

EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS  
SOBRE A MOSCA-BRANCA *BEMISIA* sp.

**DANIELLE MARQUES ALVARISTO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2023

EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS  
SOBRE A MOSCA-BRANCA *BEMISIA* sp.

**DANIELLE MARQUES ALVARISTO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Dr. Silvério de Paiva Freitas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2023

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

A473

Alvaristo, Danielle Marques.

EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA-BRANCA BEMISIA sp. / Danielle Marques Alvaristo. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

58 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2023.

Orientador: Silverio de Paiva Freitas.

1. Óleos essenciais. 2. Controle. 3. Mosca-Branca. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS  
SOBRE A MOSCA-BRANCA *BEMISIA* sp.

**DANIELLE MARQUES ALVARISTO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Produção Vegetal”

Aprovada em 28 de fevereiro de 2023

Comissão Examinadora

---

Prof. Dr. Gerson Adriano Silva (D.Sc., Fitotecnia) - UENF

---

Prof. Dr. Nilson Rodrigues Silva (D.Sc., Entomologia) - UFS

---

Prof. Dr. Herval Martinho Ferreira Paes (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

---

Prof. Dr. Silvério de Paiva Freitas (D.Sc., Fitotecnia) – UENF  
(Orientador)

A Deus, por sempre me manter de pé nessa trajetória;

Aos meus pais Dorvalino e Nelma, que sempre foram meu apoio;

Em memória do meu tio Aniceto Alvaristo, que hoje não está entre nós, mas sempre me deu os melhores ensinamentos de vida na zona rural e me incentivou a chegar onde cheguei com seus ensinamentos;

Aos meus afilhados Gael e Henry Lucas, que a dinda sirva de exemplo para vocês um dia;

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, por dá saúde e proteção durante toda minha vida. Por me guiar e não me deixar desistir.

Aos meus pais, que me deram a vida, que sempre me ensinaram a viver com dignidade, e que se doaram em toda minha trajetória acadêmica e por muitas vezes deixaram de viver seus sonhos para viver os meus. Obrigada por sempre me darem os melhores conselhos, sem vocês eu não chegaria onde estou.

Em memória do meu tio Aniceto Alvaristo, que ainda em vida me deu diversos conselhos que sem dúvidas irei carregar e passar para frente: Tio essa é pra você se orgulhar, obrigada por ter sido quem foi em vida, o senhor faz muita falta;

À minha namorada, companheira, esposa, que me acompanhou durante esses dois anos, sempre segurou minha mão quando pensei em desistir, Alessandra obrigada pelo companheirismo, por todo carinho, amor, por ter suportado muita coisa e não ter desistido da gente, meu amor, te amo;

Ao meu orientador Silvério de Paiva Freitas, pela oportunidade, orientação, apoio, por me acolher tão bem e contribuir de forma ímpar para o meu crescimento profissional;

Ao meu coorientador Gerson Adriano Silva, gratidão professor, por topar viver essa experiencia junto de mim, por toda sua equipe do MIP, sem vocês sem dúvidas eu não iria vencer;

Ao professor Luciano Menini do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre-ES, gratidão professor pelas análises;

À Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro- UENF, ao Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, e o Laboratório de Fitotecnia de plantas daninhas e medicinais, pela oportunidade de realização deste curso;

À Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo de Campos dos Goytacazes, parceria e disponibilidade para que as coletas pudessem ser feitas.

À CAPES, pela concessão da bolsa de apoio a pesquisa;

À todos meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivos específicos .....	3
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
3.1. Inseticidas botânicos como instrumento para manejo de inseto-praga.....	4
3.2. Características gerais dos óleos essenciais (OEs).....	5
3.3. Espécies botânicas com atividade inseticida sobre insetos.....	6
3.3.1. Família Anacardiaceae .....	6
3.3.2. Família <i>Poaceae</i> .....	9
3.3.3. Família <i>Meliaceae</i> .....	11
3.4. Inseto-praga em estudo .....	12
3.4.1. <i>Bemisia tabaci</i> (mosca-branca).....	12
3.4.2. O uso de <i>Cycloneda sanguinea</i> como inimigo natural .....	15
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
4.1. Delineamento e execução experimental .....	18
4.4.2. Coleta do material vegetal e extração do óleo essencial .....	18
4.4.3 Determinação do perfil químico dos óleos essenciais .....	19
4.4.4. Insetos utilizados nos bioensaios.....	21
4.4.5. Análise estatística .....	22
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
5.1. Determinação do perfil químico dos óleos essenciais .....	23
5.2. Perfil químico do óleo essencial de <i>Cymbopogon citratus</i> .....	23
5.3. Perfil químico do óleo essencial de <i>Cymbopogon nardus</i> / <i>Cymbopogon winterianus</i> . .....	26

5.4. Perfil químico do óleo essencial de Schinus terebinthifolia.....	29
5.5. Atividade inseticida dos óleos.....	32
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## RESUMO

ALVARISTO, Danielle Marques, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, fevereiro de 2023. Extração, caracterização e efeito inseticida de óleos essenciais sobre mosca-branca *Bemisia sp.* Orientador: Prof. D.Sc. Silvério de Paiva Freitas.

O uso de substâncias naturais com ação inseticida é uma prática que vem chamando a atenção de pesquisadores visando uma produção sustentável de alimentos. Ainda que muitos inseticidas químicos sejam eficazes, o uso contínuo deles interrompe o controle biológico natural, podendo selecionar resistência dos insetos. Nessa visão de explorar os produtos naturais como alternativa de controle biológico, os óleos essenciais extraídos de plantas medicinais ganham destaque considerável nos campos de pesquisas. Diante do exposto, o objetivo do trabalho será avaliar o efeito inseticida dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (Capim-limão), *Schinus terebinthifolia* (Aroeira), *Cymbopogon nardus* ou *Cymbopogon winterianus* (Citronela), *Carapa guianensis* (Andiroba) no controle de *Bemisia tabaci* (Mosca-branca) e avaliar a atividade dos óleos em inimigos naturais *Cycloneda sanguinea* (Joaninha vermelha). O experimento foi conduzido no campo e no laboratório de entomologia da Universidade Estadual Norte Fluminense – Darcy Ribeiro localizado em Campos dos Goytacazes Para os testes foram adotado o método estatístico de delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo composto por 4 repetições, 5 tratamentos e 10 concentrações. Para os testes foram adotados vidros de penicilina 10mL já tratados com acetona pura (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO. Após todos os vidros tratados, foi solto 10 adultos de mosca-branca e vedado com organza, conduzidos a BOD com temperatura de 25°C, e avaliados em 24h em relação para os testes de inimigos naturais foram adotadas placas de petri. Como resultados foi observado que todos os OEs testados possui atividade inseticida sobre adulto de mosca-branca, sendo a concentração letal DL<sub>50</sub> após 24h de exposição por contato variando de 1,00 a 2,10 mg/mL, e quanto a DL<sub>95</sub> sua variação foi de 4,46 a 7,14 mg/mL. Em relação aos testes de inimigo natural, os OEs apresentaram atividade seletiva positiva para o inimigo natural *Cycloneda sanguinea*. Sendo assim, concluiu-se que todos os OEs testados possuem ação inseticida para adultos de *Bemisia*

*tabaci* e que em relação aos testes de inimigos naturais com os OEs testados, os mesmos possuem ação seletiva positiva para os inimigos naturais *Cycloneda sanguinea*.

## ABSTRACT

ALVARISTO, Danielle Marques, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, February 2023. Extraction, characterization and insecticidal effect of essential oils on Bemisia sp. whitefly. Advisor: Prof. D.Sc. Silvério de Paiva Freitas.

The use of natural substances with insecticidal action is a practice that has attracted the attention of researchers aiming for sustainable food production. Although many chemical insecticides are effective, continued use of them disrupts natural biological control and can select for resistance in insects. In this vision of exploring natural products as an alternative for biological control, essential oils extracted from medicinal plants gain considerable prominence in research fields. In view of the above, the objective of the work will be to evaluate the insecticidal effect of the essential oils of *Cymbopogon citratus* (Lemongrass), *Schinus terebinthifolia* (Aroeira), *Cymbopogon nardus* or *Cymbopogon winterianus* (Citronella), *Carapa guianensis* (Andiroba) in the control of *Bemisia tabaci* (Whitefly) and evaluate the activity of the oils on natural enemies *Cycloneda sanguinea* (Red Ladybug). The experiment was conducted in the field and in the entomology laboratory of the Universidade Estadual Norte Fluminense – Darcy Ribeiro located in Campos dos Goytacazes. The statistical method of completely randomized design (DIC) was adopted for the tests, consisting of 4 replications, 5 treatments and 10 concentrations. For the tests, 10 mL bottles of penicillin were used, already treated with pure acetone (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO. After all the glasses were treated, 10 whitefly adults were released and sealed with organza, taken to BOD at a temperature of 25°C, and evaluated within 24 hours in relation to natural enemy tests using petri dishes. As a result, it was observed that all EOs tested have insecticidal activity on adult whiteflies, with the lethal concentration DL50 after 24 hours of contact exposure varying from 1,00 to 2,10 mg/mL, and as for DL95, its variation was from 4,46 to 7,14 mg/mL. In relation to the natural enemy tests, the EOs showed positive selective activity for the natural enemy *Cycloneda sanguinea*. Therefore, it is concluded that all the EOs tested have insecticidal action against adults of *Bemisia tabaci* and that in relation to the natural enemy tests with the EOs tested, they have a positive selective action against the natural enemies *Cycloneda sanguinea*.

## 1. INTRODUÇÃO

Entre as décadas de 1960 e 1970 a Revolução Verde, proporcionou a utilização em larga escala de produtos fitossanitários no Brasil, objetivando em última instância, maior produtividade no setor agrícola. Atualmente o país ocupa lugar de destaque no mercado mundial de agronegócio, e está diretamente associado ao uso intensivo de insumos agrícolas. Dessa maneira, a maior produção está ligada à necessidade de uso intensivo de pesticidas, porém, isso ocorre na maioria das vezes de forma indiscriminada, o que oferece riscos à saúde de manipuladores como: produtores rurais por exemplo além de causar danos ao meio ambiente quando utilizado de forma inapropriada, proporcionando a resistências de algumas pragas e patógenos (Rambow et al., 2014).

Dentre os diferentes tipos de pragas agrícolas, a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) tem alta relevância no cenário agrícola mundial (Lacerda e Carvalho, 2008). Esse inseto possui alto potencial biótico, comportamento cosmopolita e polífago, é um inseto vetor que transmite vírus para diferentes tipos de espécies vegetais de importância econômica, como por exemplo tomate e pimentão (Quintela et al., 2016). Entre as espécies hospedeira deste inseto, destacam-se as pertencentes às famílias Brassicaceae, Cucurbitaceae, Euforbiaceae, Fabaceae, Malvaceae e Solanaceae (de Souza et al., 2016; Toscano et al., 2016), o que desenha um cenário de sérios problemas fitossanitários na horticultura.

A *B. tabaci* apresenta uma rápida seleção genética com relação a moléculas de inseticidas, com 664 casos de resistência relatados no mundo (Mota-Sanchez e Wise, 2021). Os principais danos diretos da mosca-branca estão relacionados à alimentação de ninfas e adultos, que succionam a seiva do floema da planta alvo além de injetarem toxinas durante a sua alimentação, causando assim o enfraquecimento da mesma (Quintela et al., 2016). Já os danos indiretos desse inseto, ocorre com a liberação do *honeydew* no processo alimentar, na qual a mosca-branca libera uma substância açucarada que favorece o desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp., causador da fumagina, que conseqüentemente diminui o potencial fotossintético das plantas infestadas (Carvalho et al., 2015).

Os inseticidas botânicos apresentam baixa persistência no ambiente e uma rápida degradação, além disso, a capacidade de algumas espécies vegetais pode a

provocar a morte de insetos, ou alterações biológicas e comportamentais, resultado dos compostos oriundos do metabolismo secundário destas plantas (Isman 2006; Pavel, 2016).

Os óleos essenciais, são compostos formados predominantemente por monoterpenos e sesquiterpenos, são voláteis e odoríferos, e são produzidos por diferentes famílias botânicas (Alves et al., 2018). Quanto as características quantitativas e qualitativas dos óleos essenciais de uma espécie podem variar em função de vários fatores, como condições edafoclimáticas, estação do ano, horário de coleta do material vegetal, estresses bióticos e abióticos, ataques de herbívoros, precipitação pluviométrica, e dentre outros fatores (Gobbo-Neto e Lopes 2007; Madi et al., 2020).

Considerando o potencial que as plantas com características inseticidas têm sobre o controle de insetos-pragas, bem como a necessidade de buscar ferramentas alternativas que resultem em um baixo impacto ambiental, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito inseticida dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (Capim limão), *Schinus terebinthifolia* (Pimenta-rosa), *Cymbopogon nardus* ou *Cymbopogon winterianus* (Citronela), *Carapa guianensis* (Andiroba) sobre *Bemisia tabaci* (mosca-branca).

## 2. OBJETIVO GERAL

Extração, caracterização e efeito inseticida de óleos essenciais sobre a mosca-branca *Bemisia* sp.

### 2.1. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito inseticida dos óleos de *Cymbopogon citratus* (Capim limão), *Schinus terebinthifolia* (Pimenta-Rosa), *Carapa guianensis* (Andiroba), *Cymbopogon nardus* e/ou *Cymbopogon winterianus* (Citronela) sobre *Bemisia tabaci* (mosca-branca).
- Avaliar a letalidade dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (Capim limão), *Schinus terebinthifolia* (Pimenta-Rosa), *Carapa guianensis* (Andiroba), *Cymbopogon nardus* (Citronela) sobre a joaninha predadora *Cycloneda sanguinea*.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Inseticidas botânicos como instrumento para manejo de inseto-praga

Algumas espécies de plantas desenvolveram defesas físicas e químicas para proteção contra herbívoros, substâncias que estão presentes nos metabolitos secundários dessas plantas. Esses metabolitos secundários são formados por: fenóis, polifenóis, terpenoides e alcaloides, podem ser extraídos de diferentes formas, seja por uma simples maceração da planta em água, ou por extração utilizando solventes orgânicos, bem como diferentes tipos de destilações (Dubey, 2011). A utilização desses compostos, vem se tornando uma das alternativas promissoras para a produção de produtos como os inseticidas botânicos (Miresmailli e Isman, 2014). Segundo Menezes (2005) e Correa et al. (2011), esses inseticidas não apresentam apenas uma, mais sim, um complexo de substâncias que possuem atividades biológicas.

