



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE



**ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS DE MANEJO DA MOSCA-
NEGRA E DE ÁCAROS NO POLO CITRÍCOLA DE SERGIPE
E DA BAHIA**

KAROLINE LOUISE LIMA DIAS

2024



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**



KAROLINE LOUISE LIMA DIAS

**ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS DE MANEJO DA MOSCA-NEGRA E DE
ÁCAROS NO POLO CITRÍCOLA DE SERGIPE E DA BAHIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2024

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

D541a Dias, Karoline Louise Lima.
Alternativas ecológicas de manejo da mosca-negra e de ácaros no polo
citricola de Sergipe e Bahia / Karoline Louise Lima Dias; orientadora
Adenir Vieira Teodoro. – São Cristóvão, SE, 2024.
40 f.: il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) –
Universidade Federal de Sergipe, 2024.

1. Agrobiodiversidade. 2. Frutas cítricas – Doenças e pragas. 3. Moscas. 4.
Ácaro. 5. Óleos vegetais. I. Teodoro, Adenir Vieira, orient. II. Título.

CDU 632.981

KAROLINE LOUISE LIMA DIAS

**ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS DE MANEJO DA MOSCA-NEGRA E DE
ÁCAROS NO POLO CITRÍCOLA DE SERGIPE E DA BAHIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 23 de julho de 2024.

Dr. Adriano Soares Rêgo

(UEMA)

Dr. José Oliveira Dantas

(IFS)

Documento assinado digitalmente
 **ADENIR VIEIRA TEODORO**
Data: 17/09/2024 14:20:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Adenir Vieira
Teodoro(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2024

À memória de voinha, Maria Luiza
A minha mãe Margot
A todas e todos que caminham comigo
Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus ancestrais, deusas e deuses que me fortaleceram e fortalecem a cada dia.

À memória de minha avó Maria Luiza, por todos os anos de dedicação, toda luta e todo esforço para que eu chegasse até aqui.

A minha amada mãe Margarida, que sempre investiu e acreditou em mim.

As minhas amigas e amigos, por todo apoio, desde sempre.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro, à Profa. Dra. Eliana Maria dos Passos e ao Prof. Dr. José Guedes Sena.

À banca examinadora, por toda contribuição.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à EMBRAPA-Tabuleiros Costeiros.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI), pela oportunidade de cursar o mestrado. Agradeço em especial ao coordenador vigente do curso, Prof. Dr. Leandro Bacci, à equipe da secretaria e a todo corpo docente.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
4. ARTIGO 1: Potencial do óleo fixo de algodão no controle da mosca-negra-dos-citros <i>Aleurocanthus woglumi</i> (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) e do ácaro-texano <i>Eutetranychus banksi</i> (Acari: Tetranychidae).....	17
Resumo	17
4.1. Introdução	19
4.2. Material e Métodos	20
4.3. Resultados	22
4.4. Discussão	27
4.5. Conclusão.....	29
4.6. Referências Bibliográficas	29
5. ARTIGO 2: Óleo fixo de algodão e calda sulfocálcica para o controle do ácaro-da- falsa-ferrugem <i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ashmead) (Acari: Eriophyidae)	32
Resumo	32
5.1. Introdução	33
5.2. Material e Métodos	34
5.3. Resultados	35
5.4. Discussão	36
5.5. Conclusão	36
5.6. Referências Bibliográficas	37
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura		Página
1	Mapa do polo citrícola de Sergipe e da Bahia com os municípios que o formam. No detalhe, a sua localização na região Nordeste	19
2	Delimitação do pomar experimental de laranjeira no campo experimental de Umbaúba, Sergipe.....	21
3	Placa de identificação do pomar experimental para pesquisas com agrotóxicos e afins (A), planta de laranjeira utilizada no experimento (B) e pulverização de planta de laranjeira (C)	22
4	Número de ovos da mosca-negra-dos-citros, <i>Aleurocanthus woglumi</i> , de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos.....	23
5	Número de ovos da mosca-negra-dos-citros, <i>Aleurocanthus woglumi</i> , em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).....	23
6	Número de ninfas da mosca-negra-dos-citros, <i>Aleurocanthus woglumi</i> , de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos.....	24
7	Número de ninfas da mosca-negra-dos-citros, <i>Aleurocanthus woglumi</i> , em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).....	24
8	Número de ovos do ácaro-texano, <i>Eutetranychus banksi</i> , de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos	25
9	Número de ovos do ácaro-texano, <i>Eutetranychus banksi</i> , em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).....	25
10	Número de imaturos do ácaro-texano, <i>Eutetranychus banksi</i> , de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos	26
11	Número de imaturos do ácaro-texano, <i>Eutetranychus banksi</i> , em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).....	26
12	Número de adultos do ácaro-texano, <i>Eutetranychus banksi</i> , de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e	27

mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos

- 13 Número de adultos do ácaro-texano, *Eutetranychus banksi*, em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$)..... 27

ARTIGO 2

Figura

- 1 Unidade experimental do ácaro-da-falsa-ferrugem *Phyllocoptruta oleivora*

Página

35

LISTA DE TABELAS**ARTIGO 1**

Tabela		Página
1	Concentração letal (CL) ($\mu\text{L/mL}$) do óleo fixo de algodão a ninfas de 4º instar de <i>Aleurocanthus woglumi</i> após 48 horas de exposição.	22

ARTIGO 2

Tabela		Página
1	Concentração letal (CL) ($\mu\text{L/mL}$) do óleo de algodão ao ácaro-da-falsa-ferrugem, <i>Phyllocoptruta oleivora</i> , após 48 horas de exposição	35

RESUMO

DIAS, Karoline Louise Lima. **Alternativas ecológicas de manejo da mosca-negra e de ácaros no polo citrícola de Sergipe e da Bahia.** São Cristóvão: UFS, 2024. 45p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade). *

O principal polo citrícola do Nordeste compreende municípios do sul de Sergipe e do litoral norte da Bahia. Neste polo, o ataque de pragas como a mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae), o ácaro-texano *Eutetranychus banksi* (Acari: Tetranychidae) e o ácaro-da-falsa-ferrugem-dos-citros *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae) contribuem para a baixa produtividade dos pomares. Desta forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a toxicidade do óleo fixo de algodão em *A. woglumi* e *E. banksi*, bem como a toxicidade desse óleo e da calda sulfocálcica para *P. oleivora*. Neste estudo, primeiramente determinaram-se as concentrações letais (CL) do óleo fixo de algodão a ninfas da mosca-negra em condições de laboratório. Posteriormente, a eficiência do óleo fixo de algodão no controle da mosca-negra foi avaliada em pomar experimental de laranjeira. Embora as estimativas de CL foram conduzidas para a mosca-negra, avaliou-se também a sua eficiência no controle do ácaro-texano por este ocorrer concomitantemente com a mosca-negra no pomar experimental. Os resultados deste estudo demonstraram que o óleo fixo de algodão foi tóxico à mosca-negra em condições de laboratório. Adicionalmente, este óleo foi eficaz na redução das populações da mosca-negra e do ácaro-texano em condições de campo. Ademais, determinaram-se as concentrações letais (CL) do óleo fixo de algodão a adultos do ácaro-da-falsa-ferrugem e avaliou-se o efeito da calda sulfocálcica ao ácaro por esses produtos apresentarem elevado potencial no controle de ácaros fitófagos. Os resultados demonstraram que tanto o óleo de algodão quanto a calda sulfocálcica apresentam potencial no controle do ácaro-da-falsa-ferrugem. Assim, conclui-se que o óleo fixo de algodão é uma alternativa eficaz para o manejo da mosca-negra e do ácaro-texano no polo citrícola de Sergipe e Bahia. Adicionalmente, o óleo de algodão e a calda sulfocálcica mostraram-se promissores no controle do ácaro-da-falsa-ferrugem com base em sua toxicidade a essas pragas.

Palavras-chave: Óleos vegetais, Calda sulfocálcica, Citros, Enxofre.

* Comitê Orientador: Adenir Vieira Teodoro – Embrapa Tabuleiros Costeiros (Orientador).

ABSTRACT

DIAS, Karoline Louise Lima. **Ecological alternatives for managing blackfly and mites in the citrus production area of Sergipe and Bahia.** São Cristóvão: UFS, 2024. 50p. (Thesis – Master's in Agriculture and Biodiversity). *

The main citrus production area in the Northeast region of Brazil includes southern Sergipe and the northern coast of Bahia. In this region, the attack of pests such as the citrus blackfly, *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae); the Texas citrus mite, *Eutetranychus banksi* (Acari: Tetranychidae); and the citrus rust mite, *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae) results in low yields in orchards. Thus, the aim of this study was to evaluate the toxicity of cottonseed oil to *A. woglumi* and *E. banksi*, as well as the toxicity of the oil and a lime-sulfur solution to *P. oleivora*. In this study, the lethal concentrations (LC) of fixed cottonseed oil for blackfly nymphs were first determined under laboratory conditions. Subsequently, the efficiency of fixed cottonseed oil in controlling blackfly was evaluated in an experimental orange orchard. Although the LC estimates were conducted for blackfly, the efficiency of cottonseed oil in controlling Texas citrus mite was also evaluated since the mite occurred concomitantly with blackfly in the experimental orchard. The results of this study showed that fixed cottonseed oil was toxic to blackfly under laboratory conditions. This oil was likewise effective in reducing the populations of blackfly and Texas citrus mite under field conditions. Furthermore, the lethal concentrations (LC) of fixed cottonseed oil for adult citrus rust mites were determined, and the effect of lime sulfur on the mite was evaluated due to the high potential of these products in controlling phytophagous mites. The results showed that both cottonseed oil and the lime-sulfur solution have potential in controlling the citrus rust mite. In conclusion, fixed cottonseed oil is an effective alternative for managing citrus blackfly and Texas citrus mite in the citrus growing region of Sergipe and Bahia. Additionally, the toxicity of the cottonseed oil and lime-sulfur solution showed promise in control of citrus rust mite.

Keywords: Vegetable oils, Lime sulfur, Citrus, Sulfur.

* Advisory Committee: Adenir Vieira Teodoro (Advisor).

1. INTRODUÇÃO GERAL

A citricultura é uma das atividades agrícolas de grande relevância no Brasil, principal produtor e exportador de laranja (*Citrus sinensis*), especialmente devido às exportações do suco (IBGE, 2024). O polo citrícola de Sergipe e Bahia possui significativa importância econômica e social, principalmente para o estado de Sergipe, segundo maior produtor de laranjas da região Nordeste (IBGE, 2024).

O polo citrícola dos Tabuleiros Costeiros abrange municípios do litoral norte da Bahia e do centro-sul de Sergipe. A baixa produtividade da citricultura nesses estados nordestinos é atribuída a diversos fatores, como a ausência de adoção de manejo integrado de pragas e doenças. Além disso, a falta de tecnologias adequadas de produção, especialmente entre pequenos citricultores com áreas menores que 10 hectares (Teodoro *et al.*, 2014; Martins *et al.*, 2016).

No polo citrícola de Sergipe e da Bahia, podemos destacar alguns artrópodes fitófagos que contribuem para a baixa produtividade, a saber: a mosca-negra, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae), que apresenta preferência por espécies cítricas (Lopes *et al.*, 2013; Carvalho *et al.*, 2021), o ácaro-texano, *Eutetranychus banksi* McGregor (Acari: Tetranychidae), relatado em diversos cultivos de importância econômica, como os citros (Migeon; Dorkel, 2024) e o ácaro-da-falsa-ferrugem, *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead (Acari: Eriophyidae), um dos principais ácaros fitófagos de pomares cítricos no Brasil e no mundo (Silva *et al.*, 2016; Garzia; Lillo, 2018).

O controle desses artrópodes fitófagos em cultivos comerciais de citros ainda depende principalmente do uso de controle químico sintético, realizado por meio de pulverizações frequentes de pesticidas organossintéticos, o que pode levar à seleção de indivíduos resistentes, poluição do meio ambiente, acúmulo de resíduos nos frutos e efeitos letais e subletais a inimigos naturais desses artrópodes (Roubos; Rodriguez-Saona; Isaacs, 2014; Guedes *et al.*, 2016; Kalkan; Satar, 2024).

Por outro lado, produtores com baixo nível de tecnologia frequentemente não empregam métodos de controle de artrópodes fitófagos (Teodoro *et al.*, 2014; Martins *et al.*, 2016), enquanto os produtores orgânicos dispõem de poucas opções, como o óleo mineral, para regular populações desses artrópodes em seus pomares. Essa limitação evidencia a necessidade urgente de disponibilizar alternativas eficazes de controle de artrópodes fitófagos tanto para produtores tecnificados quanto para os não tecnificados e orgânicos (Martins *et al.*, 2016).

Os desafios do manejo fitossanitário dos pomares de laranja fomentam esforços em pesquisa envolvendo frentes de investigação que buscam soluções integradas. Uma maneira de contornar esse problema de forma social, econômica e ambientalmente viável é a adoção do manejo integrado de pragas (MIP), que promove a redução da dependência de inseticidas sintéticos onerosos e prejudiciais ao meio ambiente (Meissle *et al.*, 2009; Bueno *et al.*, 2011; Sharma; Peshin, 2016). Novas alternativas para o manejo de pragas vêm sendo investigadas, como o uso de óleos fixos vegetais (Lovatto *et al.*, 2012). Uma vantagem dos óleos fixos é que os produtos naturais derivados de plantas fornecem novos compostos ativos que os artrópodes não podem inativar (Oliveira *et al.*, 2017; Teodoro *et al.*, 2017; Farias *et al.*, 2018; Soares *et al.*, 2018; Freitas *et al.*, 2019). Além disso, outros produtos alternativos, como caldas sulfocálcicas, que tem feito tóxico, auxiliam no processo de manejo desses artrópodes.

Diante da importância da citricultura no polo citrícola de Sergipe e da Bahia, alternativas de controle para esses artrópodes fitófagos são imprescindíveis. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade do óleo fixo de algodão em *A. woglumi* e *E. banksi*, em condições de campo, bem como a toxicidade desse óleo e da calda sulfocálcica em *P. oleivora*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Citricultura

O gênero *Citrus* (Rutaceae) abrange diversas cultivares, como laranja, lima ácida e tangerina (Turra *et al.*, 2014). A laranjeira *Citrus sinensis* (L.) Osbeck é originária das regiões tropicais e subtropicais do sudeste asiático, especialmente da China (Qin *et al.*, 2016; Ke *et al.*, 2017). Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de laranjas doces e maior produtor global de citros (incluindo laranja, lima ácida e tangerina), com uma produção expressiva de 15.482.662 toneladas de laranja na safra de 2023 (IBGE, 2024). Os pomares de laranja doce estão distribuídos por todo o país, ocupando cerca de 581.034 hectares e a região Sudeste, particularmente o estado de São Paulo, é responsável pela maior produção e produtividade de frutos (IBGE, 2024).

A laranja é cultivada em todos os estados brasileiros e possui grande potencial produtivo. No entanto, por ser sensível a baixas temperaturas, é cultivada principalmente em regiões com temperaturas entre 23 e 32 °C (Qin *et al.*, 2016). Essas características permitem o cultivo em larga escala no Brasil, com destaque para a laranjeira do tipo 'Pera' (*C. sinensis*), que é altamente valorizada pela indústria de sucos, exportação e consumo *in natura*, além de apresentar diversas floradas, é a cultivar de copa mais cultivada no país (Castle; Badwin, 2011; Carvalho *et al.*, 2019; Barry; Caruso; Gmitter, 2020).

A região Nordeste é a terceira maior produtora de laranja-doce com uma produção de 1.131.685 toneladas, safra 2023, sendo o estado de Sergipe o segundo maior produtor da região e o quinto do país (IBGE, 2024). No Nordeste, a laranja-doce é cultivada principalmente por pequenos agricultores em condições de sequeiro, em solos coesos e altamente suscetíveis à seca sazonal, o que contribui para baixos rendimentos (Martins *et al.*, 2016).

Tais fatores ocorrem devido ao principal polo cítrico de Sergipe e da Bahia estar localizado ao longo da costa, em uma unidade de paisagem conhecida como Tabuleiros Costeiros, nos quais os solos apresentam uma camada compactada natural (de 05 a 40 cm de profundidade) associada à baixa fertilidade. Essa camada endurecida impede a movimentação de água e ar no solo, dificultando a penetração das raízes das plantas durante os meses mais secos e favorecendo o encharcamento no período chuvoso (Portela; Libardi; Van Ier, 2001).

