ( $\pm\text{EP}$ )	CL <sub>50</sub> (IC) <sup>(a)</sup>	CL <sub>90</sub> (IC)	$\chi^2$ <sup>(b)</sup>	P-valor
<i>C. maculatus</i>	300	4	5,10 $\pm$ 1,12	1,57 (1,37; 1,76)	2,79 (2,40; 3,55)	17,64	0,998

<sup>a</sup> IC: Intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

<sup>b</sup>  $\chi^2$ : valor de qui-quadrado calculado.

Fonte: Autora (2022).

Alves *et al.* (2015) utilizaram uma metodologia semelhante à que foi empregada no presente estudo para avaliar a atividade inseticida por fumigação do óleo essencial de *L. alba* sobre *C. maculatus*, utilizando a concentração de 0,4  $\mu\text{L}/\text{cm}^3$ , estes autores identificaram uma taxa de mortalidade de 66,7% dos insetos adultos, divergindo dos dados obtidos neste trabalho. Guerra *et al.*, (2019) avaliaram a atividade inseticida e repelente de óleos essenciais, incluindo o óleo essencial de *L. alba*. Segundo Guerra *et al.* (2019), o óleo essencial das folhas de *L. alba* demonstrou atividade inseticida por contato utilizando diferentes concentrações onde obtiveram, após 24 horas de exposição, valores de CL<sub>50</sub>= 13,67  $\mu\text{L}$  e CL<sub>90</sub>= 59,76  $\mu\text{L}$  para o óleo essencial de *L. alba* sobre o *C. maculatus*.

A atividade inseticida do óleo essencial de *L. alba* sobre *C. maculatus*, observada no presente estudo, pode estar relacionada a ação inseticida de seus constituintes majoritários monoterpênicos Linalol e Eucaliptol. Diversos estudos mostraram que o monoterpene Linalol possui atividade larvicida, inseticida, herbicida, antiinflamatória, antifúngica, conservante de alimentos, antioxidante, antibacteriana; aromatizantes e analgésica, sendo também utilizado em medicamento para Alzheimer. Esse composto é relatado como principal componente do óleo essencial de várias espécies vegetais como *Laurus nobilis* (FERNANDEZ *et al.*, 2018); *Myrtus communis* (MAGGIO *et al.*, 2019); *Coriandrum sativum* (VEIGA *et al.*, 2019); *Ocimum africanum* (PADALIA *et al.*, 2018); *Lippia citriodora* (KASKOOS, 2019); *Nepeta flavida* (BOZOK, 2018); *Codiaeum variegatum* (LAWAL *et al.*, 2018); *Vaccinium myrtillus* (BAYAR *et al.*, 2018); *Aetheroleum basilici* (STANOJEVIC *et al.*, 2019).

A avaliação da ação inseticida por fumigação do óleo essencial de *Ocimum basilicum* (manjerição) e seu constituinte majoritário Linalol sobre o *C. maculatus* foi realizada por Moura (2015), onde os resultados apontaram que o

composto Linalol em menores concentrações ( $CL_{50} = 1,68 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  de ar e  $CL_{95} = 3,35 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  de ar) causou maior mortalidade aos insetos do que o óleo essencial de *Ocimum basilicum* ( $CL_{50} = 1,79 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  de ar e  $CL_{95} = 4,36 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  de ar).

O resultado letal do linalol sobre *C. maculatus* pode ser justificado pelo fato dos constituintes monoterpênicos inibirem a enzima acetilcolinesterase (ABDELGALEIL *et al.*, 2009). Estudos mostram que o linalol interfere na transmissão glutamatérgica, já que impede a ligação de [3 H] glutamato e [3 H] dizocilpina na membrana do córtex cerebral (ELISABETSKY *et al.*, 1995). Além disso, foi demonstrado que o linalol reduz a liberação e a captação de glutamato espinhal por meio da ativação de receptores opióides centrais e receptores dopaminérgicos D1/D2 (PEANA *et al.*, 2004b).

Para o presente estudo, seriam necessários mais testes para avaliar o potencial inseticida do OE de *L. alba* sobre o *gorgulho do milho* (*Sitophilus zeamais*) uma vez que a bioatividade do OE de *L. alba* pode estar associada tanto aos seus constituintes majoritários Linalol (MOURA, 2015) e Eucaliptol (1,8-cineol) (MARZANGHI *et al.*, 2013) que demonstraram ação inseticida, quanto a sinergia de todos os seus constituintes, incluindo os traços de limoneno (0,30%). Em um estudo realizado pela Embrapa Milho e Sorgo (1999), o efeito fumigante dos compostos isolados 1,8-cineol e limoneno em relação a *Sitophilus zeamais* foi de 100% e 93,3% de mortalidade respectivamente.

#### **4.5 Sinergismo dos principais constituintes do óleo essencial de *Croton blanchetianus* sobre *Callosobruchus maculatus***

A mistura 1,8-cineol e  $\alpha$ -pineno causou 99% de mortalidade em *C. maculatus* com uma concentração de  $2 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ . No entanto, o teste de fumigação do 1,8-cineol sozinho na concentração de  $1,3 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ , causou 100%, enquanto foi observada baixa mortalidade (7%) para o uso de  $\alpha$ -pineno. Enquanto o óleo essencial de *C. blanchetianus* indicou bioatividade sobre *C. maculatus*, com valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{90}$  de  $3,2 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  e  $5,2 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ .

O responsável pelo efeito fumigante do óleo essencial de *C. blanchetianus* é provavelmente o constituinte 1,8-cineol. Essa afirmação é baseada nos seguintes fatos: (i) tanto o óleo essencial de *C. blanchetianus* quanto o seu componente principal, 1,8-cineol, utilizados isoladamente ou em misturas com o componente  $\alpha$ -pineno, causaram alta mortalidade em *C. maculatus*; (ii) por outro lado, o tratamento com o outro constituinte principal do

óleo essencial de *C. blanchetianus*, o  $\alpha$ -pineno, utilizado isoladamente, causou baixa mortalidade em *C. maculatus*; (iii) a mistura 1,8-cineol e  $\alpha$ -pineno causou alta mortalidade indicando assim, a existência de efeito sinérgico entre seus constituintes. Outros autores obtiveram resultados semelhantes ao utilizar o 1,8-cineol em forma de pastilha para controle de *C. maculatus*, em comparação com o pesticida sintético fosfina (MARZANGHI *et al.*, 2013). Filomeno (2016) investigou a atividade inseticida de contato e fumigação de óleos essenciais de espécies de Myrtaceae contra *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), conhecida como o inseto-praga besourinho dos cereais. O estudo realizado por este autor, incluiu experimento de sinergismo utilizando doses do OE de *E. resinifera* e seus componentes principais 1,8-cineol, p-cimeno e  $\alpha$ -pineno. Os resultados obtidos por Filomeno (2016), demonstraram que o responsável pelo efeito fumigante do OE de *E. resinifera* foi o composto 1,8-cineol.

Lucia *et al.* (2009) encontraram uma correlação direta entre os teores de 1,8-cineol presentes nos óleos essenciais e o nível de toxicidade desses óleos contra *Aedes aegypti*. Já Lee *et al.* (2001) realizaram uma avaliação da toxicidade fumigante de vários óleos essenciais contra o *Sitophilus oryzae*, também conhecido como gorgulho do arroz, e encontraram a melhor atividade com o óleo essencial de *E. globulus* (CL<sub>50</sub> de 28,9  $\mu\text{L. L}^{-1}$  de ar). A análise individual do 1,8-cineol, principal componente dos óleos essenciais de *E. globulus*, revelou uma CL<sub>50</sub> de 23,5  $\mu\text{L. L}^{-1}$  de ar para a toxicidade fumigante. Além disso, devido ao seu aroma agradável e sabor picante, o 1,8-cineol (eucaliptol) é amplamente utilizado como aromatizante e realçador de sabor na indústria alimentícia (SOUZA *et al.*, 2011). Portanto, plantas que produzem óleos essenciais com alto teor de 1,8-cineol devem ser investigadas mais detalhadamente em caso de interesse comercial.

## 5.CONCLUSÃO

Os óleos essenciais das espécies aqui avaliadas apresentam diferentes níveis de bioatividade sobre o *C. maculatus* e *S. zeamais*.

O rendimento do óleo essencial de *C. blanchetianus* é superior dentre os óleos essenciais estudados.

A confecção de um extrator artesanal é simples e de baixo custo.

A avaliação da eficiência do extrator artesanal a partir dos dados de rendimento obtidos com os métodos de extração artesanal e convencional é inédita e fornece validação para o uso do extrator artesanal por pequenos produtores.

O conhecimento dos quimiotipos é fundamental para o uso adequado de cada óleo essencial, por isso é importante compartilhar os resultados das análises com os produtores rurais para que possam decidir qual espécie vegetal cultivar.

O vídeo educacional é uma ferramenta importante para que os agricultores possam aprender sobre o uso de óleos essenciais no manejo de insetos-praga em grãos armazenados.

O site é um veículo de comunicação de amplo alcance para compartilhar conhecimentos e informações a cerca dos bioinseticidas na agricultura.

A análise cromatográfica dos óleos essenciais investigados na presente pesquisa revela composições químicas ricas em monoterpenos e sesquiterpenos com provável atividade inseticida.

Destaca-se o potencial de *C. blanchetianus* como fonte de óleo essencial para aplicação no controle de *C. maculatus* em grãos armazenados e que seu constituinte majoritário 1,8-cineol, pode se tornar uma opção no manejo desse inseto em substituição aos inseticidas sintéticos.

## **6. SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS**

- Realizar testes de biofumigação em diferentes insetos-praga presentes em grãos armazenados, utilizando o óleo essencial de *C. blanchetianus* devido à sua comprovada eficácia como bioinseticida natural.
- Explorar novos experimentos de biofumigação direcionados ao inseto-praga *S. zeamais*, utilizando o óleo essencial de *L. alba*.
- Investigar o perfil cromatográfico do óleo essencial de *C. blanchetianus* a partir de suas folhas secas, bem como explorar o óleo essencial obtido de outras partes da planta, devido à sua abundância de óleos essenciais.
- Estimular a criação de novos recursos de comunicação voltados para agricultores, com o objetivo de compartilhar conhecimento científico e promover o desenvolvimento de inseticidas naturais para uso próprio ou comercial, oferecendo mais uma opção no manejo de insetos-praga em grãos armazenados.



- Avaliar a variabilidade química dos diferentes quimiotipos encontrados no óleo essencial de *C. blanchetianus*, extraídos de diversas partes da planta além de investigar suas respectivas atividades inseticidas contra insetos-praga em grãos armazenados.