O manejo integrado de pragas (MIP) por sua vez é uma prática realizada há mais de 3.000 anos, sendo os primeiros casos registrados de inseticida botânicos os relacionados aos óleos com função de repelência (Dubey, 2011). Segundo Pavela (2016), algumas plantas passaram a ser utilizadas para o controle de inseto-praga na agricultura, sendo que o primeiro inseticida botânico empregado efetivamente contra insetos fitófagos foi produzido no século 17, utilizando-se a nicotina como princípio ativo existente em folhas de tabaco.

Os inseticidas botânicos de modo geral, possuem características como: lenta seleção de populações resistentes, uma vez que o inseto precisa metabolizar muitas substâncias ativas de uma só vez; obtenção de recursos renováveis e dentre outras funções. Esses inseticidas, podem causar efeitos sobre o metabolismo dos insetos o que pode expressar: mortalidade em diferentes fases do ciclo de vida do inseto, alterações endócrinas, alterações morfológicas, alterações na alimentação e oviposição dentre outras alterações (Gallo et al., 2002; Olivero et al., 2010).

Esses inseticidas botânicos possuem dois grupos, o grupo de finalidade comercial e o grupo sem finalidade comercial. Segundo Pavela (2016) pode-se dizer

que existe atualmente números produtos no mercado, que são baseados em um pequeno número de espécie vegetal, como por exemplo *Azadirachta indica* Juss. No mercado mundial, o óleo de Neem que tem como base as sementes de *A. indica* é um dos principais inseticidas botânicos utilizado (Pavela, 2016). Alguns pesquisadores ressaltam que os produtos à base de extratos vegetais podem ter ações inseticida aguada ou crônica, e, entretanto, nas misturas pode-se observar a ação sinérgica, particularmente pelo fato de as substâncias isoladamente exibirem diferentes mecanismos de ação, fato que normalmente concorre para o não desenvolvimento de pragas resistentes (Miresmailli e Isman, 2014).

Um ponto positivo para o uso de inseticidas botânicos é em relação ao meio ambiente, pois uma vez que podem ser degradados facilmente e rapidamente por meio de mecanismos naturais, como a fotodegradação e a volatilização (Flores et al., 2015; Pavela, 2016). Por outro lado, Truzzi (2020) alerta que a utilização de produtos de extratos botânicos de forma errônea pode provocar efeitos negativos como a fitotoxicidade, sendo assim, é de extrema importância pesquisas com a finalidade de observar a aplicação destes extratos.

### 3.2. Características gerais dos óleos essenciais (OEs)

Os grupos de metabólitos secundários denominados OEs com atividade inseticida sobre os insetos, são misturas complexas de substâncias, predominantemente voláteis, lipofílicas, com baixo peso molecular, em boa parte odoríferas e líquidas, constituídos na maioria das vezes por moléculas de natureza terpênica principalmente monoterpenos e sesquiterpenos (Kennedy et al., 2018; Torres et al., 2018). OEs podem ser extraídos de diferentes estruturas de plantas, como caule, raízes, folhas, frutos, sementes. Sua extração pode ser feita por diferentes métodos, como hidrodestilação, arraste à vapor, expressão do pericarpo (para caso de frutos cítricos), entre outros métodos (Rostagno e Prado, 2013).

A extração por hidrodestilação ocorre quando o material vegetal fica em contato direto com a água que entrará em fervura, ao passo que no arraste à vapor o material vegetal e a água ficam separados, passando então apenas o vapor pelo material vegetal, realizando o arraste das partículas do óleo essencial. Já a retirada

dos OEs de cascas de frutos cítricos, como limão e laranja por exemplo, apenas a prensagem é o suficiente, dispensando os demais métodos de extração.

Segundo Madi (2020) que concorda com Gobbo et al. (2007) em relação as características quantitativas e qualitativas do OEs de uma mesma espécie, elas podem variar em função de vários fatores, como condições edafoclimáticas, estação do ano entre outros fatores. Dessa forma, uma espécie vegetal coletada em uma determinada região pode apresentar compostos com efeitos inseticidas enquanto que uma coletada em outra região apresente características distintas a composição desse óleo essencial.

É importante destacar que os OEs, por serem uma mistura de diferentes compostos, apresentam alguns compostos maiores e outros menores dentro da composição. Sendo assim, no geral, cada óleo tem seu composto majoritário, que aparecem em maior concentração e os compostos minoritários, que aparecem em menores concentrações. Um exemplo disso, é o óleo essencial de Capim-limão (*Cymbopogon citratus* - Poaceae), em geral, apresenta compostos citral, sendo então majoritários, representando aproximadamente 90% do total (Knaak et al., 2013; Madi et al., 2020).

Normalmente, são esses compostos que apresentam atividade biológica, no entanto, os compostos minoritários podem exercer essa atividade ou gerar um efeito sinérgico, potencializando a atividade de outros componentes do óleo essencial (Oliveira et al., 2018). Os óleos essenciais estão presentes em diferentes famílias de plantas, dentre elas podem se citar as famílias: Poaceae, Anacardiaceae, Meliaceae, Myrtaceae (Kabera et al., 2011; Alves et al., 2018).

### 3.3. Espécies botânicas com atividade inseticida sobre insetos

#### 3.3.1. Família Anacardiaceae

É uma família botânica formada principalmente por árvores e arbustos, dispostos em ambientes de distintas características edafoclimáticas, podendo ocorrer em regiões secas e regiões úmidas. Algumas espécies dessa família

armazenam água nas raízes, como adaptação para ambientes secos, como é o caso da espécie *Spondias tuberosa*, por exemplo, endêmica da região Nordeste do Brasil, pertencente ao bioma Caatinga (de Freitas et al., 2010).

Outro exemplo de espécie dessa família é a *Schinus terebinthifolius*, popularmente conhecida como Aroeira, e os frutos conhecidos como pimenta-rosa, é nativa do Brasil (Pozzan et al., 2020) e seu óleo essencial tem sido estudado quanto a atividade inseticida sobre insetos. A Aroeira é originária da América do Sul, abrangendo o Brasil, Paraguai, Uruguai e Leste da Argentina (Azevedo et al., 2015). No Brasil, sua presença ocorre frequentemente no Nordeste do estado de Pernambuco e na região Sul do Rio Grande do Sul (Neves et al., 2016).

A Aroeira apresenta um porte arbóreo que pode atingir dez metros de altura. Seu tronco é caracterizado por ser curto, com copa larga, cilíndrico e pouco denso e possui casca externa escura, grossa, rugosa e áspera que se desprende em placas irregulares. Já a casca interna apresenta tonalidade avermelhada, fibrosa e odor característico com exsudação de terebintina (Neves et al., 2016; Rorato et al., 2018). As flores da Aroeira são actinomorfas, pentâmeras, com cinco sépalas verdes, cinco pétalas brancas e disco nectarífero amarelo ouro, e seu fruto é globoso e levemente achatado, contendo sementes ortodoxas (Neves et al., 2016).

O nome pimenta-rosa se dá pelo fato de seus frutos possuírem a aparência de uma pequena pimenta de coloração rosa avermelhada, por isso, também são nomeadas de “*pink-pepper*”, “*poivre rose*” (Lenzi et al., 2004). Os frutos são numerosos, pequenos e de coloração vermelho-brilhante e portam uma secreção pegajosa que exerce um efeito paralisante sobre pássaros, quando ingeridos, provavelmente devido a secreção de compostos tóxicos.

Suas folhas são do tipo perenifólias e liberam forte aroma, mas possuem filotaxia alternadas. Possuem a presença de componentes estruturais característicos de plantas xerófilas, possuindo camada múltipla da epiderme da face adaxial foliar, no qual atua na proteção do mesofilo de excessiva dessecação. Apresentam cutículas espessas e um considerável quantitativo de pelos e estômatos, além de ter um sistema vascular bem desenvolvido, com predominância de esclerênquima, que proporciona sustentação ao feixe (Azevedo et al., 2015; Rorato et al., 2018).

Diante disso, esta planta se adapta facilmente a solos com restrições hídricas, físicas, químicas e em regiões com baixas temperaturas propensas a

geadas, tornando-se uma planta recomendada para áreas de reflorestamento (Rorato et al., 2018).

A Aroeira também possui grande importância na indústria alimentícia, pois seus frutos possuem característica de sabor e aroma (Uliana et al., 2016), diante disso seus frutos são utilizados pelas indústrias como tempero, e sua casca, folhas e raízes são tradicionalmente utilizadas pela medicina popular, devido às suas propriedades anti-inflamatórias, antipiréticas e analgésicas (Carvalho et al., 2013).

A Aroeira vem sendo bastante explorada devido às suas propriedades terapêuticas, com destaque para as atividades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, cicatrizantes e larvicidas (Silva et al., 2010). Uma pesquisa realizada por Santos et al. (2019), demonstrou que ação antimicrobiana dos frutos da pimenta-rosa, está associado com sua composição química, composição esta rica em álcoois, ácidos, monoterpenos, cetonas, triterpenos, sesquiterpenos entre outros componentes químicos.

Um estudo realizado por Hussein et al. (2017) revela que o óleo essencial de *S. terebinthifolius* sobre *Bemisia tabaci* e *Trialeurodes ricini* tem efeito repelente para ambas as espécies, sendo assim, a concentração letal para 50% da população de *B. tabaci* a CL50 foi de 101,9 ppm e para *T. ricini* foi CL50 de 19,6 ppm. Um estudo feito por Vasconcelos (2014) demonstra que o ácido cinâmico e flavonoides presentes nos extratos de *Schinus terebinthifolius* R. são capazes de provocarem desequilíbrios intestinais em insetos, principalmente em *A. aegypti*, interferindo na sobrevivência e desenvolvimento deste inseto, nas fases de pupa e adultos. Portanto, Descamps et al. (2011) afirma que, o óleo essencial das folhas de Aroeira provoca um efeito de repelência em 77,7% de adultos expostos, o óleo dos frutos via fumigação causa mortalidade de 83,3% e 100,0% a 20,0 e 40,0 mg/L de ar respectivamente.

Entretanto, nos campos de pesquisas os óleos essenciais de espécies aromáticas têm sido testados frequentemente sobre inseto-praga, devido sua característica volátil existe uma grande efetividade no controle desses insetos-pragas, podendo atingir então o alvo via fumigação, e até mesmo realizar uma pulverização direta sobre o inseto.

### 3.3.2. Família *Poaceae*

A família *Poaceae* apresenta uma grande relevância no campo agrônomo, pois é composta por diversas espécies vegetais de importância econômica como por exemplo o milho (*Zea mays*), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), o trigo (*Triticum* spp.) e uma vasta quantidade de capins utilizados na alimentação animal. Apesar do uso desses capins na alimentação animal, algumas espécies produzem óleos essenciais que são empregados na medicina tradicional, com o destaque para as plantas aromáticas do gênero *Cymbopogon*. OEs estes que além de possuir propriedades medicinais, podem ter atividade inseticida ou insetistática sobre insetos.

O gênero *Cymbopogon* se destaca no seguinte nesse aspecto inseticida ou insetistática, e com isso a pesquisa vem estudando espécies que possuem potencial no controle de inseto-praga. Como por exemplo o Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), que é uma erva nativa da Índia e pertencente à família *Poaceae*, seu cultivo se dá em diversas áreas de clima tropical, uma vez que se desenvolve melhor em regiões de clima quente e úmido. O *Cymbopogon citratus* também é conhecido como: capim-santo, capim-cidreira e erva-cidreira. Possuem características na formação de grandes touceiras e apresentam folhas verdes claras, com odor adocicado, ásperas, estreitas, longas e cortantes, e sua folha quando amassada exala um cheiro de limão (Santos e Vogel, 2012).

Seu aroma é proveniente das folhas e resultado de um óleo essencial conhecido como essência de lemongrass. Este óleo é composto principalmente pelo citral, substância esta que garante à planta sua ação calmante e espasmolítica. No óleo essencial de capim-limão encontra-se várias classes de metabólitos secundários o que apresenta uma vasta variedade de atividade biológica. Um estudo realizado por Kobenan et al. (2018) demonstrou que diferentes concentrações dos óleos essenciais de *C. citratus* e *C. nardus* foram aplicados sobre *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera; Gelechiidae), obtendo com valores  $CL_{50}$  obtidos foram 1,67% para *C. citratus* e 1,71% para *C. nardus*, o que chegou a provocar 100% de mortalidade.

Outra pesquisa realizada por Shah et al. (2011), sobre o óleo de *C. citratus*, revelou que a presença de diversos compostos potencialmente bioativos no óleo, como os fenóis, terpenos, álcoois, cetonas, ésteres e principalmente aldeídos que tem sido constantemente registrado. Ainda que mirceno e limoneno sejam compostos aromáticos, citral e geraniol ambos atuam como antimicrobiano e inseticida, respectivamente.

O óleo essencial de *Cymbopogon citratus* em pesquisas tem mostrado uma capacidade significativa em interromper certas fases do ciclo de desenvolvimento de alguns insetos. Um estudo feito por Bomfim (2020) revelou que o óleo essencial de Capim-limão apresenta melhores resultados na inibição da eclosão de ninfas de *Bemisia tabaci*, com 100% de mortalidade dos ovos.

Outro exemplo da família Poaceae é a Citronela (*Cymbopogon nardus* e/ou *winterianus*) dentre as espécies botânicas mais utilizada como inseticida natural, a Citronela ganha destaque, é uma planta perene, formadora de rizomas, planta nativa da Índia e Sri Lanka, e cultivada nas regiões tropicais e subtropicais, podendo ser cultivada na maioria dos solos, pois possui resistência ao ataque de pragas e mudanças climáticas (Gupta et al., 2018).

Em relação a atividade biológica, o OE de *C. nardus* possui presença de monoterpenos, mais especificamente Citronelol, Citronelal e Geraniol (Venter et al., 2014). Estes compostos estão presentes em grandes concentrações do OE, na qual possui ação de repelência atuando de modo com que os insetos se afastem devido à toxicidade do óleo .

A escolha do *C. nardus* para a pesquisa foi devido aos seus efeitos tóxicos e subletais que seu OE causa sobre inseto-praga, um exemplo disso, é o estudo realizado por Mendesil et al. (2012) e Tavares et al. (2010) observou que o OE de *Cymbopogon nardus* apresenta ação ovicida em *Bemisia tabaci* e toxicidade à broca do café *Hypothenemus hampei*.

Diante disso, observa-se que a amplitude de ação inseticida que vem se destacando nos OEs do gênero *Cymbopogon* tem bastante potencial para o controle de inseto-praga. No entanto, estudos sobre seus efeitos em organismos não alvos também devem ser verificado a fim de elucidar o seu impacto em tais organismos. O OE de *C. nardus*, também tem efeito positivo para insetos, um estudo feito por Lomele et al. (2016), constata que a aplicação do OE de Citronela dentro das

colônias de *A. mellifera* aumenta a produção de cera e não ocasiona toxicidade aos indivíduos desta abelha.