Nesse contexto, Sergipe tem registrado uma diminuição na produtividade dos pomares de citros devido a diversos problemas, incluindo o ataque de artrópodes fitófagos disseminados nos pomares comerciais (Teodoro *et al.*, 2014). Quando não identificadas a tempo, esses artrópodes fitófagos podem causar enormes perdas, reduzindo o rendimento e a longevidade dos pomares e aumentando os custos de produção (Melo; Silva, 2006; Silva *et al.*, 2016).

2.2. Artrópodes fitófagos do polo citrícola de Sergipe e da Bahia

A severidade dos danos à cultura da laranja é justificada pelo grande número de artrópodes fitófagos que podem atacar a cultura. As pragas mais importantes desta cultura são agrupadas em: pragas de folhas, pragas do tronco e ramos, pragas de frutos e insetos vetores de doenças (Gallo *et al.*, 2002; Teodoro *et al.*, 2014). Desta forma, o ponto chave para o sucesso na produção de laranja está na eficiência de estratégias de reconhecimento, quantificação e manejo desses artrópodes fitófagos (Tennant *et al.*, 2009).

Os pomares cítricos do nordeste do Brasil são atacados por um complexo de artrópodes fitófagos, dentre os mais importantes destacam-se a mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi*) que danifica principalmente as folhas (Sá *et al.*, 2008; Teodoro *et al.*, 2014), o ácaro-da-falsa-ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) que ataca os frutos (Teodoro *et al.*, 2014; Martins *et al.*, 2016) e ácaros da família Tetranychidae, como o *Eutetranychus banksi*, que causam desfolha (García *et al.*, 2003; Monzó *et al.*, 2016).

2.2.1 Mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi*)

A mosca-negra-dos-citros pertence à família Aleyrodidae e é nativa do sudoeste da Ásia, principal centro de origem da laranja, tendo sido primeiramente descrita em 1915 (Clausen, 1978; Nguyen *et al.*, 1998; Qin *et al.*, 2016; Ke *et al.*, 2017). Atualmente, a *A. woglumi* está amplamente disseminada no Brasil e em diversas partes do mundo (Nguyen *et al.*, 2007; Pena *et al.*, 2009), apresentando uma adaptação versátil a diferentes condições climáticas e hospedeiros (Mendonça *et al.*, 2015).

No Brasil a primeira ocorrência de *A. woglumi* foi registrada em 2001, em Belém-PA (Silva; Farias; Junior, 2011). Em 2014 foi identificada em pomares de laranja em Sergipe (Mendonça *et al.*, 2015) e desde então, *A. woglumi* se espalhou por todo o território nacional, tornando-se um inseto de ocorrência geral, relatado em todos os estados produtores.

A *A. woglumi* apresenta reprodução sexuada com oviparidade, embora possa ocorrer partenogênese, seus ovos são depositados na face abaxial das folhas em formato de espiral, com uma média de 27 ovos por espiral. O estágio imaturo subdivide-se em quatro estágios ninfais, a fêmea adulta tem cerca de 1,4 mm e o macho, 1,03 mm, seu aparelho bucal é do tipo picador sugador e as fases jovem e adulta alimentam-se da seiva da planta (Raga; Basilli; Soares, 2012).

Possui o ciclo de vida de 45 a 133 dias à temperatura de 20-34°C, permitindo a ocorrência de vários ciclos ao longo do ano (Nguyen *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2011). A espécie tem alto poder de dispersão na planta (dispersão vertical) e entre plantas (horizontal) (Silva; Farias; Junior, 2011), fatores que justificam o grande potencial de infestação de *A. woglumi* em pomares cítricos. A *A. woglumi* é uma espécie polífaga que apresenta mais de 300 hospedeiros, incluindo plantas cultivadas, ornamentais e plantas daninhas (Carvalho *et al.*, 2021), contudo, apresenta preferência por ovipositar em espécies cítricas (Lopes *et al.*, 2013).

A *A. woglumi* causa danos diretos e indiretos, prejudicando o desenvolvimento e a produção dos pomares (Teodoro *et al.*, 2014), seu ataque causa danos diretos devido à sucção contínua de nutrientes das folhas e danos indiretos pela fumagina, um fungo fuliginoso do gênero *Capnodium*. A fumagina se desenvolve na substância açucarada excretada pelo inseto sobre as folhas (Raga *et al.*, 2013; Moraes *et al.*, 2014; Vieira *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2019).

A cor escura deste fungo diminui a interceptação da radiação solar, ou seja, o fluxo de fótons fotossintéticos pelos centros de reação do aparato fotossintético, afetando as reservas de carboidratos das plantas, o que leva à diminuição da produtividade e à qualidade de sua produção. Além disso, reduz significativamente a transpiração instantânea, podendo levar a um aumento da temperatura foliar, bem como reduzir a assimilação fotossintética de carbono (Gomes *et al.*, 2019).

Sem medidas de controle apropriadas, a *A. woglumi* associada à fumagina pode causar perdas sérias à citricultura, com redução estimada no rendimento de 80% (Silva *et al.*, 2011), além de alterar a aparência dos frutos para a comercialização *in natura*. Ademais, a fumagina pode reduzir o nível de nitrogênio abaixo dos 2,2% necessários para o crescimento do fruto da laranja (Lemos *et al.*, 2017). Essa redução na produção de frutos pode chegar a 90% quando as infestações excedem 5 a 7 ninfas/cm²/folha (Silva; Farias; Junior, 2011) e o ataque severo em plantas mais jovens ou em fase de mudas pode levá-las à morte (Parkinson; Seales, 2000).

Embora haja controle biológico indicado para *A. woglumi* em cultivos de laranja, o controle desta praga geralmente é realizado por meio de inseticidas organossintéticos (Silva *et al.*, 2012; Molina *et al.*, 2014). No entanto, o uso inadequado e contínuo desses produtos causa diversos problemas ambientais, sociais e econômicos (Fonseca *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2017).

2.2.2 Ácaro-da-falsa-ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*)

Ácaros da família Eriophyidae são considerados importantes pragas dos citros, pois infestam regularmente essa cultura. Entre as espécies, o ácaro-da-falsa-ferrugem-dos-citros *P. oleivora* é um dos mais importantes para a produção mundial de citros, por estar presente praticamente em todos os pomares e pelos danos provocados (Mendonça; Silva, 2009; Qureshi *et al.*, 2023).

O *P. oleivora* causa “russeting” em frutos e folhas na maioria das espécies cítricas, ocasionando o aparecimento de manchas de aparência enferrujada nos frutos em desenvolvimento, redução do tamanho e da qualidade do suco afetando negativamente a produção de citros, com danos estéticos significativos que tornam o fruto impróprio para o mercado *in natura*, reduzindo assim a renda dos produtores (Donkersley *et al.*, 2018; Qureshi *et al.*, 2023; Rincón-Barón *et al.*, 2022). Esse bronzeamento provavelmente é causado pela formação de lignina e oxidação de substâncias citoplasmáticas liberadas durante a sondagem para alimentação (Vacante, 2010).

Quando a injúria do ácaro-da-falsa-ferrugem ocorre antes da maturação dos frutos, as células epidérmicas são destruídas, resultando em frutos menores. Essas células fraturam-se à medida que o fruto aumenta, causando uma forma áspera de “russeting” conhecida como “pele de tubarão”. O dano ao fruto maduro cria uma mancha marrom, mas não destrói as células epidérmicas ou a camada de cera, levando a um aspecto polido conhecido como “bronzing”. (Vacante, 2010; Qureshi *et al.*, 2023). *P. oleivora* reproduz-se via partenogênese arrenótoca, e em condições subtropicais em que os citros são cultivados, a abundância de ácaros pode aumentar exponencialmente se não for controlada (Mccoy; Albrigo, 1975; Vacante, 2010).

O ácaro passa por quatro estágios de desenvolvimento durante seu ciclo de vida: ovo, larva, ninfa e adultos. A deposição de ovos começa dentro de 2 dias após a fêmea atingir a maturidade sexual e continua ao longo de sua vida de 14 a 20 dias. As larvas recém-eclodidas assemelham-se ao adulto, mudando de cor de claro para amarelo-limão após a muda para o estágio ninfal. Os adultos têm um corpo alongado, em forma de cunha (0,15 mm) e geralmente apresentam-se com uma cor palha a amarela (Mendonça; Silva, 2009; Qureshi *et al.*, 2023). Machos e fêmeas têm uma vida média de 6 a 14 dias, em temperatura média de 27°C, e no campo as fêmeas podem viver cerca de 30 dias no inverno. Em altas infestações vê-se sobre os frutos uma camada esbranquiçada (Mendonça; Silva, 2009; Qureshi *et al.*, 2023).

2.2.3 Ácaro-texano (*Eutetranychus banksi*)

O ácaro texano, *E. banksi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), é um importante artrópode fitófago dos citros registrado pela primeira vez em citros em 1935 no Vale do Rio Grande, no Texas (Dean, 1952). No Brasil a espécie foi relatada pela primeira vez em citros na Bahia (Bondar, 1928). Atualmente está amplamente distribuído pelas Américas, sendo citado do sul dos Estados Unidos ao norte da Argentina e relatado na maioria dos países da América Latina, infectando em torno de 126 hospedeiros pertencentes a 30 famílias de plantas (Migeon; Dorkeld, 2024).

Em citros, *E. banksi* se alimenta consumindo o conteúdo de células do mesófilo, reduzindo a capacidade fotossintética foliar e promovendo desfolha. Tudo isso pode resultar na diminuição da produtividade e danos estéticos aos frutos produzidos, resultando em falta de pigmentação, o que pode reduzir seu valor econômico (García *et al.*, 2003; Vacante, 2010; Monzó *et al.*, 2016).

O ácaro *E. banksi* é um dos artrópodes fitófagos mais importantes que afetam os citros, em partes devido ao controle biológico limitado por inimigos naturais. O principal dano causado por esse ácaro é o bronzeamento foliar, com manchas cloróticas e aspecto prateado, e sob ataque intenso, algumas folhas caem. O *E. banksi* é uma das espécies de ácaros mais polífagos, sendo relatada em diversas culturas e muitas plantas ornamentais (Migeon; Dorkeld, 2024).

E. banksi apresenta uma alta variação morfológica entre populações e hospedeiros, o que muitas vezes leva a identificações errôneas. Além disso, essas variações podem ocorrer em uma mesma população, principalmente em relação ao comprimento e formato das cerdas dorsais (Mattos; Feres, 2009), sendo, portanto, considerada uma espécie politépica.

Os ovos deste ácaro são planos e em forma de disco com uma borda fina, eles variam em cores de amarelo claro a verde claro. As ninfas são muito semelhantes às fêmeas em forma e cor, as fêmeas são largas, resistentes e planas e a coloração varia de verde acastanhado a

marrom escuro. Já os machos têm corpo triangular e são menores que as fêmeas, com pernas um pouco maiores, eles variam em coloração de bronzeado a marrom claro (Castro *et al.*, 2019).

Os ácaros do gênero *Eutetranychus* (Acari: Tetranychidae) alimentam-se principalmente de folhas arbustivas e arbóreas (Jeppson *et al.*, 1975; Bolland *et al.*, 1998) e fazem pequenas teias nas folhas das plantas (Saito, 2010; Vacante, 2010). As folhas são o melhor substrato alimentar para o seu desenvolvimento, uma vez que os ácaros preferem viver mais densamente sobre elas em vez de se deslocarem para os frutos, apresentando preferências pelos lados superiores das folhas na periferia da copa das árvores (Landeros *et al.*, 2004; Rogers; Stansly, 2017; López-Olmos; Ferragut, 2023).

2.3. Manejo Integrado de Pragas

No final da década de 1950 nos Estados Unidos, Stern *et al.* (1959) introduziram o conceito de “controle integrado”, definido como “um controle aplicado de pragas que combina e integra controle biológico e controle químico”. O controle químico deve ser utilizado conforme necessário e de maneira a causar menos impactos negativos sobre o controle biológico incluindo inimigos naturais, assim, este conceito tornou-se a base de todos os programas de manejo integrado de pragas (MIP) (Stern *et al.*, 1959).

Desde então o público em geral começou a tomar consciência dos efeitos nocivos dos pesticidas sobre o meio ambiente. Adicionalmente, surgiram as primeiras considerações científicas em relação à integração do controle biológico e do controle químico (Bosch; Stern, 1962; Castle; Naranjo, 2009) e esses estudos têm continuado desde então. O primeiro programa de controle integrado foi desenvolvido para manejar o pulgão-da-alfafa, *Therioaphis maculata* (Buckton) (Homoptera: Aphididae), em alfafa cultivada para feno na década de 1950 (Ehler, 2006).

As tecnologias de MIP baseiam-se em uma compreensão abrangente do comportamento, biologia e ecologia das pragas (Stenberg, 2017; Deguine *et al.*, 2021). Diversas tecnologias de MIP estão atualmente em uso ao redor do mundo, cada uma abordando um ou mais aspectos específicos do manejo de artrópodes fitófagos, incluindo prevenção, monitoramento e controle (Kogan, 1998).

Essas tecnologias são classificadas em quatro categorias principais: biológicas, químicas e culturais/mecânicas, englobando manipulação de habitat, variedades resistentes e ferramentas biotecnológicas (Frank *et al.*, 2022). As tecnologias biológicas utilizam inimigos naturais para controlar as populações de artrópodes fitófagos. Os inimigos naturais podem ser predadores, patógenos ou parasitoides (Garcia, 2008). O controle químico dentro do MIP faz a utilização de pesticidas químicos sintéticos ou até mesmo naturais (alternativos) para o controle de artrópodes fitófagos, buscando sempre aqueles que sejam seletivos aos inimigos naturais, avaliando os riscos e custos de aplicação.

Assim, deve-se utilizar produtos que ocasionem menos impactos negativos sobre os inimigos naturais, que sejam menos tóxicos ao homem e com um menor custo por hectare (Hoffmam-Campo *et al.*, 2000). O óleo fixo de algodão e a calda sulfocálcica podem ser boas opções para o controle químico alternativo devido a sua baixa toxicidade para mamíferos e baixo impacto ambiental, além de possuírem ampla aceitação pública (Sertkaya; Kaya; Soyulu, 2010).

As técnicas culturais/mecânicas no MIP, incluem práticas que possibilitam a maximização da produção agrícola, adequando o ambiente de forma a desfavorecer os surtos populacionais de artrópodes fitófagos. Alguns exemplos dessas práticas incluem rotação de culturas, aração, gradagem, época de plantio e densidade/espacamento (Picanço, 2010). As tecnologias do MIP quando cuidadosamente combinadas, suprimem as populações de artrópodes fitófagos de maneira ambiental e economicamente sustentável, gerando maiores rendimentos e produção livre de fitófagos e resíduos químicos (Niassy *et al.*, 2022).

A adoção do MIP é muito importante, pois dentro do contexto real ocorre o uso intensivo de agrotóxicos nas lavouras, cujas consequências econômicas, ambientais e sociais são

percebidas no aumento dos custos de produção, na perda da biodiversidade, contaminação do solo e da água. Além da intoxicação dos produtores e resíduos químicos nos alimentos ofertados aos consumidores, esses desdobramentos têm fomentado o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, como pesticidas ecológicos à base de óleos (Sampaio *et al.*, 2023).

2.4. Alternativas ecológicas no controle de pragas

2.4.1 Óleos Fixos Vegetais

Novas alternativas para o manejo de artrópodes fitófagos vêm sendo investigadas, como o uso de óleos fixos vegetais (Lovatto *et al.*, 2012). Uma vantagem é que os produtos naturais derivados de plantas fornecem novos compostos ativos que os artrópodes não podem inativar (Soares *et al.*, 2018). Diversos estudos em escala de laboratório, principalmente, demonstraram a bioatividade de misturas de óleos vegetais e emulsificantes no controle de artrópodes fitófagos agrícolas, incluindo a *Aleurocanthus woglumi* e ácaros da família Eriophyidae (Silva *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2017; Teodoro *et al.*, 2017).

Os óleos fixos, também conhecidos como óleos brutos, são ricos em substâncias lipídicas, especialmente ácidos graxos (Chira *et al.*, 2016; Teodoro *et al.*, 2019). E a utilização desses óleos vegetais e seus constituintes é uma alternativa para o manejo integrado de artrópodes fitófagos.

A toxicidade dos óleos fixos é atribuída aos compostos com cadeias carbônicas em sua composição (Oliveira *et al.*, 2017). Esses compostos correspondem a ácidos carboxílicos de cadeia longa, podendo ser saturados ou insaturados (Chira *et al.*, 2016; Giakoumis, 2018). Os óleos fixos também possuem outras substâncias como esteróis, hidrocarbonetos, álcoois graxos e tocoferóis (Giakoumis, 2018). E muitos desses compostos vêm sendo estudados também como uma nova alternativa para o controle de artrópodes fitófagos agrícolas (Oliveira *et al.*, 2017; Teodoro *et al.*, 2017; Farias *et al.*, 2018; Freitas *et al.*, 2019).

