



**YNAYANNA NARIZA MEDEIROS SILVA**

**EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE ÓLEOS ESSENCIAIS,  
COMPOSTOS ISOLADOS E PRODUTOS SINTÉTICOS  
SOBRE *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (1933) (Acari:  
Tetranychidae) EM FEIJÃO-FAVA (*Phaseolus lunatus* L.)**

**TERESINA – PI**

**2024**

**YNAYANNA NARIZA MEDEIROS SILVA**

**EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE ÓLEOS ESSENCIAIS, COMPOSTOS  
ISOLADOS E PRODUTOS SINTÉTICOS SOBRE *Tetranychus  
neocaledonicus* ANDRÉ (1933) (Acari: Tetranychidae) EM FEIJÃO-FAVA  
(*Phaseolus lunatus* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para aquisição do título de Doutora em agronomia.

**Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva**  
**Orientador**

**Prof. Dra. Solange Maria de França**  
**Coorientadora**

**Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa**  
**Coorientador**

**TERESINA – PI**  
**2024**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Divisão de Representação da Informação

S586e Silva, Ynayanna Nariza Medeiros.  
Efeitos letais e subletais de óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintético sobre *Tetranychus neocaledonicus* André (1933) (Acari: Tetranychidae) em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) / Ynayanna Nariza Medeiros Silva. – 2024.  
115 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Teresina, 2024.

“Orientador : Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva.”

1. Toxicidade. 2. Repelência. 3. Taxa Instantânea de Crescimento Populacional. 4. Tabela de Vida. 5. Parâmetros Biológicos. I. Silva, Paulo Roberto Ramalho. II. Título.

CDD 615.535

Bibliotecário: Gésio dos Santos Barros – CRB3/1469

YNAYANNA NARIZA MEDEIROS SILVA

EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE ÓLEOS ESSENCIAIS, COMPOSTOS  
ISOLADOS E PRODUTOS SINTÉTICOS SOBRE *Tetranychus*  
*neocaledonicus* ANDRÉ (1933) (Acari: Tetranychidae)

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

APROVADA em 30 de abril de 2024

Comissão Julgadora:



Documento assinado digitalmente  
SOLANGE MARIA DE FRANCA  
Data: 29/07/2024 08:30:57-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Solange Maria de Franca – UEMA



Documento assinado digitalmente  
DOUGLAS RAFAEL E SILVA BARBOSA  
Data: 29/07/2024 18:54:56-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa – IFMA

*Roselya M.C. Filgueiras*

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Roselya Michelly Cintra Filgueiras – IFPI



Documento assinado digitalmente  
MARIANA OLIVEIRA BREDÁ  
Data: 30/07/2024 08:08:17-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Oliveira Breda – UFAL



Documento assinado digitalmente  
GUTIERRES NELSON SILVA  
Data: 29/07/2024 17:58:50-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Gutierrez Nelson Silva – IFMS



Documento assinado digitalmente  
MARIANO OSCAR ANIBAL IBANEZ ROJAS  
Data: 29/07/2024 19:02:26-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Mariano Oscar Anibal Ibanez Rojas - IFMA

*Paulo Roberto Ramalho Silva*  
Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva – CCA/UFPI/Presidente  
(Orientador)

TERESINA-PI  
2024

Ao meu bem mais valioso, minha família:  
Aos meus pais, Maria Luzinete e Francisco, por sempre acreditar em mim e  
por me incentivar a lutar pelos meus sonhos.  
Meus irmãos, Yanna e Yago pelo incentivo e apoio.  
Meus sobrinhos Isabella, Manuella e Matheus por preencherem a minha vida  
com doçura e alegria.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, por sempre me dar forças nos momentos difíceis, e por ao saber que eu não conseguiria chegar até aqui sozinha, colocou em meu caminho anjos em forma de pessoas que me ajudaram nessa caminhada.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do doutorado.

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

À minha mãe, a maior responsável por eu ter chegado até aqui. Obrigada pelo seu amor, incentivo, por sempre me dar forças, por sempre acreditar em mim até mais do que eu mesma, por todo o esforço realizado para que eu possa realizar meus sonhos, por ser meu exemplo de força, coragem e determinação.

Ao meu pai, por todo o esforço realizado para que eu chegasse até aqui, pelo seu amor, pelos princípios a mim passados e por ser meu exemplo de honestidade.

Aos meus irmãos, Yanna e Yago pelo carinho, incentivo e apoio. Aos meus sobrinhos Isabella, Manuella e Matheus pelas alegrias que me proporcionaste e por entender minha ausência nos melhores momentos de suas vidas.

Ao meu orientador, Paulo Roberto Ramalho Silva pela orientação e confiança.

À minha coorientadora, prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange França pelos ensinamentos, conselhos, sugestões, incentivos e por ser um exemplo de professora.

Ao meu coorientador Dr. Douglas Barbosa do IFMA, por toda a ajuda durante toda essa caminhada do doutorado, pelos ensinamentos, pela paciência e incentivo.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia pelos ensinamentos passados.

A todos do laboratório de Entomologia pela ajuda, carinho e momentos de alegrias que foram fundamentais durante esta caminhada.

Aos meus colegas de turma, pelo companheirismo. Enfim, a todos que direto ou indiretamente me ajudaram nessa árdua caminhada, o meu muito obrigada!

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.

Ayrton Senna

## RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar os efeitos letais e subletais dos óleos essenciais de *Litsea cubeba*, *Melaleuca alternifolia* e *Cinnamomum camphora*, dos compostos isolados  $\gamma$ -terpinene e eucaliptol e dos produtos sintéticos abamectina, espinosina e metomil sobre *Tetranychus neocaledonicus* André, 1933 (Acari: Tetranychidae). A toxicidade foi testada sobre fêmeas adultas. O efeito repelente foi verificado através de teste com chance de escolha, sendo utilizados discos foliares com metade tratado com as CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub> dos produtos e metade dos discos foliares não tratados. O efeito ovicida foi determinado a partir da aplicação das CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> dos produtos. Para determinar a taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_t$ ), foi utilizado as CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub> dos óleos essenciais e compostos isolados. Para avaliar os efeitos dos óleos e isolados na história de vida, utilizou-se a concentração subletal CL<sub>20</sub> desses produtos. Nas fêmeas sobreviventes a exposição dos produtos (geração parental) avaliou-se o número de fêmeas sobreviventes e ovos depositados. Foram calculadas a sobrevivência média e fecundidade específica. Os mesmos parâmetros também foram avaliados para a geração F1 (subsequente), com acréscimo dos parâmetros biológicos e parâmetros de tabela de vida. De acordo com as CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>, a toxicidade para fêmeas adultas de todos os produtos testados decresceu na seguinte ordem: Espinosina > Metomil > Abamectina > *L. cubeba* >  $\gamma$ -Terpinene > *C. camphora* > *M. alternifolia* > Eucaliptol. De todos os produtos testados, o que causou a menor viabilidades de ovos foi o óleo essencial de *M. alternifolia* na CL<sub>90</sub>. Quanto à classificação de repelência dos acaricidas sintéticos, apenas espinosina na concentração CL<sub>30</sub> foi repelente, os demais foram classificados como neutros. Quanto aos óleos essenciais e compostos isolados, obtiveram classificação como neutro eucaliptol em ambas as concentrações testadas, *C. camphora*, eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene na CL<sub>15</sub>, sendo os demais classificados como repelentes. A  $r_t$  foi positiva mesmo após a aplicação dos tratamentos, no entanto, o óleo essencial de *C. camphora* reduziu o crescimento populacional do ácaro quando aplicado em concentração CL<sub>15</sub>. A menor sobrevivência na geração parental foi observada quando se aplicou o óleo de *C. camphora*. Ressaltam-se também que o óleo de *M. alternifolia* e o isolado  $\gamma$ -terpinene também reduziram a sobrevivência de *T. neocaledonicus*. Entretanto, o óleo essencial de *L. cubeba* e o isolado eucaliptol não influenciaram na sobrevivência e longevidade da geração parental. Os parâmetros biológicos das fêmeas da geração F1 de *T. neocaledonicus* foram afetados pelas concentrações subletais dos produtos, exceto o isolado eucaliptol, que não afetou nenhum desses parâmetros. Todos os parâmetros populacionais de tabela de vida e fertilidade de *T. neocaledonicus* da geração F1 foram afetados quando submetidos as CL<sub>20</sub> dos óleos essenciais de *L. cubeba*, *M. alternifolia* e *C. camphora*, exceto  $R_0$  no óleo de *L. cubeba*. O isolado eucaliptol não afetou nenhum dos parâmetros de tabela de vida da geração F1 de *T. neocaledonicus*, quando comparados com a testemunha. Entretanto o isolado  $\gamma$ -terpinene afetou todos os parâmetros, exceto T. Os produtos testados se mostraram promissores para o controle de *T. neocaledonicus*.

Palavras-chave: Toxicidade; repelência; taxa instantânea de crescimento populacional; Tabela de vida; parâmetros biológicos.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the lethal and sublethal effects of the essential oils of *Litsea cubeba*, *Melaleuca alternifolia* and *Cinnamomum camphora*, of the isolated compounds  $\gamma$ -terpinene and Eucalyptol and of the synthetic products abamectin, spinosyn and methomyl on *Tetranychus neocaledonicus* André, 1933 (Acari: Tetranychidae). Toxicity was tested on adult females. The repellent effect was verified through a choice test, using leaf discs with half treated with the LC<sub>15</sub> and LC<sub>30</sub> of the products and half of the leaf discs untreated. The ovicidal effect was determined based on the application of the LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> of the products. To determine the instantaneous population growth rate (ri), the LC<sub>15</sub> and LC<sub>30</sub> of essential oils and isolated compounds were used. To evaluate the effects of oils and isolates on life history, the LC<sub>20</sub> sublethal concentration of these products was used. In surviving females exposed to products (parental generation), the number of surviving females and eggs deposited were evaluated. Average survival and specific fecundity were calculated. The same parameters were also evaluated for the F1 (subsequent) generation, with the addition of biological parameters and life table parameters. According to CL<sub>50</sub> and CL<sub>90</sub>, the toxicity for adult females of all tested products decreased in the following order: Spinosyn > Methomyl > Abamectin > *L. cubeba* >  $\gamma$ -Terpinene > *C. camphora* > *M. alternifolia* > Eucalyptol. Of all the products tested, the one that caused the lowest egg viability was *M. alternifolia* essential oil at CL<sub>90</sub>. Regarding the repellency classification of synthetic acaricides, only spinosyn at the CL<sub>30</sub> concentration was repellent, the others were classified as neutral. As for essential oils and isolated compounds, eucalyptol was classified as neutral in both concentrations tested, *C. camphora*, eucalyptol and  $\gamma$ -terpinene in CL<sub>15</sub>, with the others being classified as repellents. The ri was positive even after applying the treatments, however, *C. camphora* essential oil reduced the population growth of the mite when applied at CL<sub>15</sub> concentration. Lower survival in the parental generation was observed when *C. camphora* oil was applied. It is also noteworthy that *M. alternifolia* oil and the isolated  $\gamma$ -terpinene also reduced the survival of *T. neocaledonicus*. However, *L. cubeba* essential oil and eucalyptol isolate did not influence the survival and longevity of the parental generation. The biological parameters of the females of the F1 generation of *T. neocaledonicus* were affected by the sublethal concentrations of the products, except for the isolated eucalyptol, which did not affect any of these parameters. All life table and fertility population parameters of *T. neocaledonicus* from the F1 generation were affected when subjected to the LC<sub>20</sub> of *L. cubeba*, *M. alternifolia* and *C. camphora* essential oils, except Ro in *L. cubeba* oil. The eucalyptol isolate did not affect any of the life table parameters of the F1 generation of *T. neocaledonicus*, when compared to the control. However, the isolated  $\gamma$ -terpinene affected all parameters, except T. The tested products showed promise for controlling *T. neocaledonicus*.

Keywords: Toxicity; repellency; instantaneous population growth rate; Life table; biological parameters.

## SUMÁRIO

1		
2	1 INTRODUÇÃO GERAL .....	14
3	2 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
4	2.1 Feijão-fava <i>Phaseolus lunatus</i> .....	17
5	2.2 <i>Tetranychus neocaledonicus</i> André (1933) (Acari: Tetranychidae).....	18
6	2.3 Produtos químicos sintéticos no controle de ácaros fitófagos .....	19
7	2.4 Óleos essenciais no controle de ácaros fitófagos .....	22
8	2.5 Efeitos subletais de produtos tóxicos sobre ácaros fitófagos .....	26
9	REFERÊNCIAS.....	29
10	CAPÍTULO I .....	37
11	POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS, COMPOSTOS ISOLADOS E	
12	PRODUTOS SINTÉTICOS SOBRE <i>Tetranychus neocaledonicus</i> ANDRÉ (1933)	
13	(Acari: Tetranychidae) .....	37
14	RESUMO.....	37
15	1 INTRODUÇÃO .....	41
16	2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
17	2.1 Local de estudo .....	44
18	2.2 Criação do ácaro <i>T. neocaledonicus</i> .....	44
19	2.3 Óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos .....	45
20	2.4 Análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas ..	46
21	2.5 Identificação química de óleos essenciais.....	46
22	2.6 Toxicidade sobre fêmeas adultas de <i>Tetranychus neocaledonicus</i> .....	47
23	2.7 Toxicidade de óleos para ovos de <i>Tetranychus neocaledonicus</i> .....	47
24	2.8 Atividade repelente dos óleos essenciais sobre fêmeas adultas de <i>Tetranychus</i>	
25	<i>neocaledonicus</i> .....	48
26	2.9 Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de <i>T. neocaledonicus</i>	
27	2.10 Análise estatística .....	49
28	3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
29	3.1 Identificação química dos óleos essenciais.....	51
30	3.2 Toxicidade dos óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos para	
31	fêmeas adultas de <i>T. neocaledonicus</i> .....	55
32	3.4 Toxicidade dos óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos a	
33	ovos de <i>T. neocaledonicus</i> .....	62

1	3.5 Atividade repelente em fêmeas de <i>T. neocaledonicus</i> .....	66
2	3.6 Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de <i>T. neocaledonicus</i> ..	71
3	4 CONCLUSÃO.....	74
4	CAPÍTULO II .....	86
5	EFEITOS SUBLETAIS DE ÓLEOS ESSENCIAIS E COMPOSTOS ISOLADOS NA	
6	HISTÓRIA DE VIDA DO ÁCARO <i>Tetranychus neocaledonicus</i> ANDRÉ (1933) (Acari:	
7	Tetranychidae) .....	86
8	RESUMO.....	86
9	1 INTRODUÇÃO .....	90
10	2 MATERIAL E MÉTODOS .....	93
11	2.1 Local de estudo .....	93
12	2.2 Criação do ácaro .....	93
13	2.3 Óleos essenciais e compostos isolados.....	93
14	2.4 Avaliação dos efeitos subletais na história de vida de <i>Tetranychus</i>	
15	<i>neocaledonicus</i> .....	94
16	3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
17	3.1 Efeitos subletais de óleos essencias e isolados na história de vida de <i>T.</i>	
18	<i>neocaledonicus</i> ..... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
19	4 CONCLUSÃO.....	112
20	REFERÊNCIAS.....	113

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma das cinco espécies domesticadas de *Phaseolus* (Fabaceae) e a segunda espécie mais cultivada desse gênero, atrás apenas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Seu cultivo é realizado, principalmente, pela agricultura familiar, especialmente no Nordeste brasileiro (OLIVEIRA-SILVA et al., 2017; LOPES et al., 2015; BAUDOIN et al., 2004). Essa fabacea é utilizada na alimentação humana, animal e também na adubação verde e cobertura do solo para proteção do mesmo contra a erosão (AZEVEDO et al., 2003; VIEIRA, 1992). É uma cultura atacada por diversos artrópodes-praga, dentre eles ácaros fitófagos.

Os ácaros fitófagos estão entre as pragas vegetais mais comuns, responsáveis por perdas significativas de produtividade em muitas culturas economicamente importantes (MORAES; FLECHTMANN, 2008). O ácaro *Tetranychus neocaledonicus* André (1993) (Acari: Tetranychidae), devido ao rápido desenvolvimento do ovo ao adulto, alta viabilidade de estágios imaturos e a alta oviposição de fêmeas, vem sendo sugerido como apresentando potencial como praga de *P. lunatus* (BRIOZO et al., 2023; GOMES NETO et al., 2017). Os danos em feijão-fava se iniciam com as plantas atacadas apresentando pequenas manchas esbranquiçadas, que depois evoluem para manchas cloróticas, seguido de prateamento, secagem e queda das folhas (GOMES NETO et al., 2019), reduzindo assim, a área fotossintética e capacidade produtiva da planta.

Atualmente o principal método de controle de ácaros-praga é o químico com a aplicação de acaricidas sintéticos, devido a facilidade de aplicação, rápida morte dos ácaros, que provoca uma diminuição populacional das pragas, contribuindo positivamente na produtividade (MANIANIA et al., 2008). Esse tipo de controle tem sido um componente essencial dos programas de manejo integrado de pragas (MIP) em todo o mundo, visto que os acaricidas sintéticos contribuem para o manejo de ácaros-praga, quando utilizados de forma correta (LEWWEN et al., 2015; ESTEVES FILHO et al., 2013). Os produtos químicos são divididos em grupos de acordo com seu modo de ação na praga alvo, e cada grupo atua em determinado sistema dos organismos expostos: sistema nervoso, muscular, endócrino, digestivo, respiratório e ainda há alguns que apresentam seu sítio de ação desconhecidos ou inespecíficos (IRAC, 2023; SPARKS; NAUEN, 2015). São poucos os experimentos conduzidos em

1 laboratório visando testar a eficiência de acaricidas para essa espécie. Para *T.*  
2 *neocaledonicus* foram testados os acaricidas (via método residual em folhas de  
3 berinjela) Propargite 57EC, Clofentazine 50SC, Cyflumetofen 20EC, Fenpyroximate  
4 5EC, Dicofol 18.5EC, Azadirachtin 0.03EC, com Fenproximate 5 EC sendo o mais  
5 tóxico (7,09 ppm) e Azadirachtin 0.03EC o menos tóxico (319,35 ppm) ao ácaro  
6 (SINGH; SINGH, 2017). Porém, não existem produtos registrados no Ministério da  
7 Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle químico de *T.*  
8 *neocaledonicus* em feijão-fava, nem mesmo para outra cultura (AGROFIT, 2024).  
9 Devido a isso, a busca por compostos ativos torna-se importante para o  
10 desenvolvimento do manejo dessa praga.

11 No entanto, os acaricidas não afetam apenas os ácaros-praga. Afetam também  
12 outros artrópodes, incluindo seus inimigos naturais, animais de outros grupos, insetos  
13 benéficos, até mesmo o próprio homem. Além do que, esses indivíduos tem grande  
14 capacidade de desenvolver resistência aos acaricidas sintéticos devido suas  
15 características biológicas e ao uso indiscriminado dessas substâncias. Por essa e  
16 outras razões, atualmente existe uma tendência em várias partes do mundo, de  
17 reduzir-se o uso de acaricidas nos agroecossistemas (MORAES; FLECHTMANN,  
18 2008). Com isso, torna-se importante a busca por métodos de controle, que sejam  
19 eficientes, economicamente viável e que não seja prejudicial aos seres vivos e ao  
20 meio ambiente, que possam contribuir para a diminuição da utilização de acaricidas  
21 sintéticos.

22 Um método promissor para o controle dessas pragas são os óleos essenciais  
23 e seus compostos (ZHU et al., 2024; MASSANGO et al., 2017). Esses são  
24 classificados como metabólitos secundários produzidos por várias partes da planta.  
25 Acredita-se que os óleos essenciais e seus compostos apresentam uma maior  
26 barreira a resistência de pragas e um menor risco a saúde humana e a contaminação  
27 do meio ambiente quando comparados aos defensivos convencionais (CORREA et  
28 al., 2015). Estes produtos podem proporcionar diversos efeitos sobre ovos, larvas e  
29 adultos, atuando por contato, ingestão e fumigação (MIRESMAILLI; ISMAN, 2006).

30 Os óleos essenciais são constituídos por compostos químicos, principalmente  
31 os monoterpenos (mais de 80% do óleo essencial) e os sesquiterpenos. A composição  
32 química do óleo essencial pode variar, dependendo da parte da planta utilizada para  
33 a extração (FORNARI et al., 2012). São considerados substâncias complexas, voláteis,

1 líquidas e lipofílicas, sendo importantes pela baixa toxicidade aos mamíferos (MILLEZI  
2 et al., 2013; ISMAN, 2000).

3 Vários óleos essenciais mostraram atividade acaricidas contra diferentes  
4 espécies de ácaros. Por exemplo, o óleo essencial de cinamomo (*Melia azedarach* L.)  
5 funcionou como acaricida, dissuasor de oviposição e foi repelente contra *Tetranychus*  
6 *urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (TEHRANI et al., 2022). O óleo de rizomas de  
7 bandeira doce (*Acorus calamus* L.) apresentou atividade acaricida contra *T. urticae* e  
8 *Tetranychus macfarlanei* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) (AUAMCHAROEN;  
9 KITIYA, 2023), e também os óleos essenciais de *Illicium verum* Hook f., *Eugenia*  
10 *caryophyllus* (Sprengel) Büllock e *Cymbopogon flexuosus* Stapf. mostraram-se ativos  
11 contra *T. neocaledonicus* (BRIOZO et al., 2022).

12 No campo, os artrópodes são expostos a concentrações letais de pesticidas,  
13 porém também estão sujeitos a exposição a concentrações subletais, que mesmo não  
14 causando mortalidade imediata, podem afetar parâmetros biológicos,  
15 comportamentais, fisiológicos e demográficos das pragas sobreviventes e de seus  
16 descendentes (BRIOZO et al., 2022; HAVASI et al. 2018; DESNEUX et al. 2007).  
17 Dessa forma, é importante considerar os efeitos subletais desses produtos sobre a  
18 população para uma avaliação completa de seu impacto (STARK; BANKS, 2006).  
19 Esses efeitos são diversos, como repelência, diminuição nas taxas de oviposição,  
20 sobrevivência, fecundidade, alteração nos parâmetros da tabela de vida, taxa de  
21 crescimento populacional e aspectos biológicos (BRIOZO et al., 2022; DESNEUX et  
22 al., 2007; STARK; BANKS, 2003). Os produtos sintéticos à base de nim Natural  
23 Neem®(NN), Off-Neem®(ON), Nim-I-GO®(NG) e Azamax®(AZ) foram testados sobre  
24 *T. neocaledonicus* e afetaram a história de vida do ácaro em concentrações subletais  
25 (SANTOS et al., 2021).

26 Portanto, devido a importância de *T. neocaledonicus* na cultura do feijão-fava e  
27 ausência de produtos registrados para seu controle, torna-se necessário a busca por  
28 produtos com atividade biológica que possam ser utilizados no seu manejo. Assim, o  
29 objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos letais e subletais de óleos essenciais,  
30 compostos isolados e de produtos sintéticos no controle de *T. neocaledonicus* criado  
31 em folhas de feijão-fava.