### 3.3.3. Família Meliaceae

A família Meliaceae possui cerca de 51 gêneros e 550 espécies (Judd et al., 1999), se tornando então uma das famílias mais importantes de plantas para a produção de madeiras nobres, com grande potencial para a silvicultura (Pennington e Styles, 1975). A maioria das espécies arbóreas desta família encontra-se na região tropical, em florestas úmidas.

Outro exemplo a se citar da família Meliaceae é *Carapa guianensis* (Andiroba) é uma árvore tradicionalmente utilizada na medicina alternativa brasileira. O nome Andiroba possui origem tupi, e significa óleo amargo (Nascimento et al., 2019). A árvore de Andiroba é uma das mais importantes plantas medicinais utilizadas como fitoterápicos pelos povos indígenas e habitantes tradicionais da floresta amazônica.

Segundo Sousa et al. (2019) todas as partes da árvore são utilizadas tradicionalmente pelos povos amazônicos, sendo o óleo extraído das sementes, o mais utilizado na medicina popular, para tratar inflamações cutâneas, tumores e distensões musculares. Além disso, o óleo também possui utilidade para os povos indígenas na mistura com o corante de urucum (*Bixa orellena* L.), como repelente contra insetos e como medicamento para parasitas.

O sabor amargo da Andiroba, o qual se encontra presente em todas as suas partes é devido presença de grupos químicos denominados limonoides, tetranortriterpenoides ou meliacinas, compostos estes responsáveis pelos efeitos de inseticidas, sendo produzidos pelas plantas como mecanismo de defesa contra insetos fitófagos (Senhorini et al., 2012).

A concentração desses componentes principalmente nas sementes é que confere a propriedade terapêuticas desta espécie vegetal e o interesse por mais pesquisas com a espécie. Seus limonoides tem elevadas atividades biológicas, incluindo atividades fúngicas, bactericidas, antivirais e propriedades reguladoras do crescimento (Henriques e Penido, 2014). Os ácidos graxos encontrados no óleo de

Andiroba são oleicos, palmítico, esteárico, linoleico e palmitoleico, com concentrações de 56,1%, 26,4%, 7,6%, 7,3%, e 0,4% respectivamente (Gonzales et al., 2008).

Além das funções descritas anteriormente, o óleo de Andiroba também possui atividade de repelente devido a presença de limonoides pertencentes ao grupo de terpenos, mais especificadamente os tetranortriterpenoides, uma classe de metabólitos secundários conhecidos pela sua capacidade inseticida (Viegas, 2003). Esses limonoides são tetranortriterpenoides que possuem um triterpeno como precursor, que o originá-los perde quatro carbonos (Simões et al., 2007), estes compostos podem não apenas causar a inibição da alimentação de insetos, mas também inibir seu crescimento (Matias et al., 2002).

Na literatura não são encontrados trabalhos avaliando o potencial inseticida de limonoides presentes no óleo de Andiroba, apenas alguns estudos químicos desses limonoides (Peron, 2014).

### 3.4. Inseto-praga em estudo

#### 3.4.1. *Bemisia tabaci* (mosca-branca)

A *Bemisia tabaci* (mosca-branca) foi descrita primeiramente em plantios de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) na Grécia, em 1889, como *Aleyrodes tabaci*. Em 1914, sua classificação foi revista, mudando para o gênero *Bemisia*, e só em 1936, esta recebeu a nova taxonomia de *B. tabaci*. A espécie *B. tabaci* representa uns diversos biótipos (Fontes et al., 2010), em que o termo biótipo é utilizado para designar populações que não apresentam distinções morfológicas, no entanto possuem outros atributos uteis para a separação das mesmas de outras populações (Perring, 2001).

A mosca-branca é um inseto cosmopolita e amplamente distribuído no mundo, possui hábito sugador e é de grande importância econômica em diversas culturas, devido aos prejuízos causados às plantas (Silva et al., 2009), atualmente é encontrada em todos os continentes, com exceção apenas da Antártida (Oliveira et

al., 2001). Na América do Sul e Central, a mosca-branca apresenta ampla distribuição, sendo descrita nos países como: Argentina, Brasil, México, Panamá, Porto Rico, Colômbia, Costa Rica, Venezuela e entre outros (Sottoriva, 2010).

No Brasil, o primeiro caso de mosca-branca foi descrito na Bahia durante a década de 20. Posteriormente, ocorreram surtos populacionais na região de Ourinhos- São Paulo e no Norte do Paraná (Oliveira et al., 2001). No país, a incidência de mosca-branca é constatada em todo Brasil em culturas de expressão econômica como soja, feijão e algodão, e vem ocasionando perdas significativas pra agricultura no país (Lima et al., 2003).

Essas perdas ocorrem porque, a mosca-branca é um inseto fitófagos, sugador de seiva, e é caracterizado por metamorfose incompleta, ou hemimetabolia (Vendramim et al., 2009). Deste modo, durante o ciclo de vida esse inseto passa pelas fases de ovo, ninfa (compreendendo: ninfa I, II, III e IV/ pupário) e adulto (Lima; Lara, 2001). Apresentam aparelho digestivo diferenciado em “câmara-filtro”, que permite que o excesso de alimento sugado seja excretado, ou seja, filtram os materiais constituintes da seiva da planta (Gallo et al., 2002).

Os adultos de *B. tabaci* medem de 1 a 2 mm de comprimento e 0,36 a 0,51 mm de largura. A fêmea, por sua vez, é maior que o macho, sendo que ambos possuem o dorso amarelo-pálido e as asas brancas (Souza e Vendramim, 2000). Com relação a longevidade, os machos por sua vez têm vida mais curtas do que as fêmeas, sendo que, no verão as fêmeas vivem de uma a três semanas e machos menos que uma, enquanto no inverno esses insetos vivem mais de dois meses (Byrne et al., 2003). Os ovos são piriformes, de 0,18 a 0,21mm de comprimento a 0,06 a 0,09 mm de largura, são inicialmente brancos e, próximos à eclosão, tornam-se vermelhos amarelados

O período de incubação dos ovos pode variar de 3 a 28 dias, dependendo das condições ambientais (Verma et al., 1990). As fêmeas virgens também podem colocar ovos viáveis, os quais darão origem exclusivamente a machos (Gallo et al., 2002). O acasalamento da mosca-branca começa logo após a emergência do adulto (12 horas a 2 dias), com várias cópulas durante o ciclo de vida.

O período de pré-oviposição varia com as diferentes épocas do ano, podendo durar de 8 horas a 5 dias. Uma fêmea de mosca-branca chega a colocar de 30 a 400 ovos durante toda sua vida, com média de 150 a 160 ovos (Vendramim et

al., 2009). Quanto a taxa de oviposição depende da temperatura da planta hospedeira, e quando existe escassez de alimento.

Após a eclosão, as ninfas se locomovem pela folha até um local adequado para sua fixação, durante um período que pode variar de uma até várias horas (Summers et al., 1996). Posteriormente, inserem seu aparelho bucal do tipo sugador labial, em que as mandíbulas e as maxilas formam um tubo duplo que é inserido até o floema da planta, na qual retiram a seiva elabora que lhes serve de alimento, assim permanecendo sésseis até a emergência dos adultos (Santos et al., 2017).

Segundo Lima et al. (2000), os danos diretos consistem na sucção de seiva e injeção de toxinas que reduzem o desenvolvimento e a produtividade, ocasionando então grandes danos a cultura. Entretanto, Toscano et al. (2004), alega que a praga ocasiona também danos indiretos, sendo um vetor de diversas viroses, ocasionando assim a transmissão de geminivírus às plantas, o que provoca o amarelecimento, nanismo acentuado e enrugamento severo de folhas terminais.

Já em relação ao manejo de mosca-branca, atualmente seu controle é feito pelo método de controle químico, sendo o controle biológico pouco explorado (Soares, 2017). Porém, devido os fatores genéticos associados a capacidade e velocidade que esta praga tem de se desenvolver, o uso indiscriminado dessas substâncias químicas, está consequentemente causando a resistência desses insetos a esses inseticidas (Azevedo et al., 2005).

Segundo Elbert e Nauen (2000) a *Bemisia tabaci* desenvolveu resistência a várias classes de inseticidas, como por exemplo resistência a organofosforados, piretróides, hidrocarbonetos clorados e neonicotinóides que é bastante comum. Com esse acontecimento, um dos métodos de controle que está sendo utilizado no campo de pesquisa atualmente, é o manejo integrado com uso de extratos vegetais com propriedades inseticidas, que já foram utilizados antes da produção dos inseticidas sintéticos, podendo controlar o inseto e reduzir e/ou eliminar o número de pulverizações com inseticidas sintéticos, além de possibilitar a implementação de outras estratégias de manejo (Azevedo et al., 2005).

Segundo o comitê de Ação à Resistência ao Inseticida Brasil (IRAC- BR) alguns grupos químicos são utilizados para o controle da mosca-branca em diferentes fases de seu ciclo (Tabela 1). O IRAC-BR, também descreve que a resistência de mosca-branca a inseticidas que já foi reportada a diversos grupos químicos e com intuito de retardar a evolução dos casos de resistência mosca-

branca aos inseticidas no Brasil, estudos vem utilizando o manejo dessa praga em diferentes culturas de importância econômica.

Nesse contexto, as pesquisas estão se tornando cada vez mais eficaz visando inserir novas alternativas de controle no manejo de insetos/pragas na agricultura, como por exemplo, o uso de inseticidas naturais de origem botânicas, um dos mais utilizados para o controle de mosca-branca é o Neem (*Azadirachta indica*) (Costa et al., 2016).

Tabela 1: Grupos químicos e modo de ação/ impacto no inseto para o controle de *Bemisia tabaci* (mosca-branca).

<b>Grupo químico</b>	<b>Modo de ação/ impacto no inseto</b>
<b>Piretróides</b>	Possui ação de contato e ingestão causando a mortalidade de ninfas e adultos.
<b>Neonicotinóides</b>	Possui ação sistêmica, de contato e ingestão e provoca a mortalidade de ninfas e adultos.
<b>Piriproxifen</b>	Possui ação de contato a translaminar, causa a mortalidade de ovos e ninfas de quarto instar.
<b>Piridina azometina</b>	Bloqueador seletivo da alimentação, de ação sistêmica e causa mortalidade de ninfas e adultos.
<b>Diafentiuron</b>	Possui ação de contato e ingestão e provoca mortalidade de ninfas e adultos.
<b>Buprofezina</b>	Possui ação de contato e ingestão, provoca a mortalidade de ovos e ninfas.
<b>Cetoenol</b>	Possui ação de contato e ingestão, provoca mortalidade principalmente de ovos e ninfas dos primeiros estádios e reduz a oviposição
<b>Diamidas</b>	Possui ação sistêmica, de contato e ingestão, provoca a mortalidade principalmente de ninfas e adultos.

#### 3.4.2. O uso de *Cycloneda sanguinea* como inimigo natural

O Manejo Integrado de Pragas (MIP), é um sistema baseado em decisões que consiste em integrar vários métodos de controle com finalidade de manter a

população de pragas abaixo do nível de dano econômico (Flint e Bosch, 1981). O MIP, integra alguns métodos como: controle biológico, controle químico, resistência de plantas e controle genético (Torres e Bueno, 2018). Com isso, o uso de estratégias que visam proteger e conservar os inimigos naturais no agroecossistema é chamado de Controle Biológico Conservativo (CBC) (Shields et al., 2019). Prática esta que busca melhorar *fitness* dos inimigos naturais de forma com que eles possam controlar uma população de praga, diante disso, uma das primeiras estratégias de CBC a ser utilizada foi o uso de inseticidas seletivos (Shields et al., 2019).

A seletividade de um inseticida por exemplo, só é alcançada quando o ingrediente ativo é tóxico à praga, mas não ao seu inimigo natural e outros organismos não-alvo, conhecida como seletividade fisiológica, associada à especificidade do inseticida (Croft e Whalon, 1982).

Sendo assim, a preservação e manutenção de inimigos naturais (INs) no campo de pesquisa e nos agroecossistemas estão se tornando cada vez mais imprescindíveis para o estabelecimento do controle biológico natural, evitando-se então efeitos indesejáveis como seleção de populações de inseto-praga resistentes aos pesticidas, aparecimento de pragas secundárias e ressurgência de pragas.

A família Coccinellidae, por exemplo, é um dos inimigos naturais mais utilizados em pesquisas, pois apresenta grande importância no controle biológico, levando em consideração que cerca de 90% dos insetos pertencentes a esse grupo são considerados benéficos, na função de sua atividade predatória, principalmente de afídeos e ácaros (Ipert, 1999).

Dentre essa família um destaque para a joaninha *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae), é uma das espécies mais importantes no Brasil, predadora de inúmeras espécies de pulgões em diversos agroecossistemas. Segundo Medina et al. (2003), uma das formas de se preservar esse inimigo natural, portanto, se faz por meio da utilização de produtos seletivos.

Diante desse fato, na tentativa de se reduzir os impactos ao meio ambiente causados por produtos sintéticos, o campo de pesquisa vem crescendo o número de pesquisas com produtos naturais, com atividades inseticidas, como por exemplo a *Azadirachta indica* (Neem). O óleo de Neem apresenta vários efeitos colaterais para inúmeras espécies de inseto-praga, como inibição da oviposição, da alimentação, do

acasalamento, da motilidade intestinal, da biossíntese de quitina, levando o inseto-praga a mortalidade (Boeke et al., 2004).

Dessa forma, a compatibilização do uso de óleos essenciais em coccinelídeos no manejo de pragas como inimigos naturais surge como uma estratégia viável no contexto da agricultura sustentável, porém, necessita do desenvolvimento de mais pesquisas para se estudar melhor essa associação.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo- ETEAAS/FAETEC, localizada no município de Campos dos Goytacazes- RJ, latitude Sul 21°43'14" e longitude Oeste 41°20'38", e no laboratório de manejo integrado de pragas da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizado no município de Campos dos Goytacazes- RJ, com latitude Sul 21°45'42" e longitude Oeste 41°17'32".

### 4.1. Delineamento e execução experimental

O experimento foi realizado no período de agosto de 2022 a dezembro de 2022, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo 4 repetições, 4 tratamentos (Andiroba, Aroeira, Capim-limão e Citronela) e 10 concentrações. Para a execução experimental, foi adotado frascos de penicilina 10mL já autoclavado, placas de petri, organza e papel filtro. Os frascos para teste foram tratados com as seguintes concentrações de óleos essenciais 0,01%; 0,03%; 0,04%; 0,05%; 0,15%; 0,35%; 0,45%; 0,5%; 1,0%; 1,5%, já diluídas acetona pura (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO e para o tratamento controle foi adotado apenas frasco tratado com (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO.