Embora haja evidências consideráveis de que sua gama de atividades cobre um espectro taxonômico muito mais amplo, os ácidos graxos são principalmente tóxicos para insetos. Estudos com testes de fumigação demonstraram que moléculas de ácidos graxos podem adentrar nos espiráculos e produzir efeitos tóxicos ao se ligarem à camada externa cerosa da cutícula com posterior penetração nos tecidos do corpo, demonstrando potencial para o uso no controle de artrópodes fitófagos e como fumigantes, isoladamente ou em misturas com outros ingredientes ativos (Sims *et al.*, 2014).

O modo pelo qual os óleos vegetais podem agir sobre os artrópodes fitófagos ainda é pouco descrito na literatura, porém alguns autores destacam que seu modo de ação ocorre principalmente por contato, causando bloqueio das trocas gasosas (Fenigstein *et al.*, 2001). Podem também provocar um efeito físico de redução da movimentação e alimentação dos organismos nas áreas tratadas (Farias *et al.*, 2018; Freitas *et al.*, 2019; Teodoro *et al.*, 2019).

Sabe-se que os ácidos graxos exercem toxicidade ao bloquear os espiráculos dos insetos, causando rupturas cuticulares que levam à desidratação (Sims *et al.*, 2014). Ação observada em um estudo com a cochonilha *Orthesia praelonga* (Homoptera: Orthesiidae), inseto sugador, onde no qual os óleos de soja degomada, dendê e algodão foram tóxicos e repelentes à *O. praelonga*, além de serem seletivos para o crisopídeo, importante inimigo natural da espécie (Farias *et al.*, 2018).

Em outro estudo, foi observado que os óleos fixos de algodão e de soja foram considerados eficientes no controle de ninfas da *A. woglumi* em condições de laboratório, onde o óleo de algodão proporcionou maior ação ovicida com menor porcentagem de eclosão de ovos (Silva *et al.*, 2012). Outro trabalho realizado para avaliar o efeito dos óleos vegetais de amendoim, mamona, soja e girassol sobre a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) (Hemiptera: Aleyrodidae), demonstrou que além de tóxicos, os óleos vegetais também causaram redução da oviposição, sendo o óleo de amendoim o mais eficiente (Fenigstein *et al.*, 2001).

Estudos com artrópodes fitófagos e seus inimigos naturais demonstraram que quando comparados os efeitos tóxicos de óleos vegetais, mostrou-se que o uso de óleo de algodão foi letal e repelente contra *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), como também seletivo ao ácaro predador *Typhlodromus ornatus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) (Teodoro *et al.*, 2017) e seletivo ao ácaro predador, *Neoseiulus baraki* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) (Teodoro *et al.*, 2020). Outro estudo evidenciou que os óleos de soja degomada e coco, além de tóxicos para o *A. guerreronis*, também apresentaram considerável seletividade ao predador *N. baraki* (Oliveira *et al.*, 2017).

O ácido linoleico é o composto majoritário do óleo fixo de algodão e do óleo de soja degomado (Teodoro *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017). Isso, em parte, explica sua eficiência, pois o ácido linoleico é considerado tóxico e possui efeito repelente em insetos. Ademais, o óleo de soja degomado é uma gordura insaturada de cadeia longa e alto ponto de ebulição, atuando como repelente de contato, como demonstrado em um estudo com *Stomoxys calcitrans* L. (Diptera: Muscidae) (Hieu *et al.*, 2014).

2.4.2 Calda Sulfocálcica

A calda sulfocálcica é um método agrônômico empregado desde meados do século XIX, destacando-se pela eficácia no controle de artrópodes fitófagos, sendo amplamente utilizada e recomendada (Prates, 1999). Este produto alternativo demonstra alta eficiência no manejo de artrópodes fitófagos e doenças em diversas culturas, incluindo o controle de ácaros fitófagos (Russell, 2005; Tuelher *et al.*, 2014; Ajila *et al.*, 2019). Além de suas propriedades inseticidas, acaricidas e fungicidas, a calda sulfocálcica é também utilizada como fertilizante foliar, proporcionando uma abordagem integrada no manejo de pragas e na nutrição das plantas devido à presença de nutrientes essenciais como cálcio e enxofre (Schwengber; Schiedeck; Gonçalves, 2007).

A composição da calda sulfocálcica, essencialmente formada por polissulfetos de cálcio, é obtida pela reação entre óxido de cálcio (proveniente da cal virgem) e enxofre, quando dissolvidos em água e submetidos à fervura. Este defensivo é amplamente aceito e utilizado em culturas orgânicas devido ao seu baixo impacto ecológico e compatibilidade com práticas de manejo orgânico, mostrando-se eficaz em culturas de alto valor (Venzon *et al.*, 2006; Schwengber; Schiedeck; Gonçalves, 2007; Soto *et al.*, 2010; Venzon *et al.*, 2012; Andreazza *et al.*, 2017; Ajila *et al.*, 2019).

O efeito pesticida da calda sulfocálcica ocorre pela liberação de gases como dióxido de enxofre e sulfeto de hidrogênio, resultantes da reação entre o ar e a solução de carbonato de cálcio e enxofre. Esta solução é aplicada por pulverização nas folhas ou frutos (Ajila *et al.*, 2019). Os efeitos tóxicos do enxofre sobre os ácaros podem ser atribuídos ao enxofre elementar e ao sulfeto de hidrogênio (H₂S) liberado pela degradação do enxofre após a aplicação. O H₂S inibe a oxidação do citocromo, enquanto o enxofre elementar oxida o citocromo B a C, liberando mais H₂S dentro da célula (Dorman, 2002; Dahlawi; Siddiqui, 2016).

Concentração inicial da calda (° Bé)	Concentração final desejada da calda sulfocálcica em graus Baumé (° Bé)							
	4,0°	3,0°	2,0°	1,5°	1,0°	0,8°	0,5°	0,3°
32°	9,0	12,4	19,3	26,2	38,7	50,0	81,0	137,0
31°	8,6	11,9	18,5	25,1	38,1	48,0	77,0	131,0
30°	8,2	11,3	17,7	24,0	36,5	46,0	74,0	129,0
29°	7,8	10,8	17,0	23,0	34,8	44,0	71,0	120,0
28°	7,4	10,3	16,2	21,9	33,3	42,0	68,0	116,0

Figura 1. Quadro de diluição da calda sulfocálcica a preparar a partir da calda original, de acordo com diferentes concentrações. Fonte: Embrapa Clima Temperado, 2007.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJILA, H.; VACACELA, E.; OLIVEIRA, F. e; LEMOS, F.; HADDI, K.; COLARES, F.; GONÇALVES, P. H. M.; VENZON, M.; PALLINI, A. Effects of lime sulfur on *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis*, two naturally occurring enemies of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 76, n. 3, p. 996-1003, 13 out. 2019. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/ps.5608>.

ANDREAZZA, F.; AJILA, H. e V.; HADDI, K.; COLARES, Fe.; PALLINI, A.; OLIVEIRA, E. e. Toxicity to and egg-laying avoidance of *Drosophila suzukii* (Diptera: drosophilidae) caused by an old alternative inorganic insecticide preparation. **Pest Management Science**, [S.L.], v. 74, n. 4, p. 861-867, dez. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4772>.

BARRY, G. H.; CARUSO, M.; GMITTER, F. G. Commercial scion varieties. In: TALON, M.; CARUSO, M. (Eds.). **The Genus Citrus**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2020. p. 83-104.

BOLLAND, H. R.; GUTIERREZ, J.; FLECHTMANN, C. H. W. **World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae)**. Leiden: Brill Academic Publishers, 1998. 74–83 p.

BONDAR, G. Relatório. **Boletim do Laboratório de Patologia Vegetal**, v. 4, p. 39-46, 1928.

BOSCH, R. van DEN; STERN, V. M. The integration of chemical and biological control of arthropod pests. **Annual Review of Entomology**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 367-386, jan. 1962. Annual Reviews. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.07.010162.002055>.

BUENO, A. de F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O. de F.; FRANÇA-NETO, J. de B.; NAIME NISHIKAWA, M. A.; FILHO, A. L. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, n. 7, p. 937–945, 1 jul. 2011.

CARVALHO, L. M.; CARVALHO, H. W. L.; BARROS, I.; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S. New scion-rootstock combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils. **Sci. Hortic.**, v. 243, p. 169-176, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.032>

CARVALHO, R. DA S.; FANCELLI, M. **Mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) Ocorrência, hospedeiros, danos, disseminação, monitoramento e controle**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021. 34p. il. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 247).

CASTLE, S.; NARANJO, S. E. Sampling plans, selective insecticides and sustainability: the case for IPM as ‘informed pest management’. **Pest Management Science**, v. 65, n. 12, p. 1321–1328, dez. 2009.

CASTLE, W. S.; BADWIN, J. C. Young-tree performance of juvenile sweet orange scions on swingle citrumelo rootstock. **HortScience**, v. 46, p. 541-552, 2011.

CASTRO, M. T. de; MONTALVÃO, S. C. L.; NAVIA, D.; FLECHTMANN, C. H. W.; MONNERAT, R. G. First report of *Eutetranychus banksi* (McGregor) on mahogany (Swietenia

- macrophylla King). **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.119617>.
- CHIRA, N. A.; NICOLESCU, A.; STAN, R.; ROSCA, S. Fatty acid composition of vegetable oils determined from ^{13}C -NMR spectra. **Revista de Chimie**, [S.l.], v. 67, n. 7, p. 1257-1263, 2016.
- CLAUSEN, C. P. Biological control of citrus insects. In: REUTHER, W.; CALAVAN, E. C.; CARMAN, G. E. (Ed.). **The citrus industry**. Berkeley: University of California, v. 4, p. 276-320, 1978.
- DAHLAWI, S. M.; SIDDIQUI, S. Calcium polysulphide, its applications and emerging risk of environmental pollution—a review article. **Environmental Science and Pollution Research**, [S.l.], v. 24, n. 1, p. 92-102, 19 out. 2016. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-7842-3>
- DEAN, H. A. Spider Mites of Citrus and Texas Citrus Mite Control in the Lower Rio Grande Valley of Texas. **Journal of Economic Entomology**, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 1051-1056, 1 dez. 1952. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/45.6.1051>.
- DEGUINE, J.-P.; AUBERTOT, J.-N.; FLOR, R. J.; LESCOURRET, F.; WYCKHUYS, K. A. G.; RATNADASS, A. Integrated pest management: good intentions, hard realities. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 1-35, 11 maio 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>.
- DONKERSLEY, P.; SILVA, F. W. S.; CARVALHO, C. M.; AL-SADI, A. M.; ELLIOT, S. L. Biological, environmental and socioeconomic threats to citrus lime production. **Journal of Plant Diseases and Protection**, [S.L.], v. 125, n. 4, p. 339-356, 21 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s41348-018-0160-x>.
- DORMAN, D. C. Cytochrome Oxidase Inhibition Induced by Acute Hydrogen Sulfide Inhalation: correlation with tissue sulfide concentrations in the rat brain, liver, lung, and nasal epithelium. **Toxicological Sciences**, [S.l.], v. 65, n. 1, p. 18-25, 1 jan. 2002. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/toxsci/65.1.18>.
- EHLER, L. E. Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. **Pest Management Science**, v. 62, n. 9, p. 787–789, 1 set. 2006.
- FARIAS, A.P.; TEODORO, A. V.; PASSOS, E. M.; SENA FILHO, J. G.; SANTOS, M. C.; JUMBO, L.V. Bio-actividad de aceites vegetales a *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Orthezidae) y selectividad a su predador. **Revista de Protección Vegetal**, v. 33, p. 1-9, 2018.
- FENIGSTEIN, A.; FENIGSTEIN, J.; SAKSON, M.; SHKEDRIN, M. Effects of five vegetable oils on the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci*. **Phytoparasitica**, v. 29, n. 3, p. 197-206, 2001.
- FONSECA, A. R.; BATISTA, D. R.; AMARAL, D. P.; CAMPOS, R. B. F.; SILVA, C. G.; SILVA, C. G. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) urbanas em um hospital no município de Luz, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Science**, v. 32, n. 1, p. 29–34, 1 jan. 2010.

FRANK, S.; BRADLEY, L.; MOORE, K. Integrated pest management, chapter 8. In: **NORTH CAROLINA EXTENSION GARDENER HANDBOOK**. 2. ed. Raleigh, NC: NC State Extension, 2022. Disponível em: <http://content.ces.ncsu.edu/8-integrated-pest-management-ipm>.

FREITAS, G. S. de; SENA FILHO, J. G. de; SARAIVA, W. V. ARAUJO; VIEIRA, I. G.; OLIVEIRA, E. E.; TEODORO, A. V. Acaricidal activity of palm oil on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and a nontarget predator. **Journal of Entomological Science**, v. 54, n. 2, p. 60-68, 2019.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; NETO, S. S. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GARCÍA, E.; MÁRQUEZ, A. L.; ORLA, S.; ALVARADO, P. Caracterización de la presencia de *Eutetranychus banksi* (McGregor) y *Eutetranychus orientalis* (Klein) en el Sur de España. **Phytoma España**, n. 153, p. 90–96, 2003.

GARCIA, F. R. M. **Zoologia Agrícola: manejo ecológico de pragas**. 3. ed. Porto Alegre: Editora Rigel, 2008. 256 p.

GARZIA, G. T.; LILLO, E. D. Geographic distribution of *Phyllocoptruta oleivora* in the Mediterranean Basin, with particular emphasis on Italy. **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, n. 6, p. 1021, 4 jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11158/saa.23.6.1>.

GIAKOUMIS, E. G. Analysis of 22 vegetable oils' physico-chemical properties and fatty acid composition on a statistical basis, and correlation with the degree of unsaturation. **Renewable Energy**, v. 126, p. 403–419, 2018.

GOMES, A. M. S. DO V.; REIS, F. DE O.; LEMOS, R. N. S. DE; MONDEGO, J. M.; BRAUN, H.; ARAUJO, J. R. G. Physiological characteristics of citrus plants infested with citrus blackfly. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, n. 2, p. 119-123, 2019.

GUEDES, R. N. C.; SMAGGHE, G.; STARK, J. D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, v. 61, n. 1, p. 43-62, 11 mar. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023646>.

HIEU, T. T.; CHOI, W. S.; KIM, S.; WANG, M.; AHN, Y.-J. Enhanced repellency of binary mixtures of *Calophyllum inophyllum* nut oil fatty acids or their esters and three terpenoids to *Stomoxys calcitrans*. **Pest Management Science**, [S.L.], v. 71, n. 9, p. 1213-1218, 15 out. 2014.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70 p. (Circular Técnica, 30).

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** (Maio, 2024). Tabela 1618: Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 jun. 2024.