## 1 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2 2.1 Feijão-fava *Phaseolus lunatus*

3

4 O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) pertence à família Fabaceae, subordem  
5 Rosidae e o gênero *Phaseolus* que compreende cerca de 50 espécies. É uma das  
6 cinco espécies domesticadas deste gênero e a segunda espécie mais cultivada,  
7 depois do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (OLIVEIRA et al., 2018; BAUDOIN et  
8 al., 2004).

9 *Phaseolus lunatus* também é conhecido como feijão-fava ou feijão-lima,  
10 dependendo da região, é cultivado na América do Norte, na América do Sul, na  
11 Europa, no leste e oeste da África e no sudeste da Ásia (BAUDOIN, 1988). Tem ciclo  
12 de crescimento anual, trepadeira e é cultivada devido aos seus grãos comestíveis. O  
13 feijão-fava é utilizado tanto na alimentação humana, animal e também na adubação  
14 verde e cobertura, tendo bons efeitos nas condições físicas, químicas e biológicas do  
15 solo, protegendo-o contra a erosão (PEGADO et al., 2008; AZEVEDO et al., 2003;  
16 VIEIRA, 1992). É considerado uma forrageira de qualidade moderada, produzindo  
17 enorme quantidade de forragem para alimentação animal (GOMES et al., 2015).

18 No Brasil foram produzidas 12.061 toneladas de grãos de feijão-fava, no ano  
19 de 2022, com uma produtividade média de 339 kg ha<sup>-1</sup>. A região Nordeste se destaca  
20 como a maior produtora de feijão-fava, com o estado do Ceará liderando a produção  
21 (IBGE, 2022).

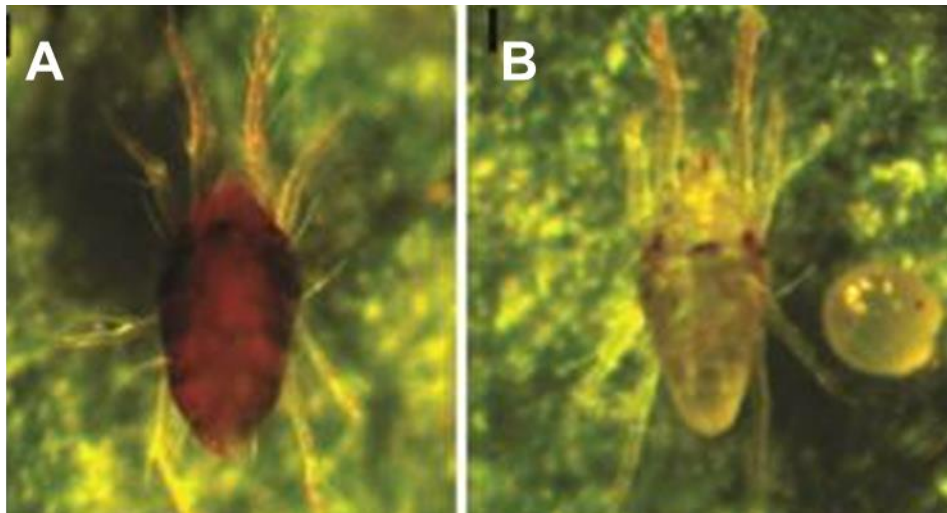
22 No Nordeste do país é uma fonte de renda e alimentar para a população da  
23 região, principalmente para pequenos produtores, sendo consumido sob a forma de  
24 grãos maduros ou verdes, com a produção sendo destinada a subsistências das  
25 famílias e o excedente sendo vendido a intermediários e em feiras livres da região  
26 (BARBOSA; ARIEL, 2018; OLIVEIRA et al., 2004).

27 O feijão-fava possui valor nutricional semelhante ao feijão-comum, seus grãos  
28 secos contêm aproximadamente 63% de carboidratos, 25% de proteína e 6% de fibras  
29 (GUIMARÃES, 2005). A cultura do feijão-fava possui grande importância econômica e  
30 social, tendo como uma das principais características a rusticidade o que prolonga a  
31 sua colheita, podendo ser realizada no período seco. Na região Nordeste a cultura  
32 costuma ser plantada de forma consorciada com as culturas de milho e mandioca  
33 (AZEVEDO et al., 2003).

1 No entanto, apesar da importância dessa cultura, apresenta baixo rendimento  
2 comparado a outras fabáceas, o que está relacionado a alguns fatores limitantes como  
3 a ocorrência de doenças e pragas agrícolas (VIEIRA, 1992). Apesar de todo o  
4 potencial demonstrado por essa Fabaceae, poucas pesquisas têm sido realizadas  
5 quanto à fitossanidade da cultura, sendo essa classificada como uma Cultura de  
6 Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI), que é atacada por diversos artrópodes-  
7 praga, ocasionando perdas na produção, entre eles destacam-se os ácaros fitófagos.

## 8 **2.2 *Tetranychus neocaledonicus* André (1933) (Acari: Tetranychidae)**

9  
10 *Tetranychus neocaledonicus* pertence à família Tetranychidae, sendo  
11 conhecido como ácaro-vermelho, devido a coloração vermelha das fêmeas adultas, é  
12 um ácaro fitófago que causa danos a diversas culturas, tem preferência pela região  
13 mediana da planta, onde vive na parte abaxial das folhas, produzindo enorme  
14 quantidade de teia (MORAES; FLECHTMANN, 1981, 2008) (FIGURA 1).



16  
17  
18  
19  
Figura 1. *Tetranychus neocaledonicus*: A - fêmea, B – macho de *T. neocaledonicus*.  
Fonte: Gomes Neto et al. (2019).

20 Foi relatado pela primeira vez em 1933, infestando plantas de algodão, em  
21 Nova Caledônia, na Oceania (MIGEON, 2015). Atualmente, apresenta uma ampla  
22 distribuição geográfica, com relato em 528 hospedeiros em diferentes famílias  
23 botânicas em mais de 60 países (MIGEON; DORKELD, 2023). Já foi encontrado  
24 associado em diversas culturas agrícolas de importância econômica no Brasil, dentre  
25 elas: algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), alho (*Allium sativum* L.), coqueiro (*Cocos*

1 *nucifera* L.), feijão comum (*P. vulgaris*), feijão-fava (*P. lunatus*), mandioca (*Manihot*  
2 *esculenta* Crantz), feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) (GOMES NETO et al.,  
3 2017; MENDONÇA et al. 2011; SANTANA; FLECHTMANN, 1998; FLECHTMANN,  
4 1987; MORAES, 1981; FARIAS et al, 1978; TUTTLE et al, 1977).

5 É sugerido que o ácaro *T. neocaledonicus*, devido ao rápido desenvolvimento  
6 do ovo ao adulto, alta viabilidade de estágios imaturos e a alta oviposição de fêmeas,  
7 apresenta potencial para se tornar praga de *P. lunatus* (GOMES NETO et al., 2017).  
8 Os danos em feijão-fava se iniciam com as plantas atacadas apresentando pequenas  
9 manchas esbranquiçadas, que depois evoluem para manchas cloróticas, seguido de  
10 prateamento, secagem e queda das folhas (GOMES NETO et al., 2019). Injúrias nas  
11 folhas comprometem a atividade fotossintética, reduzindo o vigor da planta e por  
12 consequência a produtividade. Vários estágios de vida desses ácaros ocorrem sob as  
13 teias, que oferece proteção, dificultando o controle (SOBHA et al., 2017).

14 O ciclo de *T. neocaledonicus* em feijão-fava ocorre em cerca de 11 a 12 dias,  
15 já a longevidade para fêmeas é de 44,3 e machos 48,9 dias. As fêmeas tem um  
16 período de oviposição de 36 dias em média, com uma média de 74 ovos ovipositados.  
17 Destacando a alta viabilidade de ovos (94%) e sobrevivência de larvas (92%). A  
18 biologia e os parâmetros de tabela de vida calculados indicam que o *T.*  
19 *neocaledonicus* apresenta potencial de se tornar praga dessa cultura sob condições  
20 de Temperatura à 25°C, 75% de UR e fotofase de 12 horas (GOMES NETO et al.,  
21 2017).

22 As espécies vegetais (*V. unguiculata*, *P. lunatus*, *Abelmoschus esculentus* L. e  
23 *Glycine max* (L) Merrill) foram avaliadas sobre os parâmetros da história de vida de *T.*  
24 *neocaledonicus* através de tabelas de vida. Essas espécies hospedeiras afetaram  
25 tanto o desenvolvimento quanto a reprodução do ácaro. A alta fecundidade e taxa  
26 reprodutiva bruta desse fitófago encontradas em *V. unguiculata*, *P. lunatus* e *G. max*  
27 indicaram essas espécies como hospedeiros potenciais para o ácaro. Sendo  
28 importante evitar o cultivo dessas culturas na mesma área, a fim de evitar picos  
29 populacionais de *T. neocaledonicus*. Já para *A. esculentus*, a baixa fecundidade do  
30 ácaro indica que não tem potencial para atingir o status de praga (BRIOZO et al.,  
31 2023).

### 32 **2.3 Produtos químicos sintéticos no controle de ácaros fitófagos**

33

1 Após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento significativo no uso de  
2 produtos químicos sintéticos para controlar os artrópodes-praga, incluindo os ácaros.  
3 Esses produtos tem como vantagens a facilidade de aplicação que resultam em uma  
4 rápida morte dos ácaros e impactos extremamente positivos na produtividade. Devido  
5 a isso, até hoje, a utilização de acaricidas, produtos químicos destinados ao controle  
6 de ácaros, continua sendo a forma mais prevalente de controle dessas pragas na  
7 agricultura (MORAES; FLECHTMANN, 2008). O controle químico com acaricidas  
8 sintéticos tem sido um componente essencial dos programas de manejo integrado de  
9 pragas (MIP) em todo o mundo e é improvável que essa realidade venha a mudar nos  
10 próximos anos (LEWWEN et al., 2015).

11 Os inseticidas/acaricidas são agrupados conforme seu modo de ação nos  
12 indivíduos expostos, e cada grupo atua em determinado sistema, como: nervoso,  
13 muscular, endócrino, digestivo, respiratório e ainda há alguns que apresentam seu  
14 sítio de ação desconhecidos ou inespecíficos (IRAC, 2023; SPARKS; NAUEN 2015).

15 Vários trabalhos na literatura mostram a eficiência de produtos químicos  
16 sintéticos no controle de ácaros-filófagos (SANTANA et al., 2020; BREDA et al., 2017;  
17 SINGH; SINGH, 2017; ESTEVES FILHO et al. 2008). No entanto, são escassos os  
18 trabalhos que mostram a eficiência desses produtos sobre *T. neocaledonicus*.

19 A abamectina, clorfenapir e piridabeno foram tóxicos para ovos e adultos de *T.*  
20 *urticae* (BADAWY et al., 2022). Abamectina e espiromesifeno foram tóxicos para  
21 *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) em *Capsicum annuum* L.,  
22 além de causar repelência e afetar a taxa instantânea de crescimento populacional (ri)  
23 (BREDA et al., 2017). A abamectina foi eficaz no controle de *Oligonychus* sp. no  
24 mamão. Porém, também foi altamente tóxica para os ácaros predadores *Phytoseiulus*  
25 *persimilis* (Acari: Phytoseiidae) e *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae)  
26 (CUA-BASULTO et al., 2021). A toxicidade com acaricidas sintéticos sobre *T.*  
27 *neocaledonicus* mostrou que Fenpyroximate, Dicofol, Cyflumetofen, Clofentazine,  
28 Propargite foram mais tóxicos que a Azadirachtina (SINGH; SINGH, 2017).

29 O controle dos ácaros-fitófagos é uma batalha constante devido à rápida  
30 resistência desenvolvida por essas pragas em relação aos acaricidas. Isso ocorre  
31 devido ao alto potencial reprodutivo dos ácaros e ao ciclo de vida curto que possuem  
32 (DEKEYSER, 2005).

33 A resistência é entendida como a capacidade da população de um dado  
34 organismo em se mostrar menos susceptível a doses de agrotóxicos que normalmente

1 seriam letais a ela. Progressivamente ocorre em maiores proporções mediante a  
2 exposição frequente a um dado fator do ambiente, no caso, um agrotóxico. Por suas  
3 características biológicas, a resistência de ácaros a acaricidas tem-se tornado um  
4 problema mais sério do que tem sido observado em outros grupos de pragas. Altos  
5 níveis de resistência podem desenvolver-se em períodos de um a quatro anos de uso  
6 de um dado produto (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

7 Para enfrentar esse problema, é necessário explorar novas substâncias  
8 químicas que tenham efeitos sobre diferentes sítios de ação e usá-las de forma  
9 criteriosa. Dessa forma, pode-se evitar ou retardar a resistência dos ácaros a esses  
10 produtos. Além disso, é essencial considerar que as agências reguladoras cada vez  
11 mais exigem acaricidas com maior segurança para organismos não-alvo e menor  
12 persistência ambiental em comparação aos produtos existentes (DEKEYSER, 2005).

13 A expressão de resistência das pragas pode levar a práticas insustentáveis na  
14 agricultura, como a aplicação frequente de doses crescentes de produtos químicos, o  
15 aumento da frequência de aplicação, a utilização de combinações inadequadas de  
16 produtos e a substituição de produtos atualmente utilizados por outros mais tóxicos.  
17 Essas ações são adotadas pelos agricultores com o objetivo de melhorar a eficácia  
18 no controle das pragas, porém, a longo prazo, são indesejáveis e prejudiciais. Para  
19 evitar ou retardar o desenvolvimento de resistência aos produtos químicos, é  
20 necessário empregar diferentes técnicas de manejo (MORAES; FLECHTMANN,  
21 2008).

22 O produto sintético abamex (abamectina) é um acaricida, inseticida, nematicida  
23 de contato e ingestão para o controle de pragas em diversas culturas, sua  
24 Classificação Toxicológica é Categoria 4 – Produto Pouco Tóxico e Classificação  
25 Ambiental grupo III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente. Como acaricida é registrado  
26 para controle das espécies de ácaro *P. latus*, *T. urticae*, *Phyllocoptruta oleivora*  
27 (Ashmead, 1879) (Acari: Eriophyidae), *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari:  
28 Tetranychidae), *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari: Tetranychidae), *Oligonychus ilicis*  
29 (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae), *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939)  
30 (Acari: Tenuipalpidae) e *Eriophyes guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em  
31 diversas culturas. Tracer (espinosina) é um inseticida de Classificação Toxicológica  
32 Categoria 5 – Produto Improvável de Causar Dano Agudo e Classificação Ambiental  
33 III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente. Bazuca (metomil) é um acaricida e inseticida  
34 de contato e ingestão, sua Classificação Toxicológica é Categoria 3 – Produto

1 Moderadamente Tóxico Classificação Ambiental II - Produto Muito Perigoso ao Meio  
2 Ambiente (AGROFIT, 2023).

3 A abamectina atua como modulador alostéricos de canais de canais de cloro  
4 mediados pelo glutamato, espinosina atua como modulador alostéricos de receptores  
5 nicotínicos da acetilcolina e o metomil é um carbamato que atua como inibidor da  
6 acetilcolinesterase (IRAC, 2023). Portanto, esses três produtos sintéticos são de  
7 grupos químicos distintos, que age com diferentes modos de ação sobre os  
8 artrópodes.

9 Infelizmente, os acaricidas não afetam apenas os ácaros-praga. Afetam  
10 também outros artrópodes, incluindo os predadores de ácaros-praga, animais de  
11 outros grupos, incluindo o próprio homem etc. Por esses e outros motivos, existe hoje  
12 uma tendência em várias partes do mundo, de diminuir o uso de acaricidas nos  
13 agroecossistemas. Mesmo assim, o uso de produtos químicos continua intenso  
14 (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

15 É importante a pesquisa de acaricidas/inseticidas com diferentes modos de  
16 ação, objetivando o controle de *T. neocaledonisus*, o manejo da resistência, a  
17 seletividade a inimigos naturais, a proteção ambiental e a segurança para os  
18 aplicadores desses insumos e consumidores dos produtos expostos.

19

## 20 **2. 4 Óleos essenciais no controle de ácaros fitófagos**

21

22 O manejo de pragas com uso predominante de pesticidas sintéticos apresenta  
23 desvantagens significativas, como persistência prolongada, resíduos tóxicos nos  
24 alimentos e risco à saúde humana e ao meio ambiente. Essas desvantagens têm  
25 criados novos desafios para o desenvolvimento de produtos químicos mais seguros  
26 para proteção das culturas, que sejam eficazes contra as pragas-alvo, e também  
27 seguros para os seres humanos, organismos não-alvo e meio ambiente (WALIA et al.,  
28 2017).

29 Aliado a isso, a crescente preocupação da sociedade em relação à preservação  
30 do meio ambiente, à segurança alimentar e aos efeitos indesejados dos inseticidas  
31 organossintéticos tem impulsionado a busca por alternativas de controle de pragas.  
32 Uma dessas alternativas é o uso de óleos essenciais, extraídos de plantas e seus  
33 constituintes. Esses produtos, em geral, apresentam baixa toxicidade para seres

1 humanos e animais, têm uma taxa de degradação rápida e não deixam resíduos  
2 tóxicos nos alimentos (FRANÇA; BREDA, 2018).

3 Os óleos essenciais de plantas têm sido utilizados pelos seres humanos ao  
4 longo da história, principalmente como ingredientes aromáticos em fragrâncias e para  
5 adicionar sabor as refeições. Recentemente eles estão ganhando destaque na  
6 medicina humana, sendo usados como fitofármacos e na prática da aromaterapia,  
7 ampliando suas aplicações. Uma atenção considerável tem sido dada aos óleos  
8 essenciais devido às suas diversas propriedades bioativas contra pragas agrícolas, o  
9 que tem levado a considerá-los como alternativas aos pesticidas químicos sintéticos  
10 na proteção das plantações (ZHU et al., 2024; ISMAN, 2020a).

11 A perda contínua de pesticidas convencionais por meio de ação regulatória ou  
12 perda de eficácia devido ao aumento da resistência de pragas também está criando  
13 oportunidades para pesticidas à base de óleo essencial (ISMAN, 2020a).

14 Os óleos essenciais são oriundos do metabolismo secundário das plantas  
15 aromáticas, são líquidos, voláteis, de odor forte e quase sempre agradável,  
16 pertencentes principalmente a algumas famílias, incluindo Myrtaceae, Lauraceae,  
17 Lamiaceae e Asteraceae (RAJENDRAN; SRIRANJINI, 2008; IKBAL; PAVELA, 2019).  
18 Dependendo da espécie considerada, eles são armazenados em vários órgãos da  
19 planta, por exemplo, flores (laranja bergamota, *Citrus bergamia* C.b), folhas (capim  
20 limão, *Citronella* spp.; eucalipto, *Eucalyptus* spp.), madeira (sândalo, *Santalum* spp.),  
21 raízes (grama vetiver, *Chrysopogon zizanioides* (L.) Nash), rizomas (gingibre,  
22 *Zingiber officinale* Roscoe; açafrão, *Curcuma longa* L.), frutas (anis, *Pimpinella anisum*  
23 L.) e sementes (noz-moscada, *Myristica fragrans* Houtt.) (REGNAULT-ROGER et al.,  
24 2012). Eles são uma importante classe de metabólitos secundários de plantas  
25 aromáticas, que geralmente podem ser obtidos pelo método de destilação a vapor ou  
26 hidrodestilação, e são constituídos de um grande número de substâncias químicas.  
27 Pertencem principalmente a dois grupos fitoquímicos: terpenóides (monoterpenos e  
28 sesquiterpenos de baixo peso molecular) e, em menor grau, fenilpropanoides.  
29 Terpenoides são os principais constituintes dos óleos essenciais (LI et al., 2015;  
30 BERNARDS, 2010).

31 Devido à rápida degradação desses óleos, o impacto ambiental é  
32 significativamente menor em comparação aos pesticidas sintéticos atualmente  
33 utilizados. Isso resulta em menor impacto nas populações de insetos predadores,  
34 parasitoides e polinizadores, tornando os pesticidas à base de óleos essenciais

1 adequados para programas de manejo integrado de pragas. Além disso, é esperado  
2 que a resistência a esses biopesticidas se desenvolva de forma mais lenta, devido às  
3 misturas complexas de constituintes que caracterizam muitos óleos essenciais  
4 (ISMAN; MICHAL, 2006). E embora pouco ou nenhum resíduo seja esperado nos  
5 alimentos após a aplicação de pesticidas à base de óleo essencial, a potencial  
6 influência ou impacto da prática na qualidade organoléptica dos alimentos resultantes  
7 não foi investigada com muito detalhe até o momento (ISMAN, 2020a).

8 Os modos de ação mais comuns dos óleos essenciais relatados na literatura  
9 apontam para efeitos neurotóxicos, devido a rápida ação, envolvendo múltiplos locais  
10 e vários mecanismos de ação (ISMAN, 2020a), como receptores GABA, compostos  
11 se ligam aos receptores GABA associado a canais de cloreto localizado na membrana  
12 de neurônios pós sinápticos e interrompe o funcionamento da sinapse GABA  
13 (PRIESTLEY et al. 2003), Inibição da acetilcolinesterase (AChE) (MAHMOUD et al.,  
14 2019; MILLS et al., 2004), Modulação do sistema octopaminérgico, ativando os  
15 receptores para octopamina, que é um neuromodulador (ENAN, 2001).

16 A maioria dos óleos essenciais de plantas é quimicamente complexa, o que  
17 aumenta sua eficácia devido à sinergia entre os constituintes. Para proteção de  
18 cultivos, produtos deste tipo podem ser usados em rotação ou em combinação com  
19 outros inseticidas, diminuindo potencialmente as quantidades totais aplicadas e  
20 possivelmente mitigando ou retardando o desenvolvimento de resistência em  
21 populações de pragas (ISMAN, 2010). Além disso, devido ao seu curto tempo residual  
22 na folhagem e frutos da planta e sua relativa segurança para os seres humanos, eles  
23 podem ser aplicados pouco antes da colheita para minimizar a contaminação por  
24 pragas (ISMAN, 2020b).

25 Embora sejam muito eficientes como potenciais ingredientes ativos, existem  
26 poucos pesticidas botânicos fabricados comercialmente com base em óleos  
27 essenciais. Isso se deve a muitos estudos publicados, mas poucos resultados  
28 práticos, devido a falta de uma cooperação mais estreita entre centros científicos e  
29 potenciais fabricantes em pesquisa; legislação rígida; os processos de autorização de  
30 pesticidas botânicos são complexos e caros, assim como a autorização de qualquer  
31 composto recém-sintetizado sem histórico de uso na indústria alimentícia, cosmética  
32 ou farmacêutica; baixa persistência dos efeitos; isso pode reduzir significativamente a  
33 eficácia contra pragas e falta de qualidade e quantidade suficiente de materiais a  
34 preços acessíveis (PAVELA; BENELLI, 2016).