## 7. REFERÊNCIAS:

- ABD-ELHADY, H. **Insecticidal Activity and Chemical Composition of Essential Oil from *Artemisia Judaica* L. Against *Callosobruchus Maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae)**. Journal of Plant Protection Research. 52. 10.2478/v10045-012-0057-9. 2012.
- ABDELGALEIL, S.A.M.; GAD, H. A.; RAMADAN, G.R.M.; EL-BAKRY, A.M.; EL-SABROUT, A.M. **Monoterpenes: chemistry, insecticidal activity against stored product insects and modes of action—a review**. International Journal of Pest Management, 2021. DOI: 10.1080/09670874.2021.1982067.
- ABDELGALEIL, S.A.M.; MOHAMED, M.I.E.; BADAWAY, M.E.I.; EL-ARAMI, S.A.A. **Fumigant and contact toxicities monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity**. Chemical Ecology, v.35, p. 518-525, 2009.
- ABOLGHASEMI, A.; SHOJAADDINI, M.; TAJABADIPOUR, A.; SEFIDKON, F. **Composition of *Pistacia khinjuk* (Anacardiaceae) Leaf Essential Oil and its Insecticidal Activity on Common Pistachio *Psyllid*, *Agonoscena pistaciae* (Hem., Psylloidea)**. Journal Of Essential Oil Bearing Plants, [s.l.], v. 21, n. 3, p. 796-802, 4 maio 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2018.1498397>.
- AGGARWAL, K.K.; TRIPATHI, A.K.; PRAJAPATI, V.; KUMAR, S. **Toxicity of 1,8-cineole towards three species of stored product coleopterans**. Insect Science and Its Application 21, 155–160. 2001.
- AGUIAR, J.S.; COSTA, M.C.C.D. ***Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae): levantamento de publicações nas áreas química, agrônômica e farmacológica, no período de 1979 a 2004**. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.8, n.1, p.79-84, 2005.
- AGUIAR, J.S.; COSTA, M.C.C.D.; NASCIMENTO, S.C.; SENA, K.X.F.R. **Atividade antimicrobiana de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown (Verbenaceae)**. Revista Brasileira de Farmacognosia. 2008;18(3):436-440.
- AJAYI, O.; APPEL, A.; FADAMIRO, H. (2014). **Fumigation Toxicity of Essential Oil Monoterpenes to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae)**. Journal of Insects. 2014. 10.1155/2014/917212.
- ALAM, M. J.; AHMED, K. S.; HOSSEN, B.; MOZAMMEL, H.; HOQUE, A. B. M. Z. **Storage pests of maize and their status in Bangladesh**. Journal Of Bioscience and Agriculture Research, v. 20, n. 2, p. 1724-1730, 2019. Journal BiNET.
- ALCÂNTARA, J. M. **Composição Química e Potencial Biológico dos Óleos Essenciais de Annonaceae dos campi INPA E UFAM**. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal do Amazonas.2015.
- ALVES, S. F. et al. **Chemical variability of the essential oils from fruits of *Pterodon emarginatus* in the Brazilian Cerrado**. Rev. Bras. Farmacogn., v. 26, n. 2, p. 224-229,2013.

ALVES, M. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, L. C. P.; PONTES, E. G.; SOUZA, M. A. A. **Essential Oils Composition and Toxicity Tested by Fumigation Against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) Pest of Stored Cowpea**. Rev. Virtual Quim.7 (6), 2387-2399. 2015.

AMARAL, A.C.; DINIZ, A.G.; MELLO, C.M.A.; SILVA, D.K.; MELO, A.L.; COSTA, C.M.V. **Fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga (Serra Ralhada/PE)**. XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco (JEPEX). Anais. Recife, 2013.

ANDRADE, F.C. **Composição Química e atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de Myrtaceae contra *Plutella xylostella* e *Rhyzopertha dominica*** – Tese de Doutorado em Agroquímica – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2016.

ANGÉLICO, E.C. **Avaliação das atividades antibacteriana e antioxidante de *Croton Heliotropiifolius* Kuntze e *Croton blanchetianus* Baill.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, Brasil. 2011.

APEL, M.A.; SOBRAL, M.; HENRIQUES, A.T. **Composição química do óleo volátil de *Myrcianthes* nativas da região sul do Brasil**. Revista Brasileira de Farmacognosia 16:402-407. 2006.

AQUINO, V.V.F.; COSTA, J.G.M.; ANGÉLICO, E.C.; MEDEIROS, R.S.; LUCENA, M.d.A.; RODRIGUES, O.G. **Metabólitos secundários e ação antioxidante de *Croton heliotripifolius* e *Croton blanchetianus***. Acta Bras. 2017, 1, 28–31.

ARAÚJO, E.C.C.; SILVEIRA, E.R.; LIMA, M.A.S.; NETO, M.A.; de ANDRADE, I.L.; LIMA, M.A.A. et al. (2003). **Insecticidal activity and chemical composition of volatile oils from *Hyptis martiusii* Benth.** J. Agric. Food Chem 51: 3760–3762. PMID: 12797740.

ASEKUN, O.T.; GRIERSON, D.S.; AFOLAYAN, A.J. **Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. *capensis***. Food Chemistry 101:995-998. 2006.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**  
[www.abntcatalogo.com.br](http://www.abntcatalogo.com.br). Acesso em: 21 dez. 2022.

**ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR)**. Huiles essentielles. Disponível em: <<http://www.afnor.org>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

ATAIDE, J. O. HOLTZ, F. G. HUVER, A. H.; ZAGO, H. B.; MENINI, L.; SANTOS, H. J. G. S. J.; DEOLINDO, F. D. **Toxicidade de *Rosmarinus officinalis*, *Myrocarpus frondosus*, *Citrus limonum* e *Mentha piperita* sobre pragas de grãos armazenados**. Brazilian Journal of Development, v.6, n.3, p.12827-12840, 2020. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv6n3-227>.

BAHL, J. R.; GARG, S.N.; SINGH, S.C.; BANSAL, R.P.; NAQVI, A.A.; KUMAR, S. **Composition of linalool rich essential oil from *Lippia alba* grown in Indian plants**. Flavour and Fragrance Journal, v.15, n.3, p.199-200, 2000.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. **Biological effects of EOs - A review**. Food Chem. Toxicol. 46, 446-475. 2008.

BALDOUX, D. **O Grande manual da aromaterapia de Dominique Baldoux. (1.ed.)**. Belo Horizonte, Minas Gerais: Laszlo. 2018.

BAPTISTA, Y.A. **EFEITOS DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Lasioderma serricorne* (FABRICIUS) (COLEOPTERA: ANOBIIDAE)**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu.2021.

BARBOSA, F.F.; BARBOSA, L.C.A.; MELO, E.C.; BOTELHO, F.M.; SANTOS, R.H.S. **Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown**. Quím. Nova 29, 1221-1225. 2006b.

BARBOSA, L.C.A.; DEMUNER, A.J.; CLEMENTE, A.D.; PAULA, V.F.; ISMAIL, F.M.D. **Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi**. Química Nova, v. 30, p.1959-1965, 2007.

BASTO, S. R de. L. B. ***Croton nummularius* Baill. (EUPHORBIACEAE): COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ATIVIDADE BIOLÓGICA, ANTIOXIDANTE E TOXICIDADE PRELIMINAR DOS ÓLEOS ESSENCIAIS**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Bioquímica e Fisiologia, 2013.

BAYAR, Y.; ONARAN, A.; YILAR, M.; GUL, F. **Determination of the Essential Oil Composition and the Antifungal Activities of Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.)**. Journal Of Essential Oil Bearing Plants, [s.l.], v. 21, n. 2, p. 548-555, 4 mar. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2017.1417060>.

BENCHAA, S.; HAZZIT, M.; ZERMANE, N.; ABDELKRIM, H. **Chemical composition and herbicidal activity of essential oils from two Labiatae species from Algeria**. Journal Of Essential Oil Research. v. 31, n. 4, p. 335-346, 12 fev. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1567400>.

BENDAOUD, H.; ROMDHANE, M.; SOUCHARD, J.P.; CAZAUX, S.; BOUAJILA, J. **Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils**. Journal of Food Science, v. 75, n. 6, p. 466-472, 2010.

BHATT, D. J. J.; BAXI, A. J.; PARIKH, A. R.; J. **Indian Chemistry**. Society, 60, 98, 1983.

BHAVYA, M. L.; CHANDU, A. G. S.; DEVI, S. S. ***Ocimum tenuiflorum* oil, a potential insecticide against rice weevil with anti-acetylcholinesterase activity**. Ind. Crop. Prod. 126, 434–439. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.10.043. 2018.

BEHI, F.; BACHROUCH, O.; BOUKHRIS-BOUHACHEM, S. **Insecticidal Activities of *Mentha pulegium* L., and *Pistacia lentiscus* L., Essential Oils against Two Citrus Aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Aphis gossypii***

**Glover.** Journal Of Essential Oil Bearing Plants, [s.l.], v. 22, n. 2, p. 516-525, 4 mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2019.1611483>.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M.; Quim. Nova 2009, 32, 588.

BIZZO, H. R.; M. REZENDE, C.M. **O MERCADO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO BRASIL E NO MUNDO NA ÚLTIMA DÉCADA.** Quim. Nova, Vol. 45, No. 8, 949-958, 2022.

BOXALL, R.A. (2001). **Post-harvest losses to insects: A world overview.** International Biodeterioration & Biodegradation. 48, 137-152.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Institui o novo código florestal brasileiro.

BOUBACAR, H. **Caractérisation biophysique des ressources ligneuses dans les zones dégradées et reverdies au Sahel: cas du département de Mayahi.** Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni Niamey, Thesis of MSc, Niger (in French). 2010.

BOZOK, F. **Herbicidal Activity of *Nepeta flavida* Essential Oil.** Journal Of Essential Oil Bearing Plants, v. 21, n. 6, p. 1687-1693. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2019.1577183>.

BOŽOVIĆ, A.M.; NAVARRA, S.; GARZOLI, F.; PEPI, R. R. **Essential oils extraction: a 24-hour steam distillation systematic methodology** Nat. Prod. Res., 31 (20) (2017), pp. 2387-2396. 2017.

BRANDÃO, J.L. *et al.* **Synopsis Of *Sida* (Malvaceae, Malvoideae, Malveae) In The State Of Pernambuco, Brazil.** Phytotaxa v.307, n.3, p. 205-227, 2017.

BRUM L.F.S.; EMANUELLI T.; SOUZA, D.; ELISABETSKY, E. **Effects of linalool glutamate release and uptake in mouse cortical synaptosomes.** Neurochemical Research, v. 26, p. 191-194, 2001.

BUTNARIU, M.; SARAC, I. (2018). **Essential Oils from Plants.** Journal of Biotechnology and Biomedical Science - 1(4):35-43.

CALDAS, G. F. R. *et al.* **Repeated-doses toxicity study of the essential oil of *Hyptis martiusii* Benth. (Lamiaceae) in swiss mice.** Evid-Based Compl. Alt., v. 2013, p. 1-11, 2013.