- JEPPSON, L. R.; KEIFER, H. H.; BAKER, E. W. **Mites Injurious to Economic Plants**. Berkeley: University of California Press, 1975. 614 p.
- KALKAN, Ç.; SATAR, S. Resistance of *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae) to acaricides in Turkey. **Crop Protection**, v. 182, p. 106742, ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106742>.
- KE, Z.; YANG, Y.; TAN, S.; ZHOU, Z. Characterization of Polymethoxylated Flavonoids in the Peels of Chinese Wild Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) by UPLC-Q-TOF-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 10, n. 5, p. 1328–1338, 2017.
- KOGAN, M. Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, n. 1, p. 243–270, jan. 1998.
- LANDEROS, J.; CERNA, E.; BADI, M. H.; VARELA, S.; FLORES, A. E. Patrón de distribución espacial y fluctuación poblacional de *Eutetranychus banksi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) y su depredador *Euseius mesembrinus* (Dean) (Acari: Phytoseiidae). **Acta Zoológica Mexicana (N.S.)**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 147-155, 14 jun. 2004. Instituto de Ecología, A.C. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21829/azm.2004.2031588>.
- LEMO, K. L.; LEMO, R. N. S.; MEDEIROS, F. R.; SILVA, E. A.; MESQUITA, M. L. R.; ARAÚJO, J. R. G. Insecticidal activity of *Azadirachta indica* A. Juss. extracts on *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae). **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 11, n. 13, p. 260-263, 2017.
- LOPES, G. DA S.; LEMO, R. N. S.; ARAÚJO, J. R. G.; MARQUES, L. J. P.; VIEIRA, D. L. Preferência para oviposição e ciclo de vida de mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 738-745, 2013.
- LÓPEZ-OLMOS, S.; FERRAGUT, F. The newcomer takes it all: the invader Texas citrus mite, *Eutetranychus banksi* (Acari: Tetranychidae). **Biological Invasions**, v. 25, n. 10, p. 3171-3192, 13 jun. 2023. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-023-03099-z>.
- LOVATTO P. B.; MARTINEZ E. A.; MAUCH C. R.; SHIEDEK G. A utilização de espécie *Melia azedarach* L (Meliaceae) como alternativa à produção de insumos ecológicos na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 137-149, 2012.
- MARTINS, C. R.; CARVALHO, H. W. L.; TEODORO, A. V.; SOARES FILHO, W. S.; PASSOS, O. S. Agronomical performance of citrus scion cultivars grafted on lime in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 16-23, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1035250/1/CarlosMartinsteodor101201616232.pdf>
- MATTOS, V. M.; FERES, R. J. F. Padrão morfológico e ciclo de vida de *Eutetranychus banksi* (Acari: Tetranychidae) de diferentes locais e hospedeiros. **Zoologia (Curitiba)**, v. 26, n. 3, p. 427-442, set. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-46702009000300007>.
- MCCOY, C. W.; ALBRIGO, L. G. Feeding Injury to the Orange Caused by the Citrus Rust Mite, *Phyllocoptruta oleivora* (Prostigmata: eriophyoidea). **Annals Of The Entomological**

- Society Of America**, [S.L.], v. 68, n. 2, p. 289-297, 17 mar. 1975. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/aesa/68.2.289>.
- MEISSLE, M.; MOURON, P.; MUSA, T.; BIGLER, F.; PONS, X.; VASILEIADIS, V. P.; OTTO, S.; ANTICHI, D.; KISS, J.; PÁLINKÁS, Z.; DORNER, Z.; VAN DER WEIDE, R.; GROTEN, J.; CZEMBOR, E.; ADAMCZYK, J.; THIBORD, J.-B.; MELANDER, B.; NIELSEN, G. C.; POULSEN, R. T.; ZIMMERMANN, O.; VERSCHWELE, A.; OLDENBURG, E. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, v. 134, n. 5, p. 357-375, 23 dez. 2009.
- MELO, M. B. DE; SILVA, L. M. S. DA. **Aspectos Técnicos dos Citros em Sergipe**. Aracaju-SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.
- MENDONÇA, M. C.; SILVA, L. M. S. Pragas dos citros. In: SILVA, L. M. S.; MENDONÇA, M. C. (Eds.). **Manual do manejador fitossanitário dos citros**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. p. 19-41.
- MENDONÇA, M. DA C.; OLIVEIRA, D. M. DE; SANTOS, T. S.; SILVA, L. M. S.; TEODORO, A. V. **Manejo fitossanitário da Mosca-Negra-dos-Citros *Aleurocanthus woglumi* em Sergipe**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 8p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 157).
- MIGEON, A.; DORKELD, F. **Spider Mites Web**: a comprehensive database for the Tetranychidae. Disponível em: <https://www1.montpellier.inrae.fr/CBGP/spmweb>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- MOLINA, R. O.; NUNES, W. M. C.; GIL, L. G.; RINALDI, D. A. M. F.; CROCE FILHO, J.; CARVALHO, R. C. Z. First report of citrus *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) in the state of Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 4, p. 472–475, ago. 2014.
- MONZÓ, C.; BOUVET, J. P.; ALONSO, M.; URBANEJA, A. Control químico del ácaro de Texas, *Eutetranychus banksi*, en cítricos. **Levante Agrícola**, v. 431, p. 126–134, 2016.
- MORAES, B. C. DE; SOUZA, E. B. DE; RIBEIRO, J. B. M.; FERREIRA, D. B. DA S.; MAIA, W. J. DE M. e S. Impacts of climate change in the ecoclimatology of *Aleurocanthus Woglumi* Ashby, 1903 (Hemiptera: aleyrodidae) in the state of Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 77-84, mar. 2014.
- NGUYEN, R.; AVAS, B. H.; FASULO, T. R. **Citrus Blackfly, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae)**. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, p. 5, 2007.
- NGUYEN, R.; HAMON, A.B.; FASULO, T.R. **Citrus Blackfly, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae)**. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, p. 1-5, 1998 (revisado em 2010).
- NIASSY, S.; MURITHII, B.; OMUSE, E. R.; KIMATHI, E.; TONNANG, H.; NDLELA, S.; MOHAMED, S.; EKESI, S. Insight on Fruit Fly IPM Technology Uptake and Barriers to Scaling in Africa. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 5, p. 2954, 3 mar. 2022. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/su14052954>.

OLIVEIRA, B.; MELO, C.; ALVES, P.; SANTOS, A.; SANTOS, A.; SANTANA, A.; ARAÚJO, A.; NASCIMENTO, P.; BLANK, A.; BACCI, L. Essential Oil of *Aristolochia trilobata*: Synthesis, Routes of Exposure, Acute Toxicity, Binary Mixtures and Behavioral Effects on Leaf-Cutting Ants. **Molecules**, v. 22, n. 3, p. 335, 25 fev. 2017.

PARKINSON, K.; SEALES, J. Citrus blackfly, its presence and management in Trinidad and Tobago. **Procaribe News: Network**, p. 11, 2000.

PENA, M. R.; SILVA, N. M. DA; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L.; HADDAD, M. L. Biologia da Mosca-Negra-dos-Citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae), em Três Plantas Hospedeiras. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 2, p. 254-261, 2009.

PICANÇO, M. C. **Manejo Integrado de Pragas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 146 p.

PORTELA, J. C.; LIBARDI, P. L.; VAN LIER, Q. de J. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 49-54, abr. 2001. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662001000100009>.

PRATES, H. S. **Caldas bordalesa, sulfocálcica e viçosa: produtos alternativos na citricultura**. 1999. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2024.

QIN, W.; HEINEN, M.; ASSINCK, F. B. T.; OENEMA, O. Exploring optimal fertigation strategies for orange production, using soil-crop modelling. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 223, p. 31–40, 2016.

QURESHI, J.; STELINSKI, L.; MARTINI, X.; DIEPENBROCK, L. M. 2023–2024 **Florida Citrus Production Guide: Rust Mites, Spider Mites, and Other Phytophagous Mites: CPG Ch. 24**, CG002/ENY-603, Rev. 5/2023. EDIS 2023 (CPG). Gainesville, FL, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.32473/edis-cg002-2023>.

RAGA, A.; BASILLI, J. F. M.; SOARES, D. Z. Comportamento de oviposição mosca-negrados-citros *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera : Aleyrodidae) em plantas cítricas. **Idesia**, v. 30, n. 2, p. 111–114, 2012.

RAGA, A.; IMPERATO, R.; MELO, W. J.; MAIA, S. Mosca-negra-dos-citros. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v. 34, n. 2, p. 57-63, 2013.

RINCÓN-BARÓN, E. J.; TORRES-RODRÍGUEZ, G. A.; GUERRA-SIERRA, B. E. Histopathological aspects in ripe fruits of Tahiti lime *Citrus citrus* x *latifolia* (Rutaceae) affected by phytophagous mites. **Persian Journal of Acarology**, v. 11, p. 713-729, 2022. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.22073/pja.v11i4.75693>.

ROGERS, M. E.; STANSLY, P. A. Rust mites, spider mites, and other phytophagous mites. In: **Florida Citrus Production Guide**. Florida: University of Florida (IFAS), 2017. p. 81-85.

ROUBOS, C. R.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; ISAACS, R. Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. **Biological Control**, v. 75, p. 28-38, ago. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.01.006>.

RUSSELL, P. E. A century of fungicide evolution. **The Journal of Agricultural Science**, v. 143, n. 1, p. 11-25, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859605004971>.

SÁ, L. A. N.; TAGLIARI, B. T.; OLIVEIRA, M. R. V.; ALMEIDA, G. R.; ROCHA, A. B. O. **Mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) em culturas de citros e de mangueira no estado de São Paulo e observações de sua biologia e controle**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 4 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 46).

SAITO, Y. Plant Mites. In: SAITO, Y. (Ed.). **Plant Mites and Sociality**. Tokyo: Springer, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-4-431-99456-5_2.

SAMPAIO, R. M.; FREDO, C. E.; COSTA, A. R.; BORTOLOTTI, G. Tecnologias fitossanitárias: um estudo do Manejo Integrado de Pragas (MIP) na produção paulista de laranja, LUPA 2016/2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 3, e258289, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.258289>.

SCHWENGBER, J. E.; SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M. M. **Preparo e utilização de caldas nutricionais e protetoras de plantas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 64 p.

SERTKAYA, E.; KAYA, K.; SOYLU, S. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.) (Acarina: tetranychidae). **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 107-112, jan. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.09.009>.

SHARMA, R.; PESHIN, R. Impact of integrated pest management of vegetables on pesticide use in subtropical Jammu, India. **Crop Protection**, v. 84, p. 105–112, 1 jun. 2016.

SILVA, J. G. DA; BATISTA, J. DE L.; SILVA, J. G. DA; BRITO, C. H. DE. Use of vegetable oils in the control of the citrus black fly, *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: aleyrodidae). **Revista Colombiana de Entomología**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 182-186, 31 dez. 2012.

SILVA, A. G.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C. Infestação da mosca-negra-dos-citros em pomares de citros, em sistema de plantio convencional e agroflorestal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 053–060, mar. 2011.

SILVA, A. G.; FARIAS, P. R. S.; JUNIOR, A. L. B. Mosca-Negra-dos-Citros: Características Gerais, Bioecologia e Métodos de Controle dessa Importante Praga Quarentenária da Citricultura Brasileira. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 3, p. 85–91, 2011.

SILVA, R. R.; TEODORO, A. V.; VASCONCELOS, J. F.; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; CARVALHO, H. W. L.; GUZZO, E. C. Citrus rootstocks influence the population densities of pest mites. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 1–6, 2016.

SIMS, S. R.; BALUSU, R.; NGUMBI, E. N.; APPEL, A. G. Topical and vapor toxicity of saturated fatty acids to the *German cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae). **Journal of Economic Entomology**, [S.L.], v. 107, n. 2, p. 758-763, 1 abr. 2014.

SOARES, T. N. A.; OLIVEIRA, V. L. F.; DIAS, G. G.; LIMA, M. A. G.; SANTOS, C. A. B. Insecticide potential of botanic extracts obtained from the flora of the Brazilian North East Region. **European Scientific Journal (Esj)**, [S.L.], v. 14, n. 18, p. 1, 30 jun. 2018.

SOTO, A.; VENZON, M.; OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, H. G.; PALLINI, A. Alternative control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) on tomato plants grown in greenhouses. **Neotropical Entomology**, [S.l.], v. 39, n. 4, p. 638-644, ago. 2010. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-566x2010000400027>.

STENBERG, J. A. A Conceptual Framework for Integrated Pest Management. **Trends In Plant Science**, [S.l.], v. 22, n. 9, p. 759-769, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2017.06.010>.

STERN, V. M.; SMITH, R. F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K. S. The integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, n. 2, p. 81–101, 1959.

TENNANT, P. F.; ROBINSON, D.; FISHER, L.; HUTTON, D.; WAYNE, P. C.; LAUGHLIN, M. Diseases and Pests of Citrus (*Citrus* spp.). **Tree and Forestry Science and Biotechnology**, v. 3, n. 2, p. 81–107, 2009.

TEODORO, A. V.; MENDONÇA, M. C.; NASCIMENTO, A. S.; SILVA, L. M. S.; FARIAS, A. P. **Características e Medidas de Controle das Principais Pragas dos Citros, nos Estados da Bahia e Sergipe**. Aracaju-SE: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2014.

TEODORO, A. V.; OLIVEIRA, N. N. F. C. DE; GALVÃO, A. S.; SENA FILHO, J. G. DE; PINTO-ZEVALLOS, D. M. Interference of plant fixed oils on predation and reproduction of *Neoseiulus baraki* (Acari: phytoseiidae) feeding on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **Biological Control**, [S.L.], v. 143, p. 104204, abr. 2020.

TEODORO, A. V.; SENA FILHO, J. G. de.; FERREIRA, J. M. S.; COELHO, C. R.; BRITO, D. R. B. **Uso de óleos vegetais no controle de pragas em plantas de jardins, hortas e pomares domésticos**. Documento: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 17, 2019.

TEODORO, A.; SILVA, M. J. S.; SENA FILHO, J. G.; OLIVEIRA, E.; GALVÃO, A.; SILVA, S. Bioactivity of cottonseed oil against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and side effects on *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 22, n. 7, p. 1037–1047, 2017.

TUELHER, E. S.; VENZON, M.; GUEDES, R. N. C.; PALLINI, A. Toxicity of organic-coffee-approved products to the southern red mite *Oligonychus ilicis* and to its predator *Iphiseiodes zuluagai*. **Crop Protection**, [S.l.], v. 55, p. 28-34, jan. 2014. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.09.011>.

TURRA, C.; VIAN, C. E. de F.; NIELSEN, F. A. G.; SANTOS, P. S.; PENTEADO, L. F. de F. Overview of the Brazilian Citriculture Certification. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v. 27, n. 4, p. 663–679, 2014.

VACANTE, V. **Citrus mites: identification, bionomy and control**. Wallingford: CABI Publishing, 2010.

VENZON, M.; OLIVEIRA, R. M.; PEREZ, A. L.; RODRÍGUEZ-CRUZ, F. A.; MARTINS FILHO, S. Lime sulfur toxicity to broad mite, to its host plants and to natural enemies. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 69, n. 6, p. 738-743, 22 nov. 2012. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/ps.3431>.

VENZON, M.; ROSADO, M. da C.; PINTO, C. M. F.; DUARTE, V. da S.; EUZÉBIO, D. E.; PALLINI, A. Potencial de defensivos alternativos para o controle do ácaro-branco em pimenta. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 24, n. 2, p. 224-227, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362006000200021>.

VIEIRA, D. L.; BATISTA, J. DE L.; OLIVEIRA, R. DE; MALAQUIAS, J. B.; SOUZA, G. M.M. DE. *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: aleyrodidae) in citrus. **Citrus Pathology**, [S.L.], p. 121-136, 12 abr. 2017.

4. ARTIGO 1

POTENCIAL DO ÓLEO FIXO DE ALGODÃO NO CONTROLE DA MOSCA-NEGRA-DOS-CITROS *ALEUROCANTHUS WOGLUMI* (HEMIPTERA: STERNORRHYNCHA: ALEYRODIDADE) E DO ÁCARO-TEXANO *EUTETRANYCHUS BANKSI* (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Artigo formatado de acordo com as normas do periódico Scientia Plena

RESUMO

O principal polo citrícola do Nordeste compreende municípios do sul de Sergipe e do litoral norte da Bahia. Neste polo, o ataque de pragas como a mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi*) e o ácaro-texano (*Eutetranychus banksi*) contribuem para a baixa produtividade dos pomares. Desta forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a toxicidade do óleo fixo de algodão em *A. woglumi* e *E. banksi* em campo. Neste estudo, primeiramente determinaram-se as concentrações letais (CL) do óleo fixo de algodão a ninfas de 4º instar da mosca-negra em condições de laboratório. Posteriormente, a eficiência da CL₇₅ do óleo fixo de algodão no controle da mosca-negra foi avaliada de outubro de 2023 a abril de 2024 em pomar experimental de laranjeira, localizado no campo experimental da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Umbaúba, Sergipe. Embora as estimativas de CL foram conduzidas para a mosca-negra, avaliou-se também a sua eficiência no controle do ácaro-texano por este ocorrer concomitantemente com a mosca-negra no pomar experimental. O óleo mineral foi utilizado como controle positivo para fins de comparação da eficiência do óleo fixo de algodão no controle da mosca-negra e do ácaro-texano. Os resultados deste estudo demonstraram que o óleo fixo de algodão foi tóxico à mosca-negra em condições de laboratório. Adicionalmente, este óleo foi tão eficaz quanto o óleo mineral na redução das densidades da mosca-negra e do ácaro-texano em campo, mostrando-se uma alternativa para o manejo dessas pragas em pomares de laranjeira do polo citrícola de Sergipe e da Bahia.

Palavras-chave: óleos vegetais, *Citrus sinensis*, ácidos graxos, polo citrícola.