1 Uma das tecnologias bastante estudadas para evitar a perda de eficiência dos  
2 óleos essenciais e seus isolados contra pragas alvo no campo são as  
3 nanoformulações, baseadas em materiais poliméricos naturais ou sintéticos que  
4 encapsulam o princípio ativo dos óleos ou terpenoides, evitando níveis elevados de  
5 degradação de compostos ativos (ISMAN, 2019a; PAVELA; BENELLI, 2016).

6 A melhoria na qualidade e segurança dos alimentos e na saúde humana deve  
7 ser uma prioridade para todos os produtores de alimentos no mundo, e os produtos  
8 baseados em óleos essenciais tem esse potencial. No entanto, é necessário que a  
9 legislação existente relativa à autorização deve ser simplificada e uma melhor  
10 cooperação deve ser estabelecida entre a pesquisa e os fabricantes de biopesticidas  
11 para colocar os resultados da pesquisa em prática (PAVELA; BENELLI, 2016).

12 O Brasil é um país com alta diversidade floral, da qual poderiam ser derivados  
13 inseticidas botânicos, e muitas pesquisas tem sido realizadas pelos pesquisadores  
14 brasileiros, porém o país tem tido menos sucesso na comercialização de botânicos  
15 comparados a outros países, isso devido a um sistema regulatório complexo que não  
16 faz nenhuma acomodação especial para botânicos e envolve a revisão de três  
17 ministérios separados (agricultura, saúde e meio ambiente) (ISMAN, 2015).

18 Na literatura é possível encontrar vários estudos que demonstram que a  
19 utilização de óleos essenciais pode ser eficiente no controle de ácaros-praga em  
20 diversas culturas, como alecrim (*S. Rosmarinus*), alho (*A. sativum*), a jojoba (*S.*  
21 *chinensis*) em *T. urticae* (ISMAIL et al., 2015), orégano (*Origanum onites* L.), Tomilho  
22 (*Thymbra spicata* L.), lavanda (*L. stoechas* L.) e menta (*M. spicata* L.) em *T.*  
23 *cinnabarinus* (SERTKAYA et al., 2010), *Illicium verum* Hook f., *Eugenia caryophyllus*  
24 (Sprengel) Büllock e *Cymbopogon flexuosus* Stapf. em *T. neocaledonicus* (BRIOZO  
25 et al., 2022).

26 Muitos trabalhos na literatura demonstram o potencial dos óleos essenciais e  
27 seus constituintes como biopesticida, porém poucos são os produtos registrados à  
28 base desses produtos. Inseticidas/acaricidas comerciais atuais à base de óleos  
29 essenciais de plantas incluem: EcoTrol™ com 10% óleo de alecrim, 5% geraniol, 2%  
30 óleo de hortelã-pimenta; TetraCURB™ com 50% óleo de alecrim, 3% de óleo de cravo,  
31 1,95% de óleo de hortelã-pimenta; Requiem<sup>R</sup> com 59,7% de a-terpineno, 22,4% p-  
32 cymeno 17,9% d-limoneno; Eco-oil<sup>R</sup> mistura de 2% de tea tree (*Melaleuca*) e óleos  
33 de eucalipto; Akabrown<sup>R</sup> com 1,25% de óleo de canela, 1,0% de óleo de hortelã-  
34 pimenta, 0,5% de óleo de cravo, 0,25% de óleo de orégano; Prev-Am<sup>R</sup> com 5-6% de

1 óleo de laranja (ISMAN, 2020b). Este último registrado no Brasil para controle de  
2 insetos e ácaros em diversas culturas, sendo recomendado para as espécies de  
3 ácaros *P. oleivora* (ácaro da falsa ferrugem), *Aceria guerreronis* Keifer (Acari:  
4 Eriophyidae) (ácaro do coqueiro), *T. urticae* (ácaro-rajado) e *P. ulmi* (ácaro-da-  
5 macieira) (AGROFIT, 2023).

6

## 7 **2.5 Efeitos subletais de produtos tóxicos sobre ácaros fitófagos**

8

9 Não se pode ignorar a importância dos efeitos letais dos inseticidas. No entanto,  
10 é um equívoco subestimar os possíveis impactos subletais dos pesticidas nos  
11 organismos-alvo e as consequências ecológicas que podem surgir. Embora os  
12 pesticidas sejam normalmente utilizados em concentrações que levam à morte  
13 imediata das pragas, ao longo do tempo, os resíduos se degradam em plantas,  
14 animais, água e solos, levando a exposições subletais (BADJI et al., 2007; DESNEUX  
15 et al., 2005). Além de que, os ácaros são expostos com frequência a concentrações  
16 subletais ou letais quando são aplicados pesticidas para controlar outras pragas que  
17 coexistem com os ácaros (WANG et al., 2016). Para compreender a eficácia e o risco  
18 da aplicação de pesticidas, é essencial entender os efeitos subletais (DESNEUX et al.  
19 2007; HAVASI et al. 2018).

20 Efeitos subletais são definidos como efeitos, podendo ser fisiológicos ou  
21 comportamentais, em sobreviventes à exposição a um produto tóxico (o pesticida  
22 dose/concentração pode ser subletal ou letal). Uma dose/concentração subletal é  
23 definida como a que não provoca mortalidade imediata na população experimental  
24 (DESNEUX et al., 2007).

25 Populações de artrópodes expostas a produtos tóxicos podem ser afetadas de  
26 forma negativa por efeitos subletais, desde a repelência, diminuição nas taxas de  
27 oviposição, sobrevivência, fecundidade, alteração nos parâmetros da tabela de vida,  
28 taxa de crescimento populacional, até comportamento de forrageamento prejudicado  
29 e interferências em aspectos biológicos (BRIOZO et al., 2022; DESNEUX et al., 2007;  
30 STARK; BANKS, 2003). Esses efeitos no geral são observados nos indivíduos que  
31 são expostos as concentrações subletais, porém efeitos nas gerações subsequentes  
32 têm sido também observados (BRIOZO et al., 2022; LI et al., 2017). A exposição às  
33 concentrações CL<sub>10</sub> e CL<sub>20</sub> de bifenazato afetou a geração parental de *T. urticae*,  
34 incluindo taxa de sobrevivência, período de oviposição, fecundidade por fêmea e

1 longevidade. Os parâmetros populacionais da progênie das fêmeas tratadas também  
2 foram afetados (Li et al., 2017).

3 Os aspectos da história de vida, como os padrões de mortalidade, fertilidade e  
4 a idade em que ocorrem, desempenham um papel crucial na compreensão da  
5 dinâmica populacional das espécies (CASWELL, 2000). A análise dos efeitos  
6 populacionais de estressores como acaricidas sintéticos ou botânicos tem sido cada  
7 vez mais explorada por meio do uso de tabelas de vida (FORBES; CALOW, 2002;  
8 STARK; BANKS, 2003), e existe um corpo substancial e em expansão de pesquisas  
9 experimentais que avaliam as taxas intrínsecas de crescimento natural e outros  
10 parâmetros relacionados à história de vida dos ácaros (JANSSEN et al., 2022).

11 Os efeitos subletais das CL<sub>5</sub>, CL<sub>10</sub> e CL<sub>20</sub>, da diflovidazina em parâmetros  
12 biológicos de *T. urticae*, tiveram redução significativa na duração da maturação, no  
13 período de oviposição e na fecundidade total das fêmeas com o aumento da dose  
14 examinada. As diferentes concentrações da diflovidazina teve efeito significativo e  
15 negativo na longevidade e ciclo de machos e fêmeas (HAVASI et al., 2018).

16 Com o objetivo de avaliar e validar os efeitos subletais do clorfenapir em  
17 parâmetros demográficos de *T. urticae*, com base em tabela de vida de dois sexos.  
18 Foi concluído que junto com as doses letais, as concentrações subletais de clorfenapir  
19 reduziram profundamente a taxa de crescimento populacional de *T. urticae*. Esta  
20 informação é importante para prever o potencial deste pesticida para uso em  
21 programas de MIP da população de *T. urticae* (BOZHGANI et al., 2018).

22 Quando os pesticidas são aplicados no campo, eles não  
23 causam somente efeito letal agudo direto sobre insetos e ácaros, mas também afetam  
24 as características da história de vida dos indivíduos que sobrevivem através dos  
25 tratamentos com pesticidas (LI et al., 2017). Além disso, espécies não-alvo, incluindo  
26 pragas secundárias, podem ser expostas a concentrações subletais dos produtos  
27 durante períodos prolongados, o que pode resultar em consequências imprevisíveis,  
28 como surtos de pragas (CORDEIRO et al., 2013).

29 A exposição de alguns pesticidas, podem causar um aumento na população de  
30 pragas (WANG et al., 2016). Em alguns casos, esse aumento tem sido atribuído ao  
31 efeito conhecido como hormoligose, que corresponde ao efeito estimulante de uma  
32 pequena dose de substâncias que em maiores doses são tóxicas (MORAES;  
33 FLECHTMANN, 2008).

1 Neste sentido, estudos foram conduzidos para avaliar os efeitos subletais  
2 (CL<sub>25</sub>) do Biomite®, um acaricida de base natural, no crescimento populacional e nos  
3 parâmetros de vida de *Tetranychus turkestanii* Ugarov & Nikolskii (Acari:  
4 Tetranychidae). Foi concluído que concentrações subletais de Biomite® estimularam  
5 a fecundidade das fêmeas e como resultado aumentaram desenvolvimento  
6 populacional (MOHAMMADI et al., 2016). Os efeitos subletais do espinetoram, sobre  
7 *T. urticae* foram investigados através do tratamento de fêmeas adultas e ovos com  
8 CL<sub>10</sub> e CL<sub>20</sub> em laboratório. Os resultados mostraram que o tempo de desenvolvimento  
9 do *T. urticae* de ovo a adulto foi reduzido e que a fecundidade foi aumentada pelo  
10 pelas concentrações subletais de espinetoram. Também houve aumento da taxa de  
11 aumento intrínseca e finita e a taxa reprodutiva líquida. Os resultados indicam que  
12 doses subletais de espinetoram provavelmente aumentaram, em vez de inibirem, o  
13 crescimento populacional de *T. urticae*, sugerindo que o espinetoram provavelmente  
14 causará surtos de *T. urticae* no campo (WANG et al., 2016).

15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

## 1 REFERÊNCIAS

- 2
- 3 AGROFIT: Sistema de agrotóxico fitossanitários. 2023. Disponível em:  
 4 <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acessado em:  
 5 15/09/2023.
- 6 AUAMCHAROEN, W.; JANLAOR, K. Contact Toxicity of an Essential Oil from *Acorus*  
 7 *calamus* (Acoraceae) Rhizomes against *Tetranychus urticae* and *Tetranychus*  
 8 *macfarlanei* (Acari: Tetranychidae) and *Amblyseius longispinosus* (Acari:  
 9 Phytoseiidae), **Journal of Entomological Science**, v. 58, n. 4, p. 423-433, 2023.
- 10 AZEVEDO, J.N.; FRANCO, L.J.D.; ARAÚJO, R.O.C. Composição química de sete  
 11 variedades de feijão-fava. Teresina: Embrapa Meio-Norte, **comunicado técnico**,  
 12 n.152, 4p, 2003.
- 13 BADAWY; M. E. I.; MAHMOUD, MOSTAFA, S.; KHATTAB, MARIUM M. Toxicity,  
 14 joint action effect, and enzymatic assays of abamectin, chlorfenapyr, and pyridaben  
 15 against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*, **The Journal of Basic and**  
 16 **Applied Zoology**, v. 83, n. 22, 2022.
- 17 BADJI, C. A.; GUEDES, R. N. C.; SILVA, A. A.; CORRE, A. S.; QUEIROZ, M. E. L.  
 18 R.; MICHEREFF-FILHO, M. Non-target impact of deltamethrin on soil arthropods of  
 19 maize fields under conventional and no-tillage cultivation. **Journal of Applied**  
 20 **Entomology**, v. 131, n. 1, p. 50–58, 2007.
- 21 BARBOSA, G. J.; ARRIEL, N. H. C. Feijão-fava e a agricultura familiar de  
 22 SERRARIAPB. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 387-  
 23 403, 2018.
- 24 BAUDOIN, J. P. Genetic resources, domestication and evolution of lima bean,  
 25 *Phaseolus lunatus*. In: Gepts, P. (ed.). Genetic resources of *Phaseolus* bean.  
 26 Amsterdam: Kluwer. **Academic Publishers**, p.393-407, 1988.
- 27 BAUDOIN, J. P.; ROCHA, O.; DEGREEF, J.; MAQUET, A.; GUARINO, L.  
 28 Ecogeography, demography, diversity and conservation of *Phaseolus lunatus* L. in  
 29 the central valley of Costa Rica. Systematic and ecogeographic studies on crop  
 30 genepools. **Int Plant Genet Resourc Inst**, Rome, 2004.
- 31 BERNARDS M. A. Plant natural products: a primer. **Canadian Journal of Zoology**,  
 32 v. 88, 2010.
- 33 BOZHGANI, N. S. S.; GHOBADI, H.; RIAHI, E. Sublethal effects of chlorfenapyr on  
 34 the life table parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari:  
 35 Tetranychidae), **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, n. 7, p. 1342-1351,  
 36 2018.

- 1 BREDÁ, M. O.; OLIVEIRA, J. V.; ESTEVES FILHO, A. B.; BARBOSA, D. S. R.;  
 2 SANTOS, A. A. Lethal and sublethal effects of pesticides on the management of  
 3 *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on *Capsicum annum* L.  
 4 **Pest Management Science**, v. 73, p. 2054-2062, 2017.
- 5 BRIOZO, M. E. O.; FRANÇA, S. M. DE.; BARBOSA, D. R. E S.; DUTRA, K. DE A.;  
 6 NAVARRO, D. M. DO A. F.; SILVA, P. R. R. Lethal and sublethal effects of essential  
 7 oils on *Tetranychus neocaledonicus* (Acari: Tetranychidae). **Systematic & Applied**  
 8 **Acarology**, v. 27, n. 12, p. 2597–2617, 2022.
- 9 BRIOZO, M. E. O.; SILVA, J.; FERRAZ, J. C. B.; SILVA, P. R. R.; MELO, J. W. DA  
 10 S.; FRANÇA, S. M. DE. Biology and life table of *Tetranychus neocaledonicus* André  
 11 (1933) (Acari: Tetranychidae) in different hosts March **Systematic and Applied**  
 12 **Acarology**, v. 28, n. 3, p. 497–507, 2023.
- 13 CASWELL, Hal. **Matrix population models**. Sunderland, MA: Sinauer, 2000.
- 14 CORDEIRO, E.M.G.; DE MOURA, I.L.T.; FADINI, M.A.M.; GUEDES, R.N.C. Beyond  
 15 selectivity: Are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-  
 16 induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*? **Chemosphere**, v. 93,  
 17 n. 6, p. 1111–1116, 2013.
- 18 CUA-BASULTO, M. E.; RUIZ-SÁNCHEZ, E.; PÉREZ-GUTIÉRREZ, A.;  
 19 MARTÍN-MEX, R.; NEXTICAPAN-GARCÉZ, Á.; PÉREZ-BRITO, DAISY. Effects of  
 20 acaricides on *Oligonychus* sp. and compatibility with predatory mites *Neoseiulus*  
 21 *californicus* and *Phytoseiulus persimilis*. **Journal of Plant Diseases and Protection**,  
 22 v. 128, p. 1617–1625, 2021.
- 23 DEKEYSER, M. A. Acaricide mode of action. **Pest Management Science**, v. 61, p.  
 24 103–110, 2005.
- 25 DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, JEAN-MARIE. The Sublethal Effects  
 26 of Pesticides on Beneficial. **Arthropods Annual Review of Entomology**, v. 52, p.  
 27 81–106, 2007.
- 28 DESNEUX, N.; FAUVERGUE, X.; OIS-XAVIER DECHAUME-MONCHARMONT, F.;  
 29 KERHOAS, L.; BALLANGER, Y.; KAISER, L. Journal Of Economic Entomology.  
 30 *Diaeretiella rapae* Limits *Myzus persicae* Populations After Applications of  
 31 Deltamethrin in Oilseed Rape. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 1, p. 9-  
 32 17, 2005.
- 33
- 34 ENAN, E. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. **Comp**  
 35 **Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol**, v. 130, n. 3, 2001.
- 36 ESTEVES FILHO, A. B.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JUNIOR, M. G. C. Toxicidade de  
 37 acaricidas sobre diferentes estágios de vida de *Tetranychus urticae* Koch (Acari:  
 38 Tetranychidae) em Mamoeiro. **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 6, p. 1-6, 2008.

- 1 ESTEVES FILHO, A.B., OLIVEIRA, J.V., TORRES, J.B., MATOS, C.H.C. Toxicidade  
2 de espiromesifeno e acaricidas naturais para *Tetranychus urticae* Koch e  
3 compatibilidade com *Phytoseiulus macropilis* (Banks). **Semina: Ciências Agrárias**,  
4 v. 34, n. 6, p. 2675-2686, 2013.
- 5
- 6 FARIAS, A.R.N.; ZEM, A.C.; FLECHTMANN, C.H.W. Ácaros fitófagos associados à  
7 mandioca em Cruz das Almas, Bahia. **Ecossistema**, Pinhal, v. 3, p. 29-32, 1978.
- 8 FORBES, V.E.; CALOW, P. Population growth rate as a basis for ecological risk  
9 assessment of toxic chemicals. **Philosophical Transactions of the Royal Society**  
10 **B: Biological Sciences**, v. 357, p. 1299–1306, 2002.
- 11 FLECHTMANN, C.H.W. Sobre uma pequena coleção de ácaros (Arthropoda, Acari)  
12 do Território Federal de Fernando de Noronha, Brasil. **Anais da Escola Superior de**  
13 **Agricultura** “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, v. 44, p. 1643-1647, 1987.
- 14 FRANÇA, S. M.; BRENDA, M. O. Metodologias para a avaliação de inseticidas  
15 botânicos no manejo integrado de pragas. In: FRANÇA, S. M.; SILVA, P. R. R.  
16 (orgs).; **Inseticidas botânicos no manejo de pragas: um passo para a**  
17 **sustentabilidade agrícola**. Teresina: EDUFPI, p.172, 2018.
- 18 FORNARI, T.; VICENTE, G.; VÁZQUEZ, E.; GARCÍA-RISCO, M. R.; REGLERO, G.  
19 Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid  
20 extraction. **Journal of Chromatography A**. v. 1250, p. 34-48, 2012.
- 21 GOMES-NETO, A. V.; SILVA, P. R. R.; MELO, J. W. S.; MELO JÚNIOR, L. C. de.;  
22 FRANÇA, S. M. Biology and life table of *Tetranychus neocaledonicus* on lima bean.  
23 **International Journal of Acarology**. v. 43. p. 622-626, 2017.
- 24 GOMES-NETO, A.V.; SILVA, P.R.R.; SILVA, J.D.C.; SANTOS, M.F.; MELO, J.W.S.;  
25 FRANÇA, S.M. First record of mites associated with lima bean (*Phaseolus lunatus*  
26 L.). **Journal of Plant Protection Research**, v. 59, p. 418–422, 2019.
- 27 GOMES, R. L. F.; SOARES, C. A.; GÂNDARA, F. C.; BURLE, M. L. Aspects of crop  
28 and socioeconomic management of the Lima bean within Northeastern Brazil. In:  
29 FERREIRA, A. S. A.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F. (Org.). **Phaseolus lunatus:**  
30 **Diversity, Growth and Production**. New York: Nova Science Publishers, v. 1, p.  
31 135-151, 2015.
- 32 GUIMARÃES, W. N. R. Caracterização morfológica e molecular de acessos de  
33 feijão-lima (*Phaseolus lunatus* L., Fabaceae) da coleção de germoplasma do  
34 departamento de Agronomia da UFRPE. 2005. 73f. **Dissertação de Mestrado**.  
35 Recife, PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.
- 36 HAVASI, M.; KHERADMAND, K.; MOSALLANEJAD, H.; FATHIPOUR, YAGHOUB.  
37 Sublethal effects of diflovidazin on life table parameters of two-spotted spider mite

- 1 *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **International Journal of Acarology**, v.  
2 44, n. 2-3, p. 115–120, 2018.
- 3 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da**  
4 **Produção Agrícola – LSPA**, 2022. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em:  
5 08/10/2023.
- 6 IKBAL, C.; PAVELA, R. 2019. Essential oils as active ingredients of botanical  
7 insecticides against aphids. **Journal of Pest Science**, p. 1-16, 2019.
- 8 IRAC. Mode of Action Classification, Version 9.1, <[https://www.irac](https://www.irac.br.org/_files/ugd/6c1e70_9eac5256fcef4eda9f40e8e1cde44a70.pdf)  
9 [br.org/\\_files/ugd/6c1e70\\_9eac5256fcef4eda9f40e8e1cde44a70.pdf](https://www.irac.br.org/_files/ugd/6c1e70_9eac5256fcef4eda9f40e8e1cde44a70.pdf)>, 2023. Acesso  
10 em: 09/11/2023.
- 11 ISMAIL, M. S. M.; SOLIMAN, M. F.M.; ABO-GHALIA, A. H.; GHALLAB, M. M.A. The  
12 acaricidal activity of some essential and fixed oils against the two-spotted spider mite  
13 in relation to different temperatures. **International Journal of Pest Management**, v.  
14 61, n. 2, p. 121–125, 2015.
- 15 ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop**  
16 **Protection**, v. 19, p. 603-608, 2000.
- 17 ISMAN, M. B. Bioinsecticides based on plant essential oils: a short overview.  
18 **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 75, n. 7–8, p. 179–182, 2020a.
- 19 ISMAN, M. B. Commercial development of plant essential oils and their constituents  
20 as active ingredients in bioinsecticides. **Phytochemistry Reviews**, 2020b.
- 21 ISMAN, M. B.; MACHIAL, C. M. Pesticides based on plant essential oils: from  
22 traditional practice to commercialization. Rai and Carpinella (eds.) **Naturally**  
23 **Occurring Bioactive Compounds**, 2006.
- 24 JANSSEN, A.; FONSECA, M.M.; MARCOSSI, I.; KALILE, M.O.; CARDOSO, A.C.;  
25 WALERIUS, A.H.; HANEL, A.; MARQUES, V.; FERLA, J.J.; FARIAS, V.;  
26 CARBAJAÇ, PA.F.; PALLINI, A.; NACHMAN, G. Estimating intrinsic growth rates of  
27 arthropods from partial life tables using predatory mites as examples. **Experimental**  
28 **and Applied Acarology**, V. 86, P. 327-342, 2022.
- 29 LEEUWEN, T. V.; TIRRY, L.; YAMAMOTO, A.; NAUEN, R.; DERMAUW, W. The  
30 economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an  
31 update on recent acaricide mode of action research. **Pesticide Biochemistry and**  
32 **Physiology**, v. 121, p. 12–21, 2015.
- 33 LI, H.; CHEN, C.; CAO, X. Essential oils-oriented chiral esters as potential pesticides:  
34 Asymmetric syntheses, characterization and bio-evaluation. **Industrial Crops and**  
35 **Products**, v. 76, p. 432-436, 2015.
- 36 LI, Y. Y.; FAN, X.; ZHANG, G. H.; LIU, Y. Q.; CHEN, H. Q.; LIU, H.; WANG, J.  
37 J. Sublethal effects of bifentazate on life history and population parameters of