CAMÉLO, L.C.A., *et al.* **Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de erva-cidreira-brasileira (*Lippia alba* (Mill.) NE Br.).** Scientia Plena. v. 7, 2011.

CAMPOLO, O.; GIUNTI, G.; RUSSO, A.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, L. **Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control.** Journal of Food Quality. 2018. 10.1155/2018/6906105. (2018).

CAMPOS, A. C.; RADUNZ, L. L.; RADÜNZ, A. L.; MOSSI, A. J.; DIONELLO, R. G.; ECKER, S. L. **Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão.** Revista Brasileira de Engenharia

Agrícola e Ambiental, v.18, n.8, p.861-865, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p861-865>.

CAPORAL, F. R. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios** / por Francisco Roberto Caporal e José Antônio Costabeber; 24 p. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

CARUZO, M.B.R.; SECCO, R.S.; MEDEIROS, D.; RIINA, R.; TORRES, D.S.C.; SANTOS, R.F.D.; PEREIRA, A.P.N.; ROSSINE, Y.; LIMA, L.R.; MUNIZ FILHO, E.; VALDUGA, E. **Croton in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB25478>>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CARVALHO, M.G.; MELO, A.G.N.; ARAGÃO, C.F.S.; RAFFIN, F.N.; MOURA, T.F.A.L. **Schinus terebinthifolius Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 15(1): 158-169. 2013.

CARVALHO-FILHO, J.L.S.; BLANK, A.F.; ALVES, P.B.; EHLERT, P.A.D.; MELO, A.S.; CAVALCANTI, S.C.H.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; SILVA-MANN, R. **Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil**. Revista Brasileira de Farmacognosia 16:24-30. 2006.

CARNEIRO-TORRES, D.S. **Diversidade de Croton L. (Euphorbiaceae) no bioma Caatinga**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 2009.

CASTRO, D.M.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M. **Composição fitoquímica dos óleos essenciais de folhas da *Lippia alba* (Mill). N.E. Br em diferentes épocas de colheita e partes do ramo**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.4, n.2, p.75-9, 2002.

CASTRO, D.M.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M. **Biomass production and chemical composition of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown Britt & Wilson in leaves on different plant parts in different seasons**. Acta Hort. (ISHS) 569, 111-115. 2002.

CAZELLA, L. N.; GLAMOCLIIJA, J.; SOKOVIĆ, M.; GONÇALVES, J. E.; LINDE, G. A.; COLAUTO, N. B. et al. **Antimicrobial activity of essential oil of *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) aerial parts at flowering period**. Front. Plant Sci. 10:27. 2019.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge: Cambridge University Press. 2012.

CHAVES, S. A. M.; REINHARD, K. J. 2003. **Palespharmacology and Pollen: theory, method, and Application**. Memoirs Institute de Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

CHAVES, O. S.; GOMES, R. A.; TOMAZ, A. C. A.; FERNANDES, M. G.; MENDES JUNIOR, L.; AGRA, M. F.; SOUZA, M. F. V. **Secondary metabolites**

from *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) and the vasorelaxant activity of cryptolepinone. *Molecules*, v.18, n.1, p.2769-2777, 2013.

COLE, E. R. **Estudo fitoquímico do óleo essencial dos frutos da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e sua eficácia no combate ao dengue.** 82 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Vitória, 2008.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. Germain Corneel (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste.** Brasília, DF: MMA, 2018. (Série Biodiversidade; 51) Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html> . Acesso em: 13 de jan de 2020.

COSTA, M. F.; DURÇO, A. O.; RABELO, T. K.; BARRETO, R. S. S.; GUIMARÃES, A. G. **Effects of Carvacrol, Thymol and essential oils containing such monoterpenes on wound healing: a systematic review.** *Journal Of Pharmacy And Pharmacology*, v. 71, n. 2, p. 141-155, 7 dez. 2018.

CUNHA, M.M.C.; GONDIM, R.S.D.; BONFIM, B.F.; JUNIOR, N.J.P.B.; BARROSO, W.A.; VILANOVA, C.M. **Perfil etnobotânico de plantas medicinais comercializadas em feiras livres de São Luís, Maranhão, Brasil.** *Scientia Plena*, v.11, n.12, 2015.

DA SILVA, A.C.C. *et al.* **HS-SPME as an efficient tool for discriminating chemotypes of *Lippia alba* (Mill.)** NE Brown. *Química Nova*.v. 40, p. 42-46, 2017.

DENT, R.D.; BINKS, R.H. **Insect Pest Management.**3 Edition.CABI.2020.

DINDA, B.; DAS, N.; DINDA, S.; DINDA, M.; SILSARMA, I. **The genus *Sida* L. A traditional medicine: its ethnopharmacological, Phytochemical and pharmacological data for comercial exploitation in herbal drugs industry.** *J. Ethnopharmacol.* 176, 135-176.2015.

DIWAN, P. V.; KANTH, V. R. **Analgesic, antiinflammatory and hypoglycaemic activities of *Sida cordifolia*.** *Phytotherapy Research.*, v.13, p.75-77, 1999.

DOHI, S.; TERASAKI, M.; MAKINO, M. **Atividade inibidora da acetilcolinesterase e composição química de óleos essenciais comerciais.** *J. Agric. Química Alimentar.* 57, 4313-4318. doi: 10.1021/jf804013j. 2009.

DUBEY, N.K.; SHUKLA, R.; KUMAR, A.; SINGH, P.; PRAKASH, B. **Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture.** *Current Science*, v. 98, n. 4, p. 479-480, 2010.

EBADOLLAHI, A.; ZIAEE, M.; PALLA, F.C. **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, 28 mar. 2020. 23. 2020.

ELAZZOUI, H.; KHABBAL, Y.; BOUACHRINE, M.; ZAIR, T.; BELGHITI, M. A. E. **Chemical composition and in vitro antibacterial activity of *Artemisia ifranensis* J. Didier essential oil Growing Wild in Middle Moroccan Atlas.** Journal Of Essential Oil Research. v. 30, n. 2, p. 142-151, 18 jan. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2017.1420552>.

ELYEMNI, M.; EL OUADRHIRI, F.; LAHKIMI, A.; ELKAMLI, T.; BOUIA, A.; ELOUTASSI, N. **Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Wild and Cultivated *Rosmarinus officinalis* from Two Moroccan Localities.** Journal of Ecological Engineering. 2022;23(3):214-222. doi:10.12911/22998993/145458.

ELISABETSKY, E.; AMADOR, T.A.; ALBUQUERQUE, R.R.; NUNES, D.S.; CARVALHO, A.C. **Analgesic activity of *Psychotria colorata* (Willd.).** Journal of Ethnopharmacology, v. 48, p. 77-83, 1995.

**EMBRAPA MILHO E SORGO.** <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/inovacao-aberta>. Acesso em: 09 de mar. de 2022.

ENAN, E. **Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action.** *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part C, London, v. 130, n. 3, p.325-337, 2001.

**EUROPEAN PHARMACOPOEIA.** Part 1. Maisonneuve SA, Sainte. Ruffine, p. V.4.5.8.1983.

FATHI, E.; SEFIDKON, F. **Influence of Drying and Extraction Methods on Yield and Chemical Composition of the Essential Oil of *Eucalyptus sargentii*.** Journal of Agricultural Science and Technology. 14. 1035-1042. 2012.

FEITOSA-ALCÂNTARA, R.B. et al. **Óleos Essenciais de *Hyptis pectinata* Quimiotipos: Isolamento, Misturas Binárias e Toxicidade Aguda em Formigas cortadeiras.** Moléculas, 22, 621. 2017; doi:10.3390/moléculas22040621.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.** Ciênc. agrotec. vol.38, n.2, pp. 109-112. 2014.

FERNANDEZ, C. M. M. et al. **Larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Laurus nobilis* leaves obtained at different seasons.** Journal Of Essential Oil Research. v. 30, n. 5, p. 379-387, 18 maio 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2018.1473294>.

FIGUEIREDO, A. C.; BARROSO, J. G.; PEDRO, L. G.; SCHEFFER, J. J. C.; Flavour Fragr. J.23, 213. 2008.

FILOMENO, C.A. **COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE MYRTACEAE CONTRA *Plutella xylostella* e *Rhyzopertha dominica*.** Tese (Doutorado em Agroquímica) Universidade Federal de Viçosa. VIÇOSA, MG.2016.



FINNEY, D.J. **Probit Analysis**. 3rd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1971.

FIRMINO, N. C. S.; ALEXANDRE, F. S. O.; de VASCONCELOS, M. A.; PINHEIRO, A. A.; Arruda, F. V. S.; GUEDES, M. L. S.; SILVEIRA, E. R.; TEIXEIRA, E. H. **Diterpenes isolated from *Croton blanchetianus* Baill: Potential compounds in prevention and control of the oral Streptococci biofilms**. *Industrial Crops and Products*, 131, 371–377. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.062>.

FOGANG, H. P. D.; WOMENI, H. M.; PIOMBO, G.; BAROUH, N.; TAPONDJOU, L. A. **Bioefficacy of essential and vegetable oils of *Zanthoxylum zanthoxyloides* seeds against *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)**. *Journal of Food Protection*, v.75, n.3, p.547-555, 2012. DOI: <http://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-136>.

FONSECA, J.J. **Metodologias da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FLORA DO BRASIL. **Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15471>>. Acesso em: 10 Jan. 2020.

FONTENELLE, R. O. S.; MORAIS, S. M.; BRITO, E. H. S.; BRILHANTE, R. S. N.; CORDEIRO, R. A.; NASCIMENTO, N. R. F.; KERNTOPF, M. R.; SIDRIM, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. **Antifungal activity of essential oils of *Croton* species from the Brazilian Caatinga biome**. *Journal of Applied Microbiology*, v. 104, p.1383-1390. 2008.

FRANCO, E.A.P.; BARROS, F.R.M. **Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí**. *Rev. Bras. Pl. Méd.*, v. 8, n.3, p. 78-88, 2006.

FRANCO, J.; NAKASHIMA, T.; FRANCO, L.; BOLLER, C. **Composição química e atividade antimicrobiana in vitro do óleo essencial de *Eucalyptuscinerea* F. Mull. exBenth., Myrtaceae, extraído em diferentes intervalos de tempo**. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 15:191-194. 2005.

FRANCO - VEGA, A.; RAMÍREZ - CORONA, N.; PALOU, E.; LÓPEZ - MALO, A. **Estimativa dos coeficientes de transferência de massa do processo de extração do óleo essencial da casca de laranja por extração assistida por microondas**. *Journal of Food Engineering*, 170, 136-143. 10.1016 / j.jfoodeng.2015.09.025. 2016.

FRANZOTTI, E. M.; SANTOS, C. V. F.; RODRIGUES, H. M. S. L.; MOURÃO, R. H. V.; ANDRADE, M. R.; ANTONIOLLI, A. R. **Anti-inflammatory, analgesic activity and acute toxicity of *Sida cordifolia* L. (Malva-Branca)**. *J Ethnopharmacol.*, v. 72, n. 1/2, p. 273-278, 2000.