ABSTRACT

POTENTIAL OF FIXED COTTONSEED OIL IN CONTROL OF CITRUS BLACKFLY *ALEUROCANTHUS WOGLUMI* (HEMIPTERA: STERNORRHYNCHA: ALEYRODIDAE) AND OF TEXAS CITRUS MITE *EUTETRANYCHUS BANKSI* (ACARI: TETRANYCHIDAE)

The main citrus production area in the Northeast region of Brazil includes the south of Sergipe and the northern coast of Bahia. In this region, the attack of pests such as the citrus blackfly (*Aleurocanthus woglumi*) and the Texas citrus mite (*Eutetranychus banksi*) results in low yields in orchards. Thus, the aim of this study was to evaluate the toxicity of cottonseed oil to *A. woglumi* and *E. banksi* in the field. Initially, the lethal concentrations (LC) of fixed cottonseed oil for 4th instar blackfly nymphs were determined under laboratory conditions. Subsequently, the efficiency of fixed cottonseed oil at LC75 in controlling blackfly was evaluated from October 2023 to April 2024 in an experimental orange orchard located at the Embrapa Tabuleiros Costeiros experimental field in Umbaúba, Sergipe. Although the LC estimates were conducted for blackfly, the efficiency of cottonseed oil in controlling Texas citrus mite was also evaluated since it occurs concomitantly with blackfly in the experimental orchard. Mineral oil was used as a positive control in comparing the efficiency of fixed cottonseed oil for control of blackfly and Texas citrus mite. The results of this study showed that fixed cottonseed oil was toxic to blackfly under laboratory conditions. Additionally, this oil was as effective as mineral oil in reducing the densities of blackfly and Texas citrus mite under field conditions, proving to be an alternative for managing these pests in orange orchards in the citrus growing region of Sergipe and Bahia.

Keywords: vegetable oils, *Citrus sinensis*, fatty acids, citrus growing area

4.1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste compreende uma área de 98.574 ha destinada à produção de laranja [1], sendo o maior e principal polo citrícola desta região formado por municípios do sul de Sergipe e litoral norte da Bahia (Figura 1), evidenciando assim a importância econômica e social da atividade para a região. Nesta região, predominam pomares pouco tecnificados, de até 10 ha [2].

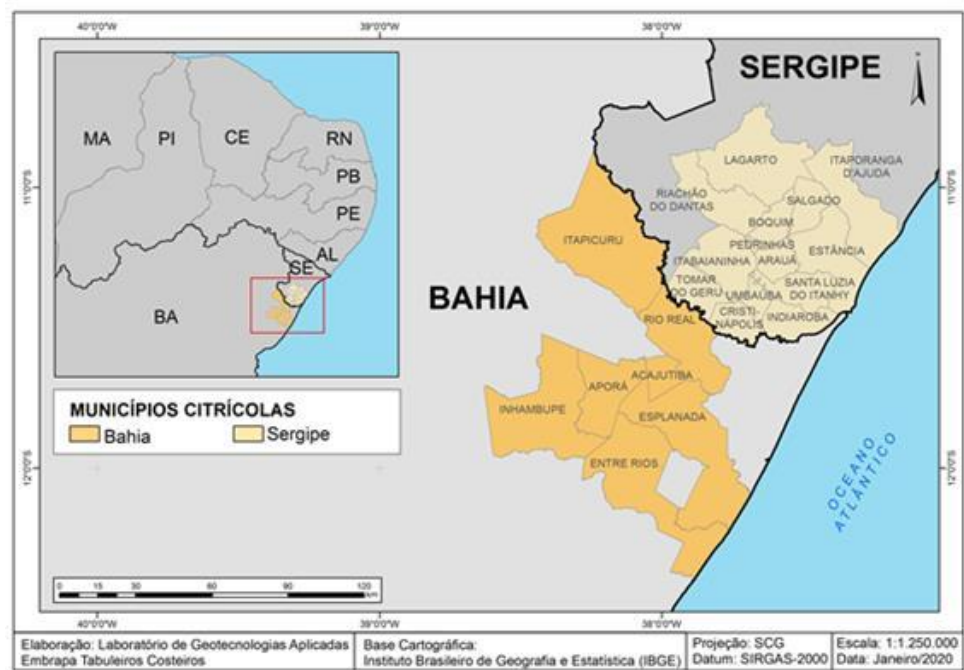


Figura 1. Mapa do polo citrícola de Sergipe e da Bahia com os municípios que o formam. No detalhe, a sua localização na região Nordeste.

Os pomares do polo citrícola de Sergipe e da Bahia são formados majoritariamente pela laranja doce 'Pêra' CNPMF-D6 enxertada sobre o limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) [3,4,5]. A produtividade dos pomares de laranja da região Nordeste é baixa quando comparada à do estado de São Paulo, que responde pela maior produção total e produtividade dos frutos [6]. Dentre os motivos para a baixa produtividade nos pomares do polo citrícola de Sergipe e da Bahia, cita-se o ataque de insetos e ácaros e a não adoção do manejo integrado de pragas [7].

A mosca-negra, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae), é um inseto polífago que ataca plantas cultivadas, ornamentais e espontâneas [5]. Porém, de modo geral, a mosca-negra apresenta preferência por espécies cítricas [8]. O ataque desta praga causa danos diretos devido à sucção contínua de nutrientes das folhas e danos indiretos com a fumagina, um fungo de cor escura do gênero *Capnodium*, que se desenvolve na substância açucarada excretada pelo inseto sobre a planta [9,10,11,12]. Este fungo leva à diminuição da produtividade e da qualidade da produção, além de reduzir a transpiração, aumentar a temperatura foliar e reduzir a assimilação fotossintética de carbono [12].

Outra praga de importância para os pomares do polo citrícola de Sergipe e da Bahia é o ácaro-texano, *Eutetranychus banksi* McGregor (Acari: Tetranychidae), uma espécie polífaga, relatada em diversos cultivos de importância econômica, inclusive os citros [13]. O ácaro-texano se alimenta do conteúdo de células do mesofilo, epiderme e parênquima de folhas e

frutos, o que reduz a capacidade fotossintética foliar e intensifica a desfolha, o que pode resultar em diminuição da produtividade, sobretudo na época seca do ano [14,15].

O controle de pragas como a mosca-negra e o ácaro-texano em cultivos comerciais de citros é geralmente realizado por meio de pulverizações frequentes de pesticidas sintéticos, o que pode levar à seleção de indivíduos resistentes, poluição do meio ambiente, acúmulo de resíduos nos frutos e a efeitos letais e subletais a inimigos naturais de pragas [16,17]. Por outro lado, produtores com baixo nível de tecnificação não utilizam qualquer forma de controle de pragas, enquanto produtores orgânicos possuem poucas opções, como o óleo mineral, para uso em seus pomares. Portanto, é patente a necessidade da disponibilização de alternativas de controle dessas pragas tanto para produtores tecnificados quanto para os não tecnificados e orgânicos.

Os óleos fixos vegetais, extraídos de sementes de oleaginosas, apresentam potencial no controle de pragas agrícolas em função dos ácidos graxos presentes em sua composição [18,19]. Os ácidos graxos são tóxicos para artrópodes, suas moléculas penetram nos artrópodes através dos espiráculos e produzem efeitos tóxicos ao se ligarem à camada externa cerosa da cutícula, penetrando nos tecidos do inseto [20].

Dentre os óleos fixos vegetais, o de algodão é um dos que apresenta maior potencial, como demonstrado por seus efeitos letal e repelente a diversas pragas agrícolas, como a mosca-negra e ácaros fitófagos [18,19,21,22,23,24]. Assim, o objetivo deste estudo foi primeiramente definir em laboratório uma concentração adequada do óleo fixo de algodão para o controle da mosca-negra *A. woglumi* e posterior avaliação de sua eficiência no controle desta praga e do ácaro-texano *E. banksi* em um pomar de laranjeira do polo citrícola de Sergipe e da Bahia.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Óleo fixo de algodão

O óleo fixo de algodão foi adquirido comercialmente e é composto por ácidos graxos, tanto saturados como insaturados [19]. O ácido graxo linoleico foi identificado como o composto majoritário, seguido pelo ácido oleico, por meio de cromatografia, enquanto os ácidos palmítico, linolênico, láurico, mirístico, esteárico, araquídico, beênico e lignocérico estiveram presentes em menores quantidades [19].

4.2.2 Toxicidade do óleo fixo de algodão para a mosca-negra

As concentrações letais (CL) do óleo fixo de algodão à mosca-negra foram estimadas em laboratório. Para tal, ninfas de 4º instar da mosca-negra foram coletadas em folhas de laranjeiras infestadas localizadas na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE (10°57'03,3"S, 37°03'07,4"O). Em relação às arenas experimentais, as folhas foram transferidas para espumas de poliuretano umedecidas e transferidas para placas de Petri. Tiras de algodão umedecido foram colocadas ao redor de cada folha para manter a turgescência, e o óleo fixo de algodão foi pulverizado por meio de uma torre de Potter a uma pressão de 0,34 bar (34 kPa) com uma alíquota de pulverização de 1,7 mL, com base em pré-testes de concentração-mortalidade.

Cinco concentrações (5; 10; 15; 20 e 25 µL/ml), ou seja, 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 % do óleo de algodão foram definidas a partir de bioensaio preliminar e usadas para estimar as concentrações letais à mosca-negra. Para cada concentração, 10 µL/ml (1%), de detergente neutro foi usado como emulsificante e diluído em água. Dez ninfas/folha de *A. woglumi* foram transferidas para cada arena contendo cinco repetições para cada concentração testada, totalizando 250 ninfas. Cinco arenas controle, sem pulverização, foram incluídas, totalizando 50 ninfas de mosca-negra. Após a pulverização, as arenas foram mantidas em BOD sob condições controladas de temperatura ($27,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotoperíodo de 12 horas. A mortalidade da mosca-negra foi registrada após 48h da pulverização, considerando-se mortas as ninfas de *A. woglumi* que se apresentavam secas ou com a hemolinfa escurecida em comparação com o tratamento controle.e3

4.2.3 Controle da mosca-negra e do ácaro-texano com óleo fixo de algodão em condições de campo

O experimento foi conduzido de outubro de 2023 a abril de 2024, durante o período seco do ano, em um pomar de laranja doce 'Pêra' CNPMF-D6 enxertada sobre o limoeiro 'Cravo' de 15 anos, não irrigado, localizado no campo experimental da Embrapa Tabuleiros Costeiros em Umbaúba (11°22'37''S, 37° 40' 26''O; 109 m de altitude), Sergipe.

O pomar experimental (Figura 2) encontrava-se há cerca de 10 anos sem adubação, podas e controle de pragas e doenças e, portanto, adequado para avaliação de pragas. Antes da instalação do experimento, constatou-se infestação natural tanto da mosca-negra *A. woglumi* quanto do ácaro-texano *E. banksi*, razão pela qual também se avaliou o efeito do óleo fixo de algodão neste segundo artrópode fitófago. O pomar é cadastrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para pesquisas com agrotóxicos e afins (RET n° 611/2023).



Figura 2. Delimitação do pomar experimental de laranja doce no campo experimental de Umbaúba, Sergipe.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três tratamentos (óleo de algodão, óleo mineral como controle positivo e controle) e quatro repetições (blocos) para cada tratamento, totalizando 12 plantas por tratamento. Cada parcela experimental continha três plantas, sendo apenas a planta central considerada como planta útil. O tratamento controle foi pulverizado com água destilada.

O óleo fixo de algodão foi aplicado em sua $CL_{75} = 16,47 \mu\text{L/mL}$, o que corresponde a aproximadamente 1,6% do óleo, diluído em $10 \mu\text{L/mL}$ (1%) de detergente neutro e em água destilada. A eficiência do óleo de algodão foi comparativamente avaliada com o óleo mineral (Agefix E8, Energis Brasil,) a $10 \mu\text{L/mL}$ (1%) conforme indicação do fabricante. Antes da primeira pulverização, procedeu-se a avaliação do número de ninfas da mosca-negra entre os tratamentos e adultos do ácaro-texano. Esta avaliação indicou que o nível populacional tanto da mosca-negra quanto do ácaro-texano era homogêneo entre os tratamentos, indicando condição adequada para o início das pulverizações com os óleos.

Os óleos de algodão e mineral foram aplicados mensalmente, no período da manhã, com exceção de janeiro de 2024 em função das observações indicarem o baixo nível populacional das pragas. As avaliações da abundância populacional das pragas foram conduzidas aproximadamente dez dias antes e dez dias após as aplicações, por meio da coleta de quatro folhas aleatoriamente de cada planta central útil (uma de cada quadrante) de cada parcela, para a contagem de ovos e ninfas da mosca-negra, bem como de ovos, imaturos (larvas, protoninfas e deutoninfas) e adultos do ácaro-texano.



Figura 3. Placa de identificação do pomar experimental para pesquisas com agrotóxicos e afins (A), planta de laranjeira utilizada no experimento (B) e pulverização de planta de laranjeira (C).

4.2.4 Análises estatísticas

Curvas de concentração-mortalidade foram estimadas por meio de análises Probit para determinar as concentrações letais (CL) do óleo fixo de algodão a ninfas da mosca-negra, *A. woglumi*, utilizando o software PoloPlus (PROBIT; PoloPlus versão 1.0). Os números de ovos e ninfas da mosca-negra bem como de ovos, imaturos e adultos do ácaro-texano, em função dos tratamentos, foram analisados separadamente por meio de Anovas para medidas repetidas, seguidas de teste de Fisher LSD ($P < 0,05$). Os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$ para as análises estatísticas, no entanto os dados não transformados são apresentados nas figuras.

4.3. RESULTADOS

O óleo fixo de algodão foi tóxico a ninfas da mosca-negra, *A. woglumi*, os valores de CL_{50} e CL_{75} são apresentados na (Tabela 1). Como as estimativas de concentrações letais foram realizadas para ninfas do 4º instar de *A. woglumi*, que é possivelmente a fase imatura mais resistente da praga, selecionou-se a CL_{75} do óleo fixo de algodão para avaliar seu potencial de controle da mosca-negra em condições de campo.

Tabela 1. Concentração letal (CL) ($\mu\text{L/mL}$) do óleo fixo de algodão a ninfas de 4º instar de *Aleurocanthus woglumi* após 48 horas de exposição.

n	g.l.	Inclinação da reta $\pm$ EP	CL_{50} (IC 95%)	CL_{75} (IC 95%)	χ^2	P
---	------	--------------------------------	--------------------	--------------------	----------	---

250	3	3,47 ± 0,405	10,5 (6,7 – 14,1)	16,47 (12,36 – 27,91)	6,61	0,08
-----	---	--------------	----------------------	--------------------------	------	------

n – número de repetições; g.l. – graus de liberdade; EP – erro padrão; IC 95% – intervalo de confiança a 95%; χ^2 : qui-quadrado; P – probabilidade

As avaliações de campo demonstraram que o número de ovos de *A. woglumi* se manteve baixa até janeiro de 2024 e aumentou a partir de fevereiro, com valores inferiores a dois ovos/folha, conforme observado para o tratamento controle (Figura 4). Tanto o óleo de algodão quanto o óleo mineral reduziram a quantidade de ovos da mosca-negra, considerando todo o período de avaliação, em comparação com o tratamento controle (Figuras 4, 5; $F_{2,9} = 22,23$; $P = 0,0003$).

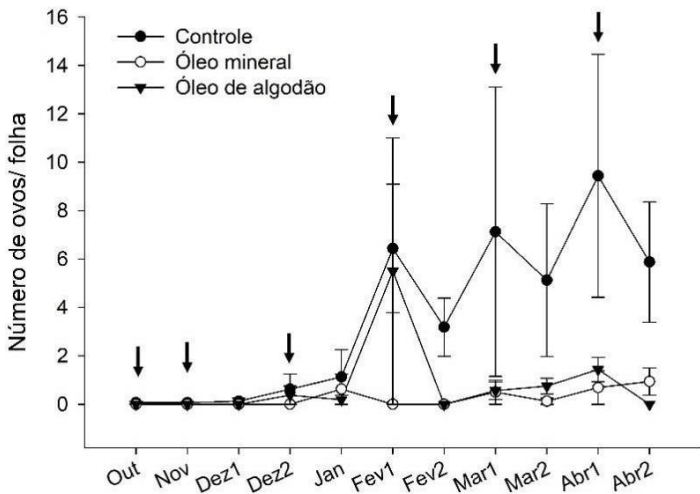


Figura 4. Número de ovos da mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi*, de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos.

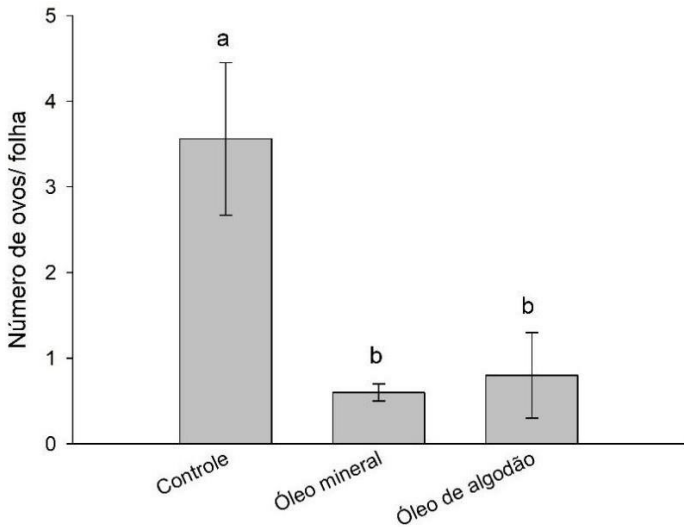


Figura 5. Número de ovos da mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi*, em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

Assim como para o número de ovos, o número de ninfas de *A. woglumi* nos meses iniciais se manteve baixa (outubro a dezembro de 2023), aumentando a partir da segunda metade do mês de dezembro de 2023 até abril de 2024, conforme observado para o tratamento controle. Para as ninfas, tanto o óleo fixo de algodão quanto o óleo mineral reduziram a abundância da população em comparação com o tratamento controle (Figuras 6, 7; $F_{2,9} = 41,90$; $P = 0,00002$).