- 1 Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, v.  
2 22, n. 1, 2017.
- 3
- 4 LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; ARAUJO, A. S. F. de. *Phaseolus lunatus* L.  
5 Diversity, Growth and Production. Nova Science Inc., New York, 2015.
- 6
- 7 MAHMOUD, N. F.; BADAWEY, M. E. I.; MAREI, A. E. M.; ABDELGALEIL, S. A. M.  
8 Acaricidal and antiacetylcholinesterase activities of essential oils from six plants  
9 growing in Egypt. **International Journal of Acarology**, p. 1–7, 2019.
- 10
- 11 MANIANIA, N.; BUGEME, D. M.; WEESA, V. W.; DELALIBERA JÚNIOR, I.; KNAPP,  
12 M. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and  
13 *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops.  
14 **Experimental and Applied Acarology**. v. 46, p. 259-274, 2008.
- 15 MASSANGO, H.G.L.L., FARONI, L.R.A., HADDI, K., HELENO, F.F., VITERI JUMBO,  
16 L.O., OLIVEIRA, E.E., 2017. Toxicity and metabolic mechanisms underlying the  
17 insecticidal activity of parsley essential oil on bean weevil, *Callosobruchus*  
18 *maculatus*. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 8, p. 723–733, 2017.
- 19
- 20 MENDONÇA, R. S.; NAVIA, D.; DINIZ, I. R.; FLECHTEMANN, C. H. W. South  
21 American spider mites: News hosts and localities. **Journal of Insect Science**, v. 11,  
22 n. 121, p. 1-17, 2011.
- 23
- 24 MIGEON, A. The Jean Gutierrez spider mite collection. **ZooKeys**, n. 489, p. 15-24,  
25 2015.
- 26 MIGEON, A.; DORKELD, F. Spider Mites Web: a comprehensive database for the  
27 Tetranychidae. 2023. Disponível em: <http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>.  
28 Acessado em: 05/09/2023.
- 29 MILLEZI, A.F.; BAPTISTA, N.N.; CAIXETA, D.S.; ROSSONI, D.F.; CARDOSO, M.G.;  
30 PICCOLI, R.H. Caracterização e atividade antibacteriana de óleos essenciais de  
31 plantas condimentares e medicinais contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia*  
32 *coli*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 373-379, 2013.
- 33 MILLS, C.; CLEARY, B. J.; GILMER, J. F.; WALSH, J. J. Inhibition of  
34 acetylcholinesterase by Tea Tree oil, **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.  
35 56, n. 3, 2004.
- 36 MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Efficacy and Persistence of Rosemary Oil as an  
37 Acaricide Against Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) on Greenhouse  
38 Tomato. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 6, p. 2015-2023, 2006.
- 39 MOHAMMADI, S.; ZIAEE, M.; SERAJ, A. A. Sublethal effects of Biomite® on the  
40 population growth and life table parameters of *Tetranychus turkestani* Ugarov and  
41 Nikolskii on three cucumber cultivars, **Systematic & Applied Acarology**, v. 21, n. 2,  
42 p. 218–226, 2016.

- 1 MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. Manual de acarologia: Acarologia básica e  
2 ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, **Editora Holos**, 288p, 2008.
- 3 MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. Ácaros fitófagos do Nordeste do Brasil.  
4 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 177-186, 1981.
- 5 MORAES, G. J. de Ácaros e insetos associados a algumas culturas irrigadas do  
6 Sub-Médio São Francisco. EMBRAPA-CPATSA, Circular Técnica no. 4, 32 p. 1981.
- 7 OLIVEIRA, A. C. et al. Comercialização do feijão fava (*Phaseolus lunatus*) no Piauí.  
8 In.: XIII SOBER Nordeste, 2018, Juazeiro, BA. **Anais Congresso da sociedade**  
9 **brasileira de economia, administração e sociologia rural**, Juazeiro, BA: SOBER -  
10 Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2018.
- 11 OLIVEIRA, A.P.; ALVES, E.U.; ALVES, A.U.; DORNELAS, C.S.M.; SILVA, J.A.;  
12 PORTO, M.L.; ALVES, A.V. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de  
13 fósforo em um Neossolo Regolítico. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 03, p. 543-546,  
14 2004.
- 15 OLIVEIRA-SILVA, R.N.; BURLE, M.L.; PÁDUA, J.G.; LOPES, A.C.A.; GOMES,  
16 R.L.F.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J. Phenotypic diversity in lima bean landraces  
17 cultivated in Brazil, using the WardMLM strategy. **Chilean Journal of Agricultural**  
18 **Research**, v.77, n.01, p.35-40, 2017.
- 19 PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges  
20 and Constraints. **Trends in Plant Science**, 2016.
- 21 PRIESTLEY, C. M.; WILLIAMSON, E. M.; WAFFORD, K. A.; SATTELLE, D. B.  
22 Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of  
23 human GABAA receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila*  
24 *melanogaster*. **British Journal of Pharmacology**, v. 140, n. 8, 2003.  
25
- 26 RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product  
27 insect control. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 126–135, 2008.  
28
- 29 REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential Oils in Insect  
30 Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. **Annual Review of**  
31 **Entomology**, v. 57, n. 1, p. 405–424, 2012.
- 32 SANTANA, D.L.Q.; FLECHTMANN, C.H.W. Mite (Arthropoda, Acari) associates of  
33 palms (Arecaceae) in Brazil. I. Present status and new records. **Revista Brasileira**  
34 **de Zoologia**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 959-963, 1998.
- 35 SANTANA, M. F.; OLIVEIRA, J. V.; BREDÁ, M. O.; BARBOSA, D. R. E S.;  
36 ESTEVES FILHO, A. B.; OLIVEIRA, C. M. Host preference, acaricides effects and  
37 population growth of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on  
38 white and colored cotton cultivars. **Pest Management Science**, 2020.

- 1 SANTOS, M.F.; SILVA, P.R.R.; BRIOZO, M.E.O.; SILVA, J.F.; MELO JUNIOR, L.C.;  
2 BARBOSA, D.R.S.; FRANÇA, S.M. Lethal and sublethal effects of *Azadirachta*  
3 *indica*-based products on *Tetranychus neocaledonicus* (Acari: Tetranychidae).  
4 **Systematic and Applied Acarology**, v. 26, n.8, p. 1560-1574, 2021.
- 5 SERTKAYA, E.; KAYA, K.; SOYLU, S. Acaricidal activities of the essential oils from  
6 several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus*  
7 Boisd.) (Acarina: tetranychidae). **Industrial Crops and Products**. v. 31, p. 107–112.  
8 2010.
- 9 SOBHA, T. R.; UMMUKULSOOM, O. P.; SHABANA, T. P. Impact of climatic factors  
10 on the population density of vegetable spider mite, *Tetranychus neocaledonicus*  
11 (acari: tetranychidae) infesting cassava. **International Journal of Advanced**  
12 **Research**, v. 5, n. 7, p. 2174-2178, 2017.
- 13 SINGH, P.; SINGH, R.N. Comparative toxicity of Conventional and Novel Acaricides  
14 against the Vegetable Mite *Tetranychus neocaledonicus* André on Brinjal Crop.  
15 **Journal of AgriSearch**. v. 4, n. 2, p. 119-123, 2017.  
16
- 17 SINGH, P.; SINGH, R. N. Evaluation of Acaricides and Botanicals Against the  
18 Vegetable Mite *Tetranychus neocaledonicus* Andre on Brinjal Crop Under Laboratory  
19 and FieldConditions. **Journal of Pure and Applied Microbiology**. v. 10, n. 4, 2021.  
20
- 21 SPARKS, T.C.; NAUEN, R. IRAC: Mode of action classification and insecticide  
22 resistance management. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 122-  
23 128, 2015.
- 24 STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicans  
25 on arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 505–519, 2003.
- 26 STARK, J.D.; BANKS, J. E. Developing demographic toxicity data: optimizing effort  
27 for predicting population outcomes. **PeerJ**, v. 1, p. 2–9, 2006.  
28
- 29 TUTTLE, D. M.; BAKER, E. W; SALES, F. M. Spider mites (Tetranychidae: Acarina)  
30 of the State of Ceara, Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 3, p.1-8, 1977.
- 31 TEHRANI, A. H. H.; ABBASIPOUR, H.; REZAZADEH, A. Acaricidal activity of the  
32 chinaberry, *Melia azedarach* L. (Lamiaceae) essential oil against *Tetranychus urticae*  
33 Koch, **International Journal of Acarology**, v. 48, n. 8, p. 679-685, 2022.
- 34 VIEIRA, R. F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16,  
35 n. 174, p. 30-37, 1992.
- 36 WANG, L.; ZHANG, Y.; XIE, WEN.; WU, QINGJUN.; WANG, SHAOLI. Sublethal  
37 effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari:  
38 Tetranychidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 132, p. 102–107,  
39 2016.

1 WALIA, S.; SAHA, S.; TRIPATHI, V.; SHARMA, K. K. Phytochemical biopesticides:  
2 some recent developments. **Phytochemistry Reviews**, 2017.

3 ZHU, Y.; WU, T.; HU, Q.; HE, W.; ZHENG, Y.; XIE, Y.; RAO, Q.; LIU, X. Plant  
4 Essential Oils: Dual Action of Toxicity and Egg-Laying Inhibition on *Tetranychus*  
5 *urticae* (Acari: Tetranychidae), Unveiling Their Potential as Botanical Pesticides.  
6 **Plants**, v. 13, n. 763, 2024.

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

## CAPÍTULO I

### POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS, COMPOSTOS ISOLADOS E PRODUTOS SINTÉTICOS SOBRE *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (1933) (Acari: Tetranychidae) EM FEIJÃO-FAVA (*Phaseolus lunatus* L.)

#### RESUMO

O ácaro *Tetranychus neocaledonicus* André (Acari: Tetranychidae) vem se destacando devido ao grande número de hospedeiros e pelo seu elevado potencial biótico. Não existem produtos registrados para o controle deste ácaro. Objetivou-se com este estudo avaliar a atividade acaricida dos óleos essenciais de *Litsea cubeba* (Lour.) Pers., *Melaleuca alternifolia* Cheel e *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl, compostos isolados  $\gamma$ -terpinene, Eucaliptol e os produtos sintéticos Abamectina, Espinosina e Metomil sobre *T. neocaledonicus* criado em folhas de feijão-fava. A identificação química dos óleos essenciais foi realizada através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas. A toxicidade foi testada sobre fêmeas adultas de *T. neocaledonicus*. As concentrações letais e razão de toxicidade foram calculadas para cada produto testado. O efeito repelente foi verificado através de teste com chance de escolha, na qual foram utilizados discos foliares com metade tratado com as CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub> dos produtos e metade dos discos foliares não tratados. Calculou-se o índice de repelência, a porcentagem de repelência e o índice de preferência para oviposição. O efeito ovicida foi determinado a partir da aplicação das CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> dos produtos. Para determinar a taxa instantânea de crescimento populacional (ri), foram utilizadas as CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub> dos óleos essenciais e compostos isolados. Os principais compostos identificados nos óleos de *L. cubeba*, *C. camphora* e *Melaleuca alternifolia* foram os monoterpenos geranial e neral; 1,8-cineol (eucaliptol) e  $\alpha$ -pineno; terpinen-4-ol,  $\beta$ -cimeno e  $\gamma$ -terpinene, respectivamente. De acordo com as CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>, a toxicidade para fêmeas adultas de todos os produtos testados decresceu na seguinte ordem: Espinosina > Metomil > Abamectina > *L. cubeba* >  $\gamma$ -Terpinene > *C. camphora* > *M. alternifolia* > Eucaliptol. De todos os produtos testados, o que causou a menor viabilidades de ovos foi o óleo essencial de *M. alternifolia* na CL<sub>90</sub>. Quanto à classificação de repelência dos acaricidas sintéticos, apenas espinosina na concentração CL<sub>30</sub> foi repelente, os demais foram classificados como neutros. Quanto aos óleos essenciais e compostos isolados, obtiveram classificação como neutro eucaliptol em ambas as concentrações testadas, *C. camphora* e  $\gamma$ -terpinene na CL<sub>15</sub>, sendo os demais classificados como repelentes. A taxa instantânea de crescimento populacional foi positiva mesmo após a aplicação das CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub> dos óleos essenciais e compostos isolados, no entanto, o óleo essencial de *C. camphora* reduziu o crescimento populacional do ácaro quando aplicado em concentração CL<sub>15</sub>. Os presentes achados revelam que os produtos utilizados neste estudo são potencialmente úteis para uso no manejo integrado de *T. neocaledonicus*.

**Palavras-chave:** Toxicidade, repelência, efeito ovicida, taxa instantânea de crescimento populacional.

## CHAPTER I

### ACARICIDAL POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS, ISOLATED COMPOUNDS AND SYNTHETIC PRODUCTS ON *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (1933) (Acari: Tetranychidae) IN LIMA BEAN (*Phaseolus lunatus* L.)

#### SUMMARY

The mite *Tetranychus neocaledonicus* André (Acari: Tetranychidae) has stood out due to its large number of hosts and its high biotic potential. There are no products registered to control this mite. The objective of this study was to evaluate the acaricidal activity of the essential oils of *Litsea cubeba* (Lour.) Pers., *Melaleuca alternifolia* Cheel and *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl, isolated compounds  $\gamma$ -terpinene, eucalyptol and the synthetic products abamectin, spinosyn and methomyl on *T. neocaledonicus* raised on lima bean leaves. The chemical identification of essential oils was carried out through gas chromatography analysis coupled to mass spectrometry. Toxicity was tested on adult females of *T. neocaledonicus*. Lethal concentrations and toxicity ratios were calculated for each product tested. The repellent effect was verified through a test with choice, in which leaf discs were used with half treated with the LC<sub>15</sub> and LC<sub>30</sub> of the products and half of the leaf discs untreated. The repellency index, the percentage of repellency and the preference index for oviposition were calculated. The ovicidal effect was determined based on the application of the LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> of the products. To determine the instantaneous population growth rate ( $r_i$ ), the LC<sub>15</sub> and LC<sub>30</sub> of essential oils and isolated compounds were used. The main compounds identified in the oils of *L. cubeba*, *C. camphora* and *Melaleuca alternifolia* were the geranial and neral monoterpenes; 1,8-cineole (eucalyptol) and  $\alpha$ -pinene; terpinen-4-ol,  $\beta$ -cymene and  $\gamma$ -terpinene, respectively. According to LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub>, the toxicity for adult females of all tested products decreased in the following order: Spinosyn > Methomyl > Abamectin > *L. cubeba* >  $\gamma$ -Terpinene > *C. camphora* > *M. alternifolia* > Eucalyptol. Of all the products tested, the one that caused the lowest egg viability was *M. alternifolia* essential oil at LC<sub>90</sub>. Regarding the repellency classification of synthetic acaricides, only spinosyn at the LC<sub>30</sub> concentration was repellent, the others were classified as neutral. As for essential oils and isolated compounds, they were classified as neutral eucalyptol in both concentrations tested, *C. camphora* and  $\gamma$ -terpinene in LC<sub>15</sub>, with the others classified as repellents. The instantaneous population growth rate was positive even after the application of LC<sub>15</sub> and LC<sub>30</sub> of essential oils and isolated compounds, however, *C. camphora* essential oil reduced the mite's population growth when applied at LC<sub>15</sub> concentration. The present findings reveal that the products used in this study are potentially useful for use in the integrated management of *T. neocaledonicus*.

**Keywords:** Toxicity, repellency, ovicidal effect, instantaneous population growth rate.

## LISTA DE TABELAS

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

**Tabela 1.** Produtos utilizados nos experimentos.

**Tabela 2.** Composição química dos óleos essenciais de *C. camphora*, *M. alternifolia* e *L. cubeba*.

**Tabela 3.** Toxicidade dos óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia*, compostos Eucaliptol e  $\gamma$ -Terpinene e produtos sintéticos Abamectina, Espinosina e Metomil sobre *T. neocaledonicus*.

**Tabela 4.** Viabilidade de ovos (Média $\pm$ EPM) de *T. neocaledonicus* tratados com a CL<sub>50</sub> e CL<sup>90</sup> dos óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados Eucaliptol e  $\gamma$ -Terpinene (T = 25  $\pm$  2°C, UR = 70  $\pm$  10% UR e 12 h de fotófase).

**Tabela 5.** Classificação de repelência de óleos essenciais, compostos isolados e acaricidas sintéticos sobre fêmeas adultas de *T. neocaledonicus*.

## LISTA DE FIGURAS

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31

**Figura 1.** Número de ácaros *T. neocaledonicus* atraídos a discos foliares tratados e não tratados com a CL<sub>15</sub> de óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos.

**Figura 2.** Número de ácaros *T. neocaledonicus* atraídos a discos foliares tratados e não tratados com a CL<sub>30</sub> de óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos.

**Figura 3.** Taxa instantânea de crescimento populacional de *T. neocaledonicus* após aplicação de concentrações letais CL<sub>15</sub> (A) e CL<sub>30</sub> (B) de óleos essenciais e compostos isolados.

## 1 INTRODUÇÃO

O ácaro *Tetranychus neocaledonicus* André (1993) (Acari: Tetranychidae) destaca-se por compor a lista das 10 espécies da família Tetranychidae consideradas importantes pragas agrícolas (MIGEON, 2015), isso devido ao grande número de hospedeiros e pelo seu elevado potencial biótico em espécies de importância econômica no mundo todo (MIGEON; DORKELD, 2023; SINGH; SINGH, 2021).

Uma cultura de importância econômica sugerida como potencial hospedeiro de *T. neocaledonicus* é o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), que é a segunda espécie mais cultivada do gênero *Phaseolus* (Fabaceae) (LOPES et al., 2015; GOMES-NETO et al., 2019). *Tetranychus neocaledonicus* apresenta potencial como praga de *P. lunatus* devido ao rápido desenvolvimento do seu ciclo, alta viabilidade de estágios imaturos e a alta oviposição de fêmeas (BRIOZO et al., 2023; GOMES NETO et al., 2017). Este artrópode causa danos em feijão-fava devido sua alimentação, que causa pequenas manchas esbranquiçadas nas plantas, evoluindo para manchas cloróticas, seguido de prateamento, secagem e queda das folhas (GOMES NETO et al., 2019).

Atualmente o principal método de controle de ácaros-praga é o químico com a aplicação de acaricidas/inseticidas sintéticos, que é importante para o manejo de destes artrópodes, porém não existem produtos registrados para o controle da espécie *T. neocaledonicus* no Brasil (AGROFIT, 2024; MANIANIA et al., 2008). Alguns acaricidas sintéticos tem sido testados contra o ácaro, como exemplo abamectina (Vertimec 1,8 EC) a qual registrou porcentagem máxima de mortalidade, diafenthiuron 0,05% (Polo 50 WP), dicofol 0,05 (Kelthane 18,5 EC), enxofre 0,3% (Thiovit 80 WP), leufenuron + profenofos 0,05% (Match 5 EC + Curacron 50 EC) e fluvalinato 0,05% (Mavrik 25 EC) (NAKAT; CHEDE, 2004), além de Propargite 57EC, Clofentazine 50SC, Cyflumetofen 20EC, Fenpyroximate 5EC, Dicofol 18.5EC e Azadirachtin 0.03EC (SINGH; SINGH, 2017). Porém, torna-se necessário avaliar novas moléculas, além dos acaricidas convencionais para fornecer alternativas seguras e prevenir o desenvolvimento de resistência contra acaricidas.

A crescente preocupação da sociedade em relação à preservação do meio ambiente, à segurança alimentar e aos efeitos indesejados dos inseticidas organossintéticos tem impulsionado a busca por outras formas de controle de pragas. Uma delas é o uso de óleos essenciais, extraídos de plantas e seus constituintes (FRANÇA; BREDA, 2018).

1 Os óleos essenciais e seus constituintes têm sido, portanto, um dos métodos  
2 potenciais ao controle de insetos e ácaros (ISMAN, 2020a; MASSANGO et al., 2017).  
3 Eles são considerados promissores devido às suas várias atividades biológicas,  
4 incluindo atividades inseticidas, repelentes, de alimentação e de dissuasão de  
5 oviposição para artrópodes (REGNAULT-ROGER et al., 2012). Além disso, devido à  
6 sua baixa persistência, que permite a compatibilidade com agentes de controle  
7 biológico e polinizadores, baixa toxicidade para mamíferos (ISMAN, 2020a; ISMAN,  
8 2006), com algumas exceções, eles são considerados mais seguros do que muitos  
9 pesticidas sintéticos (TAKY; ISMAN, 2017).

10 Os produtos que contêm misturas de óleos essenciais ou óleos quimicamente  
11 complexos podem ser duráveis no uso, pois as pragas alvo têm menos probabilidade  
12 de desenvolver resistência do que os produtos que contêm um único ingrediente ativo  
13 (ISMAN, 2020a). Sua inclusão em um programa de manejo integrado de pragas pode  
14 contribuir sobremaneira para o alcance dos objetivos de redução do uso de acaricidas  
15 sintéticos (ASSOUGUEM et al., 2022).

16 Os efeitos desses óleos sobre diferentes artrópodes-praga de importância  
17 agrícola (pragas de armazenamento, lepidópteros e ácaros fitófagos) tem sido  
18 relatados em muitas pesquisas e os resultados obtidos demonstram o potencial  
19 acaricida/inseticida desses produtos (ZHU et al., 2024; BASIJ et al., 2023; BIBIANO  
20 et al., 2022; BASAID et al., 2020; CAMARA et al., 2020; GONG; REN, 2020; ARAÚJO  
21 et al., 2019; MAHMOUD et al., 2019; WANG et al., 2015), no entanto, estudos com  
22 efeitos letais e subletais de óleos essenciais sobre *T. neocaledonicus* ainda são  
23 incipientes (BRIOZO et al., 2022).

24 Myrtaceae e Lauraceae estão entre as famílias botânicas consideradas mais  
25 promissoras como fontes de óleos essenciais (IKBAL; PAVELA, 2019). Dentre as  
26 plantas destas famílias, cujos óleos possuem atividade acaricidas e inseticidas  
27 comprovadas inclui-se May Chang (*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.), Cânfora Branca  
28 (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl), pertencentes à família Lauraceae e a Árvore  
29 do chá (*Melaleuca alternifolia* Cheel) da família Myrtaceae (FOUAD et al., 2023;  
30 ZHANG et al., 2017; JEON; LEE, 2016; CHEN; DAI, 2015), porém não existem relatos  
31 dos efeitos letais e subletais dos óleos essenciais destas plantas e de seus compostos  
32 isolados sobre *T. neocaledonicus*.