FREITAS, A.F.S.; COSTA, W.K.; MACHADO, J.C.B.; FERREIRA, M.R.A.; PAIVA, P.M.G.; MEDEIROS, P.L.; SOARES, L.A.L.; OLIVEIRA, A.M.; NAPOLEÃO, T.H. **Toxicity Assessment and Antinociceptive Activity of an**

**Ethanollic Extract from *Croton blanchetianus* (Euphorbiaceae) Leaves.** South Afr. J. Bot. 2020, 133, 30–39.

FREITAS, H.P.S.; PESSOA, O.D.L.; SILVEIRA, E.R.; GRANGEIRO, T.B.; LOBO, M.D.P.; MENEZES, J.E.S.A. **Ação inseticida dos óleos essenciais de *Schinus terebinthifolius* sobre *Callosobruchus maculatus*.** 32<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Resumo QB-021, Fortaleza, 2009.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola.** Piracicaba, FEALQ, 920p,2002.

GANASCINI, D.; LAURETH, J. C. U.; MENDES, I. S.; TOKURA, L. K.; SUTIL, E. L.; VILLA, B. de; ALOVISI, A. M. T.; CAON, I. L.; MERCANTE, E.; COELHO, S. R. M. **Analysis of the Production Chain of Bean Culture in Brazil.** Journal Of Agricultural Science, v. 11, n. 7, p. 256, 31 maio de 2019.

GAZZANO, I.; GARCÍA, G. VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología 2020: Memórias. Montevideo: Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de Sistemas Ambientales. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. **Influência da secagem no rendimento de óleo essencial de folhas de *Croton blanchetianus* Baill.** 2021. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/index.php/publica-sistemas-ambientales>.

GLAMOČLIJA, J.; SOKOVIĆ, M.; TEŠEVIĆ, V.; LINDE, G.A.; Colauto, N. B. **CHEMICAL CHARACTERIZATION OF *Lippia alba* ESSENTIAL OIL: AN ALTERNATIVE TO CONTROL GREEN MOLDS.** Brazilian Journal of Microbiology. 42: 1537-1546. 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GILBERT, B.; FAVORETO, R. ***Schinus terebinthifolius* Raddi.** Revista Fitos, 6(1), 43-56, 2011.

GILLES, M.; ZHAO, J.; AN, M.; AGBOOLA, S. **Chemical composition and antimicrobial properties of EOs of three Australian *Eucalyptus* species.** Food Chem. 119, 731-737. 2010.

GOBBO-NETO, L; LOPES, N.P. **Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários.** Quimica Nova 30(2):374-381. 2007.

GOIS, F.D., *et al.* **Effect of Brazilian red pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) essential oil on performance, diarrhea and gut health of weanling pigs.** Livestock Science. 183: 24-27.2016.

GOMES, A.P.S.; RODAL, M.J.N.; MELO, A.L. **Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil.** Acta Botanica Brasilica 20: 37-48. 2006.

GONZÁLEZ-MAS, M.C.; JOSÉ, L.; RAMBLA, J. L.; LÓPEZ-GRESA, M.P.; M. BLÁZQUEZ, A.; GRANELL, A. **Volatile Compounds in Citrus Essential Oils: A**

**Comprehensive Review.** *Frontiers in Plant Science*. February. Vol.10.Article 12. 2019.

GUERRA, A. M. N. de M.; SILVA, D. S.; SANTOS, P. S.; SANTOS, L.B. **Teste de Repelência de Óleos Essenciais sobre *Callosobruchus Maculatus*.** *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.9, n.3, p.110-117, setembro, 2019.

GUERRA JÚNIOR, J. I.; FERREIRA, M. R. A.; OLIVEIRA, A. M. de.; SOARES, L. A. L. **Croton sp.: a review about Popular Uses, Biological Activities and Chemical Composition.** *Research, Society and Development*, v. 11, n. 2, p. e57311225306, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25306.

GUSMAO, N.M.S.; OLIVEIRA, J.V.; NAVARRO, D.M.A.F.; DUTRA, K.A.; SILVA, W.A.; WANDERLEY, M.J.A. **Contact and fumigant toxicity and repellency of *Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Foeniculum vulgare* Mill. EOs in the management of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae).** *J. Stored Prod. Res.* 54, 41-47. 2013.

HAMDI, S.H.; HEDJAL-CHEBHEB, M.; KELLOUCHE, A.; KHOUJA, M.L.; BOUDABOUS, A.; JEMAA, J.M.B. **Management of three pests' population strains from Tunisia and Algeria using Eucalyptus essential oils.** *Ind. Crops Prod.* 74, 551-556. 2015.

HARSHANI, H. S.; KARUNARATNE, S. **Chemical composition and insecticidal effect of fruit peel powders of two citrus species against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: bruchidae) in stored cowpea (*vigna unguiculata*).** *International Journal Of Pest Management*, v. 67, n. 2, p. 131-138, 7 dez. 2019.

HASSANPOURAGHDAM, M. B.; HASSANI, A.; VOJODI, L.; FARSAAD-AKHTAR, N. **Drying Method Affects Essential Oil Content and Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.).** *Journal of essential oil-bearing plants JEOP*. 13. 759-766. 10.1080/0972060X.2010.10643892. 2010.

HAYASHI, K.; HAYASHI, E.T.; FATONDJI, D. **Evaluation of the indigenous use of the weed *Sida cordifolia* L. in the Sahelian Zone of West Africa.** *JARQ* 47 (4), 389–396. 2013.

HITCHEN, A.; BRUD, W. S. **In *Proceedings of the 50th International Symposium on Essential Oils*.** Vienna, 2019.

HOET, S.; STEVIGNY, C.; HERENT, M. F.; QUETIN-LECLERCQ, J. **Antitrypanosomal compounds from leaf essential oil of *Strychnos spinosa*.** *Planta Medica, Betesda*, v. 72, n. 5, p.480-482, 2006.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Censo Demográfico. 2020. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2021.

ITC Trade Map, disponível em <https://www.trademap.org/Index.aspx>, acessada em dezembro 2022.

International Organization for Standardization. ISO 9235: 2021. **Aromatic natural raw materials – Vocabulary**. International Organization for Standardization: Genebra, 2021.

International Organization for Standardization. Disponível em <https://www.iso.org/home.html>, acessada em dezembro 2022.

International Organization for Standardization.; ISO 3218:2014. **Essential oils - Principles of nomenclature**. International Organization for Standardization: Genebra, 2014.

International Organization for Standardization; ISO 4720:2018. **Essential oils – nomenclature**. International Organization for Standardization: Genebra, 2018.

International Organization for Standardization.; ISO 279:1998. **Essential oils — Determination of relative density at 20 degrees C — Reference method**. International Organization for Standardization: Genebra, 1998.

International Organization for Standardization.; ISO 22972:2004. **Essential oils - Analysis by gas chromatography on chiral capillary columns - General method**. International Organization for Standardization: Genebra, 2004.

ISMAN, M.B. **Plant essential oils for pestand disease management**. Crop Protection, v.19. p.603-8. 2000.

ISMAN, M.B. **Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world**. Annual Review Entomology, v.51, p. 45-66.2006.

ISMAN, M. B. **Botanical Insecticides in the Twenty First Century—Fulfilling Their Promise?** Annual Review Of Entomology, v. 65, n. 1, p. 233-249, 7 jan. 2020. Annual Reviews. 2020.

JANKIELSOHN, A. **The Importance of Insects in Agricultural Ecosystems**. Advances in Entomology, 2018, 6, 62-73.

JANNUZZI, H. *et al.* **Avaliação agrônômica e identificação de quimiotipos de erva cidreira no Distrito Federal**. Horticultura Brasileira. v.28, p.412-417, 2010.

JOSÉ, D.P. **Clonagem e caracterização parcial de dois genes de enzimas da via de terpenos em *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown (Verbenaceae)**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2009. Disponível em: < <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/3964/1/diegopandelojose.pdf>>. Acesso em: 09 fev.2023.

KAMAL, G.; ANWAR, F.; HUSSAIN, A.; ASHRAF, M. **Yield and chemical composition of Citrus essential oils as affected by drying pretreatment of peels**. International Food Research Journal. 18(4), 1275-1282. 2011.

KAREMU, C.K.; NDUNG’U, M.W.; GITHUA, M. **Repellent effects of EOs from selected Eucalyptus species and their major constituents against**

***Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae).** Int. J. Trop. Insect Sci. 33, 188-194. 2013.

KASKOOS, R. A. **Essential Oil Analysis by GC-MS and Analgesic Activity of *Lippia citriodora* and *Citrus limon*.** Journal Of Essential Oil Bearing Plants, v. 22, n. 1, p. 273-281, 2 jan. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2019.1603123>.

KONATÉ, K.; SOUZA, A.; THÉRÈSE, K. Y.; BARRO, N.; MILLOGORASOLODIMBY, J.; NACOULMA, O. G. **Phytochemical composition, antioxidant and anti-inflammatory potential of bioactive fractions from extracts of three medicinal plants traditionally used to treat liver diseases in Burkina Faso.** International Journal of Phytomedicine, v. 3, p. 406-415, 2011.

KOORKI, Z.; SHAHIDI-NOGHABI, S.; MAHDIAN, K.; PIRMAORADI, M. **Chemical Composition and Insecticidal Properties of Several Plant Essential Oils on the *Melon Aphid, Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: aphididae).** Journal Of Essential Oil Bearing Plants, [s.l.], v. 21, n. 2, p. 420-429, 4 mar. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2018.1435308>.

KUMAR, S.; BHANJANA, G.; SHARMA, A.; DILBAGHI, N.; SIDHU, M. C.; and KIM, K. H. **Development of Nanoformulation Approaches for the Control of Weeds.** Sci. Total Environ. 586, 1272–1278. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.02.138. 2017.

KUMAR, V.; MATHELA, C. S. **Chemical constituents of essential oils of Himalayan *Nepeta ciliata* Benth and *Senecio nudicaulis* Buch-Ham. Ex D. Don.** Journal Of Essential Oil Research. v. 30, n. 3, p. 207-213, 19 jan. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2018.1425642>.

LAWAL, O. A.; OGUNWANDE, I. A.; GBETOYON, F. S.; KASALI, A. A.; OPOKU, A. R. **Chemical Composition and Insecticidal Activity of Essential Oils of Four Varieties of *Cordia alliodora* (L.) from Nigeria.** Journal Of Essential Oil Bearing Plants, v. 21, n. 3, p. 840-847, 4 maio 2018.

LEE, S-E; Byoung-Ho LEE, B-H.; CHOI, W-S.; PARK, B-S.; KIM, J-G.; CAMPBELL, B. C. **Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L).** Pest Management Science. 57: 548-553. 2001. DOI: 10.1002/os. 322.