### 4.4.2. Coleta do material vegetal e extração do óleo essencial

As folhas das espécies de *Cymbopogon citratus* (Capim-limão), *Cymbopogon nardus* e/ou *Cymbopogon winterianus* (Citronela), foram colhidas no Condomínio Remanso do Paraíba, em Campos dos Goytacazes- RJ (21°42'59" S, 41°18'55" W). Já o *Schinus terebinthifolius* (Aroeira), foi colhido apenas os frutos no campo da Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF). Quanto a *Carapa*

*guianensis* (Andiroba), o óleo foi obtido de forma convencional. Para a extração dos materiais colhidos, o mesmo foi realizado feito com folhas e frutos seco.

Após a coleta, as folhas e frutos foram acondicionados em sacos de papel kraft e levados para a secagem em estufa com ventilação forçada à 40°C, por 72 horas (Figura 1) e (Figura 1 A). Para a extração do óleo essencial, 200 g de folha do material vegetal seco e fresco foram colocados separadamente em balão de vidro (2000 mL) contendo 500mL de água deionizada. Destaca-se que para Aroeira o método utilizado foi adaptado, então triturou-se 200 g de fruto já seco com 300 mL de água deionizada e transferiu-se para o balão completando com mais 200 mL de água deionizada. Para o aquecimento o balão foi acondicionado em manta térmica para atingir fervura e acoplado ao aparelho de Clevenger modificado (Figura 2 B) para então ocorrer a extração e condensação do óleo essencial. O sistema de extração permaneceu ligado por duas horas, e após esse período, o óleo essencial foi coletado, vertido em frasco de vidro âmbar, e armazenado em freezer -20°C até o momento de sua utilização nos bioensaios.



Figura 1: Estufa para secagem de material vegetal (A), aparelho tipo Clevenger modificado (B).

#### 4.4.3 Determinação do perfil químico dos óleos essenciais

Para os óleos de Capim-limão, Citronela e Aroeira, foi determinado o perfil químico desses óleos que provocaram a partir de 50% a mortalidade das mosca-branca. Enquanto para Andiroba foi realizado uma caracterização físico-química

baseado em literatura. A avaliação do perfil químico dos óleos essenciais foi realizada em parceria com o Laboratório de Química Orgânica do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre - ES.

O óleo essencial será analisado por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (GC/FID) (aparelho Shimadzu CG-2010 Plus) e por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC/MS) (aparelho Shimadzu GCMS-2010) seguindo a metodologia adaptada de Souza (2017).

Serão empregadas em ambas as análises as seguintes condições cromatográficas: coluna capilar sílica fundida (30 m x 0,25 mm) com fase estacionária DB5 (0,25 µm de espessura do filme); N<sub>2</sub> (em análise de GC/FID) e He (em análise de GC/MS) com gás de arraste com fluxo e 3,0 mL/min; a temperatura do forno seguirá uma propagação em que permanecerá por 3 minutos a uma temperatura inicial de 60 °C e em seguida será aumentado gradativamente 5 °C/minuto até atingir 220°C, mantendo-se na temperatura por 20 minutos; a temperatura do injetor de 250°C; e a temperatura do detector de 280°C; a razão de split de 1:30.

As análises por GC/MS será realizada em um equipamento operado por impacto eletrônico com energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1.000; com intervalo de varredura de 0,50 fragmentos/segundo e fragmentos detectados de 29 a 400 (m/z).

A identificação dos componentes dos óleos essenciais será feita pela comparação de seus espectros de massas com os disponíveis no banco de dados da espectroteca Willey7, NIST05, NIST05s com a co-injeção de padrões e pelos índices de retenção com programação linear de temperatura (Linear Temperature Programmed Retention Indexes, LTPRI). Para o cálculo dos LTPRI, será utilizado uma mistura de alcanos lineares (C7 e C40). O LTPRI é um índice de retenção que descreve o comportamento da retenção do composto de interesse comparativamente ao de uma mistura de hidrocarbonetos saturados de diferentes números de átomos de carbono.

Este índice de retenção fornece informação sobre a sequência de diluição do composto e varia em função da fase estacionária e da temperatura, sendo independente das condições experimentais. O LTPRI é calculado para cada composto e será comparado com valores da literatura (Adam, 2007).

O percentual relativo de cada composto do óleo essencial será calculado por meio da razão entre a área integral de seus respectivos picos e a área total de todos os constituintes da amostra, dados estes que serão obtidos pelas análises realizadas por cromatografia a gás com detector de ionização de chama (GC/FID).

#### 4.4.4. Insetos utilizados nos bioensaios

A *Bemisia tabaci* (mosca-branca) utilizada nos bioensaios foram obtidas a partir de coletas (Figura 2 A) a campo na horta da Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo - ETEAAS/FAETEC, localizada no município de Campos dos Goytacazes - RJ.

Para a criação de mosca-branca, foi realizada em período matutino a coleta de adultos dos insetos através de um sugador (Figura 2 B). Para suavizar o impacto do inseto ao entrar em contato com a armadilha, foi colocado pedaços de papel toalha. Após a coleta, os insetos foram levados até o laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Estadual Norte Fluminense - Darcy Ribeiro (UENF), de Campos dos Goytacazes-RJ e soltos em uma gaiola entomológica de tela de nylon com dimensões A 60 x L 60 x C 60 cm (Figura 2 C). Para alimentação na gaiola de criação da mosca-branca foi ofertado folhas de *Brassica oleracea* (couve), com o caule mantido em uma garrafa de 10 mL com água, para que a folha se mantivesse turgida e os insetos pudesse se alimentar e se abrigar.

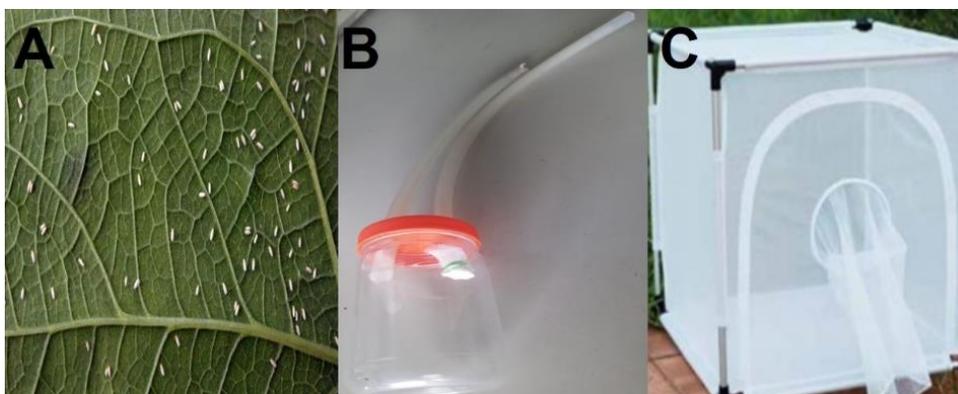


Figura 2: *Brassica oleracea* (couve) com presença de mosca-branca (A), sugador utilizado para coleta (B), gaiola entomológica para soltura da mosca-branca (C).

Já para a avaliação de mortalidade da *Bemisia tabaci* o teste foi realizado com insetos adultos criados de acordo com a metodologia presente na literatura (Quintela, 2009).

As avaliações de mortalidade da *B. tabaci*, foi avaliada após 24h do contato do inseto com os OEs. E foram considerados como inseto morto aqueles que não reagiram ao toque de uma pinça histológica de ponta fina 12 cm.

Já para os testes de inimigos naturais, foi coletado *Cycloneda sanguinea* (joaninha-vermelha) nas proximidades da Universidade Estadual Norte Fluminense-UENF. Foi coletado aproximadamente cerca de 450 joaninhas, e após a coleta as mesmas foram conduzidas ao Laboratório de Entomologia e soltas em uma gaiola entomológica. Para realização deste teste, foi adotado placas de Petri, com o fundo forrado de papel filtro e diluição dos OEs com solvente e organza para vedar a placa. E como alimentação foi oferecido uma combinação de mel + açúcar e um algodão umedecido com água. A avaliação de seletividade da joaninha-vermelha em relação aos OEs foi avaliada após 24h de contato do inseto com os OEs.

#### 4.4.5. Análise estatística

Todos os bioensaios foram corrigidos através da fórmula de Abbott (1925) e as mortalidades corrigidas foram submetidas a análise de Probit ( $p > 0,05$ ) para determinação das curvas (Finney, 1971).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Determinação do perfil químico dos óleos essenciais

Foram realizadas as análises da composição dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (Capim-limão), *Schinus terebinthifolia* (Aroeira), *Cymbopogon nardus* ou *Cymbopogon winterianus* (Citronela).

### 5.2. Perfil químico do óleo essencial de *Cymbopogon citratus*

Para garantir a qualidade e a identidade química do óleo essencial obtido através do Capim-limão, foi realizado inicialmente uma análise por cromatografia gasosa com detector de ionização chama (GC/FID) e uma cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG) (Figura 3).

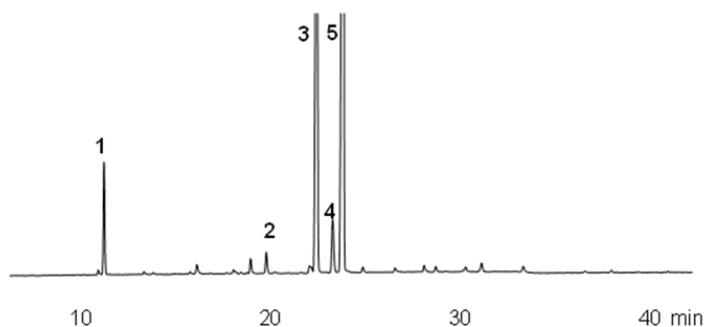


Figura 3: Perfil cromatográfico do óleo essencial de Capim-limão obtido por cromatografia gasosa com detector de ionização (GC/FID).  $\beta$ -Mirceno (1). composto não identificado (2). Neral (3). Geraniol (4). Geranial (5).

Com o cromatograma do OE obtido, é possível observar a presença de diferentes compostos com o tempo de retenção distintos. Nota-se, que os dois picos mais intensos foram atribuídos aos compostos majoritários neral (3) e geranial (5).

Já para a identificação dos componentes do OE foi realizado uma comparação de seus espectros de massas dos compostos neral (Figura 4) e geranial (Figura 5) e comparados aos dados da espectroteca Willey, NIST05s.

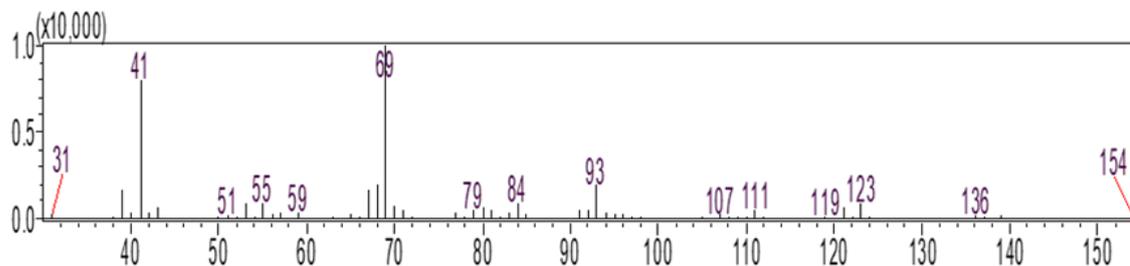


Figura 4: Espectro de massa composto neral. (96% similaridade WILEY).

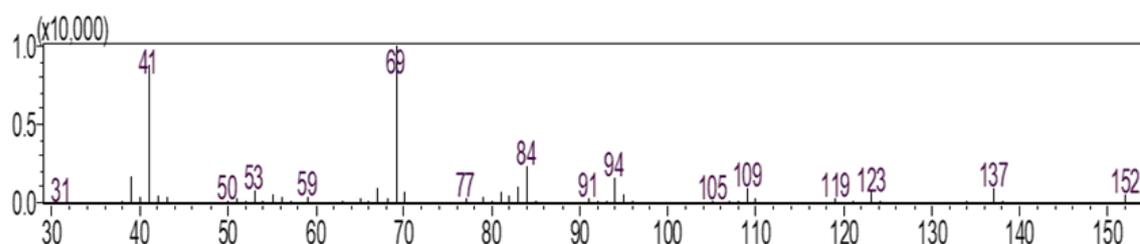


Figura 5: Espectro de massa composto geranial. (97% similaridade NIST05s).

No entanto, para assegurar a identificação adequada dos demais picos observados no cromatograma em associação à análise comparativa do espectro de massas, foi realizada uma análise para índices de retenção com programação linear de temperatura (Linear Temperature Programmed Retention Indexes, LTPRI) e para o cálculo dos LTPRI, utilizando uma mistura de alcanos lineares (C7 e C40) conforme literatura (Dool e Kratz, 1963). A utilização deste índice linear é importante, visto que é uma ferramenta utilizada para possibilitar a identificação dos compostos mesmo quando existem diferenças nos diferentes métodos de análises, como por exemplo, as diferentes fases estacionárias, rampas de temperaturas e entre outros. O princípio do LRI é relacionar o tempo de retenção dos compostos analisados com uma sequência de alcanos lineares (padrão de alcanos), utilizando equações que variam de acordo com o aquecimento realizado durante a análise (Dool e Kratz, 1963; Zellner et al., 2008; Nist, 2018).

Diante disso, foi possível identificar cinco compostos, sendo um composto não identificado, que totalizou 94,18% da composição do OE de Capim-limão (Tabela 2), esses compostos foram expressos também na sua forma molecular estrutural (Figura 6). Deste total, neral e geranial representam 36,84 e 54,16%, respectivamente. Nesse sentido, é possível afirmar que o citral (neral + geranial) é um composto majoritário para o OE de Capim-limão representando 91% da sua composição.

Tabela 2: Caracterização pelo índice LTPRI e CG-MS do óleo essencial de Capim-limão <sup>[a]</sup>.