33 Pesquisas sobre compostos ativos de plantas são importantes para fornecer  
34 informações sobre o potencial da bioprospecção de novos ingredientes ativos para o

1 manejo de artrópodes-praga (SOUZA et al., 2022). Dessa forma, é importante estudos  
2 sobre a eficácia dos óleos essenciais e também de seus compostos isolados, com o  
3 objetivo de identificar compostos ativos.

4 A diversidade e a interação dos compostos que constituem os óleos essenciais  
5 são importantes na atividade acaricida. Alguns compostos, mesmo presentes em  
6 quantidades pequenas, podem atuar em conjunto com outras moléculas,  
7 potencializando sua ação, atuando como sinergistas. Por outro lado, é possível que  
8 alguns componentes, atuem como antagonistas, diminuindo a eficácia dos compostos  
9 mais importantes (SOARES et al., 2016).

10 Eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene são isolados monoterpênicos presentes em diversos  
11 óleos essenciais, que já teve sua toxicidade comprovado para alguns artrópodes de  
12 importância agrícola (KHELOUL et al., 2023; BANDE-BORUJENI et al., 2018;  
13 BIBIANO et al., 2022; SÁNCHEZ-RAMOS; CASTAÑERA et al., 2001; MIRESMALLI  
14 et al., 2006). Alguns estudos sugerem que tanto os óleos essenciais quanto seus  
15 constituintes isolados são uma fonte viável como acaricidas (AYLLÓN-GUTIÉRREZ  
16 et al., 2023; BRIOZO et al., 2022; CHEN; DAI, 2015; SÁNCHEZ-RAMOS;  
17 CASTAÑERA et al., 2001; MIRESMALLI et al., 2006).

18 Embora o número de estudos de atividades acaricidas com óleos essenciais,  
19 compostos isolados e produtos sintéticos vem crescendo e sobretudo a importância  
20 econômica de *T. neocaledonicus*, ainda são poucos os estudos que avaliam efeitos  
21 letais e subletais desses produtos sobre esse ácaro-praga. Dentre alguns óleos  
22 essenciais aplicados sobre *T. neocaledonicus*, citam-se *Illicium verum* Hook f.,  
23 *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Büllock e *Cymbopogon flexuosus* Stapf (BRIOZO et  
24 al., 2022). Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos de  
25 diferentes óleos essenciais, compostos isolados e acaricidas sintéticos na toxicidade,  
26 repelência, efeito ovicida e efeito no crescimento populacional de *T. neocaledonicus*.

27

28

29

30

31

## 1 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2 2.1 Local de estudo

3

4

5 Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Entomologia, localizado no  
6 Departamento de Fitotecnia, setor de Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias  
7 da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Campus Universitário Ministro Petrônio  
8 Portella em Teresina-PI. As condições experimentais durante os bioensaios foram  
9 temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 h.

### 9 2.2 Criação do ácaro *T. neocaledonicus*

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

Para a manutenção da criação do ácaro, foram cultivadas plantas de feijão-de-  
porco (*Canavalia ensiformis* L.) em vasos contendo solo arenoso e substrato  
(Plantmax<sup>®</sup>). As folhas foram coletadas e utilizadas para manutenção da criação no  
laboratório. Arenas foram confeccionadas em bandejas plásticas (17 cm de Ø e 3 cm  
de altura) contendo espumas de polietileno e papel filtro previamente umedecidos,  
onde foram colocadas as folhas com a face abaxial voltada para cima. A margem da  
folha foi contornada com algodão umedecido com água, com a finalidade de evitar a  
fuga dos ácaros, além de manter a umidade dos discos foliares. As folhas foram  
troçadas à medida que iam se deteriorando, sendo os ácaros transferidos sobrepondo  
folhas velhas da criação sobre folhas novas para que os ácaros pudessem migrar de  
uma para outra, mantendo assim sempre alimento disponível para os ácaros e  
evitando sua morte.

### 2.3 Óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos

Os óleos utilizados foram os de May Chang (*L. cubeba*), Árvore do chá (*M. alternifolia*) e Cânfora Branca (*C. camphora*), obtidos na Ferquima<sup>®</sup> Industria e Comércio Ltda. (Vargem Grande Paulista, São Paulo, Brasil), cuja a extração foi por destilação a vapor da madeira de *C. camphora*, dos frutos de *L. cubeba* e das folhas de *M. alternifolia*. Os compostos isolados utilizados foram eucaliptol 99% (1,8-Cineole), e  $\gamma$ -terpinene, obtidos da Sigma-Aldrich Brasil Ltda (Av. das Nações Unidas, SÃO PAULO – SP, Brasil). Os produtos sintéticos testados foram abamectina (Abamex, 18g a.i. l<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, NUFARM), espinosade (Tracer, 480g a.i. l<sup>-1</sup>, suspensão concentrada, CORTEVA) e metomil (Bazuca, 216g a.i. l<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, ROTAM) (Tabela 1). Os óleos utilizados foram escolhidos devido já ter relatos na literatura de suas propriedades biológicas contra artrópodes. Os isolados foram selecionados para os bioensaios devido ao fato destes compostos terem sido identificados nos óleos, estarem disponíveis comercialmente e possuírem propriedades biológicas relatadas na literatura.

Tabela 1. Produtos utilizados nos experimentos.

Produtos		
Óleos essenciais	Obtenção	Extração
May Chang ( <i>L. cubeba</i> )	Ferquima <sup>®</sup>	Destilação a vapor dos frutos
Árvore do chá ( <i>M. alternifolia</i> )	Ferquima <sup>®</sup>	Destilação a vapor das folhas
Cânfora Branca ( <i>C. camphora</i> )	Ferquima <sup>®</sup>	Destilação a vapor da madeira
Compostos isolados	Obtenção	Extração
Eucaliptol 99% (1,8-Cineol)	Sigma-Aldrich	-
$\gamma$ -terpinene	Sigma-Aldrich	-
Produtos sintéticos	Obtenção	Principio ativo
Abamex	NUFARM	Abamectina
Tracer	CORTEVA	Espinosina
Bazuca	ROTAM	Metomil

## 2.4 Análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas

A análise de cromatografia e a Identificação química de óleos essenciais foram realizadas no Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar em São Carlos – SP. As análises foram realizadas em um equipamento Shimadzu QP2010 Plus (Modo Scan – varredura 40 a 650 u.m.a). Foi utilizado uma coluna capilar Rxi-5ms (10 m x 0,10 mm x 0,10  $\mu$ m). O injetor operou em modo splitless com temperatura constante de 250 °C. O forno foi programado para uma temperatura inicial de 40 °C durante 1 minuto, de 40 a 320 °C variando 35 °C/min e mantendo a temperatura em 320 °C durante 1 minuto. O gás de arraste utilizado foi hélio cujo fluxo constante de análise foi de 0,45 mL/min. O detector de massas operou nas seguintes condições: energia de ionização: 70 eV, temperatura de interface igual a 250 °C e temperatura da fonte de íons em 200 °C. Os dados quantitativos foram obtidos das percentagens das áreas dos picos em seus cromatogramas fazendo uso do método de normalização de área.

## 2.5 Identificação química de óleos essenciais

Para atestar o desempenho do sistema GC-MS e garantir a atribuição correta do índice de retenção linear (LRI) para cada componente da amostra foi utilizada uma mistura padrão de alcanos (Sigma-Aldrich C<sub>7</sub> – C<sub>50</sub>). O padrão (1  $\mu$ L) destes alcanos foi injetado no sistema GC-MS operando nas mesmas condições descritas anteriormente, dessa forma seus respectivos tempos de retenção foram adotados como padrões externos de referência para o cálculo do LRI, juntamente com os tempos de retenção de cada composto de interesse. O software do aparelho GCMSolution já permite a obtenção automaticamente dos índices de retenção linear, sem a necessidade do esforço manual para o cálculo através da equação de Van den dool e Kratz. Os valores de índices de retenção linear obtidos foram comparados com valores na literatura para fases estacionárias de polaridades equivalente a utilizada nesse trabalho, de modo a ajudar na identificação e caracterização destes compostos.

## 2.6 Toxicidade sobre fêmeas adultas de *Tetranychus neocaledonicus*

As concentrações dos óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos utilizados foram obtidas através de testes preliminares. Para avaliar a toxicidade dos produtos sobre *T. neocaledonicus* foi utilizado o método residual recomendado como padrão para testes em laboratório, adaptado de Hassan et al. (1994). Discos de folhas de feijão-fava (3,0 cm Ø) foram individualmente submersos em soluções contendo diferentes concentrações de óleos essenciais, compostos isolados, produtos sintéticos e em água destilada + DMSO (testemunha), sob leve agitação durante cinco segundos, e após secagem foram confeccionadas arenas (unidades experimentais) dispendo os discos tratados sobre papel de filtro, sobrepostos numa esponja saturada em água, no interior de placas de Petri plásticas (55x15 mm) e circundados com algodão umedecido, logo em seguida foram infestados com 10 fêmeas adultas (4-5 dias de idade) de *T. neocaledonicus*. Foram testados, individualmente, os óleos essenciais nas concentrações 0,4; 0,8; 1,2; 2; 2,8 µL/mL para *L. cubeba*, 2,4; 2,8; 3,6; 4; 4,8; 8,8; 10 µL/mL para *M. alternifolia* e 2,8; 3,2; 4; 8; 8,8 µL/mL para *C. camphora*. Os compostos foram testados nas concentrações 0,6; 1,6; 2,4; 3,2; 4,8 µL/mL para γ-terpinene e 1,6; 2,4; 3,2; 4,8; 5,6; 7,2; 8; 10 µL/mL para eucaliptol. Os produtos sintéticos foram testados nas concentrações: 0,05; 0,08; 0,12; 0,15; 0,3 µL/mL para Abamectina, 0,15; 0,25; 0,3; 0,5; 0,6 µL/mL para metomil e 0,22; 0,25; 0,3; 0,4 µL/mL para espinosade. Utilizou-se DMSO como emulsificante, para permitir a mistura entre o óleo e a água (foram realizados testes preliminares que comprovaram a não toxicidade do DMSO sobre o ácaro).

A mortalidade foi avaliada 48h após a infestação, sendo considerados mortos os ácaros que não se movimentavam após um leve toque com pincel de pelo fino. Os experimentos foram realizados em cinco concentrações por tratamento, com duas repetições cada, todos em triplicata, totalizando 300 ácaros por tratamento.

## 2.7 Toxicidade de óleos para ovos de *Tetranychus neocaledonicus*

Arenas contendo discos de folhas (3,0 cm Ø) de feijão-fava foram confeccionadas conforme descrito no bioensaio de toxicidade em fêmeas adultas. Os discos foram infestados com 5 fêmeas adultas (4-5 dias de idade) de *T. neocaledonicus*, as quais foram mantidas por 24h para efetuarem oviposição. Em

1 seguida, foram separados 20 ovos em cada disco e o restante descartado.  
2 Posteriormente, foram submersos cuidadosamente nas soluções contendo as  
3 concentrações de cada produto e na testemunha (água destilada + DMSO). Os  
4 tratamentos utilizados foram os mesmos do experimento anterior, utilizando-se as  
5  $CL_{50}$  e a  $CL_{90}$  estabelecidas para fêmeas adultas do ácaro. Os experimentos foram  
6 conduzidos com dez repetições por tratamento. A viabilidade de ovos foi avaliada 5  
7 dias após a aplicação dos óleos, mediante contagem do número de larvas eclodidas.

8

## 9 **2.8 Atividade repelente dos óleos essenciais sobre fêmeas adultas de** 10 ***Tetranychus neocaledonicus***

11

12 Para estes bioensaios foram utilizadas as concentrações  $CL_{15}$  e  $CL_{30}$ . Arenas  
13 contendo discos de folhas (3,0 cm Ø) de feijão-fava foram confeccionadas conforme  
14 descrito no bioensaio de toxicidade em fêmeas adultas. No centro de cada disco foi  
15 colocada uma lamínula de 18x18 mm, para interligar os dois lados dos discos de folha  
16 de feijão-fava (3,0 cm Ø), sendo metade do disco foliar tratado com a solução dos  
17 produtos e a outra metade com água destilada + DMSO (testemunha) (Adaptado de  
18 OLIVEIRA et al., 2017). Os discos foliares foram submersos nas soluções dos  
19 produtos durante cinco segundos, secos em papel toalha e então acondicionados na  
20 placa de Petri. Foram liberadas 10 fêmeas adultas (4-5 idade) de *T. neocaledonicus*  
21 na lamínula.

22 Cada produto foi testado separadamente com 5 repetições cada. Os bioensaios  
23 foram avaliados 48 h após a montagem, contando-se o número de ácaros e ovos  
24 encontrados em cada lado do disco.

## 2.9 Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *T. neocaledonicus* submetido a diferentes concentrações de óleos essenciais e compostos isolados

Os efeitos no crescimento populacional do ácaro *T. neocaledonicus* foram medidos através da taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ), utilizando os óleos de *L. cubeba*, *M. alternifolia*, *C. camphora* e compostos isolados eucaliptol 99% e  $\gamma$ -terpinene nas CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub> provenientes dos testes de toxicidade sobre fêmeas.

Para este experimento arenas contendo discos de folhas (3,0 cm Ø) de feijão-fava foram confeccionadas conforme descrito no bioensaio de toxicidade em fêmeas adultas. Após a montagem das arenas, cada uma recebeu duas fêmeas adultas do ácaro. O tempo total para avaliação foi de 6 dias após a instalação dos experimentos, realizando-se a contagem total dos ácaros (ovos e formas imaturas).

## 2.10 Análise estatística

Todos os bioensaios foram realizados em um delineamento inteiramente casualizado. As concentrações letais e subletais foram calculadas para cada produto através do PROC PROBIT do programa SAS (SAS Institute, 2001), e as razões de toxicidade (RT) foram calculadas, através da seguinte fórmula:  $RT = \text{maior } CL_{50} \text{ e/ou } CL_{90} \text{ dos produtos} / \text{menor } CL_{50} \text{ e/ou } CL_{90} \text{ dos demais}$ , individualmente (ESTEVEZ FILHO et al., 2013).

Os resultados obtidos de viabilidade de ovos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, pelo programa SAS (SAS Institute, 2001).

O número de ácaros atraídos no teste de repelência foi comparado usando Proc Freq do software estatístico SAS e interpretado pelo teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) no software SAS versão 8.02 (SAS Institute 2001).

O Índice de Repelência (IR) foi calculado pela fórmula:  $IR = 2G / (G + P)$ , onde G=% ácaros no tratamento e P=% ácaros no controle. O intervalo usado para considerar se o tratamento é repelente ou não foi obtido por meio da média do IR e seu desvio padrão (DP) (adaptado de Matos et al. 2020). Ou seja, se o IR médio for menor que  $1 - SD$ , o óleo é repelente; se for maior que  $1 + SD$  o óleo é atrativo, e se estiver entre  $1 - SD$  e  $1 + SD$  o óleo é considerado neutro. O percentual de repelência dos produtos foi calculado pela fórmula adaptada de ObengOfori (1995):  $RP = [(NC -$

1 NT) / (NC + NT) x 100], onde RP = percentual de repelência; NC=número de ácaros  
2 atraídos no controle; e NT=número de ácaros atraídos no tratamento.

3 A  $r_i$  foi calculada pela seguinte equação (Stark e Banks, 2003):

4

$$r_i = \frac{\left\{ \ln \left( \frac{N_f}{N_0} \right) \right\}}{\Delta t}$$

5

6 Em que:

7  $N_f$ = Número final de ácaros;

8  $N_0$  = Número inicial de ácaros; e

9  $\Delta t$  = Número de dias em que o ensaio foi executado.

10 Valores positivos de  $r_i$  indicam que houve um crescimento populacional, valores  
11 negativos de  $r_i$  indicam que houve uma diminuição da população e o  $r_i=0$  indica que a  
12 população se manteve estável. Os dados de  $r_i$  foram submetidos à análise de variância  
13 ANOVA e as médias comparadas pelo teste de tukey ( $P<0,05$ ) através do programa  
14 SAS.

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

### 1 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 2 3.1 Identificação química dos óleos essenciais

3

4 A análise cromatográfica (GC-MS) revelou que no óleo essencial de *L. cubeba*,  
5 os compostos geranial, neral e limoneno representam a maior porcentagem, com  
6 destaque para os monoterpenos geranial e neral com 44,68% e 32,52% da  
7 constituição do óleo, respectivamente. Os compostos 1,8-cineol (eucaliptol) e  $\alpha$ -  
8 pineno, são os principais constituintes do óleo essencial de *C. camphora*, com  
9 destaque para o monoterpeno eucaliptol com 75,1%. No óleo de *M. alternifolia*, os  
10 compostos terpinen-4-ol,  $\beta$ -cimeno e  $\gamma$ -terpinene representam a maior porcentagem,  
11 com 25,5%, 8,55% e 7,11%, respectivamente (Tabela 1).

12 Os principais compostos de *L. cubeba*, *C. camphora* e *Melaleuca alternifolia*  
13 são os monoterpenos geranial e neral; eucaliptol e  $\alpha$ -pineno; terpinen-4-ol,  $\beta$ -cimeno  
14 e  $\gamma$ -terpinene, respectivamente. Os monoterpenoides são compostos tipicamente  
15 voláteis e bastante lipofílicos que podem penetrar nos insetos e ácaros rapidamente  
16 e interferir em suas funções fisiológicas (LEE et al., 2003).

17 Os compostos majoritários de *L. cubeba* apresentam variações, podendo ser  
18 geranial e neral (DUQUE et al., 2021; YANG et al., 2014), citral e limoneno (HU et al.,  
19 2019; JEON; LEE, 2016),  $\gamma$ -terpinene, (R)-limoneno e  $\gamma$ -pineno (JIANG et al., 2009).  
20 Os constituintes mais encontrados no óleo essencial de *M. alternifolia*, são os isolados  
21 terpinen-4-ol,  $\gamma$ -terpinene, eucaliptol e p-cimeno (BOROTOVÁ et al., 2022), terpinen-  
22 4-ol e  $\gamma$ -terpinene (ATAIDE et al., 2021; FOUAD et al., 2023), eucaliptol, terpinen 4-ol  
23 e  $\gamma$ -terpinene (DILLMANN et al., 2020), terpinen-4-ol,  $\gamma$ -terpinene,  $\gamma$ -cimene e  $\gamma$ -  
24 terpinolene (MELO et al., 2023). Em *C. camphora* os mais encontrados são linalol,  
25 eucaliptol,  $\alpha$ -terpineol, isoborneol,  $\beta$ -felandreno e cânfora (CHEN et al., 2020),  
26 eucaliptol, canfeno e  $\gamma$ -terpinol e terpinen-4-ol (NABOULSI et al., 2023), eucaliptol,  $\beta$ -  
27 terpineno,  $\alpha$ -terpineol e 1R- $\alpha$ - pineno (XU et al., 2019).

28 Essas variações na constituição dos óleos essenciais podem ser atribuídas a  
29 diferenças devido o momento da colheita e a fatores locais, climáticos e sazonais,  
30 partes das plantas e estágio de desenvolvimento utilizadas para extração, a região de  
31 coleta, bem como à duração do armazenamento do material vegetal (YANG et al.,  
32 2014; LIMA et al., 2018). Portanto, são necessários mais estudos sobre o cultivo de

- 1 plantas e a padronização dos óleos essenciais, uma vez que a composição química e
- 2 o teor dos constituintes do óleo essencial variam entre as populações de plantas.

**Tabela 2.** Composição química dos óleos essenciais de *Cinnamomum camphora*, *Melaleuca alternifolia* e *Litsea cubeba*.

<i>C. camphora</i>							
Composto	Tempo de retenção	LRI obtido	LRI literatura	Método de identificação*	%	CAS	Referência
<b><math>\alpha</math> -pineno</b>	<b>2,38</b>	<b>896</b>	<b>933</b>	<b>NIST + LRI</b>	<b>12,04</b>	<b>80-56-8</b>	<b>1</b>
Canfeno	2,46	913	947	NIST + LRI	0,58	79-92-5	1
$\beta$ -sabineno	2,60	941	977	NIST + LRI	7,1	3387-41-5	2
<b>Eucaliptol</b>	<b>2,90</b>	<b>1003</b>	<b>1039</b>	<b>NIST + LRI</b>	<b>75,1</b>	<b>470-82-6</b>	<b>3</b>
Ascaridol	3,80	1186	1257	NIST + LRI	0,46	512-85-6	4
Elemol	5,05	1457	1542	NIST + LRI	0,5	639-99-6	5
$\gamma$ -eudesmol	5,35	1545	1630	NIST + LRI	0,22	1209-71-9	2
$\beta$ -eudesmol	5,42	1567	1649	NIST + LRI	2,41	473-15-4	6
<i>M. alternifolia</i>							
Composto	Tempo de retenção	LRI obtido	LRI literatura	Método de identificação*	%	CAS	Referência
$\alpha$ -pineno	2,38	896	933	NIST + LRI	0,48	80-56-8	1
$\alpha$ -terpineno	2,83	987	1014	NIST + LRI	1,89	99-86-5	2
<b><math>\beta</math> -cimeno</b>	<b>2,86</b>	<b>995</b>	<b>1023</b>	<b>NIST + LRI</b>	<b>8,55</b>	<b>535-77-3</b>	<b>1</b>
<b><math>\gamma</math> -terpinene</b>	<b>3,03</b>	<b>1029</b>	<b>1058</b>	<b>NIST + LRI</b>	<b>7,11</b>	<b>99-85-4</b>	<b>1</b>
$\alpha$ -terpinoleno	3,18	1059	1089	NIST + LRI	1,43	586-62-9	3
<b>Terpinen-4-ol</b>	<b>3,60</b>	<b>1145</b>	<b>1173</b>	<b>NIST + LRI</b>	<b>25,5</b>	<b>562-74-3</b>	<b>4</b>
$\alpha$ -terpineol	3,66	1156	1191	NIST + LRI	2,94	98-55-5	5
$\alpha$ -longifoleno	4,67	1363	1387	NIST + LRI	1,3	475-20-7	5
Isocariofileno	4,75	1380	1402	NIST + LRI	0,71	118-65-0	6
Ledeno	4,87	1405	1491	NIST + LRI	1,36	21747-46-6	4
$\delta$ -cadineno	4,96	1431	1518	NIST + LRI	1,38	483-76-1	2
Elemol	5,05	1457	1542	NIST + LRI	0,98	639-99-6	7

Espatulenol	5,17	1491	1572	NIST + LRI	0,69	77171-55-2	8
$\gamma$ -eudesmol	5,34	1544	1630	NIST + LRI	0,41	1209-71-9	3
$\beta$ -eudesmol	5,42	1567	1649	NIST + LRI	4,25	473-15-4	9
<b><i>L. cubeba</i></b>							
<b>Composto</b>			<b>IR<sup>c</sup></b>			<b>IR<sup>L</sup></b>	<b>%</b>
$\alpha$ -Pinene			930			932	0,77
Camphene			944			946	0,19
Sabinene			971			969	0,49
$\beta$ -Pinene			973			974	0,65
Myrcene			990			988	0,52
<b>Limonene</b>			<b>1026</b>			<b>1024</b>	<b>9,93</b>
Linalool			1099			1095	1,18
Citronellal			1153			1158	0,92
Z-Isocitral			1165			1160	0,42
Terpinene-4-ol			1176			1174	0,21
E-Isocitral			1183			1177	0,46
$\alpha$ -Terpineol			1190			1186	0,70
Citronellol			1229			1223	0,42
<b>Neral</b>			<b>1241</b>			<b>1235</b>	<b>32,52</b>
Geraniol			1255			1249	0,98
<b>Geranial</b>			<b>1271</b>			<b>1264</b>	<b>44,68</b>
Linalool acetate <dihydro->			1281			1272	1,69
$\beta$ -Elemene			1392			1389	0,17
E-Caryophyllene			1420			1417	1,52
$\alpha$ -Humulene			1455			1452	0,14
Caryophyllene oxide			1585			1582	0,22
<b>Total</b>							<b>98,13</b>

NIST = Identificação feita através da biblioteca de espectrometria de massas (NIST); LRI = identificação feita através do índice de retenção linear. I.R<sup>L</sup>= índice de retenção de Kratz da literatura (Adams, 2009); I.R<sup>c</sup>= índice de retenção de Kratz calculado; % Porcentagem.