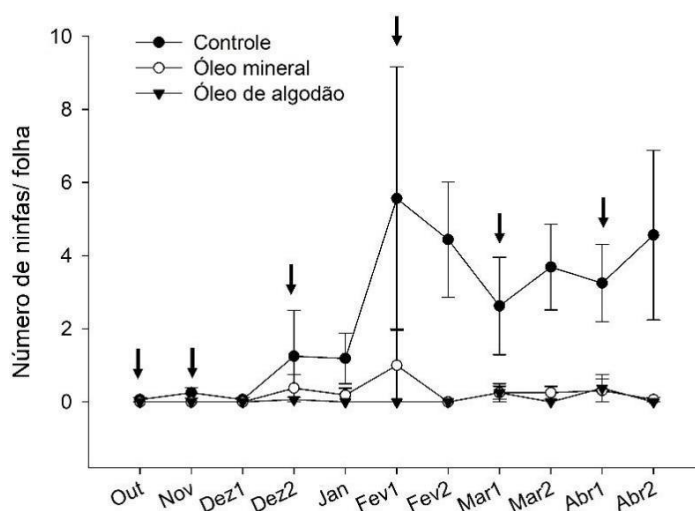


Figura 6. Número de ninfas da mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi*, de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos.

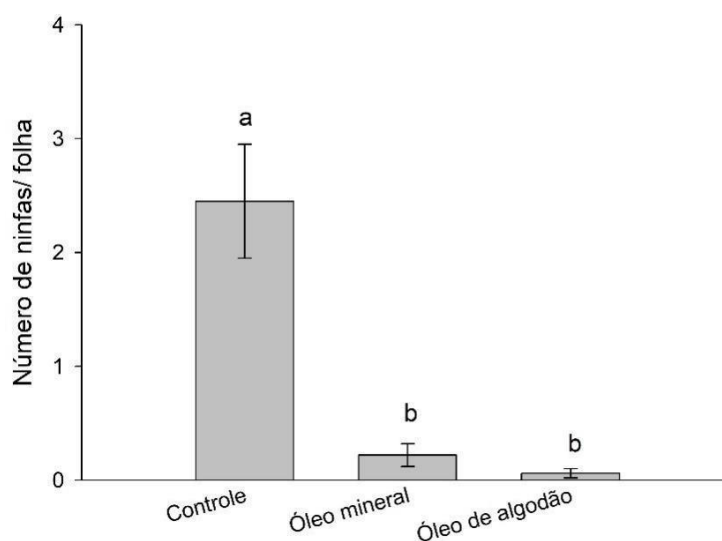


Figura 7. Número de ninfas da mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi*, em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da

Embrapa em Umuabua - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

As avaliações de campo demonstraram que o número de ovos do ácaro-texano, *E. banksi*, apresentou um pico em novembro de 2023, em março e em abril de 2024 conforme observado no tratamento controle. Já a abundância populacional nos tratamentos pulverizados com os óleos fixos de algodão e mineral mantiveram-se próximas a zero (Figura 8). Assim, as pulverizações tanto com o óleo fixo de algodão quanto com o óleo mineral reduziram o número de ovos do ácaro-texano em comparação com o controle (Figuras 8, 9; $F_{2,9} = 4,26$; $P = 0,04$).

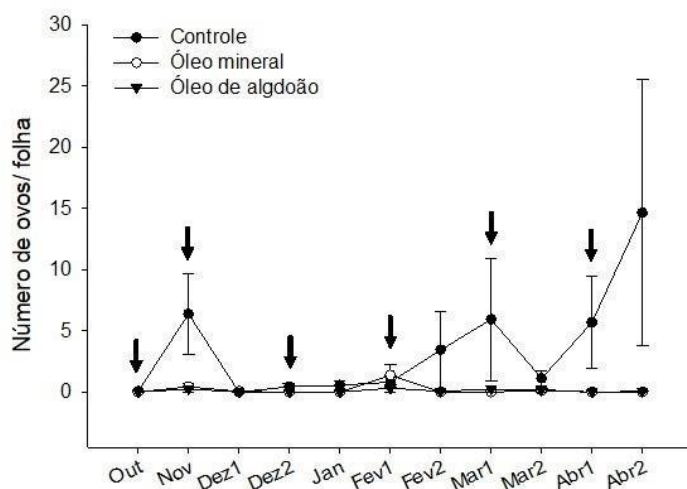


Figura 8. Número de ovos do ácaro-texano, Eutetranychus banksi, de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umuabua - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos.

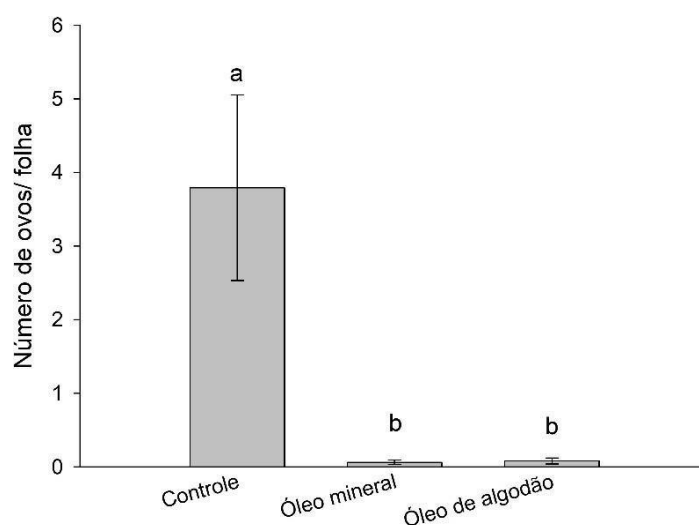


Figura 9. Número de ovos do ácaro-texano, Eutetranychus banksi, em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umuabua - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

O número de imaturos (larvas, protoninfas e deutoninfas) do ácaro-texano seguiu o padrão populacional de ovos desta praga, com picos em novembro de 2023, em março e em abril de 2024 conforme observado no tratamento controle. A abundância populacional da praga nos tratamentos pulverizados com os óleos fixos de algodão e mineral mantiveram-se próximas a zero (Figura 10). Dessa forma, os óleos reduziram o número de imaturos em relação ao controle (Figura 11; $F_{2,9} = 4,66$; $P = 0,04$).

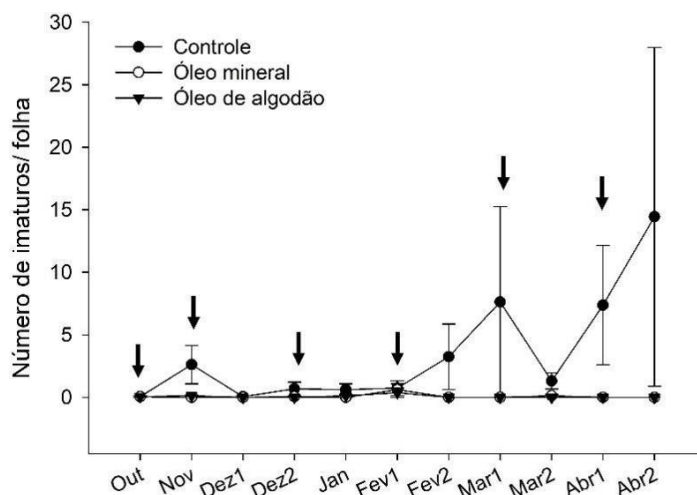


Figura 10. Número de imaturos do ácaro-texano, *Eutetranychus banksi*, de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umuarama - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos.

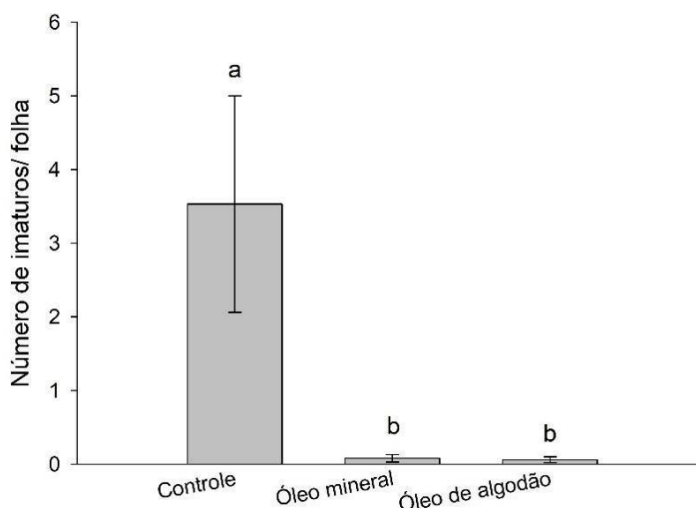


Figura 11. Número de imaturos do ácaro-texano, *Eutetranychus banksi*, em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umuarama - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

O número de adultos do ácaro-texano atingiu um pico populacional em novembro de 2023 e manteve-se alta de março a abril de 2024 conforme observado no tratamento controle. Já o número de adultos no tratamento controle foi próximo a zero durante o período de avaliação

(Figura 12). Assim, ambos os óleos reduziram o número de adultos em comparação com o controle (Figura 13; $F_{2,9} = 5,20$; $P = 0,03$).

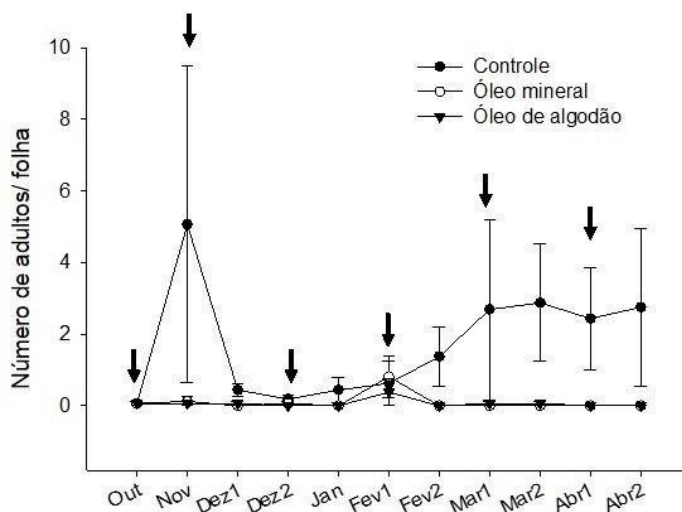


Figura 12. Número de adultos do ácaro-texano, *Eutetranychus banksi*, de outubro de 2023 a abril de 2024 em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Setas indicam pulverização dos óleos.

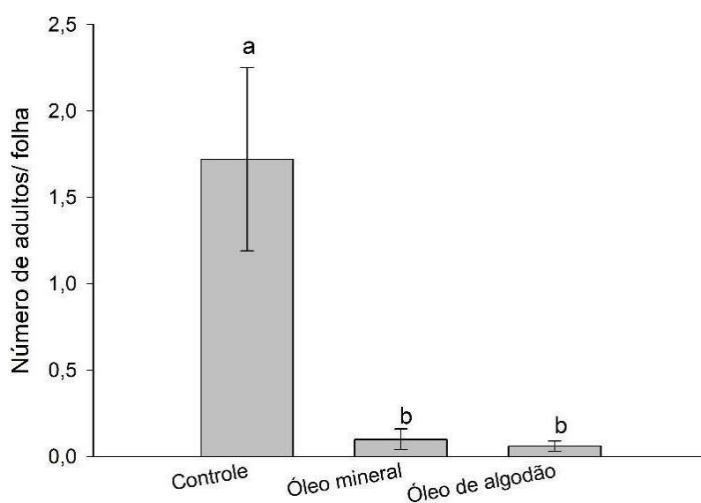


Figura 13. Número de adultos do ácaro-texano, *Eutetranychus banksi*, em laranjeiras pulverizadas com os óleos de algodão e mineral no campo experimental da Embrapa em Umbaúba - SE. Médias mensais $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

4.4. DISCUSSÃO

A disponibilização de alternativas de controle de pragas é crucial para o manejo de pragas agrícolas. Em relação à dinâmica populacional dos artrópodes fitófagos, os resultados do presente trabalho demonstraram que tanto o óleo de algodão quanto o óleo mineral (controle positivo) reduziram o número de ovos da mosca-negra, a menos de 2 espirais de ovos/folha

considerando todo o período de avaliação, em comparação com o tratamento controle, assim como para as ninfas de mosca-negra que também apresentaram uma redução populacional a valores inferiores a 1 ninfa/folha, em relação ao tratamento controle, sendo assim a (CL₇₅) do óleo fixo de algodão (16,47 µL/mL) é eficiente para o controle de campo da mosca-negra.

Em função da mortalidade, a (CL₇₅) do óleo fixo de algodão também interferiu na dinâmica populacional do ácaro-texano, demonstrando ser eficiente para controlar ovos, imaturos (larvas, protoninfas e deutoninfas) e adultos em campo, onde foram observados valores inferiores a um ovo e/ou indivíduos/folha.

Diversos estudos em laboratório demonstraram a bioatividade de óleos fixos vegetais no controle de artrópodes fitófagos, incluindo a mosca-negra [19,21,22,23,24]. Em um estudo, foi observado que os óleos fixos de algodão e de soja foram considerados eficientes no controle de ninfas da mosca-negra em laboratório [21]. Ademais, o óleo fixo de algodão proporcionou maior ação ovicida e menor porcentagem de eclosão de ovos da mosca-negra [22]. O presente estudo demonstrou que as pulverizações com o óleo fixo de algodão ou óleo mineral resultaram em reduções significativas no número de ovos da mosca-negra em 77,51 % e 92,7%, respectivamente, em comparação com o controle em campo. Além disso, houve uma redução na abundância populacional de ninfas em 97,45% e 90,95%, em comparação com o controle.

Para o ácaro-texano, observou-se uma redução significativa, com os óleos fixos de algodão e mineral diminuindo o número de ovos em 97,9% e 98,5%, respectivamente, em comparação ao controle. Além disso, os imaturos do ácaro-texano foram reduzidos em 98,23% e 97,74% após as pulverizações com os óleos de algodão e mineral. A fase adulta desse ácaro fitófago apresentou uma redução de 96,4% e 94,4% após pulverizações com os óleos testados em campo.

Em um estudo de avaliação de campo e laboratório destinados a investigar a atividade inseticida de óleos vegetais a pragas, demonstrou que o óleo fixo de mamona (2,0%) controlou a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Insecta: Aleyrodidae), devido às suas propriedades de dissuasão alimentar, evidenciadas pela redução da população de *B. tabaci* em campo e pela mortalidade por inanição em laboratório [23].

Os óleos fixos vegetais servem de fonte natural de ácidos graxos, os ácidos oleico e linoleico encontrados em algumas espécies possuem propriedades dissuasoras de oviposição que desempenham um importante papel na modificação do comportamento das fêmeas de insetos, impedindo-as de colocar ovos em recursos já tratados e reduzindo a competição dentro da espécie [25,26,27], como verificado em campo, onde houve uma diminuição da oviposição pela mosca-negra e pelo ácaro-texano, indicando que as pulverizações realizadas alteraram o comportamento de oviposição dessas espécies.

As respostas físicas e comportamentais estão envolvidas nos mecanismos à dissuasão da oviposição. A resposta física é atribuída à formação de uma superfície oleosa, que atua como uma barreira física, dificultando o movimento. A resposta comportamental está associada aos compostos voláteis emitidos pela superfície tratada, levando fêmeas de artrópodes a evitarem a área tratada para a oviposição [26,27]. Ademais, geram efeitos deletérios aos artrópodes fitófagos, como baixa mobilidade na planta e dificuldade de alimentação, deixando assim mais vulnerável a ataques de inimigos naturais [18].