Pico	Tempo de retenção	Índice de retenção calculado <sup>[b]</sup>	Índice de retenção tabelado <sup>[c]</sup>	Nome <sup>[a]</sup>	Área
1	11,18	985	988	$\beta$ -Mirceno	4,76
2	19,718	1171	-	N.i <sup>[e]</sup>	1,06
3	22,379	1230	1235	Neral	36,84
4	23,22	1248	1249	Geraniol	3,18
5	23,781	1261	1264	Geranial	54,16

[a] compostos identificados pelo índice LTPRI e por CG-MS usando uma coluna Rtx®-5MS.[b] calculado usando uma mistura de n-alcenos saturados (C7 a C40). [c] Índices tabelados com base em ADAMS, 2007. [d] Área relativa, identificados apenas compostos com área relativa > 1%. [e] não identificados

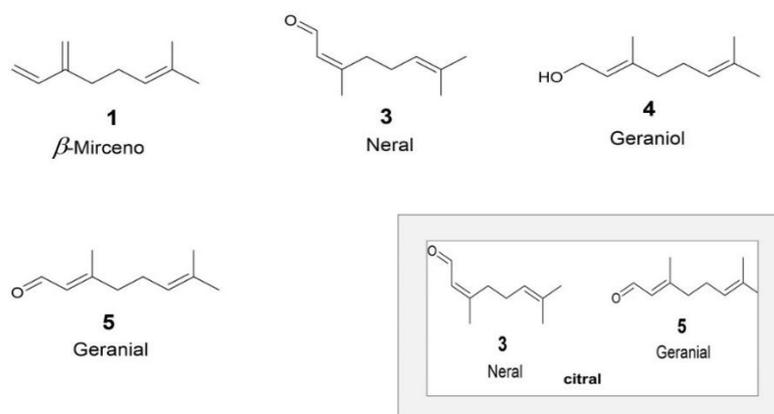


Figura 6: Estrutura moleculares dos compostos identificados no óleo essencial de Capim-limão.

### 5.3. Perfil químico do óleo essencial de *Cymbopogon nardus*/*Cymbopogon winterianus*.

O OE de Citronela apresentou um perfil químico mais complexo quando comparado ao OE de Capim-limão por exemplo. Verificou-se a presença de monoterpenos e sesquiterpenos, dentre eles, os componentes majoritários foram Citronelal (2), geraniol (4) e Citronelol (3), conforme o perfil cromatográfico (Figura 7).

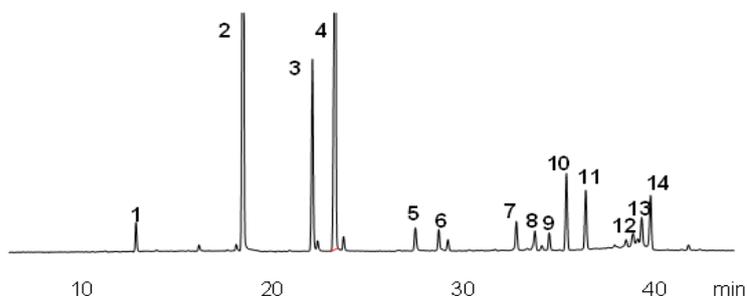


Figura 7: Perfil cromatográfico do óleo essencial de Citronela obtido por cromatografia gasosa com detector de ionização (GC/FID). Limoneno (1). Citronelal (2). Citronelol (3). Geraniol (4). Acetato do Citronelol (5). Acetato do geraniol (6).

Germacreno D (7). Germacreno A (8).  $\delta$ Cadineno (9). Elemol (10). Germacreno D-4-ol (11). Não identificado (12). Não identificado (13). Bulnesol (14).

Sendo assim, para a identificação dos componentes do OE foi realizado a comparação de seus espectros de massa dos compostos Citronelal (Figura 8), geraniol (Figura 9) e Citronelol (Figura 10) e comparados aos dados da espectroteca NIST05 e WILEY.

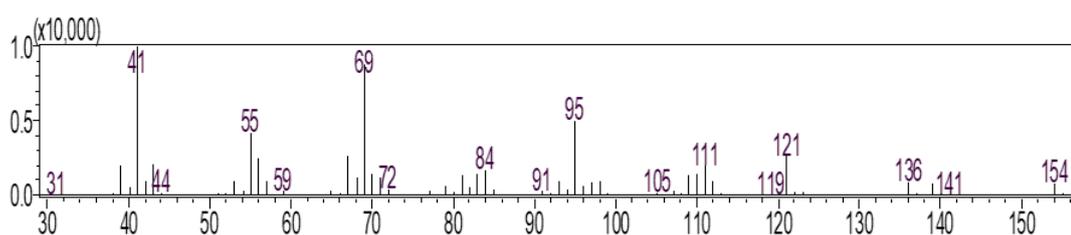


Figura 8: Espectro de massa Citronelal. (98% similaridade NIST05).

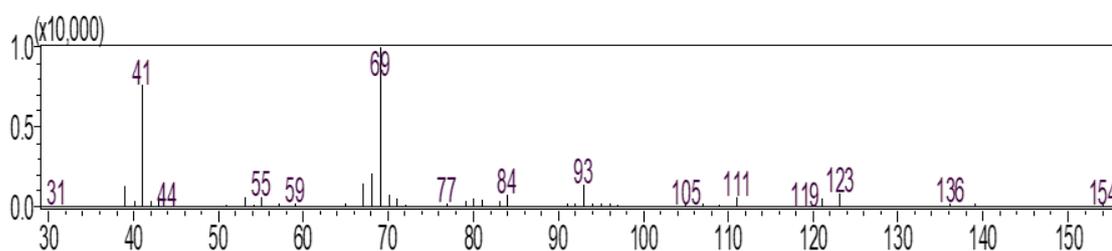


Figura 9: Espectro de massa geraniol. (96% similaridade WILEY).

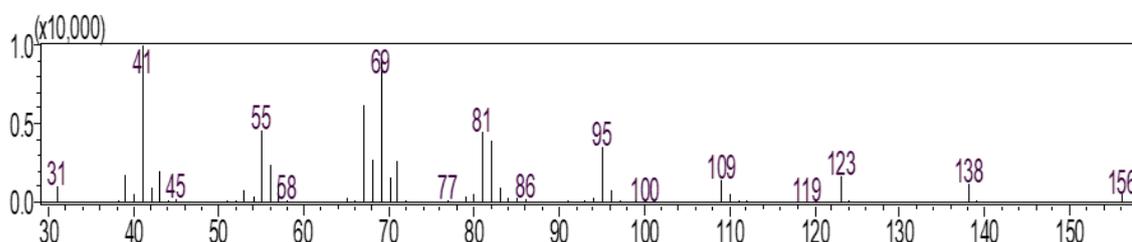


Figura 10: Espectro de massa citronelol. (97% similaridade NIST05).

Com isso, para assegurar a identificação adequada dos demais picos observados no cromatograma, também foi submetido uma análise para LTPRI,

utilizando uma mistura de alcanos lineares (C7 e C 40) conforme a literatura (Dool e Kratz, 1963).

Tabela 3: Caracterização pelo índice LTPRI e CG-MS do óleo essencial de Capim-limão <sup>[a]</sup>.

<b>Pico</b>	<b>Tempo de retenção</b>	<b>Índice de retenção calculado<sup>[b]</sup></b>	<b>Índice de retenção tabelado<sup>[c]</sup></b>	<b>Nome</b>	<b>Área</b>
<b>1</b>	12,795	1021	1024	Limoneno	1,62
<b>2</b>	18,407	1143	1148	Citronelal	38,19
<b>3</b>	22,033	1222	1223	Citronelol	12,07
<b>4</b>	23,215	1248	1249	Geraniol	24,21
<b>5</b>	27,414	1344	1350	Acetato do Citronelol	1,62
<b>6</b>	28,641	1373	1379	Acetato do Geraniol	1,22
<b>7</b>	32,699	1471	1484	Germacreno D	1,98
<b>8</b>	33,671	1495	1508	Germacreno A	1,51
<b>9</b>	34,416	1514	1522	δ-Cadineno	1,12
<b>10</b>	35,322	1539	1548	Elemol	5,28
<b>11</b>	36,332	1566	1574	Germacreno D-4-ol	4,11
<b>12</b>	38,807	1631	-	N.i <sup>[e]</sup>	1,21
<b>13</b>	39,257	1644	-	N.i <sup>[e]</sup>	2,22
<b>14</b>	39,726	1657	1670	Bulnesol	3,63

a] compostos identificados pelo índice LTPRI e por CG-MS usando uma coluna Rtx®-5MS.[b] calculado usando uma mistura de n-alcanos saturados (C7 a C40). [c] Índices tabelados com base em ADAMS, 2007. [d] Área relativa com base no cromatograma, identificados apenas compostos com área relativa > 1%. [e] não identificados.

Perante o exposto, foi possível identificar quatorze compostos, sendo dois compostos não identificados, totalizando 96,56% da composição do OE de Citronela (Tabela 3) esses compostos foram expressos também na sua forma molecular estrutural (Figura 11). Do total, Citronelal, geraniol, citronelol, representam 38,19, 24,21 e 12,07% respectivamente. Sendo assim, é possível afirmar que os compostos Citronelal, geraniol e citronelol são majoritários para o OE de Citronela representando 74,47% da sua composição.

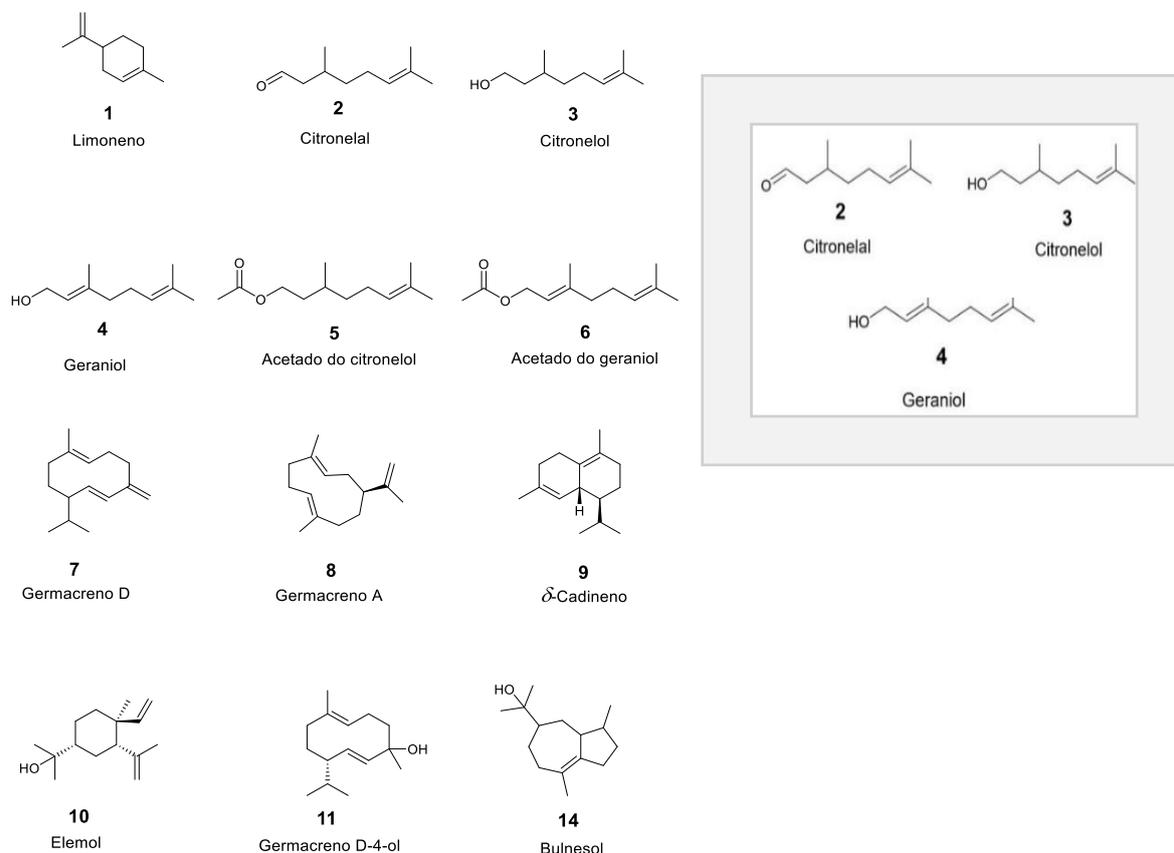


Figura 11: Estrutura molecular dos compostos identificados no óleo essencial de Citronela.

#### 5.4. Perfil químico do óleo essencial de *Schinus terebinthifolia*

Para a avaliação do perfil químico do OE de Aroeira foi adotado os frutos da Aroeira, ao invés das folhas como foi feito com os óleos anteriores. Quando

comparado aos demais OE, a Aroeira em um só extração chegou a render cerca de 10 mL de OE. Nessa avaliação foi identificado de monoterpenos, sesquiterpenos e compostos fenólicos, dentre estes, foi visualizado cinco compostos e dentre estes um não identificado, sendo o  $\beta$ - mirceno (1) o composto majoritário conforme a (Figura 12).

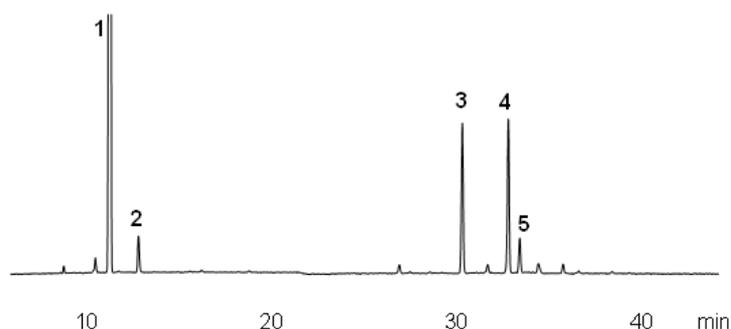


Figura 12: Perfil cromatográfico do óleo essencial de Aroeira obtido por cromatografia gasosa com detector de ionização (GC/FID). Legenda:  $\beta$ -mirceno (1),  $\beta$ -Phellandreno (2), (E)-Cariofileno (3), Germacreno D (4), composto não identificado (5).

Diante disso, para a identificação dos componentes do OE foi realizado a comparação de seu espectro de massa do com composto  $\beta$ -mirceno (Figura 13) e comparados aos dados da espectroteca NIST12.

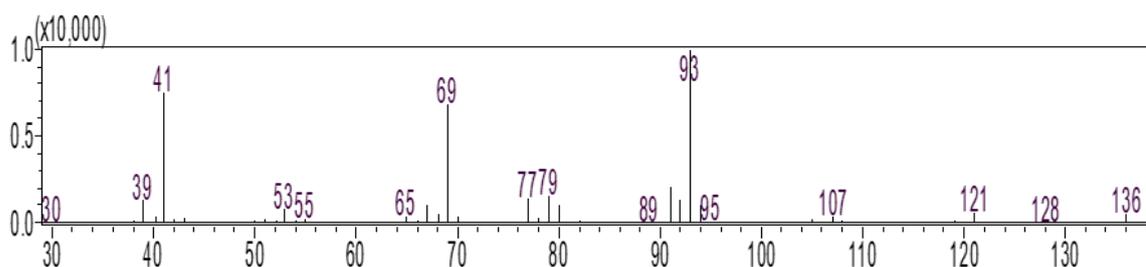


Figura 13: Espectro de massa  $\beta$ -mirceno. (97% similaridade NIST12).