### 3.2 Toxicidade dos óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos para fêmeas adultas de *T. neocaledonicus*

As curvas de concentração-mortalidade dos produtos demonstram uma variação nas toxicidades. A inclinação reta para concentração-mortalidade apresentou valores variando de 2,37 a 9,14. Valores de declividade mais altos indicam que pequenas variações na concentração de óleo promovem grandes variações na mortalidade. O modelo Probit foi adequado para analisar os dados de concentração-mortalidade, com valores baixos de  $\chi^2$  (<8,0) e valores de *P* variando de 0,06 a 0,88. As razões de toxicidade variaram entre 1,01 e 24,74, respectivamente, para *M. alternifolia* e espinosina, em comparação a eucaliptol (Tabela 2).

O óleo de *L. cubeba* foi o mais tóxico, seguido do composto isolado  $\gamma$ -terpinene, considerando os óleos essenciais e compostos isolados. O óleo de *L. cubeba* e  $\gamma$ -terpinene apresentaram diferença entre si e entre os demais óleos e isolado eucaliptol, devido a não sobreposição dos intervalos de confiança. *Cinnamomum camphora*, *M. alternifolia* e o isolado eucaliptol não diferiram entre si, sendo este último o menos tóxico (Tabela 2).

Os produtos sintéticos abamectina, espinosina e metomil apresentaram maior toxicidade a *T. neocaledonicus*, em relação aos óleos essenciais, e não houve diferença estatística entre eles, pois houve sobreposição dos intervalos de confiança. Entretanto a menor concentração letal foi registrada para o espinosina, seguido do metomil e abamectina. De acordo com as CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>, a toxicidade de todos os produtos testados (óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos) decresceu na seguinte ordem: Espinosina > Metomil > Abamectina > *L. cubeba* >  $\gamma$ -terpinene > *C. camphora* > *M. alternifolia* > Eucaliptol. Portanto, os produtos sintéticos foram mais tóxicos que os óleos e compostos isolados, apresentando diferença estatística, devido a não sobreposição dos intervalos de confiança, destacando-se espinosina como o mais tóxico de todos os produtos testados (Tabela 2).

**Tabela 3.** Toxicidade dos óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia*, compostos *Eucaliptol* e  $\gamma$ -*Terpinene* e produtos sintéticos *Abamectina*, *Espinosina* e *Metomil* sobre *T. neocaledonicus*.

Tratamentos	N	GL	Inclinação ( $\pm$ EPM)	CL <sub>50</sub> (95% IC)	RT <sub>50</sub>	CL <sub>90</sub> (95% IC)	RT <sub>90</sub>	$\chi^2$	P
<i>L. cubeba</i>	300	3	3,06 $\pm$ 0,35	1,00 (0,87-1,15)	5,69	2,64 (2,16-3,53)	5,47	4,94	0,18
<i>C. camphora</i>	300	3	3,65 $\pm$ 0,44	5,10 (4,57-5,73)	1,11	11,45 (9,44-15,39)	1,26	0,95	0,81
<i>M. alternifolia</i>	300	3	3,30 $\pm$ 0,36	5,61 (5,06-6,31)	1,01	13,70 (11,13-18,63)	1,05	2,13	0,83
Eucaliptol	300	3	3,17 $\pm$ 0,32	5,69 (5,15-6,34)	-	14,45 (11,91-19,05)	-	6,31	0,38
$\gamma$ -Terpinene	300	3	2,37 $\pm$ 0,34	2,65 (2,25-3,20)	2,15	9,29 (6,64-16,46)	1,55	2,94	0,40
Abamectina	300	3	2,68 $\pm$ 0,62	0,30 (0,12-0,42)	18,9	0,89 (0,72-1,17)	16,23	0,66	0,88
Espinosina	300	3	9,14 $\pm$ 1,64	0,23 (0,21-0,24)	24,74	0,31 (0,29-0,36)	46,61	1,11	0,57
Metomil	300	3	3,60 $\pm$ 0,70	0,27 (0,17-0,37)	21,07	0,61 (0,43-2,10)	23,69	7,31	0,06

GL= Grau de liberdade; N= Número de ácaros usados no teste; EPM= Erro padrão da média; IC= Intervalo de confiança; RT= Razão de Toxicidade;  $\chi^2$ = Qui-quadrado. P= Valor de probabilidade para o modelo de Probit.

1 Os óleos essenciais de *I. verum*, *E. caryophyllus* e *C. flexuosus* foram tóxicos a  
2 fêmeas adultas de *T. neocaledonicus*, sendo os principais compostos de *C. flexuosus*  
3 os monoterpenos geranial (38,44%) e neral (29,80%) (BRIOZO et al., 2022). Neste  
4 estudo, o óleo essencial de *L. cubeba*, que foi o mais tóxico dentre os óleos testados,  
5 teve como compostos majoritários os mesmos monoterpenos encontrados no óleo de  
6 *C. flexuosus*, descritos pelos autores acima.

7 Sendo o geranial e neral os compostos majoritários, representando 44,68% e  
8 32,52% da constituição do óleo de *L. cubeba*, respectivamente, sugere-se que estes  
9 compostos possivelmente são os responsáveis pela toxicidade observada sobre *T.*  
10 *neocaledonicus*.

11 O efeito tóxico do óleo de *L. cubeba* e seus compostos majoritários já foram  
12 observados também sobre os ácaros de importância médica *Dermatophagoides*  
13 *farinae* (Acari: Pyroglyphidae), *Dermatophagoides pteronyssinus* Trouessart (Acari:  
14 Pyroglyphidae), o ácaro de produtos armazenados *Tyrophagus putrescentiae*  
15 (Schrank) (Acari: Acaridae) e também o ácaro *Luciaphorus perniciosus* Rack (Acari:  
16 Pygmephoridae) (JEON; LEE, 2016; YANG et al., 2014; PUMNUAN et al., 2010).  
17 Todos esses resultados indicam que o óleo essencial de *L. cubeba* é promissor no  
18 controle de artrópodes-praga, tendo grande potencial como inseticida e/ou acaricida  
19 botânico.

20 Os óleos essenciais de *C. camphora* e *M. alternifolia* apresentaram a mesma  
21 toxicidade a *T. neocaledonicus*. Esses óleos apresentaram toxicidade a vários  
22 artrópodes e mostraram-se promissores para o controle de pragas agrícolas em  
23 diversos estudos. *Melaleuca alternifolia* sobre *Tribolium confusum* Du Val, 1863  
24 (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) (Coleoptera:  
25 Curculionidae), *Macrosiphum rosae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) e *Helicoverpa*  
26 *armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) (FOUAD et al., 2023; BUDAK et al., 2022;  
27 MARTYNOV et al., 2019; LIAO et al., 2017). *Cinnamomum camphora* apresentou  
28 toxicidade contra *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Acari: Tetranychidae),  
29 *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Anobiidae), *Aphis gossypii*  
30 Glover (Hemiptera: Aphididae), *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera:  
31 Plutellidae), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763), (Coleoptera: Curculionidae),  
32 *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) e a *Haemaphysalis*  
33 *longicornis* (Neumann, 1901) (Acari: Ixodidae) (BAI et al., 2024; VICENÇO et al., 2021;  
34 KOUNDAL et al., 2018; JIANG et al., 2016; CHEN; DAI, 2015; CHEN et al., 2014). O

1 óleo de *C. camphora* apresentou efeitos inibitórios significativos na enzima  
2 carboxilesterase (CarE) de *H. longicornis* (BAI et al., 2024). Esses resultados  
3 demonstram o potencial tóxico de *C. camphora* e *M. alternifolia* contra diversos  
4 artrópodes, embora nesse estudo sua toxicidade tenham sido menor que a do óleo  
5 essencial de *L. cubeba*.

6 A toxicidade dos óleos essenciais varia entre espécies vegetais, composição  
7 química e proporção de seus constituintes (ISMAN, 2020b). Como observado no teste  
8 de toxicidade, a diferença entre o resultado obtido para os óleos de *L. cubeba*, *C.*  
9 *camphora* e *M. alternifolia* pode ser devido aos diferentes compostos presentes  
10 nesses óleos.

11 Os compostos eucaliptol e o  $\gamma$ -terpinene apresentaram toxicidade contra  
12 fêmeas de *T. neocaledonicus*. A ação tóxica dos monoterpenos tem sido atribuída a  
13 mecanismos neurotóxicos de ação rápida (TAK et al., 2016), como inibição da  
14 acetilcolinesterase (ABDELGALEIL et al., 2019; PARK et al., 2017; TONG et al., 2013)  
15 e interferência na ação da octamina (RATTAN, 2010). Como esses monoterpenos  
16 foram os constituintes majoritários de *C. camphora* e *M. alternifolia*, ocasionando  
17 toxicidade também quando utilizado de forma isolada, possivelmente a atividade  
18 tóxica desses óleos e compostos sobre *T. neocaledonicus* foi devido a efeitos  
19 neurotóxicos.

20 O monoterpeno eucaliptol possui toxicidade sobre diversos insetos e ácaros  
21 de importância agrícola (KHELOUL et al., 2023; BIBIANO et al., 2022; HUANG et al.,  
22 2021; LIMA et al., 2021; ABDELGALEIL et al., 2019; CASTRO et al., 2018; SÁNCHEZ-  
23 RAMOS; CASTAÑERA et al., 2001). Os óleos essenciais das plantas *Mesosphaerum*  
24 *suaveolens* (L.) Kuntze, *Ocimum gratissimum* L. e *Alpinia zerumbet* (Pers.), com o  
25 eucaliptol sendo um dos principais compostos dos três óleos, apresentaram alta  
26 eficácia contra a espécie de carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari:  
27 Ixodidae). Possivelmente esses três óleos essenciais agiu no sistema nervoso do  
28 carrapato (CASTRO et al., 2018). Estes resultados demonstram o potencial do  
29 eucaliptol no controle de diversos organismos praga. Embora este componente esteja  
30 presente na composição química do óleo essencial de *C. camphora* como majoritário,  
31 não se pode afirmar que o mesmo é o maior responsável pelo efeito tóxico desse óleo,  
32 pois quando comparadas as concentrações letais CL<sub>50</sub> de ambos, não houve diferença  
33 na toxicidade, sugerindo-se possivelmente um efeito sinérgico dos diferentes  
34 compostos para a toxicidade do óleo essencial. Embora o óleo e seu constituinte

1 majoritário não apresentem diferença na toxicidade, não se pode descartar o efeito  
2 neurotóxico proporcionado por esse constituinte de forma isolada, pois este  
3 representou 75,1% do óleo essencial.

4 Os monoterpenos possui efeito acaricidas sobre diversas fases de  
5 desenvolvimento de ácaros. Os monoterpenos pulegona, eucaliptol, linalol,  
6 fenchona, mentona,  $\alpha$ -terpinene e  $\gamma$ -terpinene apresentou efeito tóxico sobre ovos e  
7 sobre fases móveis de *T. putrescentiae* (SÁNCHEZ-RAMO; CASTAÑERA et al.,  
8 2001). Dentre estes compostos, eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene foram testados isoladamente  
9 a *T. neocaledonicus* com  $\gamma$ -terpinene sendo mais tóxico que eucaliptol e *M. alternifolia*,  
10 neste último, esse composto isolado pode ser encontrado como majoritário (21.9%)  
11 (ISMAIL et al., 2022) e neste estudo representou 7,11% do óleo essencial. Devido  
12 maior toxicidade de  $\gamma$ -terpinene, pode-se sugerir um possível papel principal no efeito  
13 tóxico quando presente nesse óleo essencial.

14 A ausência do eucaliptol em mistura artificial causou uma diminuição de 84%  
15 na toxicidade, concluindo que esse isolado é o principal contribuinte para a toxicidade  
16 do óleo de *Rosmarinus officinalis* L. sobre *T. urticae* (MIRESMALLI et al., 2006). No  
17 presente trabalho, testaram-se apenas dois compostos isoladamente sem realizar  
18 misturas artificiais, embora possa ser sugerido que eucaliptol não seja o principal  
19 responsável pela toxicidade de *C. camphora* e  $\gamma$ -terpinene seja o responsável pelo  
20 potencial tóxico de *M. alternifolia*, estudos com essas misturas são essenciais para  
21 que sejam compreendidos ainda mais a possibilidade ou não de efeito sinérgico  
22 desses constituintes.

23 A existência de múltiplos compostos bioativos que afetam diferentes sítios de  
24 ação de pragas é vantajosa, pois pode retardar a seleção de populações resistentes  
25 (BIBIANO et al., 2022). No presente estudo, sugere-se um efeito sinérgico de  
26 componentes na toxicidade de *C. camphora*, assim esse óleo essencial pode ter  
27 menor probabilidade de selecionar populações resistentes de *T. neocaledonicus*.

28 A toxicidade de óleos essenciais em comparação com seus isolados vem sendo  
29 estudados sobre diversas pragas agrícolas. O isolado  $\gamma$ -terpinene, mesmo  
30 constituindo apenas 3,70% do óleo essencial de *Origanum vulgare* L. proporcionou  
31 maior toxicidade contra larvas e ovos de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:  
32 Noctuidae) do que este óleo essencial (GONG; REN, 2020). O composto isolado  
33 eucaliptol presente no óleo essencial de *Litsea pungens* e o  $\gamma$ -terpinene no óleo de *L.*  
34 *cubeba* foram os responsáveis pela maior parte da toxicidade sobre larvas de

1 *Trichoplusia ni* (Hueb., 1802) (Lepidoptera: Noctuidae). Porém, o  $\gamma$ -terpinene foi o  
2 principal responsável pela toxicidade desse óleo (70% da mortalidade) (JIANG et al.,  
3 2009). Esses estudos demonstram o potencial tóxico contra diversos artrópodes,  
4 corroborando com a bioatividade encontrada para esse componente majoritário  
5 quando aplicado sobre *T. neocaledonicus*

6 A toxicidade do óleo de alecrim contra a lagarta do repolho, *T. ni*, pode ser  
7 atribuída à interação sinérgica de cânfora e 1,8-cineol, sendo consequência da maior  
8 penetração da cânfora na presença de 1,8-cineol (TAK; ISMAN, 2015). Neste estudo,  
9 não se pode afirmar ao certo o efeito sinérgico de componentes para os óleos  
10 essenciais de *M. alternifolia* e *L. cubeba*, no entanto, para o último pode-se inferir essa  
11 possibilidade de interação entre geranial e neral, os quais foram os componentes  
12 majoritários desse óleo essencial.

13 A compreensão do papel de cada composto na toxicidade do óleo oferece uma  
14 oportunidade de criar misturas artificiais, que são mais eficazes do que os compostos  
15 individuais, ajudando a prevenir e diluir a resistência (JIANG et al. 2009). Desse modo,  
16 os óleos essenciais utilizados embora não apresentam maior toxicidade que os  
17 inseticidas sintéticos, podem apresentar essa vantagem quanto à não seleção de  
18 ácaros *T. neocaledonicus* resistentes.

19 Portanto, essas informações só confirmam o potencial acaricida das espécies  
20 de *L. cubeba*, *C. camphora* e *M. alternifolia* contra *T. neocaledonicus*, abrindo margem  
21 para novos estudos envolvendo esses óleos e seus respectivos constituintes.

22 Os produtos sintéticos abamectina, metomil e espinosina foram mais tóxicos  
23 que os óleos essenciais e compostos isolados, destacando espinosina como o mais  
24 tóxico. O metomil foi tóxico para *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera:  
25 Noctuidae) em experimento de toxicidade de diferentes inseticidas (AHISSOU et al.,  
26 2021). Também apresentou toxicidade a *H. armigera* e *Helicoverpa zea* (Lepidoptera:  
27 Noctuidae) (SILVA et al., 2020). Porém no presente trabalho esse produto não  
28 apresentou maior toxicidade que os demais acaricidas testados.

29 Espinosina atua como modulador alostéricos de receptores nicotínicos da  
30 acetilcolina, abamectina atua como modulador alostéricos de canais de cloro  
31 mediados pelo glutamato e o metomil é um carbamato que atua como inibidor da  
32 acetilcolinesterase (IRAC, 2023). Portanto, os três produtos sintéticos utilizados neste  
33 estudo são de grupos químicos distintos, que age com diferentes modos de ação  
34 sobre os artrópodes. Nesse trabalho, abamectina, espinosina e metomil

1 demonstraram alta toxicidade a *T. neocaledonicos* podendo ser recomendados como  
2 potencial acaricidas ao ácaro, no entanto, vale ressaltar as diferenças nas  
3 classificações toxicológicas e de risco ambiental desses produtos, com a espinosina  
4 apresentando menor potencial de contaminação ambiental e toxicidade a mamíferos,  
5 destando-se ainda que esse produto embora não tenha apresentado diferença na  
6 toxicidade quando comparado aos demais sintéticos testados, apresentou menor  
7 concentração letal CL<sub>50</sub>.

8 A abamectina foi tóxica para ovos e adultos de *T. urticae*, causando inibição  
9 da atividade das enzimas acetilcolinesterase (AChE), adenosina trifosfatase  
10 (ATPase), fosfatases ácida e alcalina (ACP e ALP), carboxilesterase (CaE), ácido  
11 gama-aminobutírico transaminase (GABA-T) e glutathione-S-transferase (GST)  
12 (BADAWY et al., 2022). A toxicidade da abamectina a *T. neocaledonicus* também  
13 pode ser devido a inibição dessas enzimas, uma vez que esse ácaro também é um  
14 tetraníquideo.

15 A abamectina foi mais eficaz do que os óleos essenciais de cominho, limão,  
16 hortelã e hortelã-pimenta contra os estágios adulto e ovo de *T. urticae* (SHEASHA et  
17 al., 2023). A toxicidade com acaricidas sintéticos sobre *T. neocaledonicus* mostrou  
18 que Fenpyroximate, Dicofol, Cyflumetofen, Clofentazine, Propargite foram mais  
19 tóxicos que a Azadirachtina (SINGH; SINGH, 2017). Neste estudo, também foi  
20 observado que os produtos sintéticos foram mais tóxicos do que os naturais.

21 Para as culturas que precisam de várias pulverizações ao longo do ciclo, é  
22 recomendado a rotação de acaricidas, com diferentes grupos químicos e modos de  
23 ação, com o objetivo de retardar a seleção de populações de ácaros resistentes  
24 (BREDA et al., 2017). Nesse sentido, embora todos os acaricidas sintéticos testados  
25 tenham demonstrado potencial tóxico a *T. neocaledonicus* é necessário observar a  
26 rotação e correta aplicação desses produtos, visando evitar seleção de resistência  
27 cruzada ou múltipla pelo ácaro.

28 O uso discriminado dos acaricidas sintéticos abamectina, espinosina e metomil  
29 pode contribuir muito para o controle de *T. neocaledonicus* em feijão-fava, pois  
30 demonstraram efeitos tóxicos sobre este ácaro. Dispor de uma ampla gama de  
31 acaricidas com diferentes modos de ação para controle desse ácaro é importante para  
32 o desenvolvimento de um programa de manejo integrado para prevenir ou retardar a  
33 resistência aos acaricidas. Atualmente, nenhum acaricida disponível no mercado  
34 brasileiro está registrado para o controle de *T. neocaledonicus* no Brasil (AGROFIT,

2023), e os resultados obtidos neste estudo podem subsidiar a seleção de acaricidas sintéticos, óleos essenciais e seus constituintes para serem utilizados no manejo integrado de pragas de *T. neocaledonicus*.

### **3.4 Toxicidade dos óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos a ovos de *T. neocaledonicus***

A viabilidade dos ovos de *T. neocaledonicus* foi reduzida quando aplicadas as concentrações letais CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> dos óleos essenciais, com exceção de *M. alternifolia* na CL<sub>50</sub>. A menor taxa de viabilidade de ovos de *T. neocaledonicus* foi causada por *C. camphora* na CL<sub>50</sub>, causando 29,44% de viabilidade dos ovos tratados e na CL<sub>90</sub> as menores taxas de viabilidade de ovos foram causadas por *M. alternifolia* e *C. camphora*, causando 16,67 e 29,37% de viabilidade dos ovos tratados, respectivamente. Os isolados eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene também ocasionaram redução significativa na viabilidade de ovos, ambos não tiveram diferença estatística entre si. Em relação aos produtos sintéticos, abamectina e metomil causaram redução semelhante na CL<sub>50</sub> e apenas metomil causou redução na CL<sub>90</sub>. De todos os produtos testados, o que causou a menor viabilidades de ovos foi o óleo essencial de *M. alternifolia* na CL<sub>90</sub>. Portanto, observa-se que os óleos essenciais tiveram toxicidade maior sobre ovos, comparado aos isolados e produtos sintéticos (Tabela 3).

Quando não são devidamente considerados nas estratégias de controle de pragas, os ovos podem eclodir e resultar na infestação recorrente da cultura (MELO et al., 2023). Alguns compostos voláteis difundem-se com sucesso no ovo e, afetando os processos fisiológicos e bioquímicos vitais associados ao desenvolvimento embrionário (GURUSUBRAMANIAN; KRISHNA, 1996). Como observado no teste de toxicidade letal, a diferença entre o resultado obtido para os óleos *L. cubeba*, *M. alternifolia* e *C. camphora* referente à ação tóxica sobre ovos de *T. neocaledonicus* pode estar relacionado com as variações qualitativas e quantitativas no perfil químico dos óleos, conforme demonstrado por GC-MS. Essas diferenças na composição química e conseqüentemente na toxicidade, influenciam também o efeito sobre ovos do ácaro, com o óleo essencial de *C. camphora* apresentado um bom potencial ovicida a *T. neocaledonicus*, proporcionando apenas 29,44% de viabilidade, com apenas abamectina e metomil com efeito comparável ao encontrado para esse óleo.