Além disso, os ácidos graxos exercem toxicidade ao bloquear os espiráculos dos insetos, causando rupturas cuticulares que levam à desidratação [20]. Ácidos como o linoleico, composto majoritário do óleo de algodão [17], explicam em partes sua eficiência, pois esse composto é considerado tóxico e possui um efeito repelente em insetos, como também suas propriedades físicas, já que se trata de uma gordura insaturada, de cadeia longa e alto ponto de ebulição, atuando assim como repelente de contato, como demonstrado em *Stomoxys calcitrans* L. (Diptera, Muscidae) [28].

Portanto, nossos resultados demonstram que assim como o óleo mineral, o óleo fixo de algodão apresenta potencial no controle de ovos e ninfas da mosca-negra e de todas as fases do ácaro-texano em condições de campo.

4.5. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a concentração estimada em laboratório do óleo fixo de algodão (16,47 $\mu\text{L/mL}$) apresentou eficiência no controle da mosca-negra em laboratório. Adicionalmente este óleo foi eficaz na redução da população da mosca-negra e do ácaro-texano em condições de campo, podendo ser utilizado tanto por produtores comerciais quanto por pequenos citricultores, sejam eles orgânicos ou não.

4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola [Internet]; maio 2024 [acesso em 10 jun 2024]; disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>
2. Martins CR, Carvalho HWL, Teodoro AV, Soares Filho WS, Passos OS. Agronomical performance of citrus scion cultivars grafted on lime in north-eastern Brazil. *Aust J Crop Sci.* 2016; 10:16-23.
3. Prudente RM, Silva LMS, Cunha Sobrinho AP. Comportamento da laranjeira 'Pêra' sobre cinco porta-enxertos em ecossistema de tabuleiros costeiros, Umbaúba - SE. *Rev Bras Frutic.* 2004; 26:110-112, doi: 10.1590/S0100-29452004000100030
4. Amorim MS, Girardi EA, França NO, Gesteira AS, Soares-Filho WS, Passos OS. Initial performance of alternative citrus scion and rootstock combinations on the northern coast of the state of Bahia. *Rev Bras Frutic.* 2018;40: e480, doi: 10.1590/0100-29452018480
5. Carvalho HWL, Teodoro AV, Barros I, Carvalho LM, Soares-Filho WS, Girardi EA, et al. Rootstock-related improved performance of 'Pera' sweet orange under rainfed conditions of Northeast Brazil. *Sci Hortic.* 2020; 263:109148, doi: 10.1016/j.scienta.2019.109148
6. Carvalho HWL, Carvalho LM, Barros I, Teodoro AV, Girardi EA, Passos OS, et al. Productive performance of 'Pera' sweet orange grafted onto 37 rootstocks in tropical cohesive soils under rainfed condition. *Sci Hortic.* 2022; 303:111229, doi: 10.1016/j.scienta.2022.111229
7. Carvalho SAD, Girardi EA, Mourao-Filho FDAA, Ferrarezi RS, Coletta Filho HD. Advances in citrus propagation in Brazil. *Rev Bras Frutic.* 2019;41:e422, doi:10.1590/0100-29452019422
8. Lopes GS, Lemos RNS, Araújo JRG, Marques LJP, Vieira DL. Preferência para oviposição e ciclo de vida de mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby em espécies frutíferas. *Rev Bras Frutic.* 2013;35(3):738-745, doi:10.1590/S0100-29452013000300010
9. Raga A, Imperato R, Melo WJ, Maia S. Mosca-negra-dos-citros. *Citrus Res Technol.* 2013;34(2):57-63, doi: 10.5935/2236-3122.20130007
10. Moraes BC, Souza EB, Ribeiro JB, Ferreira DB, Maia WJ. Impacts of climate change in the ecoclimatology of *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1903 (Hemiptera: Aleyrodidae) in the state of Pará. *Rev Bras Meteorol.* 2014 Mar;29(1):77-84. doi:10.1590/s0102-77862014000100008.
11. Vieira DL, Batista JL, Oliveira R, Malaquias JB, Souza GM. *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) in citrus: Opportunities and Challenges to Implement a Sustainable Management. *Citrus Pathol.* 2017 Apr 12;(S.L.):121-136, doi:10.5772/66776

12. Gomes AMSV, Reis FO, Lemos RNS, Mondego JM, Braun H, Araujo JRG. Physiological characteristics of citrus plants infested with citrus blackfly. *Rev Bras Entomol.* 2019; 63(2):119-123, doi: 10.1016/j.rbe.2019.02.002
13. Alain MIGEON and Franck DORKELD (2024) Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. [cited 2024 Jun 10] Available from <https://www1.montpellier.inrae.fr/CBGP/spmweb>
14. Monzó C, Bouvet JP, Alonso M, Urbaneja A. Control químico del ácaro de Texas, *Eutetranychus banksi*, en cítricos. *Levante Agric.* 2016; 431:126-134.
15. López-Olmos S, Ferragut F. Within-tree distribution and seasonal dynamics of *Eutetranychus banksi* and *Euseius stipulatus* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) on citrus: Implications for the biological control of the pest. *Acarologia.* 2024; 64(2):480-498. doi:10.24349/pv5i-1hqj.
16. Roubos CR, Rodriguez-Saona C, Isaacs R. Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. *Biol Control.* 2014 Aug; 75:28-38. doi: 10.1016/j.biocontrol.2014.01.006.
17. Guedes RNC, Smaghe G, Stark JD, Desneux N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annu Rev Entomol.* 2016 Mar 11;61(1):43-62. doi: 10.1146/annurev-ento-010715-023646.
18. Oliveira NNFC, Galvão AS, Amaral EA, Santos AW, Sena Filho JG, Oliveira EE, Teodoro AV. Toxicity of vegetable oils to the coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator *Neoseiulus baraki*. *Exp Appl Acarol.* 2017; 72:23-34, doi:10.1007/s10493-017-0134-x
19. Teodoro AV, Silva MJS, Sena Filho JG, Oliveira EE, Galvão AS, Silva SS. Bioactivity of cottonseed oil against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its side effects on *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). *Syst Appl Acarol.* 2017; 22:1037-1047, doi:10.11158/saa.22.7.11
20. Sims SR, Balusu R, Ngumbi EN, Appel AG. Topical and vapor toxicity of saturated fatty acids to the *German cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae). *J Econ Entomol.* 2014 Apr 1;107(2):758-763, doi: 10.1603/EC12515
21. Farias AP, Teodoro AV, Passos EM, Sena Filho JG, Santos MC, Coelho CR, Jumbo LV. Bioactividad de aceites vegetales a *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Orthezidae) y selectividad a su predador *Ceraeochrysa caligata* (Neuroptera: Chrysopidae). *Rev Protec Veg.* 2018; 33:1-9.
22. Silva JG, Batista JL, Silva JG, Brito CH. Use of vegetable oils in the control of the citrus black fly, *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Rev Colomb Entomol.* 2012 Dec 31;38(2):182-186, doi: 10.25100/socolen. v38i2.8988
23. Kumar R, Kranthi S, Nagrare VS, Monga D, Kranthi KR, Rao N, Singh A. Insecticidal activity of botanical oils and other neem-based derivatives against whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton. *Int J Trop Insect Sci.* 2019 Jun 13;39(3):203-10. doi:10.1007/s42690-019-00027-4.

24. Freitas GS de, Sena Filho JG de, Saraiva WV Araujo, Vieira IG, Oliveira EE, Teodoro AV. Acaricidal activity of palm oil on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and a nontarget predator. *J Entomol Sci.* 2019;54(2):172. doi:10.18474/jes18-67.
25. Shah V, Pande R, Verma P, Gokte-Narkhedkar N, Waghmare VN. Identification of oviposition deterrents from pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders). *J Environ Biol.* 2020; 41:644-649. doi:/10.22438/jeb/41/3/MRN-1188
26. Shah V, Pande R, Verma P, Prabhulinga T, Madhu TN, Gokte-Narkhedkar N, Waghmare VN. Fatty acids for insect species remain constant: a case study, Pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders). *Animbiol.* 2023; 73:141-151. doi:10.1163/15707563-bja10103
27. Shah V, Pande R, Verma P, et al. Evaluation of vegetable oil as oviposition deterrents for the management of pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) in cotton. *J Planta Dis Prot.* 2024; 131:403-412. doi:10.1007/s41348-023-00837-2.
28. Hieu TT, Choi WS, Kim S-I, Wang M, Ahn Y-J. Enhanced repellency of binary mixtures of *Calophyllum inophyllum* nut oil fatty acids or their esters and three terpenoids to *Stomoxys calcitrans*. *Pest Manag Sci.* 2014 Oct 15;71(9):1213-8. doi:10.1002/ps.3904.

5. ARTIGO 2

ÓLEO FIXO DE ALGODÃO E CALDA SULFOCÁLCICA PARA O CONTROLE DO ÁCARO-DA-FALSA-FERRUGEM *PHYLLOCOPTRUTA OLEIVORA* (ASHMEAD) (ACARI: ERIOPHYIDAE)

RESUMO

Os óleos fixos vegetais e a calda sulfocálcica apresentam elevado potencial no controle de ácaros fitófagos. O ácaro-da-falsa-ferrugem, *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae), é de importância nacional para as culturas cítricas, bem como para o polo citrícola de Sergipe e da Bahia. Assim, este estudo objetivou avaliar a eficácia do óleo fixo de algodão e da calda sulfocálcica ao ácaro-da-falsa-ferrugem. Bioensaios de toxicidade demonstraram que a CL_{50} do óleo de algodão a adultos desta praga foi estimada em 4,23 $\mu\text{L/mL}$. Já a calda sulfocálcica a 0,3° Baumé causou 100% de mortalidade a adultos desta praga. Assim, os resultados indicam que o óleo de algodão e a calda sulfocálcica apresentam potencial no controle do ácaro-da-falsa-ferrugem.

Palavras-chave: citros, óleo vegetal, enxofre.

ABSTRACT

FIXED COTTONSEED OIL AND A LIME-SULFUR SOLUTION IN CONTROL OF CITRUS RUST MITE, *PHYLLOCOPTRUTA OLEIVORA* (ASHMEAD) (ACARI: ERIOPHYIDAE)

Fixed vegetable oils and a lime-sulfur solution have high potential in controlling phytophagous mites. The citrus rust mite, *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae), is a significant pest for citrus crops throughout Brazil, as well as for the citrus growing area of Sergipe and Bahia. Thus, the aim of this study was to evaluate the effectiveness of fixed cottonseed oil and a lime-sulfur solution against the citrus rust mite. Toxicity bioassays estimated the LC50 of cottonseed oil for adult mites at 4.23 $\mu\text{L/mL}$. The lime-sulfur solution at 0.3° Baumé caused 100% mortality in adults of this pest. Therefore, the results indicate that cottonseed oil and the lime-sulfur solution have potential in controlling the citrus rust mite.

Keywords: citrus, vegetable oil, sulfur.

5.1. INTRODUÇÃO

O uso de pesticidas naturais é uma alternativa promissora para o controle de artrópodes fitófagos devido à sua baixa toxicidade a mamíferos, baixo impacto ambiental e ampla aceitação pública [1]. A natureza ecológica de abordagens como o uso de óleos fixos e de soluções como a calda sulfocálcica são promissoras no controle de artrópodes fitófagos. Os óleos fixos vegetais, como o óleo de algodão, têm potencial no controle de pragas agrícolas devido aos ácidos graxos em sua composição, que são tóxicos para artrópodes [2,3,4]. Esses óleos possuem uma composição rica em ácidos graxos, e diversos trabalhos demonstram o seu potencial no manejo de pragas agrícolas [3,4,5,6].

Além disso, a calda sulfocálcica é um dos produtos mais antigos e eficazes de controle de pragas, e tem sido utilizada e recomendada desde o século XIX. Este produto alternativo é eficiente no controle de pragas e doenças em diversas culturas, especialmente no controle de ácaros fitófagos [7,8,9]. A calda sulfocálcica tem se mostrado eficaz no controle de ácaros como *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) em pimenta [10], *Tetranychus evansi* (Baker & Pritchard) em tomateiro [11], *Oligonychus ilicis* (McGregor) em café [8], e *Tetranychus urticae* (Koch) [9] em morangueiro.

Ácaros da família Eriophyidae são importantes artrópodes fitófagos, pois infestam regularmente uma variedade de culturas agrícolas, exigindo medidas de manejo para o controle das populações [12]. Dentre esses, o ácaro-da-falsa-ferrugem *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) é um dos principais ácaros fitófagos de pomares cítricos no Brasil e no mundo [13,14].

O ácaro *P. oleivora* alimenta-se de células epidérmicas e pode causar danos à superfície das folhas e frutos. Os danos alimentares nos frutos levam à morte das células epidérmicas, redução da produção e danos estéticos semelhantes à ferrugem, resultando em menor qualidade dos frutos, especificamente para o mercado de frutas frescas [15,16,17]. Esse ácaro fitófago causa “russeting” em frutos e folhas, prateando os frutos nos estágios iniciais e sob alta infestação pode ser observada uma textura áspera no fruto, comumente chamada de “pele de tubarão” [18].

O controle dos ácaros fitófagos, como o *P. oleivora*, ainda depende majoritariamente do uso de controle químico sintético, o qual é amplamente adotado por agricultores tecnificados e em pomares com pouca ventilação e alta densidade de plantio, o número de pulverizações pode chegar a até seis vezes por ano [18]. O uso continuado dos mesmos princípios ativos sintéticos contribuem para a promoção da resistência em ácaros fitófagos, atuando como pressão de

seleção que ocasiona surtos populacionais [18,19,20]. Por outro lado, produtores com baixo nível de tecnologia não empregam nenhum método de controle de pragas, enquanto produtores orgânicos têm poucas opções disponíveis para manejar essas pragas em seus pomares.

Diante da carência de métodos sustentáveis de manejo para o controle do ácaro-da-falsa-ferrugem, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a toxicidade do óleo fixo de algodão e da calda sulfocálcica no controle de *P. oleivora*.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Óleo de algodão e calda sulfocálcica

O óleo fixo de algodão, adquirido comercialmente, foi analisado por cromatografia, que revelou uma composição de ácidos graxos saturados e insaturados [4]. O ácido graxo linoleico foi identificado como o composto majoritário, seguido pelo ácido oleico. Outros ácidos graxos, como os ácidos palmítico, linolênico, láurico, mirístico, esteárico, araquídico, beênico e lignocérico estiveram presentes em quantidades inferiores a 1% [4].

A calda sulfocálcica foi adquirida em comércio local, proveniente de produção industrial, com uma concentração inicial de 30° Baumé (Bé). Uma calda de boa qualidade está na faixa de 28 a 32° Bé e é produzida a partir da reação entre óxido de cálcio (CaO), conhecido como cal virgem, e enxofre (S), esse processo ocorre quando esses ingredientes são dissolvidos em água e submetidos à fervura, resultando na consistência adequada da calda [21].

5.2.2 Obtenção e criação de *P. oleivora*

Frutos de laranjeira doce ‘Pêra’ CNPMF-D6 enxertada sobre o limoeiro ‘Cravo’ infestados naturalmente foram utilizados para criação e multiplicação do ácaro-da-falsa-ferrugem em laboratório. Os frutos foram retirados de laranjeiras não pulverizadas da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju (10° 57’03,3” S e 37° 03’07,4” O).

Os frutos foram levados ao laboratório e avaliados quanto à presença de outros artrópodes, por meio de observações microscópicas e auxílio de um pincel, deixando-se apenas colônias do ácaro *P. oleivora*. Posteriormente, os frutos foram parcialmente mergulhados em parafina fundida em banho-maria a 65°C, deixando sem revestimento uma área de 2 cm de diâmetro, cada fruto preparado foi colocado sob tampas plásticas e as populações de *P. oleivora* foram criadas a 25°C, sob fotoperíodo de 16:8 (L:D) e umidade relativa de 90 ± 10% [22] (Figura 1).

5.2.3 Bioensaio de toxicidade do óleo de algodão e calda sulfocálcica

A pulverização do óleo fixo de algodão foi realizada por meio de uma torre de Potter a uma pressão de 0,34 bar (34 kPa) com uma alíquota de pulverização de 1,7mL [4], a qual está de acordo com protocolo da IOBC/WPRS [23] e as arenas do tratamento controle foram pulverizadas com água destilada. As concentrações do óleo fixo de algodão foram selecionadas após bioensaios preliminares e situaram-se entre a maior concentração que não causa mortalidade e a menor concentração que ocasiona 100% de mortalidade.

As arenas experimentais consistiram em frutos parafinados contendo 200 ácaros, colocados sobre uma tampa plástica. Foram testadas cinco concentrações (0,1; 0,3; 0,4; 0,5 e 0,7 µL/ml) de óleo fixo de algodão, diluído em 10 µL/ml de detergente neutro. Cada tratamento foi realizado em duas repetições, incluindo o controle, e cada fruto foi considerado uma repetição. A unidade experimental consistiu em 200 ácaros por fruto, totalizando 400 ácaros (n=400) para cada tratamento. Os frutos foram transferidos para sala de criação em prateleiras sob climatização a 25 ± 1 °C com 16 h de luz, 8 h de escuro e 90% de umidade relativa. Para evitar a perda de umidade, bandejas com água foram dispostas ao redor das prateleiras.