Para isso, pensando em uma forma de assegurar a identificação adequada dos demais picos observados no cromatograma, foi submetido uma análise de LTPRI, utilizando uma mistura de alcanos lineares (C7 e C40) conforma a literatura de (Dool e Kratz, 1983).

Conforme dito anteriormente, foram identificados cinco compostos sendo um não identificado, totalizando 84,02% da composição de OE de Aroeira (Tabela 4), os compostos também foram expressos em sua forma molecular estrutural (Figura 14). Do total, o  $\beta$ -mirceno representa 82,36% do OE. Sendo assim, é possível afirmar que o composto majoritário para o OE de Aroeira é o composto  $\beta$ -mirceno.

Tabela 4: Caracterização pelo índice LTPRI e CG-MS do óleo essencial de Aroeira [a].

Pico	Tempo de retenção	Índice de retenção calculado <sup>[b]</sup>	Índice de retenção tabelado <sup>[c]</sup>	Nome	Área
1	11,251	987	988	$\beta$ -Mirceno	82,36
2	12,773	1021	1025	$\beta$ -Phellandreno	1,66
3	30,227	1410	1417	(E)-Cariofileno	7,07
4	32,709	1472	1484	Germacreno D	7,29
5	33,327	1487	-	N.i. <sup>[e]</sup>	1,62

[a] compostos identificados pelo índice LTPRI e por CG-MS usando uma coluna Rtx®-5MS, [b] calculado usando uma mistura de n-alcenos saturados (C7 a C40), [c] índices tabelados com base em ADAMS (2007), [d] área relativa, identificados apenas compostos com área relativa > 1%, [e] não identificados.

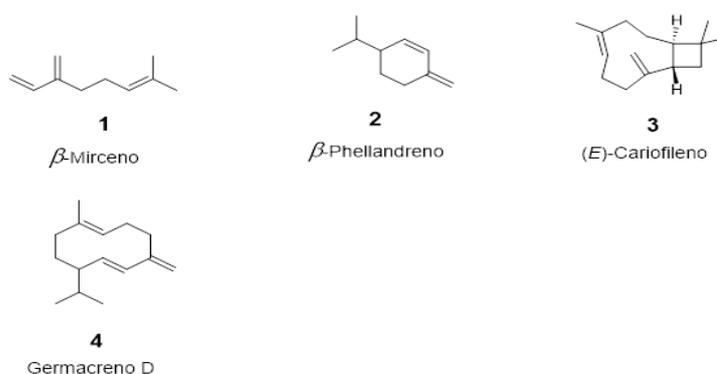


Figura 14: Estrutura moleculares dos compostos identificados no óleo essencial de Citronela.

### 5.5. Atividade inseticida dos óleos

Os óleos essenciais de *C. guianensis*, *S. terebinthifolia*, *C. citratus* e *C. winterianus* apresentaram atividade inseticida contra adultos de *Bemisia sp.* A concentração letal 50-DL<sub>50</sub> após as 24 horas de exposição por contato variou de 1,00 a 2,10 mg/mL, já a concentração letal 95-DL<sub>95</sub> variou de 4,46 a 7,14 mg/mL (Tabela 5).

O OE de *C. citratus* foi o mais tóxico por apresentar valor menor em sua DL<sub>50</sub> 1,00 de toxicidade aos adultos de *Bemisia sp.*, porém este valor não diferiu muito das DL<sub>50</sub> de *C. guianensis*, *S. terebinthifolia*, *C. winterianus*. Por outro lado, o óleo essencial de *C. guianensis* foi menos tóxico por apresentar valor sua DL<sub>50</sub> 1,38 de toxicidade aos adultos de *Bemisia sp.* (Tabela 5).

Tabela 5: Toxicidade (mg/mL) por contato de óleos essenciais de *Carapa guianensis*, *Schinus terebinthifolia*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*/ *C. winterianus* a adultos de mosca-branca *Bemisia sp.*

Tratamento	Nº de insetos	DL50 (CI 95%) <sup>a</sup>	DL95 (CI95%) <sup>a</sup>	Slope <sup>b</sup>	x <sup>2</sup>	P-valor
<i>Carapa guianensis</i>	126	2,10(1,46-3,44)	7,14 (5,01-13,94)	2,71	2,69	0,44
<i>Schinus terebinthifolia</i>	70	1,38(0,87-1,77)	4,82 (4,01-6,16)	4,02	0,45	0,92
<i>Cymbopogon citratus</i>	192	1,00 (0,69-1,26)	4,63 (4,04-5,41)	4,05	4,08	0,25
<i>Cymbopogon nardus</i> / <i>C. winterianus</i>	92	1,25 (0,86-1,75)	4,46 (3,46-6,58)	3,31	0,26	0,96

<sup>a</sup> Concentração letal (mg/mL). <sup>b</sup> Intervalo de confiança de 95%.

Quanto a seletividade dos óleos essenciais ao predador *Cycloneda sanguinea* foi verificada através da exposição por contato destes às DL<sub>50</sub> obtidas para *Bemisia sp.* As DL<sub>50</sub> dos óleos essenciais testados foram seletivas a *C. sanguinea*, onde se observou sobrevivência de 100% dos insetos utilizados nos bioensaios.

Os resultados apresentados na (Tabela 5), demonstram que todos os óleos essenciais testados apresentaram toxicidade aos adultos de mosca-branca ocasionando na morte dos mesmos.

## 6. DISCUSSÃO

Para avaliação do perfil químico do OE de *Cymbopogon citratus* os valores estão de acordo com aqueles identificados por outros pesquisadores para o OE de Capim-limão cultivados no Brasil. Um estudo realizado por Andrade et al. (2009) demonstrou que a extração do óleo essencial a partir das folhas de *Cymbopogon citratus*, cultivados no estado do Pará, resultou em 30,1 de neral e 39,9% de geranial. Já em outro estudo feito por Barbosa et al. (2008) na qual foi avaliado onze amostras de óleo essencial de *Cymbopogon citratus* comercializados no Brasil, constatou-se que o percentual de citral é entre 40,7 e 75,4%.

Negrelle e Gomes (2007), também reportaram, que independente da origem do Capim-limão, o óleo essencial possui de 30 a 93,74% de citral, tendo, geralmente, predominância do geranial.

Com relação a ação inseticida desse óleo a junção desses dois compostos majoritários presentes no OE forma o citral, composto este que quando trabalhado de forma isolada tenha atividade inseticida sobre inseto-pragas. Um estudo feito por Guarino et al. (2014), demonstra que o citral causa perturbações na percepção de feromônios, afetando a alimentação e a oviposição de fêmeas de *Rhynchophorus ferrugineus*, praga das palmeiras. Sendo assim, a ação deste OE pode ter efeito múltiplos sobre o ciclo de vida do inseto-praga, além de atingir vários alvos fisiológicos.

Já para o OE de *Cymbopogon nardus/Cymbopogon winterianus* os valores Citronelal, geraniol e citronelol encontrados na pesquisa, está de acordo com a literatura. Barbas et al. (2017) e Khalid et al. (2017) detectou em sua pesquisa a presença de Citronelal (27,44%), geraniol (40,06%) e citronelol (10,45%). A predominância desses mesmos compostos de OE de Citronela também foi identificada por Seixas et al. (2013), que encontrou Citronelal (36,19%), geraniol (32,82%) e citronelol (11,37%).

Ressalta-se que a quantidade desses compostos químicos de OE está diretamente ligada com a condições ambientais, interações entre planta e microrganismos, fatores como idade, luz, temperatura, precipitação, nutrição, estação e tempo de coleta após plantio. (Burt, 2004; Oliveira et al., 2011).

A ação inseticida desse OE, o mesmo concorda com os valores descritos na literatura, algumas pesquisas demonstram que o óleo essencial de Citronela, e é rico em Citronelal, geraniol e citronelol, demonstrando efeito inseticida e de repelência para espécies-pragas.

E para o OE de *Schinus terebinthifolia* os resultados encontrados na pesquisa concordam também com os estudos realizados por Clemente (2006), que em seu estudo além do componente  $\beta$ -Mirceno encontrou também 40,52% de  $\beta$ -Phellandreno. Ressalta-se que cada pesquisa, acarreta uma gama de fatores importantes como local de coleta, métodos de extração, protocolos utilizados (Ao et al., 2011).

Um outro estudo realizado por AnandaKumar et al. (2020) revelou que a composição química do OE de Aroeira, juntamente com seu composto majoritário  $\beta$ -Mirceno é facilmente encontrado em plantas cítricas, o qual possui propriedades antioxidantes, antiinflamatórias e dentre outras, com destaque para as pesquisas que investigam a ação inseticida deste OE. Corroborando com estudo de Ribeiro (2015) que relatou em sua pesquisa que o OE dos frutos de Aroeira apresentou uma gama bioatividade, como atividade antimicrobiana e fungicida, e a atividade antitumoral do OE.

Os resultados encontrados corroboram com os estudos já feito para essa espécie botânica, e inclusive com pesquisas que demonstram o combate desde óleo essencial ao inseto-praga (de Sá et al., 2018). Um estudo feito por Camaroti et al. (2018) demonstrou que a aplicação tópica do OE de Aroeira interferiu na sobrevivência larval das larvas de *Aedes* e *S. zeamais*, causando distúrbios alimentares e diminuindo a sua sobrevivência.

Em uma pesquisa realizada por Ambrozin et al. (2006) e Silva e Nunomura (2012), aponta alguns compostos isolados do OE de Andiroba entre estes estão presentes a: gedunina, epoxiazadiradiona, 6-acetoxiepoxiazadiradiona, além de outros compostos e uma pequena quantidade de compostos insaponificáveis. No estudo feito por San Martin et al. (2018) obteve como resultado que os ensaios feitos com a fase larval da mosca-branca apresentam mortalidade quando são tratadas com as concentrações dos limonoides que estão presentes no OE de Andiroba. O que corrobora com os estudos feitos por Silva et al. (2015) que relata em sua pesquisa que a fase larval da mosca-branca é considerada com uma das mais

suscetíveis aos drásticos efeitos de outros limonoides, pois, age interferindo na alimentação e desregulação hormonal do inseto, podendo culminar a sua morte.

Já para os testes de ação inseticida os valores encontrados no estudo concordam com Barbosa et al. (2018) que em seu estudo identificou que a alta mortalidade *B. tabaci* observada a partir das primeiras 24 horas pode ser um indicativo da ação dos constituintes do óleo no sistema nervoso central dos insetos. Negrini et al. (2019) também afirma que as concentrações letais observadas neste estudo estão dentro das faixas de valores encontradas por outros autores, com diferentes óleos essenciais sobre *Bemisia sp.* e outros insetos-praga. O que concordam também com as pesquisas realizadas por Aslan et al. (2004) que descreve que em relação a mortalidade de mosca-branca a mesma ocorre de forma acentuada e com o aumento das concentrações ou doses.

Entretanto, considerando os danos que a mosca-branca pode causar as culturas agrícolas, quanto mais eficaz for o seu controle, menor será as perdas na produtividade. Sendo assim, os resultados obtidos na DL<sub>50</sub> com 1,00 (*Cymbopogon citratus*); 1,25 (*Cymbopogon nardus/C. winterianus*); 1,38(*Schinus terebinthifolia*) mg/mL respectivamente é mais satisfatório para o ponto de vista agrônômico do que aquele à 2,10 mg/mL (*Carapa guianensis*) na DL<sub>50</sub>. Com relação ao OE de *C. guianensis* apesar de seu valor seu valor ser de 2,10mg/mL na DL<sub>50</sub> maior do que os demais óleos testados, o mesmo apresentou mortalidade da mosca-branca, mostrando que há presença de atividade inseticida.

Em relação a mortalidade da *B. tabaci*, pode-se levar em consideração que os compostos majoritários de cada óleo essencial trabalhados nessa pesquisa, possui atividade inseticida sobre o inseto-praga, mesmo que esses compostos não tenham sido trabalhados de forma isolada. Um exemplo disso é um estudo realizado por Oliveira et al. (2018), que avaliou a atividade inseticida da espécie de *C. flexuosus* e constatou que 77,24% do seu composto majoritário foi o citral, representando um alto potencial inseticida para a espécie *Spodoptera frugiperda*, com valores de concentrações letais e compatíveis com os inseticidas botânicos promissores.

Para o teste de inimigos naturais realizados com *C. sanguinea* observou-se a ação benéfica dos óleos essenciais testado, pois, não houve mortalidade em nenhuma das concentrações testadas avaliados em 24h. A escolha desse inimigo natural se deu pelo fato de apresentarem grande potencial biótico, por serem

predadores de pulgões, cochonilhas, ácaros e dentre outros, e por ser utilizado na maioria das pesquisas como controle biológico de insetos-pragas em diversos cultivos (Hodek et al., 2012). Além disso, um trabalho realizado por Zawadneak (2015), revela que para o controle de *Bemisia tabaci*, indica-se predadores da família *Coccinellidae*.

## 7. CONCLUSÃO

Conclui-se que a pesquisa realizada com os óleos essenciais de *Carapa guianensis*, *Schinus terebinthifolia*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*/ *C. winterianus*, possui atividade inseticida para adultos de *Bemisia tabaci* e atividade seletiva positiva para os testes realizados com *Cycloneda sanguinea*. Em relação a este inimigo natural testado é importante conhecer o comportamento do inimigo natural diante dos inseticidas botânicos, para que se estabeleça uma estratégia de manejo e praga eficiente, e a promoção da seletividade ecológico. Segundo Parra (2009), a ação benéfica dos inimigos naturais contribui na redução do uso de produtos fitossanitários nas culturas, diminuindo assim o impacto sobre o ecossistema. Com essa pesquisa pode-se reconhecer a importância das espécies botânicas que vem sendo explorada no campo científico, bem como, o potencial que os seus metabólitos secundários possuem. Além da ação inseticida positiva que todos os óleos essenciais apresentaram, foi possível observar que o rendimento do óleo de *Schinus terebinthifolia* que possui melhor rendimento em relação aos demais óleos testados.