LEMOES, D.R.H.; MELO, E.C.; ROCHA, R.P.; BARBOSA, L.C.A.; PINHEIRO, A.L. **Influence of drying air temperature on the chemical composition of the essential oil of melaleuca.** Eng. Agr. 20, 5-11. 2012.

LIMA, R.A. **Perspectivas para o controle biológico de *Hypothenemus hampei* Ferrari utilizando o óleo essencial de *Shinus terebinthifolius* Raddi.** Monografia de Graduação. Porto Velho, Centro de Ensino São Lucas, 39p. 2009.

LIMA, I.E.O.; NASCIMENTO, L.A.M.; SILVA, M.S. **Comercialização de plantas medicinais no município de Arapicaca-AL.** Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Campinas, v.18, n.2, p.462-472, 2016.

LIMA, D. K. S. de; LINS, S. R. de O. **Avanços e novas descobertas sobre o uso de erva cidreira (*Lippia alba*) para inovação terapêutica na última década (2010-2020)/Advances and new discoveries on the use of ervacidreira (*Lippia alba*) for therapeutic innovation in the last decade (2010-2020)**. Brazilian Journal of Development, 6(11), 87916–87934. 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-278>

LIMBERGER, R. P., *et al.* "Óleos voláteis de espécies de *Myrcia* nativas do Rio Grande do Sul." *Química nova* 27 (2004): 916-919.2004.

LIU, J.; HUA, J.; QU, B.; GUO, X.; WANG, Y.; SHAO, M.; LUO, S. **Insecticidal Terpenes From the Essential Oils of *Artemisia nakaii* and Their Inhibitory Effects on Acetylcholinesterase**. *Front Plant Sci.* Aug 12; 12:720816. doi: 10.3389/fpls.2021.720816. PMID: 34456959; PMCID: PMC8397410. 2021.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, Plantarum. 2002.

LUCIA, A.; LICASTRO, S.; ZERBA, E.; GONZALEZ, A.P.; MASUH, H. **Sensitivity of *Aedes aegypti* adults (Diptera: Culicidae) to the vapors of Eucalyptus EOs**. *Bioresour. Technol.* 100, 6083-6087.2009.

LUO, Y.; HUANG, D.; LI, D.; and WU, L. **On Farm Storage, Storage Losses and the Effects of Loss Reduction in China**. *Resour. Conservation Recycling* 162, 105062. 2020. doi:10.1016/j.resconrec.2020.105062.

LUO, C.; LI, D.; WANG, Y.; GUO, S.; ZHANG, D.; DU, S. **Chemical Composition and Insecticide Efficacy of Essential Oils from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* Swingle Against *Tribolium castaneum* Herbst in Stored Medicinal Materials**. *Journal Of Essential Oil Bearing Plants.* v. 22, n. 5, p. 1182-1194, 3 set. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2019.1685914>.

MAGGIO, A. *et al.* **Comparative chemical composition and bioactivity of leaves essential oils from nine Sicilian accessions of *Myrtus communis* L.** *Journal Of Essential Oil Research.* v. 31, n. 6, p. 546-555, 3 maio 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1610089>.

MAHMOUDVAND, M.; H. ABBASIPOUR, M.H.; HOSSEINPOUR, F.; RASTEGAR & M. BASIJ. **Using some plant essential oils as natural fumigants against adults of *Callosobruchus maculatus* (f.) (Coleoptera: Bruchidae)**. *Mun. Entomol. Zool.* 6: 150-154. 2011.

MAIA, M. do C. R.; LAURENTINO, C. da S.; CARNEIRO, G. A.; MUNIZ, I. C. da S.; MUNIZ, I. I. da S.; SILVA, I. A. da; REIS, J. de A.; SULTANUN, R. F. de S.; VASCONCELOS, T. R. L. C. de; CORDEIRO, R. P. **Propriedades terapêuticas da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha)**. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 13, n. 4, p. e6791, 30 abr. 2021.

MALLAVARAPU, G.R. *et al.* **Essential oil of *Lippia alba*, a rich source of linalool**. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, v.22, n.1B, p.765-7, 2000.

MALVEIRA, E.A.; SOUZA, P.F.N.; NETO, N.A.S.; AGUIAR, T.K.B.; RODRIGUES, N.S.; HENRIQUE, C.W.B.; SILVA, A.F.B.; LIMA, L.B.; Cynthia C. ALBUQUERQUE; C.C.; FREITAS, C.D.T. Essential Oil from *Croton blanchetianus* Leaves: Anticandidal Potential and Mechanisms of Action. *Journal of Fungi*. 2022, 8, 1147. <https://doi.org/10.3390/jof8111147>.

MARCHESE, A.; ORHAN, I. E.; DAGLIA, M.; BARBIERI, R.; DI LORENZO, A.; NABAVI, S. F. *et al.* **Antibacterial and antifungal activities of thymol: a brief review of the literature**. *Food Chem.* 210, 402–414. 10.1016. 2016.

MARTINS, C. A. F. **Atividade anti-inflamatória de espécies de “malvas” e análise multivariada para o controle de qualidade de amostras comerciais**. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015.

MARZANGHI, J.; SAFARALIZADEH, M.H.; MOGHADDAM, P.N. **Investigation on the insecticidal efficacy of novel pellet formulation against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col.: Bruchidae) in three different heights and compared with phosphine**. *Archives Of Phytopathology and Plant Protection*, 46(6), pp.704–709. 2013.

MATOS, F.J.A.; MACHADO, M.I.L.; CRAVEIRO, A.A.; ALENCAR, J.W. **The essential oil composition of two chemotypes of *Lippia alba* grown in Northeast Brazil**. *Journal of Essential Oil Research*, 8(6), 695-698, 1996.

MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil**. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária. 2000.

MAURYA, A. K.; BAHL, J. R.; YADAV, A.; PRAKASH, O.; SAXENA, A.; PAL, A.; CHANOTIYA, C. S.; KHAN, F.; BAWANKULE, D. U. **Chemical composition and skin inflammation protective profile of pulgone rich essential oil of *Mentha arvensis* L.** *India Journal of Experimental Biology*, 57, 168-174. 2019. DOI: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/55803>.

MELO, G. F. A. **Estudo da Composição Química e da Atividade Antibacteriana in vitro e em alimento do óleo essencial de *Croton blanchetianus* Baill.** 94 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil. 2011.

MELO, G.F.d.A.; da COSTA, A.C.V.; GARINO, F. Jr.; MEDEIROS, R.S.; MADRUGA, M.S.; NETO, V.Q. **The sensitivity of bacterial foodborne pathogens to *Croton blanchetianus* Baill essential oil**. *Braz. J. Microbiol.* 2013, 44, 1189–1194.

MONTENEGRO, M.; SIMONI, J. **Atlas dos insetos: fatos e dados sobre as espécies mais numerosas da Terra**. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 58 p. : il., color. 2021. ISBN: 978-65-87665-03-0.

MOSCA, V.P.; LOIOLA, M.I.B. **Uso popular de plantas medicinais no Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil**. Revista Caatinga, v. 22, p. 225-234, 2009.

MOSSA, A.T. **Green pesticides: essential oils as biopesticides in insect-pest management**. J Environ Sci Technol.9:354–78. 2016.

MOURA, E. da S; FARONI, L. R. de A.; ZANUNCIO, J. C.; HELENO, F. F.; PRATES, L. H. F. **Insecticidal activity of *Vanillosmopsis arborea* essential oil and of its major constituent  $\alpha$ -bisabolol against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: chrysomelidae)**. Scientific Reports. Viçosa, v. 9, n. 1, p. 1-8, 6 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-40148-x>.

MOURA, E. da S. **Atividade Inseticida dos Óleos Essenciais de Manjeriço e Candeieiro e seus Componentes sobre *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)**. Dissertação (mestrado Magister Scientiae). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2015.

NASCIMENTO, A.F. **ATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE FRUTOS DE *Schinus terebinthifolius* Radi (ANACARDIACEAE) EM *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) E *Rhyzopherta dominica* FABRICIUS (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE)**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Entomologia Agrícola. Recife-PE. 2012.

NASCIMENTOS, K.R.; OLIVEIRA, A.F.M. de. *Croton blanchetianus*: Marmeleiro. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F.G.C. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, Série Biodiversidade; 51, Capítulo 5, Pp. 347-352. 2018.

NEVES, E.J.M.; *et al.* **Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para produção depimenta-rosa**. Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E). 1(1): 114-117. 2016.

NIU, J.; TANDING, C. N. T.; CHRISTIAENS, O.; SMAGGHE, G.; WANG, J. **Rethink RNAi in Insect Pest Control: challenges and perspectives**. Advances In Insect Physiology, p. 1-17, 2018.

NUNES, X. P.; MAIA, G. L. A.; ALMEIDA, J. R. G. S.; PEREIRA, F. O.; LIMA, E. O. **Antimicrobial activity of the essential oil of *Sida cordifolia* L**. Braz J Pharmacog., v. 16, p. 642-644, 2006.

NUZHAT, T.; VIDYASAGAR, G. M. **Antifungal investigations on plant essential oils. A review**. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v.5, n.2, p.19-28, 2013.

OLIVEIRA, F. J.; SANTOS, J. H. R.; ALVES, J. F.; PAIVA, J. B.; ASSUNÇÃO, M. V. **Perdas de peso em sementes de cultivares de caupi, atacadas pelo caruncho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.19, n.1, p.47-52, 1984.



OLIVEIRA, R.N.; DIAS, I.J.M.; CÂMARA, C.A.G. **Estudo comparativo do óleo essencial de *Eugenia punicifolia* (HBK) DC. de diferentes localidades de Pernambuco.** Revista Brasileira de Farmacognosia 15:39-43. 2005.

OLIVEIRA, A. P. R. **Efeito do Óleo Essencial do *Croton sonderianus* Muell. Arg. sobre o Trato Gastrointestinal.** Dissertação (Mestrado em Ciências fisiológicas) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 135p. 2008.

OLIVEIRA, S. J. de. **Antibiose e antixenose à mosca-minadora *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em germoplasma de meloeiro.** 42f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2019.

OLIVEIRA, J. M. **Constituintes Químicos e Atividades Biológicas de Óleos Essenciais das Espécies *Malva sylvestris* e *Pelargonium graveolens*: uma revisão.** Uningá Review Journal, v. 36, p. eURJ3728, jul. 2021. ISSN 2178-2571. 2021.

OLIVEIRA, A.C.; COSTA-LIMA, T.C.; SOUZA, A. V. V.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. de C. R.; **Essential oils activity from plants of the Brazilian Caatinga on the vegetable leafminer.** Research Article. Pesqui. Agropecu. Trop. 50. 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5058313>.

OMIDBAIGI, R.; KABUDANI, M.; TABIBZADEH, Z. **Effect of Drying Methods on the Essential Oil Content and Composition of *Tanacetum parthenium* (L.) Schultz Bip cv. Zardband.** J. Essent. Oil Bearing Plants, 10(5): 391-398. 2007.