1 À luz da literatura não existe relatos sobre o efeito ovicida em ovos de *T.*  
2 *neocaledonicus* dos óleos de *L. cubeba*, *M. alternifolia* e *C. camphora* e os isolados  
3 eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene. Entretanto, resultados da ação ovicida utilizando óleos  
4 essenciais de outras espécies vegetais têm sido relatados. Os óleos essenciais de *I.*  
5 *verum*, *E. caryophyllus* e *C. flexuosus* ocasionaram uma redução da viabilidade de  
6 ovos de *T. neocaledonicus*. As maiores taxas de inviabilidade de ovos de *T.*  
7 *neocaledonicus* foram ocasionadas pelos óleos de *I. verum* e *C. flexuosus* nas CL<sub>95S</sub>,  
8 causando uma inviabilidade de 91 e 100% dos ovos tratados, respectivamente  
9 (BRIOZO et al., 2022). No presente trabalho, os óleos essenciais de *L. cubeba* e *C.*  
10 *camphora* apresentaram o melhor potencial ovicida a *T. neocaledonicus*.

11 O óleo de *C. camphora* ocasionou menor viabilidade de ovos do quando  
12 comparado com seu principal composto o eucaliptol. O óleo de *M. alternifolia* na CL<sub>90</sub>  
13 também ocasionou uma menor viabilidade de ovos do que o composto isolado  $\gamma$ -  
14 terpinene, indicando que todos os constituintes juntos apresentam maior atividade  
15 ovicida, isso se deve à mistura de moléculas presentes nos óleos essenciais, que  
16 pode resultar em um efeito sinérgico.

17 O eucaliptol mostrou-se promissor para o controle de pragas de grãos  
18 armazenados, pois proporcionou uma taxa de mortalidade muito alta em todas as  
19 fases de vida de *T. confusum*, sendo, portanto, um bom candidato para o  
20 desenvolvimento de formulação de inseticida monoterpênico (KHELOUL et al., 2023).  
21 Ele também foi um composto ovicida efetivo contra ovos de *H. armigera*, *Spodoptera*  
22 *litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Chilo partellus* Swinhoe (Lepidoptera: Pyralidae)  
23 (KOUL et al., 2013). No presente trabalho eucaliptol apresentou menor efeito sobre a  
24 viabilidade de ovos que o encontrado para *C. camphora*, corroborando com os  
25 resultados encontrados para toxicidade, indicando um efeito sinérgico de componentes  
26 para efeitos sobre ácaros adultos e ovos.

**Tabela 4.** Viabilidade de ovos (Média±EPM) de *T. neocaledonicus* tratados com a CL50 e CL90 dos óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados *Eucaliptol* e  $\gamma$ -*Terpinene* (T = 25 ± 2°C, UR = 70 ± 10% UR e 12 h de fotófase).

Óleo essencial	CL <sub>50</sub> (µl/ml)	Viabilidade de ovos tratados com a CL <sub>50</sub> (±EPM) (%)	CL <sub>90</sub> (µl/ml)	Viabilidade de ovos tratados com a CL <sub>90</sub> (±EPM) (%)
Testemunha	0,0	93,50±3,80a	0,0	94,10±3,49a
<i>L. cubeba</i>	1,01	58,0±8,79bc	2,64	48,50±8,91cd
<i>C. camphora</i>	5,10	29,44±8,84c	11,45	29,37±8,73de
<i>M. alternifolia</i>	5,61	68,0±9,16ab	13,70	16,67±6,77e
Eucaliptol	5,70	57,30±4,99b	14,45	46,92±6,73cd
$\gamma$ -Terpinene	2,65	59,54±7,15b	9,29	64,54±4,18bc
Abamectina	0,30	55,0±6,71bc	0,90	69,50±6,52abc
Espinosina	0,22	80,0±4,04ab	0,31	88,18±2,80ab
Metomil	0,27	52,27±4,92bc	0,61	63,18±5,53bc

Médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%). <sup>1</sup>SE= Erro Padrão

1 Os óleos essenciais de *L. cubeba* e *M. alternifolia* diminuíram o número e a  
2 viabilidade de ovos de *A. argillacea* (SANTOS et al., 2021). Os autores destacam que  
3 esses óleos essenciais testados são promissores para o controle de *A. argillacea*, pois  
4 são tóxicos e afetam o desenvolvimento e a reprodução desta praga chave do  
5 algodoeiro. No presente estudo, o óleo essencial de *L. cubeba* apresentou uma maior  
6 toxicidade a adultos em comparação com os outros óleos testados e com relação ao  
7 efeito sobre ovos do ácaro *T. neocaledonicus* também foi um dos que mais reduziu a  
8 viabilidade em comparação com o tratamento testemunha.

9 O  $\gamma$ -terpinene tem atividade ovicida para diversos táxons de importância  
10 agrícola, como a *H. armigera* (GONG; REN, 2020). O componente majoritário  $\gamma$ -  
11 terpinene no presente trabalho, proporcionou uma redução na viabilidade de ovos de  
12 *T. neocaledonicus* em cerca de 40%, tendo uma menor viabilidade que a encontrada  
13 no tratamento testemunha.

14 A abamectina é um dos acaricidas mais utilizados na agricultura, tem  
15 demonstrado efeito ovicida contra diversas espécies de tetraniquídeos, incluindo  
16 *Oligonychus* sp., causando mortalidade de 77% dos ovos (CUA-BASULTO et al.,  
17 2021), e 95 % dos ovos de *T. urticae* (RABBI et al., 2022). Entre três acaricidas  
18 testados (abamectina, clorfenapir e piridabeno) a abamectina apresentou a maior  
19 toxicidade contra ovos de *T. urticae* (BADAWY et al., 2022).

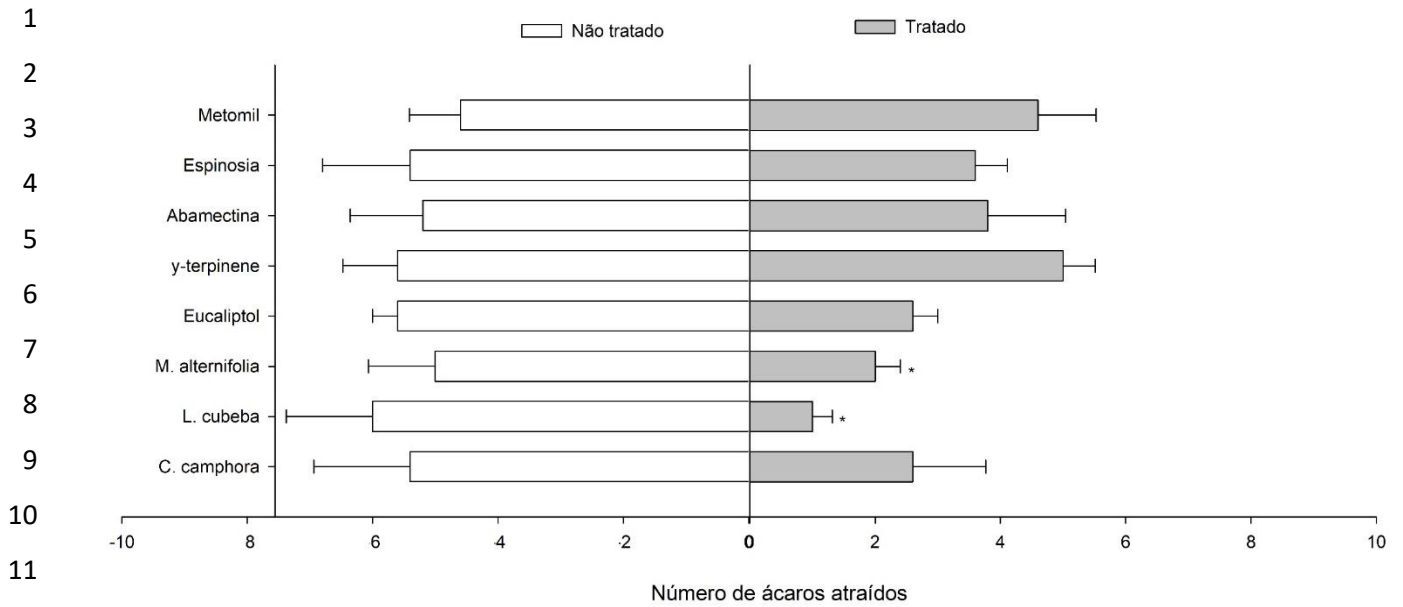
20 O carbamato metomil foi eficaz contra ovos de *Spodoptera littoralis* (Boisduval,  
21 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) e de *Acrobasis vaccinii* Riley (Lepidoptera: Pyralidae)  
22 (KLEIN et al., 1982; WISE et al., 2010). Espinosina apresentou atividade ovicida a  
23 ovos de diversos lepdópteros de importância agrícola, como *A. vaccinii*, *Sparganothis*  
24 *sulfurea* (Clemens, 1860) (Lepidoptera: Tortricidae) e *Choristoneura paralela*  
25 (Robinson, 1869) (Lepidoptera: Tortricidae) (RODRIGUEZ-SAONA et al., 2016; WISE  
26 et al., 2010). A espinosina teve um impacto negativo na eclosão dos ovos de  
27 *Sparganothis sulfureana* (Lepidoptera: Tortricidae) e *Choristoneura paralela*  
28 (Lepidoptera: Tortricidae). Além disso, em comparação com o organofosforado  
29 clorpirifós, a espinosina teve menos efeitos negativos sobre o predador *Orius*  
30 *insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae), indicando que esses pode ser mais compatível  
31 com o controle biológico e pode ser implementado em programas de MIP para o  
32 controle de ambas as pragas (RODRIGUEZ-SAONA et al., 2016). No presente  
33 trabalho, metomil e abamectina foram os que mais reduziram a viabilidade de ovos  
34 dentre os sintéticos avaliados sobre *T. neocaledonicus*.

1 Os efeitos ovicidas dos óleos essenciais podem ser atribuídos às propriedades  
2 físicas ou químicas. Fisicamente, quando os óleos entram em contato com a superfície  
3 dos ovos, podem cobrir as áreas de troca gasosa entre o embrião e o meio externo,  
4 interferindo no desenvolvimento normal do embrião. Quimicamente, os compostos  
5 presentes em cada óleo podem apresentar diferentes taxas de toxicidade e podem  
6 atuar concomitantemente com as propriedades físicas dos óleos, causando assim a  
7 morte dos ovos (KRINSKI et al., 2018).

8 O efeito ovicida é uma característica importante de um acaricida utilizado no  
9 controle de ácaros-praga, especialmente em programas de manejo integrado de  
10 pragas. Isso se deve ao fato de que o produto age no estágio inicial de  
11 desenvolvimento dos ácaros, reduzindo ou inviabilizando a eclosão das larvas e,  
12 conseqüentemente, reduzindo as injúrias e os danos causados às plantas (ESTEVES  
13 FILHO et al., 2008). Nesse sentido, todos os produtos testados com exceção de  
14 espinosina e o óleo de *M. alternifolia* (devido à comparação com o tratamento  
15 testemunha), apresentam potencial em causar a mortalidade de ovos, entretanto,  
16 embora os produtos sintéticos tenham sido mais tóxicos para adultos, no geral, os  
17 óleos essenciais tiveram maior efeito ovicida.

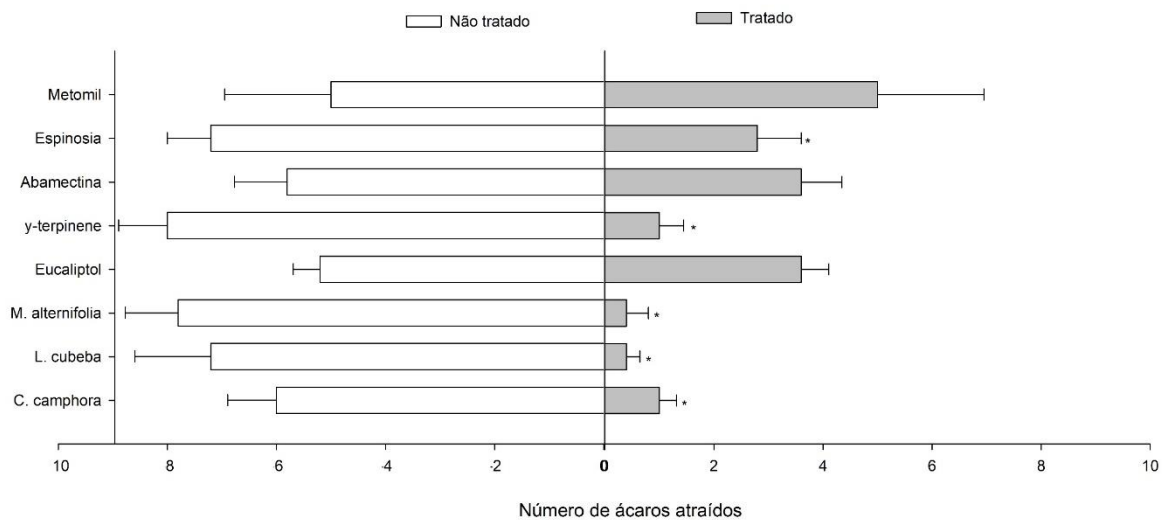
### 19 **3.5 Atividade repelente em fêmeas de *T. neocaledonicus***

20  
21 O número de fêmeas de *T. neocaledonicus* atraídas foi estatisticamente menor  
22 nos discos foliares quando se aplicou a CL<sub>15</sub> dos óleos essenciais de *L. cubeba* e *M.*  
23 *alternifolia*, representando uma repelência de 83,33% e 60%, respectivamente (Figura  
24 1). Quando aplicada a CL<sub>30</sub> dos óleos de *C. camphora*, *L. cubeba*, *M. alternifolia*,  
25 composto  $\gamma$ -terpinene e a espinosina atraíram menos ácaros que a área não tratada,  
26 representando uma repelência de 83,33%, 94,44%, 94,87%, 87,5% e 61,11% para  
27 esses tratamentos (Figura 2).



14 **Figura 1.** Número de ácaros *T. neocaledonicus* atraídos a discos foliares tratados e não tratados com  
 15 a CL<sub>15</sub> de óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos. \*Significativo pelo teste de Qui-  
 16 quadrado ( $P < 0,05$ ).

17  
 18  
 19  
 20



21  
 22  
 23  
 24  
 25  
 26  
 27

24 **Figura 2.** Número de ácaros *T. neocaledonicus* atraídos a discos foliares tratados e não tratados com  
 25 a CL<sub>30</sub> de óleos essenciais, compostos isolados e produtos sintéticos. \*Significativo pelo teste de Qui-  
 26 quadrado ( $P < 0,05$ ).

1 Os óleos de *L. cubeba* e *M. alternifolia* foram repelentes a fêmeas adultas de  
2 *T. neocaledonicus* nas CL<sub>30</sub> e CL<sub>15</sub>, enquanto  $\gamma$ -terpinene, *C. camphora* e espinosina  
3 na concentração CL<sub>30</sub> foram repelentes. Eucaliptol, abamectina e metomil não  
4 apresentaram efeitos repelentes sobre *T. neocaledonicus* nas CL<sub>30</sub> e CL<sub>15</sub>, sendo  
5 classificados como neutro (Tabela 4).

1 **Tabela 5.** Classificação de repelência de óleos essenciais, compostos isolados e  
 2 acaricidas sintéticos sobre fêmeas adultas de *T. neocaledonicus*.

3

Produto	Conc.	CL (µl/mL)	Porcentagem de repelência (%)	IR (M ± DP)	Classificação
<i>C. camphora</i>	CL <sub>15</sub>	2,65	54	0,70±0,67	Neutro
	CL <sub>30</sub>	3,66	60	0,31±0,23	Repelente
<i>L. cubeba</i>	CL <sub>15</sub>	0,46	60	0,37±0,35	Repelente
	CL <sub>30</sub>	0,68	72	0,18±0,15	Repelente
<i>M. alternifolia</i>	CL <sub>15</sub>	2,72	68	0,16±0,15	Repelente
	CL <sub>30</sub>	3,89	78	0,09±0,08	Repelente
Eucaliptol	CL <sub>15</sub>	2,68	56	0,63±0,48	Neutro
	CL <sub>30</sub>	3,88	52	0,81±0,21	Neutro
γ-Terpinene	CL <sub>15</sub>	0,96	56	0,78±0,48	Neutro
	CL <sub>30</sub>	1,59	80	0,24±0,23	Repelente
Abamectina	CL <sub>15</sub>	0,12	52	0,83±0,59	Neutro
	CL <sub>30</sub>	0,19	58	0,78±0,39	Neutro
Espinósina	CL <sub>15</sub>	0,17	54	0,92±0,63	Neutro
	CL <sub>30</sub>	0,19	72	0,56±0,36	Repelente
Metomil	CL <sub>15</sub>	0,14	46	0,99±0,48	Neutro
	CL <sub>30</sub>	0,19	50	1,00±0,87	Neutro

IR (Índice de repelência) = 2G/G+P (G=número de ácaros atraídos no tratamento; P=número de ácaros atraídos na testemunha).M= média; DP= desvio padrão.

4 Além da toxicidade dos óleos essenciais por fumigação, contato e ingestão,  
 5 seus compostos químicos podem também apresentar importantes efeitos sobre o  
 6 comportamento de várias pragas, principalmente como deterrentes e repelentes  
 7 (ISMAN et al., 2010). A repelência é uma propriedade importante de um acaricida para  
 8 uso no manejo integrado de ácaros, já que os mantém longe das plantas, diminuindo  
 9 seus danos as culturas (CAMARA et al., 2015). Algumas plantas possuem a  
 10 capacidade de repelir pragas de maneira eficiente, o que resulta na redução da  
 11 infestação e dos danos causados às culturas agrícolas. Isso se traduz em menores  
 12 perdas na produtividade, o que gera benefícios econômicos para os agricultores  
 13 (ANDRADE et al., 2013). Assim, destacam-se os óleos essenciais de *L. cubeba* e *M.*  
 14 *alternifolia*

15 O efeito repelente é uma característica observada principalmente em  
 16 inseticidas/acaricidas botânicos (ISMAN, 2006). Isso se confirma no presente estudo,  
 17 já que os óleos essenciais foram mais repelentes que os produtos sintéticos. Esse  
 18 efeito comportamental pode ser resultado dos monoterpenos e sesquiterpenos que  
 19 compõem os óleos, uma vez que os terpenos são conhecidos por apresentarem esses

1 efeitos como parte da defesa das plantas contra os herbívoros (SINGH; SHARMA,  
2 2015; BLOCK et al., 2019).

3 Quando avaliado os efeitos letais e subletais sobre o crescimento populacional  
4 e a repelência de diferentes produtos sintéticos e botânicos a *P. latus*, foi observado  
5 que os produtos botânicos azadiractina e óleo de nim foram mais repelentes do que  
6 os produtos sintéticos abamectina e spiromesifen ao ácaro (BREDA et al., 2017).  
7 Corroborando, portanto, com os resultados encontrados no presente estudo, pois  
8 dentre os sintéticos testados, apenas a CL<sub>30</sub> de espinosina foi classificada como  
9 neutra.

10 Existem poucos relatos na literatura abordando o efeito repelente de produtos  
11 acaricidas contra *T. neocaledonicus*. *Cymbopogon flexuosus*, *E. caryophylla* e *I.*  
12 *verum*, foram classificados como repelentes nas concentrações CL<sub>95</sub> para esse ácaro  
13 (BRIOZO et al., 2022). Produtos à base de neem Natural Neem<sup>®</sup>, Off-Neem<sup>®</sup>, Nim-I-  
14 GO<sup>®</sup> e Azamax<sup>®</sup> também foram repelentes a *T. neocaledonicus* em plantas de feijão-  
15 fava (SANTOS et al., 2021). A falta de informações a respeito desse tipo de efeito  
16 subletal confirmam a importância desse estudo como gerador de resultados inéditos  
17 quanto à repelência dos óleos essenciais testados, especialmente contribuindo para  
18 o manejo do ácaro na cultura do feijão-fava.

19 O óleo essencial de *M. alternifolia* apresentou efeito repelente sobre as fêmeas  
20 de *T. urticae* (ATAIDE et al., 2021). *Cinnamomum camphora* foi repelente a *A. gossypii*  
21 (JIANG et al., 2016), a *P. xylostella* (KOUNDAL et al., 2018), foi repelente também a  
22 *S. oryzae* e *Bruchus rufimanus* Bohemann, 1833 (Coleoptera: Chrysomelidae) (LIU et  
23 al., 2006). Já *L. cubeba* foi repelente para *N. cincticeps* (CHAKIRA et al., 2017), e para  
24 *Monomorium pharaonis* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) (WAGAN et al.,  
25 2016). O óleo de *L. cubeba* apresentou propriedades acaricidas e repelentes contra  
26 ninfas e adultos de *H. longicornis*. (PARK et al., 2021). Esses resultados de repelência  
27 corrobora com os encontrados quando testados esses dois óleos essenciais, com o  
28 destaque para as concentrações subletais testadas, as quais foram as CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub>.

29 A abamectina foi a mais tóxica para ovos e adultos de *T. urticae* em estudo de  
30 comparação da toxicidade da abamectina, clorfenapir e piridabeno (BADAWY et al.,  
31 2022). Também foi tóxica para *P. latus* em *Capsicum annum*, além de causar  
32 repelência e afetar a taxa instantânea de crescimento populacional (ri) (BREDA et al.  
33 2017). A abamectina foi eficaz no controle de *Oligonychus* sp. No mamão. No entanto,  
34 também foi altamente tóxica para os ácaros predadores *Phytoseiulus persimilis* (Acari:

1 *Phytoseiidae*) e *Neoseiulus californicus* (Acari: *Phytoseiidae*) após exposição residual  
2 em laboratório (CUA-BASULTO et al., 2021). No presente trabalho, o ingrediente ativo  
3 abamectina apresentou apenas 0,30 µL/mL a *T. neocaledonicus* sendo altamente  
4 tóxico, porém classificado como neutro e não sendo possível registrar um potencial  
5 efeito no crescimento populacional exatamente pela alta toxicidade. Sugere-se a partir  
6 da alta toxicidade, também testar o efeito desse acaricida sintético a ácaros  
7 predadores de *T. neocaledonicus* para que seja entendido se há possibilidade de  
8 seletividade.