## REFERÊNCIAS

- Abbott, W.S. (1925) A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 18:265-267.
- Adams, R.P. (2017) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5ª ed. Texas: Texensis Publishing. 698p.
- Alves, K.F., Caetano, F.H., Garcia, I.J.P., Santos, H.L., Silva, D.B., Siqueira, J.M., Alves, S.N. (2018) *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) essential oil toxicity to *Culex quinquefasciatus* (Culicidae). *Environmental Science and Pollution Research*, 25:31718-31726. DOI doi.org/10.1007/s11356-018-3149-x.
- Ambrozin, A.R.P., Leite, A.C., Bueno, F.C., Vieira, P.C., Fernandes, J. B., Bueno, O. C., Silva, M.F.G. F., Pagnocca, F.C., Hebling, M.J.A., Bacci JR, M. (2006) Limonoids from andiroba oil and *Cedrela fissilis* and their insecticidal activity. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 17:542-547. DOI doi.org/10.1590/S0103-50532006000300017.
- Ananakumar, P., Kamarai, S., Vanitha, M.K. (2020) D-limonene: a multifunctional compound with potente therapeutic effects. *Journal of Food Biochemistry*, 45:e13566. DOI doi.org/10.1111/jfbc.13566.
- Andrade, E.H., Zoghbi, M.G., Lima, M.P. (2009) Chemical Composition of the Essential Oils of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf Cultivated in North of Brazil. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 12:41-45. DOI doi.org/10.1080/0972060X.2014.935075.
- Ao, X., Yan, L., Meng, Q.W., Zhou, T.X., Wang, J.P., Kim, H.J., Kim, I.H. (2011) Effects of *Saururus chinensis* extract supplementation on growth performance, meat quality and slurry noxious gas emission in finishing pigs. *Livestock Science*, 138:187-192. DOI doi.org/10.1016/j.livsci.2010.12.029.
- Aslan, İ., Ozbek, H., Calmasur, O., Sahin, F. (2004) Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Industrial Crops and Products*, 19:167-173. DOI doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.09.003.
- Azevedo, C.F., Quirino, Z.G.M., Bruno, R.L.A. (2015) Estudo fàrmaco botànico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius Raddi*, Anacardiaceae). *Revista brasileira de plantas medicinais*, 17:26-35. DOI doi.org/10.1590/1983-084X/11\_090.

Azevedo, F.D., Guimarães, J.A., Sobrinho, R.B., Lima, M.A.A. (2005) Eficiência de produtos naturais para o controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: *Aleyrodidae*) em meloeiro. *Arquivos do Instituto Biológico*, 72:73-79. DOI doi.org/10.1590/1808-1657v72p0732005.

Barbas, L.A.L., Hamoyb, M., Mello, V.J., Barbosa, R.P.M., Lima, H.S.T., Torres, M.F., Nascimento, L.A.S., Silva, J.K.R., Andrade, E.H.A., Gomes, M.R.F. (2017) Essential oil of citronella modulates electrophysiological responses in tambaqui *Colossoma macropomum*: A new anaesthetic for use in fish. *Aquaculture*, 479:60-68. DOI doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.027.

Barbosa, L.C.A., Pereira, U.A., Martinazzo, A.P., Maltha, C.R.A., Teixeira, R.R., Melo, E C. (2008) Evaluation of the Chemical Composition of Brazilian Commercial *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf Samples. *Molecules*, 13:1864-1874. DOI doi.org/10.3390/molecules13081864.

Barbosa, M.S., Dias, B.B., Guerra, M.S., da Costa Vieira, G.H. (2018) Applying plant oils to control fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in corn. *Australian Journal of Crop Science*, 12:557-562. ISSN 1835-2693.

Bartle, K.D., Myers, P. (2002) History of gas chromatography. *Trends Analytical Chemistry*, 21:547-557. DOI doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00806-3.

Bendaound, H., Romdhane, M., Souchard, J.P., Cazaux, S., Bouajila, J. (2010) Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils. *Jornal of Food Science*, 75(6):C466-72. DOI doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01711.x.

Boeke, S.J., Boersma, M.G., Alink, G.M., Van Loon, J.J.A., Vanhuis, A., Dicke, M., Rietjens, I.M.C.M. (2004) Safety evaluation of neem (*Azadirachta indica*) derived pesticides. *Journal of Ethnopharmacology*, 94:25-41. DOI doi.org/10.1016/j.jep.2004.05.011.

Bomfim, J.P.A. (2020) Atividade de óleos essenciais sobre *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), *Spodoptera frugiperda* (JESmith) (Lepidoptera: Noctuidae) e inimigos naturais. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Farmacêuticas. 104p.

Burt, E. (2004) Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, Torino, 94:223-253. DOI doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.

Byrne, F.J., Castle, S., Prabhaker, N., Toscano, N.C. (2003) Estudo bioquímico de resistência ao imidacloprid no biótipo B *Bemisia tabaci* da Guatemala. *Pest Management Science*, 59:347-352. DOI doi.org/10.1002/ps.649.

Camaroti, J.R.S.L., de Almeida, W.A., de Belmonte B.R., de Oliveira A.P.S., Lima T. A., Ferreira, M.R.A., Paiva, P.M.G., Soares, L.A.L, Pontual, E.V, Napoleão, T.H. (2018) *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL). *Industrial Crops Products*, 116:81-89. DOI doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.065.

Carvalho, M.G., Melo, A.G.N., Aragão, C.F.S., Raffin, F.N., Mura. T.F.A.L. (2013) *Schinus terebinthifolius Raddi*: chemical composition, biological properties and toxicity. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15:158-169. DOI doi.org/10.1590/S1516-05722013000100022.

Carvalho, S.S.D., Vendramim, J.D., Sá, I.C.G.D., Silva, M.F.D.G.F.D., Ribeiro, L.D. P., Forim, M.R. (2015) Efeito inseticida sistêmico de nanoformulações à base de nim sobre *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em tomateiro. *Bragantia*, 74: 298-306. DOI doi.org/10.1590/1678-4499.0404.

Chakira, H., Long, M., Liu, S., Zhao, J., He, Y., Wagan, T.A., Hua, H. (2017) Repellency of essential oils against *Nephotettix cincticeps*: Laboratory and glasshouse assays. *Journal of Applied Entomology*, 141:708-720. DOI doi.org/710.1111/jen.12399.

Correa, J.C.R., Salgado, H.R.N. (2011) Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13:500-506. DOI doi.org/10.1590/S1516-05722011000400016.

Costa, E.M., Torres, S.B., Ferreira, R.R., Silva, F.G., Araujo, E.L. (2016) Extrato aquoso de sementes de nim no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. *Revista Ciência Agronômica*, 47:401-406. DOI doi.org/10.5935/1806-6690.20160048.

Croft, B.A., Whalon, M.E. (1982) Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. *Entomophaga*, 27:3-21. DOI doi.org/10.1016/0167-8809(88)90088-6.

de Freitas., Lins Neto, E.M., Peroni, N., De Albuquerque, U.P. (2010) Traditional knowledge and management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): an endemic species from the semi-arid region of Northeastern Brazil. *Economic Botany*, 64:11-21. DOI doi.org/10.1007/s12231-009-9106-3.

de Sá, L.F.R., Ventury, K.E., Machado, O.L.T., Fernandes, K.V.S., Xavier-Filho, J., Oliveira, A.E.A. (2018) Toxic effect of *Canavalia ensiformis* seed coat on larval development of *Callosobruchus maculatus*. *Journal of pest science*, 91:313-326. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-017-0895-3>.

Martin, B.S.S., Silva, J.P.G.S., Kasper, A.A.M., Castro, K.C.F., Barata, L.E.S. (2018) Controle alternativo de *Bemisia tabaci* biótipo b e toxicidade preliminar do

concentrado de limonoides obtidos do resíduo industrial de sementes de *Capara guianensis*. *Global Science and Technology*, 11:3.

de Souza, T.S., Ferreira, M.F.S., Menini, L., Souza, J.R.C.L., Parreira, L.A., Cecon, P.R., Ferreira, A. (2017) Essential oil of *Psidium guajava*: Influence of genotypes and environment. *Scientia Horticulturae*, 216:38-44. DOI doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.026.

Descamps, L.R., Chopa, C.S., Ferrero, A.A. (2011) Activity of *Schinus areira* (Anacardiaceae) essential oils against the grain storage pest *Tribolium castaneum*. *Natural Product Communications*, 6:887-891.

Dool, H., Van Den., Kratz, P.D. (1963) A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, 2:463-471. DOI doi.org/10.1016/s0021-9673(01)80947-x.

Dourado, M.T. (2012) Óleos essenciais e oleoresina da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*): propriedades químicas e biológicas. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 120p.

Dubey, N.K (2011) *Natural products in pest management*. London: CAB International, 293p.

Elbert, A., Nauen, R. (2000) Resistência de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) a Insetcidas no sul da Espanha, com referência especial aos neonicotinoides. *Pest Management Science*, 56:60-64. DOI: doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200001)56:1<60:AID-PS88>3.0.CO;2-K.

Finney, D.J. (3ed.) (1971) *Probit Analysis*. New Delhi, S. Chand, 333p.

Flint, M.L., Bosch, R. (ed.) (1981) *Introduction to Integrated Pest. Management*. New York. Springer US, 256p.

Flores-Céspedes, F., Martínez-Domínguez, G.P., VillaFranca-Sánchez, M., F., Martínez-Domínguez, G.P., Villafranca-Sánchez, M., FernándezPerez M (2015) Preparation and characterization of *Azadirachtin* alginate-biosorbent based formulations: water release kinetics and photodegradation study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63:8391-8398. DOI doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03255.

Fontes, F.V.H.M., Colombo, C.A., Lourenção, A.L. (2010) Caracterização molecular e divergência genética de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) em diferentes culturas e locais de cultivo. *Neotropical Entomology*, 39:221-226.

Gallo, D., Akano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramim, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R. S., Omoto, C. (2002) Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 920p.

Gobbo-Neto, L., Lopes, N.P. (2007) Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. Química Nova, 30:374-381. DOI doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026.

Gonzales, W.A., Machado, R.M., Barreto, E.J.F., Dall'oglio, E.L., Correia, J.C., Borges, L.E.P., Almeida, M.D., Pastura, N.M.R., Mendonça, N. B., Sousa, P.T., Nunes, P.P., Rodrigo, R.M.S., Souza, O.L., Rodrigues, V. (2008) Biodiesel e óleo vegetal in natura: soluções energéticas para a Amazônia. 1ª Edição -Brasília: Ministério de Minas e Energia.

Guarino, S., Colazza, S., Peri, E., Bue, P.L., Germaná, M.P., Kuzetsova, T., Gindin, G., Soroker, V. (2015) Behaviour-modifying compounds for management of the red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Oliver). Pest Management Science, 71:1605-10. DOI doi.org/10.1002/ps.3966.

Gupta, P., Mishra, A., Yadav, A., Dhawan, S.S. (2018) Inter and intra-specific molecular and chemical diversity of elite accessions of aromatic grasses Cymbopogons. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 11: 54-60. DOI doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.10.005.

Henriques, M.G., Penido, C. (2014) The therapeutic properties of *Carapa guianensis*. Current Pharmaceutical Design, 20:850-856. DOI doi.org/10.2174/13816128113199990048.

Hodek, I., Van Emden, H.F., Honek, A. (2012) Ecology of *Coccinellidae*. Dordrecht: Wiley - Blackwell, 600p. DOI doi.org/10.1007/s10841-012-9530-z.

Hussein, H.S., Salem, M.Z.M., Soliman, A.M. (2017) Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. Scientia Horticulturae, 216:111-119. DOI doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.004.

Iperti, G. (1999) Biodiversity of predaceous *Coccinellidae* in relation to bioindication and economic importance. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74:323-342. DOI doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00041-9.

Isman, M.B. (2019) Botanical insecticides in the twenty-first century - Fulfilling their Promise. Annual Review of Entomology, 65:233-249. DOI doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010.

Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F. (4ed.) (1999) Plant systematics. A phylogenetic approach. Massachusetts: Sinauer Associates, 464p. ISBN 0878934030.

Kabera, J., Gasogo, A., Uwamariya, A., Ugirinshuti, V., Nyetera, P. (2011) Insecticidal effects of essential oils of *Pelargonium graveolens* and *Cymbopogon citratus* on *Sitophilus zeamais* (Motsch.). African Journal of Food Science, 5:366-375. ISSN 1996-0794.

Kenfack, D.A. (2011) A synoptic revision of *Carapa* (Meliaceae). Harvard Papers in Botany, 16:171-231.

Kennedy, D., Okello, E., Chazot, P., Howes, M. J., Ohiomokhare, S., Jackson, P., Wightman, E. (2018) Volatile terpenes and brain function: Investigation of the cognitive and mood effects of *Mentha x Piperita* L. essential oil with in vitro properties relevant to central nervous system function. Nutrients, 10:1029. DOI doi.org/10.3390/nu10081029.

Khalid, A., Saad, M.N., Mohamad, R., Idris A.B. (2017) Toxic, Repellent, and Deterrent Effects of Citronella Essential Oil on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on Chili Plants. Journal of Entomological Science, 52:119-130. DOI doi.org/10.18474/JES16-32.1.

Knaak, N., Wiest, S.L., Andreis, T.F., Fiuza, L.M. (2013) Toxicity of essential oils to the larvae of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Biopesticides, 6:49-59.

Kobenan, K.C., Ochou, G.E.C., Kouakou, M., Dick, A.E., Ochou, O.G. (2018) Essential oils of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, *Cymbopogon nardus* L. and Citrus sp: Insecticidal activity on the Pink Bollworm *Pectinophora gossypiella* Saunders. International Journal of Innovation and Applied Studies, 24:389-397.

Lacerda, J.T., Carvalho, R.A. (2008) Descrição e manejo integrado da mosca-branca (*Bemisia* spp.) transmissora de Geminivirus em culturas econômicas. Tecnologia e Ciência Agropecuária, 2:15-22.

Lemente, A.D. (2006) Composição química e atividade biológica do óleo essencial da pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Tese (Pós-Graduação em Agroquímica), Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 63p.

Lenzi, M., Orth, A.I. (2004) Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, 26:198-201. DOI doi.org/10.1590/S0100-29452004000200004.

Lima, A.C.S., Lara, F.M. (2001) Mosca-branca (*B. tabaci*): morfologia, biologia e controle. Jaboticabal: UNESP, 76p. DOI [doi.org/10.12741/ebrazilis.v10i1.64116](https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v10i1.64116).

Lima, L.H.C., Campos, L., Queiroz, P.R., Lago, W.N. M., Oliveira, M.R.V. (2003) Estudos da variabilidade genética da mosca branca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera, *Aleyrodidae*) n. 510. Documentos. Brasília, DF: Embrapa.

Lima, L.H.C., Navia, D., Inglis, P.W., Oliveira, M.R.V. (1 ed.) (2000) Levantamento de biótipos *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: *Aleyrodidae*) no Brasil usando marcadores RAPD. *Genetics and Molecular Biology*, 23:1-5.

Lomele, R.L., Ito, M.M., Orsi, R.D.O. (2016) Essential oils in beeswax production by *Apis mellifera*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19:1826-1829. DOI [doi.org/10.1080/0972060X.2016.1141064](https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1141064).

Madi, Y.F., Choucry, M.A., Meselhy, M.R., El-Kashoury, E.S.A. (2021) Essential oil of *Cymbopogon citratus* cultivated in Egypt: seasonal variation in chemical composition and anticholinesterase activity. *Natural Product Research*, 35:4063-4067. DOI [doi.org/10.1080/14786419.2020.1713125](https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1713125).