OPENDER, K.; SURESH, W.; DHALIWAL, G.S. **Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints.** Insect Biopesticide Research Centre. Biopesticides International, 4, 63-84. 2008.

OUSSALAH, M.; CAILLET, S.; SAUCIER, L.; LACROIX, M. **Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*.** FoodControl, v. 18, n. 5, p. 414-420, 2007.

PADALIA, R. C.; SINGH, V. R.; BHATT, G.; CHAUHAN, A.; UPADHYAY, R.K.; VERMA, R. S.; CHANOTIYA, C. S. **Optimization of harvesting and post-harvest drying methods of *Ocimum africanum* Lour. for production of quality essential oil.** Journal Of Essential Oil Research, v. 30, n. 6, p. 437-443. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2018.1495110>.

PALLELA, P. N. V. K.; UMMEY, S.; RUDDARAJU, L.K.; PAMMID, S.V.N.; YOON, S.G. **Ultra small, mono dispersed green synthesized silver nanoparticles using aqueous extract of *Sida cordifolia* plant and investigation of antibacterial activity.** Microb. Pathogen. 124, 63-69.2018.

PALMEIRA-JUNIOR, S. F.; ALVES, F. S. M.; VIEIRA, L. F. A.; CONVERSA, L. M.; LEMOS, R. P. L. **Constituintes químicos das folhas de *Croton sellowii* (Euphorbiaceae).** Revista Brasileira de Farmacognosia, nº 3, 397- 402. 2006.

PANDHARIPANDE, S.; MAKODE, H. **Separation of oil and pectin from orange peel and study of effect of pH of extracting medium on the yield of pectin.** J Eng Res Stud.3(2):6–9. 2012.

PASCUAL, M.E.; SLOWING, K.; CARRETERO, E.; MATA, D.S.; VILLAR, A. **Lippia: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review.** Journal of Ethnopharmacology, 76: 201-214. 2001.

PASSREITER, C. M.; WILSON, J.; ANDERSEN, R. and ISMAN, M. B. (2004). **Metabolism of thymol and trans-anethole in larvae of Spodoptera litura and Trichoplusia ni (Lepidoptera: Noctuidae).** J. Agric. Food Chem. 52, 2549–2551.

PAWAR, R.S.; KUMAR, S.; TOPPO, F.A.; LAKSHMI, P. K.; SURYAVANSHI, P. **Sida cordifolia Linn.accelerates wound healing process in type 2 diabetic rats.** J. Acute Med. 6, 82-89. 2016.

PALAZZOLO, E.; LAUDICINA, V. A.; GERMANÀ, M. A. **Current and Potential Use of Citrus Essential Oils.** Current Organic Chemistry,17, 3042-3049. 2013.

PEANA, A.T.; DE MONTIS, M.G.; NIEDDU, E.; SPANO, M.T.; D' AQUILA, P.S.; PIPPIA, P. **Profile of spinal and supra-spinal antinociception of (-)-linalool.** European Journal of Pharmacology, v. 485, p. 165-174, 2004a.

PEANA, A.T.; DE MONTIS, M.G.; NIEDDU, E.; SPANO, M.T.; D' AQUILA, P.S.; PIPPIA, P. P. **Effects of (-)-linalool in the acute hyperalgesia induced by carrageenan, L-glutamate and prostaglandin E2.** European Journal of Pharmacology, v. 497, p. 279- 284, 2004b.

PEREIRA, B. P. V. **Estudo dos Constituintes Químicos do Óleo Essencial de Croton blanchetianus Baill presentes no povoado olho d'água no município de Paraníba - Pl. 51 f.** Monografia de Graduação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Paraníba, Piauí, Brasil. 2017.

PLATA-RUEDA, A.; MARTÍNEZ, L.C.; DOS SANTOS, M.H.; FERNANDES, F.L.; WILCKEN, C.F.; SOARES, M.A. et al. **Atividade inseticida do óleo essencial de alho e seus constituintes contra o escaravelho Tenebrio molitor Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae).** Sci Rep.; 7:46406. 2017.

PRATES, H. T.; SANTOS, J. P.; COUTINHO, J. P.; GUEDES, R. N. **Insecticidal activity of monoterpenes against stored-product pests: A review.** Journal of Stored Products Research, 83, 99-108. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.01.006>.

POLATOĞLU, K.; KARAKOÇ, Ö. C.; DEMIRCI, B.; BAŞER, K. H. C. **Chemical composition and insecticidal activity of edible garland (Chrysanthemum coronarium L.) essential oil against the granary pest Sitophilus granarius L. (Coleoptera).** Journal Of Essential Oil Research. v. 30, n. 2, p. 120-130, 7 dez. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2017.1408501>.

POTZERNHEIM, M.C.L.; BIZZO, H.R.; Vieira, R.F. **Análise dos óleos essenciais de três espécies de Piper coletadas na região do Distrito Federal**

**(Cerrado) e comparação com óleos de plantas procedentes da região de Paraty, RJ (Mata Atlântica).** Revista Brasileira de Farmacognosia 16:246-251. 2006.

PRATTI, D. L. de A. **O ÓLEO ESSENCIAL DE FRUTOS MADUROS E IMATUROS DE *Schinus terebinthifolia* RADDI – ATIVIDADE LARVICIDA E DANOS HISTOLÓGICOS INDUZIDOS EM LARVAS DE *Stegomyia aegypti* (LINNAEUS, 1762).** Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade Vila Velha. VILA VELHA. 2017.

PEREIRA, B. de P.V. **ESTUDO DOS CONSTITUINTES QUÍMICOS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Croton blanchetianus* PRESENTES NO POVOADO OLHO D'ÁGUA NO MUNICÍPIO DE PARNAÍBA- PI.** Monografia. Licenciatura em Química. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Parnaíba. 2017.

PHILIP, B. K.; MURALIDHARAN, A.; NATARAJAN, B.; VARADAMURTHY, S.; VENKATARAMAN, S. **Preliminary evaluation of anti-pyretic and anti-ulcerogenic activities of *Sida cordifolia* methanolic extract.** Fitoterapia., v. 79, n. 3, p. 229-231, 2008.

PIMENTEL, F.A.; CARDOSO, M.G.; GUIMARÃES, L.G.L.; QUEIROZ, F.; BARBOSA, L.C.A.; MORAIS, A.R.; NELSON, D.L.; ANDRADE, M.A.; ZACARONI, L.M.; PIMENTEL, S.M.N.P. **Extracts from the leaves of *Piper piscatorum* (Trel. Yunc.) obtained by supercritical extraction of with CO<sub>2</sub>, employing ethanol and methanol as co-solvents.** Ind. Crops Prod. 43, 490-495. 2013.

PINHEIRO, A. L. **Produção de óleos Essenciais.** Viçosa: CPT, 2003.

PINHEIRO, A. A. V. **Contribuição para o conhecimento fitoquímico de *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) e avaliação da atividade antimicrobiana do seu óleo essencial.** 2016.116f Dissertação (Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2016.

PINO, J. A.; TERÁN-PORTELLES, E. C.; HERNÁNDEZ, I.; RODEIRO, I.; FERNÁNDEZ, M. D. **Chemical composition of the essential oil from *Croton wagneri* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) grown in Ecuador.** Journal Of Essential Oil Research. v. 30, n. 5, p. 347-352, 11 maio 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2018.1470040>.

PINTO, E.P.P.; AMOROZO, M.C.M.; FURLAN, A. **Conhecimento popular sobre plantas medicinais em comunidades rurais de mata atlântica-Itacaré, BA, Brasil.** Acta Botanica Brasilica.v. 20, p. 751-762, 2006.

PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Cultivo e processamento de plantas medicinais.** Lavras: UFLA/Faepe. 2002.

PUJARI, G.R.S.; SUBRAMANIAN, V.; RAO, S.R. **Effects of *Celastrus paniculatus* Willd. And *Sida cordifolia* Linn. In kainic acid induced Hippocampus damage in rats.** Indian J. Pharmaceutical Edu. Res. 53 (3), 537-544.2019.

PYREK, J.; CHARI, M. **Abstracts of 24th Annual Meeting American Society of Pharmacognosy**. Mississippi - USA, 1983.

RAHALI, N.; YOUNSI, F.; BOUSSAID, M.; MESSAOUD, C. **Chemical variability of *Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze essential oils and incidence on antioxidant and anticholinesterase activities**. JOURNAL OF ESSENTIAL OIL RESEARCH. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1622603>.

RAJKUMAR, V.; GUNASEKARAN, C.; CHRISTY, K.; JAYARAMAN, D.; CHINNARAJ, P.; PAUL C, A. (2019). **Toxicity, antifeedant and biochemical efficacy of *Mentha piperita* L. essential oil and their major constituents against stored grain pest**. Pesticide Biochemistry and Physiology. Volume 156, May 2019, Pages 138-144.

RAMOS, H. de O.; FERREIRA, G. G.; BRANDÃO, D.L. do N.; Maria Fani DOLABELA, M. F. ***Schinus terebinthifolius* Raddi: uma revisão bibliográfica associada a um estudo in silico**. Research, Society and Development, v. 11, n. 12, e421111234262, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34262>.

RAHIMMALEK, M.; GOLI, S. A. H. **Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymys daenensis* subsp. daenensis**. Celak leaves. Industrial Crops and Products. 42. 613–619. 10.1016/j.indcrop.2012.06.012. 2013.

RIBEIRO, D.A.; MACÊDO, D.G.; OLIVEIRA, L.G.S.; SARAIVA, M.E.; OLIVEIRA, S.F.; SOUZA, M.M.A.; MENEZES, I.R.A. **Potencial Terapêutico e uso de plantas medicinais em uma área de Caatinga no estado do Ceará, nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Campinas, v.16, p.912-930, 2014.

RIBEIRO, S. M.; BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P. **Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton* spp. da Caatinga**. Iheringia. Série Botânica, v. 73, n. 1, p. 31-38, 30 maio 2018. Editora Letra1. 2018.

RICE, P. J.; COATS, J. R. **Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera:Muscidae), red flour beetle (Coleoptera :Tenebrionidae) and southern maize rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae)**. Journal of Economic Entomology, 87:1172-1179. 1994.

RICHTER R.; VON REUSS, S.H.; KÖNIG, W.A. **Spirocyclopropane-type sesquiterpene hydrocarbons from *Schinus terebinthifolius* Raddi**. Phytochemistry, v. 71, p. 1371-1374, 2010.

RODRIGUES, A.P.; ANDRADE, L.H.C. **Levantamento etnobotânico das plantas medicinais utilizadas pela comunidade de Inhamã, Pernambuco, Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Plantas Medicinais.v. 16, p. 721-730, 2014.

RODRIGUES, O.G.; FALCÃO, B.R.; BARBOSA, B.C.; PEREIRA, A.V.; AQUINO, V.V. **In vitro biological activity of the *Croton blanchetianus* (Baill) essential**

oil against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). Journal of Applied Biology & Biotechnology. 2019.