A diluição da calda sulfocálcica para a concentração desejada foi realizada em laboratório, conforme as instruções do fabricante. A calda foi pulverizada sob as mesmas condições descritas para a aplicação do óleo fixo de algodão, utilizando uma concentração de

0,3° Baumé, que corresponde à menor concentração adequada para o controle de pragas. A mortalidade foi avaliada 48 horas após a aplicação, considerando-se mortos os ácaros com coloração parda e/ou aparência seca, sem movimento.

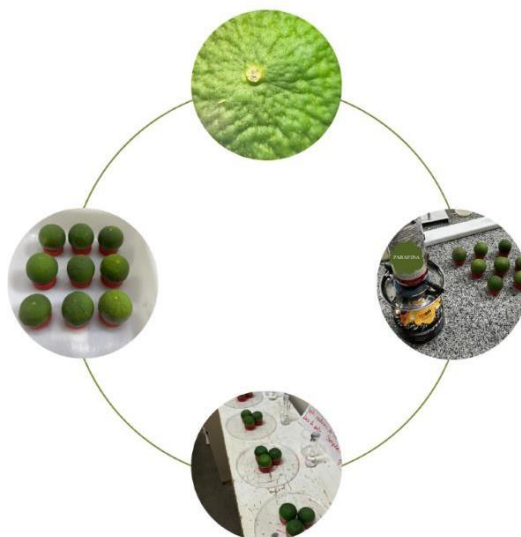


Figura 1. Unidade experimental do ácaro-da-falsa-ferrugem *Phyllocoptruta oleivora*.

5.2.4 Análises estatísticas

Curvas de concentração-mortalidade foram calculadas por meio de análises Probit para determinar as concentrações letais (CL) do óleo fixo de algodão ao ácaro *P. oleivora*, utilizando o software PoloPlus (PROBIT; PoloPlus versão 1.0).

5.3. RESULTADOS

O óleo fixo de algodão foi tóxico para adultos do ácaro-da-falsa-ferrugem, com concentrações necessárias para matar 50% (CL₅₀) e 80% (CL₈₀) dos indivíduos da população de *P. oleivora* estimadas em 4,23 e 10,58 µL/mL, respectivamente, o que corresponde a aproximadamente 0,4 e 1,0%, conforme apresentado na (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração letal (CL) (µL/mL) do óleo de algodão ao ácaro-da-falsa-ferrugem, *Phyllocoptruta oleivora*, após 48 horas de exposição.

n	g.l.	Inclinação reta ± EP	da CL ₅₀ (IC 95%)	CL ₈₀ (IC 95%)	χ ²	P
400	3	2,11 ± 0,121	4,23 (3,63– 5,01)	10,58 (8,18 – 16,01)	6,39	0,09

n – número de repetições; g.l. – graus de liberdade; EP – erro padrão; IC 95% – intervalo de confiança a 95%; χ²: qui-quadrado; P – probabilidade

Já a calda sulfocálcica, na menor concentração (0,3° Baumé), causou mortalidade de 100% ao ácaro-da-falsa-ferrugem 48h após a pulverização, assim não foi possível estimar suas concentrações letais a este fitófago.

5.4. DISCUSSÃO

O óleo fixo de algodão foi tóxico à *P. oleivora*, com uma concentração letal média estimada (CL_{50}) de 4,23 $\mu\text{L/mL}$. A CL_{80} indica uma possível concentração que pode ser utilizada em condições de campo por causar mortalidade de 80% na população desse artrópode.

Ademais, nossos resultados demonstraram também a alta letalidade da calda sulfocálcica, em sua menor concentração (0,3° Baumé), no controle de *P. oleivora* em frutos de laranja doce.

A toxicidade dos ácidos graxos e seus sais contra artrópodes apresentam uma relação diretamente proporcional ao comprimento da cadeia carbônica, alcançando seu ápice em ácidos graxos de cadeia C10–C12, diminuindo em C14–C16 e aumentando novamente nas moléculas

C18 saturadas e insaturadas [2,24]. Este comportamento pode explicar os efeitos tóxicos observados no óleo fixo de algodão a *P. oleivora*, cujos compostos majoritários consistem em ácidos graxos linoleico e oleico, ambos com cadeias de 18 átomos de carbono. Similarmente, outros óleos fixos têm demonstrado efeitos tóxicos e repelentes significativos sobre os fitófagos [3,4,6,25,26,27,28].

Assim como o óleo fixo de algodão, que se mostrou altamente letal para *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) [4], pertencente à mesma família do ácaro-da-falsa-ferrugem, *P. oleivora*, um estudo anterior também avaliou a toxicidade de óleos fixos e demonstrou efeitos letais dos óleos de babaçu, soja degomada e óleo de coco sobre *A. guerreronis*, caracterizados por elevados teores de ácido linoleico [3]. Além disso, outro estudo confirmou a alta letalidade do óleo de coco para *A. guerreronis* [27], destacando a importância dos ácidos graxos presentes e contribuindo de maneira significativa para a compreensão dos potenciais mecanismos acaricidas desses óleos.

Ademais, além de ser amplamente utilizada no manejo de ácaros fitófagos [9,10,11,29], a calda sulfocálcica é aceita pelo Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD), que certifica produtos agrícolas orgânicos no Brasil, garantindo a conformidade com os padrões específicos de produção orgânica. E seu efeito pesticida ocorre por meio da liberação de gases como dióxido de enxofre e sulfeto de hidrogênio, resultantes da reação entre o ar e a solução de carbonato de cálcio e enxofre [30]. O efeito tóxico sobre os ácaros pode ser atribuído ao enxofre elementar e ao sulfeto de hidrogênio (H_2S) liberados pela degradação do enxofre da cal após a aplicação [31]. O sulfeto de hidrogênio inibe a oxidação do citocromo, enquanto o enxofre elementar promove a oxidação do citocromo B a C, liberando mais H_2S dentro da célula, o qual é altamente corrosivo e venenoso [32].

Esta solução é aplicada por pulverizações em folhas ou frutos e continua a ser comumente recomendada em programas de manejo integrado de pragas (MIP) [9]. Mesmo com uma dose reduzida, (0,3° Baumé), nossos resultados demonstraram que o tratamento causou 100% de mortalidade nos ácaros testados. Quando utilizado isoladamente, o enxofre constituinte da calda sulfocálcica apresenta um baixo risco de desenvolvimento de resistência em ácaros fitófagos, possuindo capacidade de controlar elevados níveis populacionais, diminuindo assim a pressão de seleção [18]. De maneira semelhante, nossos resultados para a calda sulfocálcica demonstraram eficácia no controle do ácaro *P. oleivora*.

5.5. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a concentração estimada em laboratório do óleo fixo de algodão e a calda sulfocálcica, na sua menor concentração, apresentaram eficiência no controle do ácaro-da-falsa-ferrugem, *P. oleivora*, em condições de laboratório. Esses tratamentos podem ser utilizados tanto por produtores comerciais quanto por pequenos citricultores, orgânicos ou não, do polo citrícola de Sergipe e da Bahia.

5.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sertkaya E, Kaya K, Soylu S. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.) (Acarina: Tetranychidae). *Ind Crops Prod.* 2010 Jan;31(1):107-12.
2. Sims SR, Balusu R, Ngumbi EN, Appel AG. Topical and vapor toxicity of saturated fatty acids to the *German cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae). *J Econ Entomol.* 2014 Apr 1;107(2):758-763, doi: 10.1603/EC12515
3. Oliveira NNFC, Galvão AS, Amaral EA, Santos AW, Sena Filho JG, Oliveira EE, Teodoro AV. Toxicity of vegetable oils to the coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator *Neoseiulus baraki*. *Exp Appl Acarol.* 2017; 72:23-34, doi:10.1007/s10493-017-0134-x
4. Teodoro AV, Silva MJS, Sena Filho JG, Oliveira EE, Galvão AS, Silva SS. Bioactivity of cottonseed oil against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its side effects on *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). *Syst Appl Acarol.* 2017; 22:1037-1047, doi:10.11158/saa.22.7.11
5. Farias AP, Teodoro AV, Passos EM, Sena Filho JG, Santos MC, Coelho CR, Jumbo LV. Bioactividad de aceites vegetales a *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Orthezidae) y selectividad a su predador *Ceraeochrysa caligata* (Neuroptera: Chrysopidae). *Rev Protec Veg.* 2018; 33:1-9.
6. Freitas GS de, Sena Filho JG de, Saraiva WV Araujo, Vieira IG, Oliveira EE, Teodoro AV. Acaricidal activity of palm oil on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and a nontarget predator. *J Entomol Sci.* 2019;54(2):172. doi:10.18474/jes18-67.
7. Russell PE. A century of fungicide evolution. *The Journal of Agricultural Science.* 2005;143(1):11-25. doi:10.1017/S0021859605004971.
8. Tueller ES, Venzon M, Guedes RNC, Pallini A. Toxicity of organic-coffee-approved products to the southern red mite *Oligonychus ilicis* and to its predator *Iphiseiodes zuluagai*. *Crop Protection.* 2014; 55:28-34. doi: 10.1016/j.cropro.2013.09.011.
9. Ajila H, Oliveira E, Lemos F, Haddi K, Colares F, Gonçalves PHM, Venzon M, Pallini A. Effects of lime sulfur on *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis*, two naturally occurring enemies of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science.* 2019;76(3):996-1003. doi:10.1002/ps.5608.
10. Venzon M, Rosado MdC, Pinto CMF, Duarte VdS, Euzébio DE Pallini A. Potencial de defensivos alternativos para o controle do ácaro-branco em pimenta. *Horticultura Brasileira.* 2006;24(2):224-227. doi:10.1590/s0102-05362006000200021.
11. Soto A, Venzon M, Oliveira RM, Oliveira HG, Pallini A. Alternative control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) on tomato plants grown in greenhouses. *Neotropical Entomology.* 2010;39(4):638-644. doi:10.1590/s1519-566x2010000400027.

12. Van Leeuwen T, Witters J, Nauen R, Duso C, Tirry L. The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. *Exp Appl Acarol.* 2009 Sep 19;51(1-3):205-24. doi: 10.1007/s10493-009-9312-9.
13. Silva RR da, Teodoro AV, Vasconcelos JF, Martins CR, Soares Filho W dos S, Carvalho HWL de, Guzzo EC. Citrus rootstocks influence the population densities of pest mites. *Ciênc Rural.* 2016; 46:1-6. doi:10.1590/0103-8478cr20150486.
14. Garzia GT, Lillo ED. Geographic distribution of *Phyllocoptruta oleivora* in the Mediterranean Basin, with particular emphasis on Italy. *Syst Appl Acarol.* 2018 Jun 4;23(6):1021. doi: 10.11158/saa.23.6.1.
15. McCoy CW, Albrigo LG. Feeding Injury to the Orange Caused by the Citrus Rust Mite, *Phyllocoptruta oleivora* (Prostigmata: Eriophyoidea). *Ann Entomol Soc Am.* 1975 Mar 17;68(2):289-97. doi: 10.1093/aesa/68.2.289.
16. Donkersley P, Silva FWS, Carvalho CM, Al-Sadi AM, Elliot SL. Biological, environmental and socioeconomic threats to citrus lime production. *J Plant Dis Prot.* 2018 Mar 21;125(4):339-56. doi: 10.1007/s41348-018-0160-x.
17. Rincón-Barón EJ, Torres-Rodríguez GA, Guerra-Sierra BE. Histopathological aspects in ripe fruits of Tahiti lime *Citrus x latifolia* (Rutaceae) affected by phytophagous mites. *Persian J Acarol.* 2022;11(4):713-29. doi: 10.22073/pja. v11i4.75693.
18. Kalkan Ç, Satar S. *Resistance of Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae) to acaricides in Turkey. *Crop Prot.* 2024 Aug; 182:106742. doi: 10.1016/j.cropro.2024.106742.
19. Yi YD, Fang WC, Yun Y, Qing HY, Ai YJ, Feng HJ. Laboratory selection for spiroadiclofen resistance and cross-resistance in *Panonychus citri*. *Afr J Biotechnol.* 2011 Apr 25;10(17):3424-9. doi: 10.5897/ajb10.2417.
20. Hu J, Wang J, Yu Y, Rao W, Chen F, Wang C, Fan G. Cross-Resistance Pattern and Genetic Studies in Spirotetramat-Resistant Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Agriculture.* 2022 May 23;12(5):737. doi: 10.3390/agriculture12050737.
- 21- Schwengber JE, Schiedeck G, Gonçalves MM. Preparo e utilização de caldas nutricionais e protetoras de plantas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2007. 64 p.
22. Alves SB, Tamai MA, Rossi LS, Castiglioni E. *Beauveria bassiana* pathogenicity to the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora*. *Exp Appl Acarol.* 2005; 37:117-22.
23. Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, Boller E, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Grove A, Heimbach U, Helyer N, Hokkanen H, Lewis GB, Mansour F, Moreth L, Polgar L, Samsoe-Petersen L, Sauphanor B, Stäubli A, Sterk G, Vainio A, Veire MV, Viggiani G, Vogt H. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS. *Entomophaga.* 1994; 39:107-119.
24. Parry WH, Rose R. The role of fatty acids and soaps in aphid control on conifers. *Z Angew Entomol.* 1983; 96:16-23. doi:10.1111/j.1439-0418. 1983.tb03634.x
25. Baldwin RW, Koehler PG, Pereira RM. Toxicity of fatty acid salts to German and American cockroaches. *J Econ Entomol.* 2008; 101:1384-1388. doi:10.1603/0022-0493(2008)101[1384: TOFAST]2.0.CO;2

26. Bernklau EJ, Hibbard BE, Bjostad LB. Toxic and behavioural effects of free fatty acids on western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae. *J Appl Entomol.* 2016; 140:725-735. doi:10.1111/jen.12312
27. Freitas G, Santos MC, Lira V, Galvão A, Oliveira E, Filho JGS, Teodoro A. Acute and non-lethal effects of coconut oil on predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). *Syst Appl Acarol.* 2018; 23:1333-1341. doi: 10.11158/saa.23.7.10
28. Shah V, Pande R, Verma P, et al. Evaluation of vegetable oil as oviposition deterrents for the management of pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) in cotton. *J Plant Dis Prot.* 2024; 131:403-412. doi: 10.1007/s41348-023-00837-2.
29. Venzon M, Oliveira RM, Perez AL, Rodríguez-Cruz FA, Martins Filho S. Lime sulfur toxicity to broad mite, to its host plants and to natural enemies. *Pest Management Science.* 2012;69(6):738-743. doi:10.1002/ps.3431.
30. Andrade D.J., Pattarro F.C., Oliveira C.A.L. Resíduos de calda sulfocálcica sobre a eficiência de acaricidas no controle de *Brevipalpus phoenics*. *Cienc Rural*, 2011, 41 (10), 1695-1901.
31. Dahlawe SM, Siddiqui S. Calcium polysulphide, its applications and emerging risk of environmental pollution—a review article. *Environ Sci Pollut Res.* 2016;24(1):92-102. doi:10.1007/s11356-016-7842-3.
32. Dorman DC. Cytochrome Oxidase Inhibition Induced by Acute Hydrogen Sulfide Inhalation: correlation with tissue sulfide concentrations in the rat brain, liver, lung, and nasal epithelium. *Toxicol Sci.* 2002;65(1):18-25. doi:10.1093/toxsci/65.1.18.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de biopesticidas, particularmente óleos extraídos de plantas e caldas pesticidas, encontra-se cada vez mais relevante e considerando a mortalidade como desfecho, o estudo demonstrou que a concentração estimada em laboratório do óleo fixo de algodão (CL_{75} 16,47 $\mu\text{L/mL}$) apresentou eficiência no controle da mosca-negra em condições de laboratório e adicionalmente este óleo foi eficaz no manejo da mosca-negra e do ácaro-texano em condições de campo.

Em conjunto, esse estudo demonstrou a eficácia do tratamento de óleo fixo de algodão e da calda sulfocálcica para o ácaro-da-falsa-ferrugem. A concentração estimada em laboratório do óleo fixo de algodão (CL_{80} 10,58 $\mu\text{L/mL}$) e a calda sulfocálcica, na sua menor concentração (0,3° Baumé), podem ser utilizados tanto por produtores comerciais quanto por pequenos citricultores, orgânicos ou não, do polo citrícola de Sergipe e da Bahia.