Matias, R., Sólón, S., Resende, U.M., Gomes, A., Koller, W.W. (2002) *Melia azedarach*, uso popular x estudos químico e farmacológico: breve revisão. *Ensaio e Ciência*, 6:91-121.

Medina, P., Budia, F., Del Estal, P., Vinuela, E. (2004) Influence of *azadirachtin*, a botanical insecticide, on *Chrysoperla carnea* (Stephens) reproduction: toxicity and ultrastructural approach. *Journal of Economic Entomology*, 97:43-50. DOI [doi.org/10.1603/0022-0493-97.1.43](https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.1.43).

Mendesil, E., Tadesse, M., Negash, M. (2012) Efficacy of plant essential oils against two major insect pests of coffee (Coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, and antestia bug, *Antestiopsis intricata*) and maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45:366-372. DOI [doi.org/10.1080/03235408.2011.587286](https://doi.org/10.1080/03235408.2011.587286).

Menezes, E.L.A. (2005) Inseticidas Botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 31p.

Miresmailli, S., Isman, M.B. (2014) Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. *Trends in Plant Science*, 19:29-35. DOI [doi.org/10.1016/j.tplants.2013.10.002](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.10.002).

Morais, L.A.S. (2009) Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, 27:4050- 4063.

Mota-Sanchez, D., Wise, J.C. (2021) The Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/>>. Acesso em: 12 de dez, 2021.

Nascimento, G.O., Souza, D.P., Santos, A.S., Batista, J.F., Rathinasabapathi, B., Gagliardi, P.R., Gonçalves, J.F.C. (2019) Lipidomic profiles from seed oil of *Carapa guianensis* Aubl. And *Carapa vasquezii*. Industrial Crops e Products, 129:67-73. DOI doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.069.

Negrelle, R.R.B., Gomes, E.C. (2007) *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: Chemical composition and biological activities. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 9:80-92.

Negrini, M., Fidelis, E.G., Schurt, D.A., Silva, F.D S., Pereira, R.S., Bizzo, H.R. (2019) Insecticidal activity of essential oils in controlling fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. Arquivos do Instituto Biológico, 86:80-92 DOI doi.org/10.1590/1808-1657001112018.

Neves, E.J.M., Santos, A.M., Gomes, J.B.V., Ruas, F.G., Ventura, J.A. (2016) Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius Raddi*) para produção de pimenta rosa. Embrapa Florestas-Documents, ISSN 1980-3958.

Nist Livro de Química na Web. Base de dados de Referências padrão NIS número 69. Disponível em:<<https://webbook.nist.gov/chemistry/>>. Acesso em: 20 de nov, 2022. DOI doi.org/10.18434/T4D303.

Oliveira, E.R.D., Alves, D.S., Carvalho, G.A., Oliveira, B.M.R.G.D., Aazza, S., Bertolucci, S.K.V. (2018) Toxicity of *Cymbopogon flexuosus* essential oil and citral for *Spodoptera frugiperda*. Ciência e Agrotecnologia, 42:408-419. DOI doi.org/10.1590/1413-70542018424013918.

Oliveira, M.M.M., Brugnera, D.F., Cardoso, M.G., Guimarães, L.G.L., Piccoli, R.R. (2011) Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécie de *Cymbopogon*. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Botucatu, 13:8-16. DOI doi.org/10.1590/S1516-05722011000100002.

Oliveira, M.R.V., Henneberry, T.J., Anderson, P. (2001) História, status atual e projetos de pesquisa colaborativa para *Bemisia tabaci*. Crop Protection, 20:709-723. DOI doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00108-9.

Olivero-Verbel, J., Nerio, L.S., Stashenko, E.E. (2010) Bioactivity Against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. Pest Management Science, 66:664-668. DOI doi.org/10.1002/ps.1927.

Parra, J.R.P. (2009) Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 23, 969-1022p.

Pavela, R. (2016) History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects - a Review. *Plant Protection Science*, 52:229-241. DOI doi.org/10.17221/31/2016-PPS.

Pennington, J.D., Styles, B.T. (1975) A serotaxonomic appraisal of *Amphipterygium* and *leitneria* Two amentiferous taxa of Rutiflorae (Rosidae). *Systematic Botany*, Notre Dame, 8:134-148. DOI doi.org/10.2307/2418690.

Peron, L.M. (2014) Estudo dos limonoides do resíduo industrial da andiroba (*Carapa guianensis*). Dissertação mestrado, Universidade de Campinas, São Paulo, 1:28-112. doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2017.1079881.

Perring, T.M. (2001) O complexo de espécies *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20:725-737. DOI doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00109-0.

Pozzan, M., Sausen, T.L., Simões, D.A., Kissmann, C. (2020) Planting designs and functional traits of native plant species used in restoration projects in araucaria forests. *Ciência Florestal*, 30:1103-1115. DOI doi.org/10.5902/1980509840924.

Quintela, E.D., Pinheiro, P. (2009) Redução da oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: *Aleyrodidae*) em folhas de feijoeiro tratadas com extratos botânicos. *BioAssay*, 4:8. DOI doi.org/10.14295/BA.v4.0.68.

Quintela, E.D., Abreu, A.G., Lima, J.F.S., Mascari, G.M., Santos, J.B., Brown, J.K (2016) Reprodução do biótipo B da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: *Aleyrodidae*) em lavouras de milho (*Zea mays* L.) no Brasil. *Controle de Pragas*, 72:181-2187.

Rambow, C., Panichi, V.B.S., Figueiredo, J.A.S. (2014) Risco: a percepção da comunidade ribeirinha do Rio dos Sinos em relação ao uso de defensivos agrícolas. *Revista Eletrônica em Gestão, educação e tecnologia Ambiental (REGET)*, 18:796-802. DOI doi.org/10.5902/2236117013568.

Ribeiro, A.C. (2015) Efeito da adição de óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*) micro encapsulado em queijo minas frescal. Alegre-ES. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 86p.

Rigotto, R.M., Silva, A.M.C.D., Ferreira, M.J.M., Rosa, I.F., Aguiar, A.C.P. (2013) Tendências de agravos crônicos à saúde associados a agrotóxicos em região de

fruticultura no Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 16:763-773. DOI [doi.org/10.1590/S1415-790X2013000300019](https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000300019).

Rorato, D.G., Araujo, M.M., Tabaldi, L.A., Turchetto, F., Griebeler, A.M., Berghetti, Á. L.P., Barbosa, F.M. (2018) Tolerance and resilience of forest species to frost in restoration planting in southern Brazil. *Restoration Ecology*, 26:537-542. DOI [doi.org/10.1111/rec.12596](https://doi.org/10.1111/rec.12596).

Rostagno, M.A., Prado, J.M. (2013) *Natural product extraction: principles and applications*. Londres: Royal Society of Chemistry, 500p. DOI [doi:10.1039/9781849737579-FP00](https://doi.org/10.1039/9781849737579-FP00).

Santos, C.T.C., De Azevedo, M.M.R., Rocha, T.J. M., Dos Santos, A.F., Pires, L.L. S. (2019) Comparação da atividade entre óleos essenciais de frutos verdes e maduros de *Schinus terebinthifolius* Raddi sobre isolados de *Acinetobacter baumannii* multirresistentes. *Diversitas Journal*, 4:285-291. DOI [doi.org/10.17648/diversitas-journal-v4i1.638](https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v4i1.638).

Santos, F.D., Vogel, F.S.F. (2012) Avaliação in vitro da ação do óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) sobre o carrapato bovino *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14:712-716. DOI [doi.org/10.1590/S1516-05722012000400020](https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000400020).

Santos, J.B. (2017) *Ecologia da mosca-branca, Bemisia tabaci* (Gennadius) e de seus parasitoides em soja. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 91p.

Santos, R.C.V. (2012) Antimicrobial activity of Amazonian oils against *Paenibacillus* species. *J. Invertebr. Pathol*, 109:265-268. DOI [doi.org/10.1016/j.jip.2011.12.002](https://doi.org/10.1016/j.jip.2011.12.002).

Seixas, P.T.L., Castro, H.G., Cardoso, D.P., Chagas Junior, A.F., Nascimento, I. R., Barbosa, L. C., Silva Aguayo, G. (2013) Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim citronela. *Botanical insecticides*, 29:852-858.

Senhorini, G.A., Zawadzki, S.F., Farago, P.V., Zanin, S.M.W., Marques, F.A. (2012) Microparticles of poly(hydroxybutyrate-cohydroxyvalerate) loaded with andiroba oil: Preparation and characterization. *Materials Science and Engineering C*, 32:1121-1126. DOI [doi.org/10.1016/j.msec.2012.02.027](https://doi.org/10.1016/j.msec.2012.02.027).

Senior, L.J., McEwen, P.K. (2001) The use of lacewings in biological control. *Lacewings in the crop environment*, 546p. DOI [doi.org/10.1017/CBO9780511666117](https://doi.org/10.1017/CBO9780511666117).  
Shah, G., Shri, R., Panchal, V., Sharma, N., Singh, B., Mann, A.S. Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (*Lemon grass*), *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology e Research*. DOI [doi.org/10.4103/2231-4040.79796](https://doi.org/10.4103/2231-4040.79796)

Shield, M.W., Johnson, A.C., Pandey, S., Cullen, R., González-Chang, M., Wratten, S.D., Gurr, G.M. (2019) History, current situation and challenges for conservation biological control. *Biological Control*, 131:25-35. DOI doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.12.010.

Silva, A.G., Almeida, D.L., Ronchi, S.N., Bento, A C., Scherer, R., Ramos, A.C., Cruz, Z. (2010) The essential oil of Brazilian pepper, *Schinus terebinthifolia* Raddi in larval control of *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762). *Parasites e vectors*, 3:1-7.

Silva, L.D., Omoto, C., Bleicher, E., Dourado, P.M. (2009) Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: *Aleyrodidae*) no Brasil. *Neotropical Entomology*, 38:116-125. DOI doi.org/10.1590/S1519-566X2009000100013.

Silva, M.A., Silva, G.C.D.B., Vendramim, J.D. (2015) Threshold concentration of limonoids (azamax) for preventing infestation by mediterranean fruit fly (Diptera: *Tephritidae*). *Journal of Economic Entomology*, 108:629-639. DOI doi.org/10.1093/jee/tou056.

Silva, S.G., Nunomura, S.C.R, (2012) Limonoides isolados dos frutos de *Carapa guianensis Aublet* (Meliaceae). *Quimica Nova*, 35:1936-1939. DOI doi.org/10.1590/S0100-40422012001000009.

Simões, C.M.O., Schenkel, E.P., Gosmann, G. Mello, J.C.P., Mentz, L.A., Petrovick, P.R. (2007) *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre/Florianópolis: (6Ed).

Soares, F.P., Paiva, R., Nogueira, R.C., Oliveira, L.M., Paiva, P.D.O., Silva, D.R.G. (2012) Cultivo e usos do nim (*Azadirachta indica* A. Juss). *Boletim Agropecuário - n.º 68 - p. 1-14*. Lavras/MG.

Sottoriva, L.D.M. (2010) Aspectos biológicos de *Bemisia tabaci* biótipo B em plantas infestantes. *Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 49p*.

Sousa, R.L., Almeida, B.B., Silva, R.P., Albuquerque, L.C S., Cordeiro, Y.E.M. (2019) Óleo de andiroba: extração, comercialização e usos tradicionais na comunidade Mamangal, Igarapé-mirim, Pará. *Biodiversidade*, 10:68-81.

Souza, A.P., Vendramim, J.D. (2000) Efeito de extratos aquosos de meliáceas sobre *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro. *Bragantia*, 59:173-179. DOI doi.org/10.1590/S0006-87052000000200008.

Summers, C.G., Newton Júnior, A.S., Estrada, D. (1996) Intraplante e interplante movimento de rastreadores *Bemisia argentifolii* (Homoptera: *Aleyrodidae*). *Environmental Entomology*, 25:1360-1364.

Tavares, A.P.M., Salles, R.F.D.M., Obrzut, V.V. (2010) Efeito ovicida de nim, 19 citronela e sassafrás sobre a mosca branca *Bemisia* sp. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 8:153-159.

Torres, J.B., Bueno, A.F. (2018) Conservation biological control using selective insecticides – A valuable tool for IPM. *Biological Control*, 126:53-64. DOI [doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.012](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.012)

Martínez, R.T., Rodríguez, Y.M.G., Chávez, P.R., M, A.S., Meza, J.E.L., Zarzosa, A. O., Garciglia, R.S. (2017) Antioxidant activity of the essential oil and its major terpenes of *Satureja macrostema* (Moc. and Sessé ex Benth.) Briq. *Pharmacognosy Magazine*, 13:875-880. DOI: [doi.org/10.4103/pm.pm\\_316\\_17](https://doi.org/10.4103/pm.pm_316_17).

Toscano, L.C., Boiça Júnior, A.L., Martins, G.L.M., Maruyama, W.I. (2016) Biologia de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: *Aleyrodidae*) em genótipos de tomateiro em duas épocas. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3:1-6.

Toscano, L.C., Boiça Júnior, A.L., Maruyama, W.I. (2004) Avaliação de aspectos fisiológicos de três genótipos de tomate infestados pelo biótipo B de *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: *Aleyrodidae*). *Neotropical Entomology*, 33:777-782.

Truzi, C.C. (2020) *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: *Noctuidae*): dieta artificial, produtos para controle e efeitos em polinizadores. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia Agrícola), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 156p.

Uliana, M.P., Fronza, M., da Silva, A.G., Vargas, T.S., de Andrade, T.U., Scherer, R. (2016) Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius Raddi*) leaves. *Industrial Crops and Products*, 83:235-240. DOI [doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.077](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.077)

Vasconcelos, T.F.P. (2014) Estudo da ação de extrato de folhas de *Schinus terebinthifolius* na sobrevivência e no desenvolvimento de larvas de *Aedes aegypti*. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 88p.

Vendramim, J.D., Guzzo, E.C. (2009) Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 1055-1105p.

Venter, G.J., Labuschagne, K., Boikanvo, S.N., Morey, L. (2014) Assessment of the repellent effect of citronella and lemon eucalyptus oil against South African

*Culicoides* species. Journal of the South Veterinary Association, 85:1. DOI doi.org/10.4102/jsava.v85i1.992.

Venzon, M., Paula Junior, T.J., Pallini, A. (2006) Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças. Viçosa: EPAMIG, 227-252p.

Verma, A.K., Ghatak, S.S., Mukhopadhyay, S. (1990) Efeito da temperatura no desenvolvimento de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) (Homoptera, *Aleyrodidae*) em Bengala Ocidental. Indian Journal Agriculture Science, 60:322.