ROH, G. H.; ZHOU, X.; WANG, Y.; CERMAK, S. C.; KENAR, J. A.; LEHMANN, A., *et al.* **Spatial repellency, antifeedant activity and toxicity of three medium chain fatty acids and their methyl esters of coconut fatty acid against stable flies.** Pest Manag. Sci. 76, 405–414. 2020.

RORATO, D.G.; *et al.* **Tolerance and resilience of forest species to frost in restoration planting in southern Brazil.** Restoration Ecology. 26(3): 537-542.2018.

RUSIN, M.; GOSPODAREK, J. (2018). **The effect of water extracts from *Origanum vulgare* L. on feeding of *Leptinotarsa decemlineata* Say.** J. Agric. Eng. 2018, 63, 122–127.

RYAN, M.F.; BRYAN, O. **Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase.** Journal of Chemical Ecology 14, 1965–1975. 1988.

SÁ, J.S. **Potencial inseticida de plantas da caatinga sobre *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae).** Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2018.

SANTOS, J.P.; PRATES, H.T. **PERSPECTIVAS DE USO DE PRODUTOS NATURAIS PROVENIENTES DE PLANTAS, NO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS.** Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 1999.

SANTOS M. R.; NASCIMENTO, N. M.; ANTONIOLLI, A. R.; MEDEIROS, I. A. **Endothelium-derived factors and k<sup>+</sup> channels are involved in the vasorelaxation induced by *Sida cordifolia* L. in the rat superior mesenteric artery.** Die Pharmazie., v. 61, n. 5, p. 466-469, 2006.

SANTOS, H. S.; MESQUITA, F. M. R.; LEMOS, T. L. G.; MONTE, F. J. Q.; BRAZ-FILHO, R. **Diterpenos casbanos e acetofenonas de *Croton nepetaefolius* (Euphorbiaceae).** Química Nova. 31 (3), 601-604. 2008.

SANTOS. O.J.; BARROS-FILHO, A.K.D.; MALAFAIA, O.; RIBAS-FILHO, J.M.; SANTOS, R.H.P.; SANTOS, R.A.P. ***Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) no processo de cicatrização de gastrorrafias em ratos.** ABCD, arq. bras. cir. dig., 25(3), 140-146, 2012.

SANTOS, S.B.; SANTOS, A.C.A.; LIMA, A.R.; MELO, S.; FRAZÃO, C.D.S.; CHERPAK, G.L. **Comparação da eficácia da aroeira oral (*Schinus terebinthifolius* Raddi) com omeprazol em pacientes com gastrite e sintomas dispépticos: estudo randomizado e duplo-cego.** GED gastroenterol. endosc. dig, 29(4), 118-125, 2010.

SANTOS, R.F.; ISOBE, M.T.C.; LALLA, J.G.; HABER, L.L.; MARQUES, M.O.M.; MING, L.C. **Composição química e produtividade dos principais componentes do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* DC. em**

**função da adubação orgânica.** Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.14, n.esp., p.224-234, 2012.

SANTOS, S.L.D.X.; ALVES, R.; BARBOSA, J. A.A.; BRASILEIRO, T.F. **Plantas utilizadas como medicinais em uma comunidade rural do semi-árido da Paraíba, Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Farmácia. v. 93, p. 68-79, 2012.

SANTOS, M.R.A.; LIMA, R.A.; SILVA, A.G.; LIMA, D.K.S.; SALLET, L.A.P.; TEIXEIRA, C.A.D.; FACUNDO, V.A. **Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) Ferrari.** Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.15, n.4, supl.I, p.757-762, 2013.

SANTOS, I.T.B.F.; SANTOS, T.S.; SILVA, F.L.S.; GAGLIARDI, P.R.; OLIVEIRA-JUNIOR, L.F.G.; BLANK, A.F. **Óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi como controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Lasiodiplodia theobromae*, fungos fitopatogênicos de pós-colheita.** International Symposium on Technological Innovation. Anais. Aracajú-SE, set. 2014.

SANTOS, N. E. A. **Avaliação da eficiência de 2,4-D+ Picloram na dose recomendada em diferentes alturas de plantas de corte *Sida cordifolia* L.** 2021. Monografia de Graduação em Agronomia– Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.

SANGWAN, N.S.; ARORA, B.; SANGWAN, R.S. **Modulação espectral da síntese de óleo essencial em *Pelargonium graveolens* LJ Herbs.** Especiarias. Med. Plantas. (no prelo). 2001.

SATONGROD, B.; WANNA, R.; KHAENGGKHAN, P.; CHUMPAWADEE, T. **Fumigant toxicity and bioactivity of *Wedelia trilobata* essential oil against cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*).** 14. 1591-1604. 2021.

SEFIDKON, F.; ASSAREH, M.H.; ABRAVESH, Z.; BARAZANDEH, M.M. **Chemical composition of the EOs of four cultivated Eucalyptus species in Iran as medicinal plants (*E. microtheca*, *E. spathulata*, *E. largiflorens* and *E. torquata*).** Iran. J. Pharm. Res. 6, 135-140. 2007.

SEFIDKON, F.; ABBASI, K.; JAMZAD, Z.; AHMADI, S. **The effect of distillation methods an stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* Jamzad.** Food Chemistry 100:1054-1058. 2007.

SHAAYA, E.; KOSTJUKOVSKI, M.; EILBERG, J.; SUKPRAKARN, C. (1997). **Plant Oils as Fumigants and Contact Insecticides for the Control of Stored-product Insects.** J. Stored Prod. Res. 1997, 33, 7–15.

SHAHHOSEINI, R.; ESTAJI, A.; HOSSEINI, N.; GHORBANPOUR, M.; OMIDBAIGI, R. **Efeito de diferentes métodos de secagem sobre o teor e composição química do óleo essencial de *Lemon verbena* (*Lippia citriodora*).** Journal of Essential Oil Bearing Plants, 16 (4), 474–481. 2013.

SHUKLA, R.; KUMAR, A.; SINGH, P.; DUBEY, N.K. **Efficacy of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown essential oil and its monoterpene aldehyde constituents against fungi isolated from some edible legume seeds and aflatoxin B1 production.** Inter. J. Food Microbiol. 135, 165- 170. 2009.

SHALABY, A.S.; EL-GENGAIHI, S.; KHATTAB, M. **Oil of *Mellisa officinalis* L., as Affected by Storage and Herb Drying.** J. Essent. Oil Res., 8: 667-669.1995.

SHARMA, N.; TRIPATHI, A. **Effects of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem.** Microbiol Res. 163:337- 44. 2008.

SILVA, J. G.; FARIA, M. T.; OLIVEIRA, E. R.; REZENDE, M. H.; Dalva G. RIBEIRO, D. G.; FERREIRA, H. D.; SANTOS S. C.; SERAPHINC, J. C.; FERRI, P. H. **Chemotaxonomic significance of volatile constituents in *Hypenia* (Mart.ex Benth) R. Harley (Lamiaceae).** J. Braz. Chem. Soc., v. 22, n. 5, p. 955-960, 2011.

SILVA, R. F.; REZENDE, C. M.; SANTANA, H. C. D.; VIEIRA, R. F.; SALIMENA-PIRES, F. R. G.; SANTOS, M. C. S.; BIZZO, H. R. **Scents from Brazilian Cerrado: chemical composition of the essential oil form the flowers and leaves of *Lippia stachyoides* va. *Martiana* (Schauer) Salimena & Múlgura.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ESSENTIAL OILS, 44, 2013, Budapest. Abstract. Budapest: ISEO, 2013, p. 97.

SILVA, R. L.; MELO, G. B.; MELO, V. A.; ANTONIOLLI, A. R.; MICHELLONE, P. R.; ZUCOLOTO, S.; PICINATO, M. A.; FRANCO, C. F.; MOTA, G. A.; SILVA, O. D. E. C. **Effect of the aqueous extract of *Sida cordifolia* on liver regeneration after after partial hepatectomy.** Acta Cir Bras., v. 21, p. 37-39, 2006.

SILVA, D. A.; SILVA, T. M.S.; LINS, A. C. S.; COSTA, D. A.; CAVALCANTE, J. M. S.; MATIAS, W. N.; SOUZA, M. F. V. **Constituintes químicos e atividade antioxidante de *Sida galheirensis* Ulbr. (Malvaceae).** Química Nova, v. 29, n.6, p.1250-1254, 2006.

SILVA, A. B.; da, OLIVEIRA, C. R. F.; de, MATOS, C. H. C.; SANTOS, P. É. M. dos; LIRA, C. R. I. de M. **BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Croton blanchetianus* Baill (Euphorbiaceae) SOBRE *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae).** Nativa, 8(4), 450-455. 2020.

SILVA, A.C.R. et al., D.S. **Biological Activities of  $\alpha$ -Pinene and  $\beta$ -Pinene Enantiomers.** Molecules, v.17, p.6305-6316.2012.

SILVA, C.J.; BARBOSA, L.C.A.; DEMUNER, A.J.; MONTANARI, R.M.; FRANCINO, D.; MEIRA, R.M.S.A.; SOUZA, A.O. **Chemical composition and histochemistry of *Sphagneticola trilobata* essential oil.** Rev. Bras. Farmacogn. 22, 482-489. 2012.

SILVA, T. L da; OLIVEIRA, C. R. F. de; MATOS, C. H. C.; BADJI, C. A.; MORATO, R. P. **LEAF ESSENTIAL OIL FROM *Croton pulegiodoris* Baill SHOWS INSECTICIDAL ACTIVITY AGAINST *Sitophilus zeamais***

**Motschulsky.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 354-363, jun. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n208rc>.

SILVA, F.; SANTOS, R.H.S.; ANDRADE, N.J.; BARBOSA, L.C.A.; CASALI, V.W.D.; LIMA, R.R.; PASSARINHO, R.V.M. **Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period.** Pesq. Agropec. Bras. 40, 323-328. 2005.

SILVA, N.L.A.; MIRANDA, F.A.A; CONCEIÇÃO, G.M. **Triagem fitoquímica de plantas de cerrado, da área de proteção ambiental municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão.** Scientia Plena, v. 6, n. 2, p.1-17, 2010.

SILVA, L.; PEREIRA, E.; ESPOSITO, E.; SILVA, A.; FARIAS, T.; ALVES, M.; SANTOS, A.; SOUZA, M. **Content and Chemical Profile of Essential Oil from *Eucalyptus Fresh and Dry Leaves.*** (2019). 21. 001-003. 10.19080/ARTOAJ.2019.21.556154.

SOUZA, G.H.B.; MELLO, J.C.P.; LOPES, N.P. **Farmacognosia: Coletânea Científica.** Editora UFOP. Ouro Preto, MG.2011.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 5.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004, p. 467-95. 2004.

SISAY, B.; TEFERA, T.; WAKGARI, M.; AYALEW, G.; MENDESIL, E. (2019). **The Efficacy of Selected Synthetic Insecticides and Botanicals against Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Maize.** Insects, v. 10, n. 2, p. 45, 1 fev. 2019.

SMITH-PALMER, A.; STEWART, J.; FYFE, L. **The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese.** Food Microbiology. v. 18, n. 4, p. 463-470, ago. 2001.

SOLÍS-QUISPE, L.; PINO, J. A.; FALCO, A. S.; TOMAYLLA-CRUZ, C.; QUISPE-TONCCOCHI, E. G.; SOLÍS-QUISPE, J. A.; ARAGÓN-ALENCASTRE, L. J.; SOLÍS-QUISPE, A. **Chemical composition and antibacterial activities of essential oil from *Ageratina pentlandiana* (DC.) R.M. King & H. Rob. leaves grown in the Peruvian Andes.** Journal Of Essential Oil Research. v. 31, n. 5, p. 409-413, 11 jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1593891>.

SRINIVASAN, M.R. 2004. **Probit analysis.** In **Electronic Manual on Pesticides and Environment eds. Palaniswamy, S., Kuttalam, S., Chandrasekaran.S., Kennedy, J. S. and Srinivasan, M. R.** 2004. Department of Agricultural Entomology, TNAU, Coimbatore.

STANOJEVIC, L. P.; STANOJEVIC, J. S.; SAVIC, V. L.; CVETKOVIC, D. J.; KOLAREVIC, A.; MARJANOVIC-BALABAN, Z.; NIKOLIC, L. B. **Peppermint and Basil Essential Oils: chemical composition, in vitro antioxidant activity and in vivo estimation of skin irritation.** Journal Of Essential Oil Bearing Plants, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 979-993. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2019.1661793>.



SWAMY, M.K.; AKHTAR, M.S.; SINNIHAH, U.R. (2016). **Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review**. Evid Based Comp Altern Med. 2016:21.

TABANCA, N.; BERNIER, U.R.; ALI, A.; WANG, M.; DEMIRCI, B.; BLYTHE, E.K.; KHAN, S.I.; BASER, K.H.C.; KHAN, I.A. **Bioassay-guided investigation of two *Monarda* EOs as repellents of yellow fever mosquito *Aedes aegypti***. J. Agr. Food Chem. 61, 8573-8580. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre. 820 p. 2013.

TAK, J. H.; ISMAN, M. B. **Enhanced cuticular penetration as the mechanism for synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia ni***. Scientific Reports, v. 5, p. 12690.2015.

TAVARES, E.S.; JULIÃO, L.S.; LOPES, D. et al. **Análise do óleo essencial de folhas de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill) N. E. Br (Verbenaceae) cultivados em condições semelhantes**. Ver. Bras. Farmacog., v.15, p.1, jan-mar. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2005000100002>.

TAVARES, W. S.; CRUZ, G. S.; DUTRA, K. A.; BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F. **Inseticidas naturais à base de sesquiterpenos: uma revisão**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 23, e214. [https://doi.org/10.1590/1983-084X/20\\_214](https://doi.org/10.1590/1983-084X/20_214). 2021.

TELICI, I.; BAYRAM, E.; YILMAZ, G.; AVCI, B. **Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.)**. Biochemical Systematics and Ecology 34:489-497. 2006.

THIELMANN, J.; MURANYI, P. **Review on the chemical composition of *Litsea cubeba* essential oils and the bioactivity of its major constituents citral and limonene**. Journal Of Essential Oil Research. v. 31, n. 5, p. 361-378, 6 maio 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1611671>.

TIETBOHL, L. A.C.; MELLO, C. B.; SILVA, L. R.; DOLABELLA, I. B.; FRANCO, T. C.; ENRÍQUEZ, J.J.S.; SANTOS, M. G.; FERNANDES, C. P.; MACHADO, F. P.; MEXAS, R. **Green insecticide against Chagas disease: effects of essential oil from *myrciaria floribunda* (myrtaceae) on the development of *rhodnius prolixus* nymphs**. Journal Of Essential Oil Research. v. 32, n. 1, p. 1-11, 27 jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1631894>.

TONG, F.; COATS, J. R. **Effects of monoterpenoid insecticides on [3H]-TBOB binding in house fly GABA receptor and 36Cl- uptake in American cockroach ventral nerve cord**. Pesticide Bio Rice, P. J. and Coats, J. R. **Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) and southern maize rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae)**. Journal of Economic Entomology, 87:1172-1179.2010.

TRENTINI, A.M.M.; TESKE, M. **Herbarium compêndio de fitoterapia**. Herbarium Laboratório Botânico. Curitiba. 370 p. 2001.

TRIPATHI, A. K.; MISHRA, S. **Plant monoterpenoids (prospective pesticides). In: ECOFRIENDLY pest management for food security.** Amsterdam: Academic Press. p. 507-524.2016.

TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S.; BHUIYAN, M.; BHATTACHARYA, P. R. **A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management.** Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy. v. 1, n. 5, p. 52-63, 2009.

ULIANA, M.P.; FRONZA, M.; SILVA, A.G.; VARGAS, T.S. **Composition and biological activity of Brazilian rosepepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves.** Industrial Crops and Products. 83: 235-240.2016.

UPADHYAY, R. K.; SINGH, V. R.; VERMA, R. S.; PADALIA, R. C.; KUMAR, R.; CHAUHAN, A.; TEWARI, S.K. **Development of postharvest management practices for quality essential oil production of *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) W. Watson.** Journal Of Essential Oil Research. v. 31, n. 6, p. 556-561, 5 jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1610517>.

VALTER, J. L.; ALENCAR, K. M. C.; SARTORI, A. L. B.; NASCIMENTO, E. A.; CHANG, R.; MORAIS, S. A. L.; LAURA, V. A.; YOSHIDA, N. C.; CAROLLO, C. A.; SILVA, D. B.; GRASSI, R.F.; FABRI, J. R.; SIQUEIRA, J. M. **Variação química no óleo essencial das folhas de seis indivíduos de *Duguetia furfuracea* (Annonaceae).** Rev. Bras. Farmacogn., v. 18, n. 3, p. 373-378,2008.

VEIGA, R. dos S.; SILVA-BUZANELLO, R. A. da; CORSO, M. P.; CANAN, C. **Essential oils microencapsulated obtained by spray drying: a review.** Journal Of Essential Oil Research, v. 31, n. 6, p. 457-473. 2019. Informa DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1612788>.

VILELA, G.R.; ALMEIDA, G.S.; D'ARCE, M.A.B.R.; MORAES, M.H.D.; BRITO, J.O.; da SILVA, M.F.G.F. *et al.* (2009). **Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare.** J. Stored Prod. Res 45: 108–111.

YAMAMOTO, P.Y. **Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. 2006.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Campinas.

YAMAMOTO, P.Y.; COLOMBO, C.A.; AZEVEDO FILHO, J.A.; LOURENÇÃO, A.L.; MARQUES, M.O.M.; MORAIS, G.D.S.; CHIORATO, A.F.; MARTINS, A.L.M.; SIQUEIRA, W.J. **Performance of ginger Grass (*Lippia alba*) for traits related to the production of essencial oil.** Scientia Agricola, 65(5), 481-489, 2008.

YAN, T.; CHEN, Y.; SHANG, L.; LI, G. **Assessment of essential oils from five *Santalum* species using ATR-fourier transform mid-infrared spectroscopy and GC-MS combined with chemometric analysis.** Journal Of Essential Oil Research. v. 32, n. 2, p. 150-157, 10 out. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1670743>.

WATERMAN, P. G. **The chemistry of volatile oils**. In: HAY, R.K.M., WATERMAN, P.G. Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production. Essex: Longman Group.p.41-61.1993.

WAQAS, W.; MUHAMMAD, Y.; MIRZA, A.Q.; MUHAMMAD, U. G.; ABDULLAH, M. A.; GEOFFREY, O. B.; YONG, J.K. (2018). **Resistance to commonly used insecticides and phosphine fumigant in red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) in Pakistan**. PLOS ONE. July 19, 2018.

WARE, G.W. **The Pesticide Book**. 5th Ed. Thomson Publications, Fresno, California, pp. 45-80. 1999.

WEDGE, D.E.; KLUN, J.A.; TABANCA, N.; DEMIRCI, B.; OZEK, T.; BASER, K.H.C.; LIU, Z.; ZHANG, S.; CANTRELL, C.L.; ZHAN, J. **Bioactivity-guided fractionation and GC/MS fingerprinting of *Angelica sinensis* and *Angelica archangelica* root components for antifungal and mosquito deterrent activity**. J. Agr. Food Chem. 57, 464-470. 2009.

WERRIE, P.; BURGEON, C.; GOFF, G.J.L.; HANCE, T.; FAUCONNIER, M. (2021). **Biopesticide Trunk Injection Into Apple Trees: A Proof of Concept for the Systemic Movement of Mint and Cinnamon Essential Oils**. Frontiers in Plant Science. Abril, 2021.Volume 12. Article 650132.

WOLDEYS, S.; ADANE, L.; TARIKU, Y.; MULETA, D.; BEGASHAW, T. **Evaluation of antibacterial activities of compounds isolated from *Sida Rhombifolia* Linn. (Malvaceae)**. Natural Products Chemistry & Research, v.1, n.1, p.1-8, 2012.

WOLFFENBUTTEL, A.N.**Base da Química dos óleos essenciais e aromaterapia; abordagem técnica e científica**. Belo Horizonte: Editora Laszlo, 2016.

ZARDI-BERGAOUI, A.; JELASSI, A.; DAAMI-REMADI, M.; HARZALLAH-SKHIRI, F.; FLAMINI, G.; ASCRIZZI, R.; JANNET, H. B. **Chemical composition and bioactivities of essential oils from *pulicaria vulgaris* subsp. dentata (Sm.) Batt. growing in Tunisia**. Journal Of Essential Oil Research. v. 32, n. 2, p. 111-120, 12 dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2019.1698468>.

ZIMMERMANN, R.C.; ARAGÃO, C.E.D.C.; ARAÚJO, P.J.P.D.; BENATTO, A.; CHAABAN, A.; MARTINS, C.E.N.; AMARAL, W.D.; CIPRIANO, R.R.; ZAWADNEAK, M.A.C. **Insecticide activity and toxicity of essential oils against two stored product insects**. Crop Prot. 144, 05575. 2021.

ZOGHBI, M.D.G.B *et al.* **Essential oils of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. Growing wild in the Brazilian Amazon**. Flavour and Fragrance Journal, v.13, n.1, p.47-8, 1998.

## APÊNDICE

### PRODUTO FINAL

**1.PRODUTO DE COMUNICAÇÃO:** Vídeo sobre óleos essenciais no manejo de insetos-praga em grãos armazenados.

- Link de acesso do Produto Final: <https://youtu.be/evvOx5qDTf0>
- Site: <https://bioinseticidasnaagricultura.com/>