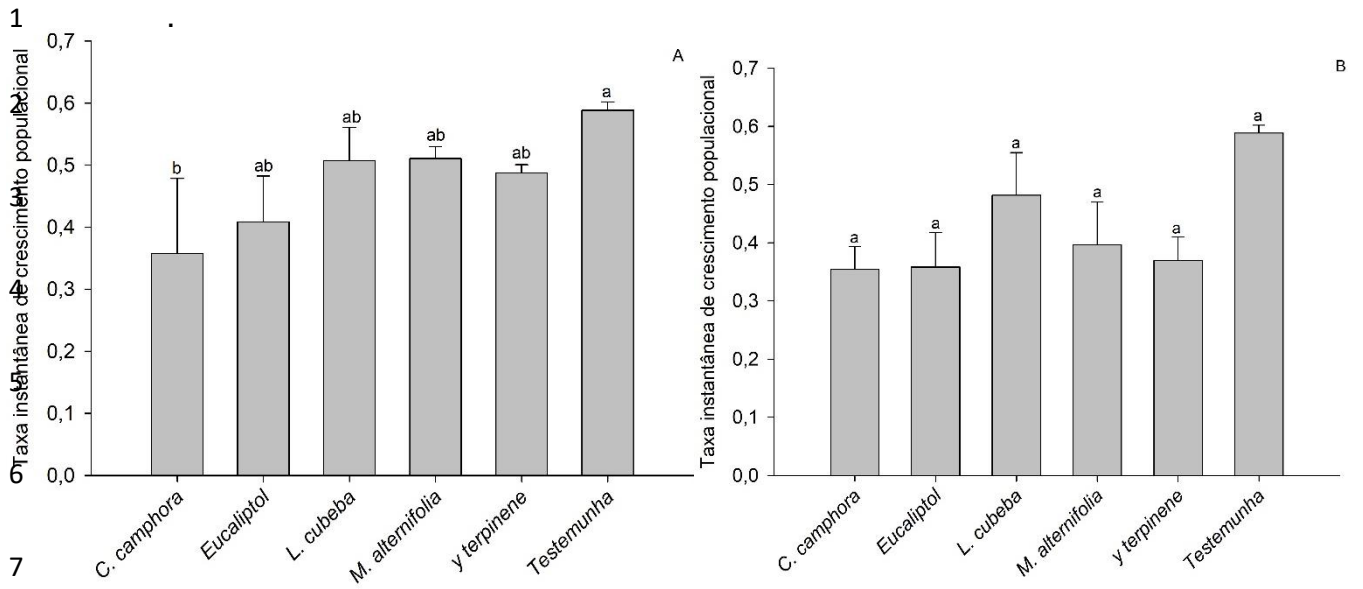
9 Os compostos que interferem no desempenho reprodutivo das pragas, podem  
10 ser importantes para redução populacional. O efeito repelente combinado com a  
11 mortalidade é uma característica importante a ser considerada na escolha de um  
12 produto para controle de pragas. Devido à baixa persistência dos óleos essenciais,  
13 pode ser compatível com o controle biológico se um cronograma adequado de  
14 monitoramento de pragas e predadores é levado em consideração (SANTOS et al.,  
15 2019). Assim, faz-se um destaque a *L. cubeba* que foi o mais tóxico dentre os óleos  
16 essenciais testados, apresentando também efeito repelente a *T. neocaledonicus*.

### 17 **3.6 Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *T. neocaledonicus*** 18 **submetido a diferentes concentrações de óleos essenciais e compostos** 19 **isolados**

20  
21 Não foi possível calcular a  $r_i$  para os produtos sintéticos, pois, mesmo quando  
22 testados em concentrações subletais, causaram mortalidade dos adultos,  
23 inviabilizando assim o cálculo da  $r_i$ , entretanto, os mesmos foram considerados  
24 eficientes para o controle de *T. neocaledonicus*, pois foram altamente tóxicos.

25 A taxa instantânea de crescimento populacional de *T. neocaledonicus* foi  
26 positiva mesmo após a aplicação das CL<sub>15</sub> e CL<sub>30</sub> dos óleos essenciais e compostos  
27 isolados, no entanto, em comparação com o tratamento testemunha o óleo essencial  
28 de *C. camphora* reduziu o crescimento populacional do ácaro quando aplicado em  
29 concentração CL<sub>15</sub>. Já para a CL<sub>30</sub> não houve diferença no crescimento populacional  
30 quando comparado ao tratamento testemunha (Figura 3).

31  
32  
33



9 Figura 3. Taxa instantânea de crescimento populacional de *T. neocaledonicus* após aplicação de  
 10 concentrações letais  $CL_{15}$  (A) e  $CL_{30}$  (B) de óleos essenciais e compostos isolados.

1 A estimativa da taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ), tem sido uma  
2 técnica alternativa para avaliar a toxicidade de inseticidas e acaricidas, permitindo  
3 avaliar os efeitos letais e subletais desses produtos sobre uma população, após um  
4 tempo previamente determinado (STARK; BANKS, 2003). O valor da  $r_i$  positivo indica  
5 crescimento populacional, a  $r_i$  igual a zero indica que a população está estável e a  $r_i$   
6 negativo indica declínio da população até a extinção (WALTHAL; STARK, 1997).  
7 Embora todos os óleos essenciais e compostos majoritários tenham proporcionado  
8 crescimento populacional positivo, vale destacar *C. camphora* que reduziu a  
9 população de *T. neocaledonicus* em comparação com o tratamento testemunha  
10 quando aplicada sua concentração CL<sub>15</sub>.

11 As taxas instantâneas de crescimento populacional para *Tetranychus ludeni*  
12 Zacher (Acari: Tetranychidae) foram todas positivas ( $r_i > 0$ ), quando tratado com quatro  
13 concentrações crescentes (0,5, 0,8, 1,25 e 1,5%) dos óleos essenciais de *Corymbia*  
14 *citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, *Ocimum basilicum* L. e *Myracrodunon*  
15 *urundeuva* Allemão, indicando que a população está em estado ascendente, no  
16 entanto, a população cresceu a uma taxa menor quando comparada ao controle  
17 (BEZZERA et al., 2019). Conforme observado neste estudo.

18 Concentrações subletais podem ser uma ferramenta útil para a integração do  
19 uso de controle químico e inimigos naturais. Os efeitos do crescimento populacional  
20 podem reduzir a população de pragas a certos níveis, enquanto o controle biológico  
21 pode impor uma melhor regulação, desde que os produtos sejam seletivos (BREDA  
22 et al., 2017). Dessa forma, os efeitos observados dos produtos utilizados sobre o  
23 crescimento populacional de *T. neocaledonicus* são muito importantes para os  
24 programas de manejo integrado de pragas.

25 Este é o primeiro relato dos efeitos letais e subletais dos óleos essenciais de *L.*  
26 *cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia*, compostos isolados eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene e  
27 produtos sintéticos abamectina, espinosina e metomil sobre *T. neocaledonicus*. Os  
28 óleos essenciais, seus constituintes e produtos sintéticos são potencialmente úteis  
29 para o futuro manejo integrado de *T. neocaledonicus* devido às suas propriedades  
30 letais e subletais, bem como por afetar o comportamento da praga em termos de  
31 preferências alimentares e de postura. No entanto, mais estudos são necessários para  
32 avaliar o efeito desses produtos em organismos não-alvo e determinar a relação  
33 custo-benefício.

#### 1 **4 CONCLUSÃO**

2 Os óleos essenciais de *Litsea cubeba*, *Cinnamomum camphora*, *Melaleuca*  
3 *alternifolia*, compostos isolados Eucaliptol e  $\gamma$  – Terpinene e os produtos sintéticos  
4 Abamectina, Metomil e Espinosina apresentam toxicidade sobre ovos e fêmeas  
5 adultas de *T. neocaledonicus*. Entre os óleos essenciais o que apresentou a maior  
6 toxicidade sobre fêmeas foi o *L. cubeba*. Entre os produtos sintéticos o que apresentou  
7 a maior toxicidade sobre fêmeas foi o espinosina. Dentre todos os produtos testados  
8 os produtos sintéticos foram os mais tóxicos para adultos.

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

## 1 REFERÊNCIAS

- 2 AGROFIT: Sistema de agrotóxico fitossanitários. 2023. Disponível em:  
 3 <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acessado em:  
 4 15/09/2023.  
 5
- 6 ABDELGALEIL, S. A. M.; BADAWY, M. E.I.; MAHMOUD, N. F.; MAREI, A. E. M.  
 7 Acaricidal activity, biochemical effects and molecular docking of some monoterpenes  
 8 against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). **Pesticide Biochemistry**  
 9 **and Physiology**, 2019.  
 10
- 11 AHISSOU, B.R.; SAWADOGO, W. M.; BOKONON-GANTA, A. H.; SOMDA, I  
 12 KESTEMONT, M. P.; VERHEGGEN, F. J. Baseline toxicity data of different  
 13 insecticides against the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)  
 14 (Lepidoptera: Noctuidae) and control failure likelihood estimation in Burkina Faso.  
 15 **African Entomology**, v. 29, n. 2, p. 435–444, 2021.  
 16
- 17 ANDRADE, L. H.; OLIVEIRA, J. V.; I LIMA, R. M. M.; SANTANA, M. F.; BREDA, M.  
 18 O. Efeito repelente de azadiractina e óleos essenciais sobre *Aphis gossypii* Glover  
 19 (Hemiptera: Aphididae) em algodoeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p.  
 20 628-634, 2013.  
 21
- 22 ASSOUGUEM, A.; KARA, M.; RAMZI, A.; ANNEMER, S.; KOWALCZYK, A.; ALI,  
 23 E.A.; MOHARRAM, B.A.; LAZRAQ, A.; FARAH, A. Evaluation of the Effect of Four  
 24 Bioactive Compounds in Combination with Chemical Product against Two Spider  
 25 Mites *Tetranychus urticae* and *Eutetranychus orientalis* (Acari: Tetranychidae).  
 26 **Evidence-Based Complementary Alternative Medicine**. v.5, p.1–13, 2022.  
 27
- 28 ATAIDE, J. O.; DEOLINDO, F. D.; HOLTZ, F G.; HUVER, A.; ZAGO, H. B.; MENINI,  
 29 L. Acaricidal activity and repellency of commercial essential oils on *Tetranychus*  
 30 *urticae* *in vitro* and protected cultivation. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 2, p.  
 31 226-233, 2021.  
 32
- 33 AYLLÓN-GUTIÉRREZ, R.; LÓPEZ-MALDONADO, E. A.; MACÍAS-ALONSO, M.;  
 34 GONZÁLEZ, M. J.; DÍAZ-RUBIO, L.; CÓRDOVA-GUERRERO, I. Evaluation of the  
 35 Stability of a 1,8-Cineole Nanoemulsion and Its Fumigant Toxicity Effect against the  
 36 Pests *Tetranychus urticae*, *Rhopalosiphum maidis* and *Bemisia tabaci*. *Insects*,  
 37 v. 14, n. 663, 2023.  
 38
- 39 BADAWY, M. E. I.; MAHMOUD, M. S.; KHATTAB, M. M. Toxicity, joint action effect,  
 40 and enzymatic assays of abamectin, chlorfenapyr, and pyridaben against the two-  
 41 spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **The Journal of Basic and Applied**  
 42 **Zoology**, v. 83, n. 22, 2022.  
 43
- 44 BAI, L.; GAO, Z.; XU, X.; WENXIA, L. V.; WANG, Y.; DONG, K.; YU, Z.; YANG, X.  
 45 The acaricidal activity and enzymatic targets of the essential oils of *Cinnamomum*  
 46 *cassia* and *Cinnamomum camphora* and their major components against

- 1 *Haemaphysalis longicornis* (Acari: Ixodidae).  
2
- 3 BANDE-BORUJENI, S.; ZANDI-SOHANI, N.; RAMEZANI, L. Chemical composition  
4 and bioactivity of essential oil from *Eucalyptus occidentalis* leaves against two stored  
5 product pests Shokoofeh. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 38,  
6 n. 3, p. 216–223, 2018.  
7
- 8 BASAID, K.; MAYAD, E. H.; BOUHARROUD, R.; FURZE, J. N.; BENJLIL, H.;  
9 OLIVEIRA, A. L.; CHEBLI, B. Biopesticidal value of *Senecio glaucus* subsp.  
10 *coronopifolius* essential oil against pathogenic fungi, nematodes, and mites,  
11 **Materials Today: Proceedings**, 2020.  
12
- 13 BASIJ, M.; SAHEBZADEH, N.; SHAHRIARI, M.; PANAHANDEH, S. Insecticidal  
14 potential of Ajwain essential oil and its major componentes against *Chilo*  
15 *suppressalis* Walker. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 130, p. 735–  
16 745, 2023.  
17
- 18 BEZERRA, Y. B. S.; OLIVEIRA, J.; RAMALHO, T. K. A.; BARBOSA, D. R. S.;  
19 OLIVEIRA, C. R. F.; OLIVEIRA, C. H. C. M.; LIMA NETO, I. F. A. Atividade acaricida  
20 de óleos essenciais sobre *Tetranychus ludeni* (Zacher) (Acari: Tetranychidae) em  
21 duas cultivares de algodoeiro. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 469-477, 2019.  
22
- 23 BIBIANO, C. S.; ALVES, SANTOS, D.; FREIRE, B. C.; BERTOLUCCI, S. K. V.;  
24 CARVALHO, G. A. Toxicity of essential oils and pure compounds of Lamiaceae  
25 species against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their safety for  
26 the nontarget organism *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).  
27 **Crop Protection**, v. 158, 2022.  
28
- 29 BLOCK, A. K.; VAUGHAN, M. M.; SCHMELZ, E. A.; CHRISTENSEN, S.  
30 A. Biosynthesis and function of terpenoid defense compounds in maize (*Zea mays*).  
31 **Planta**, 2019.  
32
- 33 BOROTOVÁ, P.; GALOVICOVÁ, L.; VUKOVIC, N. L.; VUKIC, M.; TVRDÁ, E.;  
34 KACÁNIOVÁ, M. Chemical and Biological Characterization of *Melaleuca alternifolia*  
35 Essential Oil. **Plants**, v. 11, n. 558, 2022.  
36
- 37 BREDÁ, M. O.; OLIVEIRA, J. V.; ESTEVES FILHO, A. B.; BARBOSA, D. S. R.;  
38 SANTOS, A. A. Lethal and sublethal effects of pesticides on the management of  
39 *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on *Capsicum annum* L.  
40 **Pest Management Science**, v. 73, p. 2054-2062, 2017.  
41
- 42 BRIOZO, M. E. O.; FRANÇA, S. M. DE.; BARBOSA, D. R. E S.; DUTRA, K. DE A.;  
43 NAVARRO, D. M. DO A. F.; SILVA, P. R. R. Lethal and sublethal effects of essential  
44 oils on *Tetranychus neocaledonicus* (Acari: Tetranychidae). **Systematic & Applied**  
45 **Acarology**, v. 27, n. 12, p. 2597–2617, 2022.  
46
- 47 BRIOZO, M. E. O.; SILVA, J.; FERRAZ, J. C. B.; SILVA, P. R. R.; MELO, J. W. DA  
48 S.; FRANÇA, S. M. DE. Biology and life table of *Tetranychus neocaledonicus* André

- 1 (1933) (Acari: Tetranychidae) in different hosts March. **Systematic and Applied**  
 2 **Acarology**, v. 28, n. 3, p. 497–507, 2023.
- 3
- 4 BUDAK, E.; YİĞİT, Ş.; ALI, A. K.; AKÇA, İ.; SARUHAN, İ. Bazı Uçucu Yağların  
 5 *Macrosiphum rosae* (L.) (Hemiptera: Aphididae)'ya İnsektisidal Etkilerinin  
 6 Belirlenmesi. **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**, v. 19, n. 1, 2022.
- 7
- 8 CAMARA, C. A. G.; AKHTAR, Y.; ISMAN, M. B.; SEFFRIN, R. C.; BORN, F.  
 9 S. Repellent activity of essential oils from two species of Citrus against *Tetranychus*  
 10 *urticae* in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v. 74, p. 110–115, 2015.
- 11
- 12 CAMARA, C. A. G.; LIMA, G. S.; MORAES, M.; SILVA, M. M. C.; MELO, J. P. R.;  
 13 SANTOS, M. L.; FAGG, C. W. Chemical composition and acaricidal activity of  
 14 essential oils and selected terpenes from two species of Psidium in the Cerrado  
 15 biome of Brazil against *Tetranychus urticae*. **Bol Latinoam Caribe Plant Med**  
 16 **Aromat**, v. 19, n. 1, p. 15 – 28, 2020.
- 17
- 18 CASTRO, K. N. DE C.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. DE S.; COSTA-JÚNIOR, L. M.;  
 19 ANDRADE, I. M. DE.; MAGALHÃES, J. A.; BARROS, D. M. A. In vitro efficacy of  
 20 essential oils with different concentrations of 1,8-cineole against *Rhipicephalus*  
 21 *(Boophilus) microplus*. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 27(2), 203–  
 22 210, 2018.
- 23
- 24 CHAKIRA, H.; LONG, M.; LIU, S.; ZHAO, J.; HE, Y.; WAGAN, T. A.; HUA, H.  
 25 Repellency of essential oils against *Nephotettix cincticeps*: Laboratory and  
 26 glasshouse assays. **Journal of Applied Entomology**, 2017.
- 27
- 28 CHEN, Y.; DAI, G. Acaricidal activity of compounds from *Cinnamomum camphora*  
 29 (L.) Presl against the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. **Pest**  
 30 **Management Science**, v. 71, p. 1561–1571, 2015.
- 31
- 32 CHEN, J.; TANG, C.; ZHANG, R.; YE, S.; ZHAO, Z.; HUANG, Y.; XU, X.; LAN, W.;  
 33 YANG, D. Metabolomics analysis to evaluate the antibacterial activity of the essential  
 34 oil from the leaves of *Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl, **Journal of**  
 35 **Ethnopharmacology**, 2020.
- 36
- 37 CHEN, H. P.; YANG, K.; YOU, C. X.; LEI, N.; SUN, R. Q.; GENG, Z. F.; MA, P.; CAI,  
 38 Q.; DU, S. S.; DENG, Z. W. Chemical Constituents and Insecticidal Activities of the  
 39 Essential Oil of *Cinnamomum camphora* Leaves against *Lasioderma serricorne*.  
 40 **Journal of Chemistry**, 2014.
- 41
- 42 CUA-BASULTO, M. E.; RUIZ-SÁNCHEZ, E.; PÉREZ-GUTIÉRREZ, A.;  
 43 MARTÍN-MEX, R.; NEXTICAPAN-GARCÉZ, Á.; PÉREZ-BRITO, DAISY. Effects of  
 44 acaricides on *Oligonychus* sp. and compatibility with predatory mites *Neoseiulus*

- 1 *californicus* and *Phytoseiulus persimilis*. **Journal of Plant Diseases and Protection**,  
2 v. 128, p. 1617–1625, 2021.
- 3
- 4 DILLMANN, J. B.; COSSETIN, L. F.; GIACOMETI, M.; OLIVEIRA, D.; MATOS, A. F.  
5 I. M.; AVRELLA, P. D.; GARLET, Q. I.; HEINZMANN, B. M.; MONTEIRO, S. G.  
6 Adulticidal Activity of *Melaleuca alternifolia* (Myrtales: Myrtaceae) Essential Oil With  
7 High 1,8-Cineole Content Against Stable Flies (Diptera: Muscidae). **Journal of**  
8 **Economic Entomology**, v. 113, n. 4, p. 1810–1815, 2020.
- 9
- 10 DUQUE, L. S.; MARCHESINI, P.; MONTEIRO, C.; GOMES, G. A.; RODRIGUES, T.  
11 H. S.; MESQUITA, D. M.; TEIXEIRA, A. L. C.; SILVA, F. L. V.; MARRETO, L. C. N.  
12 L.; MATURANO, R. Acaricidal activity of the essential oils from *Leptospermum*  
13 *scoparium*, *Origanum vulgare* and *Litsea cubeba* on *Rhipicephalus microplus*:  
14 Influence of the solvents and search for fractions with higher bioactivity, **Veterinary**  
15 **Parasitology**, v. 300, 2021.
- 16
- 17 ESTEVES FILHO, A. B.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JUNIOR, M. G. C. Toxicidade de  
18 acaricidas sobre diferentes estágios de vida de *Tetranychus urticae* Koch (Acari:  
19 Tetranychidae) em Mamoeiro. **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 6, p. 1-6, 2008.
- 20 ESTEVES FILHO, A.B., OLIVEIRA, J.V., TORRES, J.B., MATOS, C.H.C. Toxicidade  
21 de espiromesifeno e acaricidas naturais para *Tetranychus urticae* koch e  
22 compatibilidade com *Phytoseiulus macropilis* (Banks). **Semina: Ciências Agrárias**,  
23 v. 34, n. 6, p. 2675-2686, 2013.
- 24
- 25 FOUAD, H. A.; CAMARA, C. A. G.; MORAES, M. M.; MELO, JOÃO P.R. The  
26 synergistic effects of five essential oils and eight chiral compounds on deltamethrin-  
27 piperonyl butoxide insecticide against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera:  
28 Curculionidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 26, 2023.
- 29
- 30 FRANÇA, S. M.; BREDA, M. O. Metodologias para a avaliação de inseticidas  
31 botânicos no manejo integrado de pragas. In: FRANÇA, S. M.; SILVA, P. R. R  
32 (orgs).; **Inseticidas botânicos no manejo de pragas: um passo para a**  
33 **sustentabilidade agrícola**. Teresina: EDUFPI, p.172, 2018.
- 34
- 35 GLARE, T.; CARADUS, J.; GELERNTER, W.; JACKSON, T.; KEYHANI, N.; KÖHL,  
36 J.; MARRONE, P.; MORIN, L.; STEWART, A.; Have biopesticides come of age?  
37 **Trends in Biotechnology**, v. 30, p. 250–258, 2012.
- 38
- 39 GOMES-NETO, A. V.; SILVA, P. R. R.; MELO, J. W. S.; MELO JÚNIOR, L. C. de.;  
40 FRANÇA, S. M. Biology and life table of *Tetranychus neocaledonicus* on lima bean.  
41 **International Journal of Acarology**. v. 43. p. 622-626, 2017.
- 42

- 1 GOMES-NETO, A.V.; SILVA, P.R.R.; SILVA, J.D.C.; SANTOS, M.F.; MELO, J.W.S.;  
2 FRANÇA, S.M. First record of mites associated with lima bean (*Phaseolus lunatus*  
3 L.). **Journal of Plant Protection Research**, v.59, p.418–422, 2019.  
4
- 5 GONG, X.; REN, Y. Larvicidal and ovicidal activity of carvacrol, p-cymene, and  $\gamma$ -  
6 terpinene from *Origanum vulgare* essential oil against the cotton bollworm,  
7 *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Environmental Science and Pollution Research**,  
8 v. 27, 2020.  
9
- 10 GURUSUBRAMANIAN, G.; KRISHNA, S.S. The effects of exposing eggs of four  
11 cotton insect pests to volatiles of *Allium sativum* (Liliaceae). **Bulletin of**  
12 **Entomological Research**, v. 86, n. 1, 1996.  
13
- 14 HUANG, X.; HUANG, Y.; YANG, C.; LIU, T.; LIU, X.; YUAN, H. Isolation and  
15 Insecticidal Activity of Essential Oil from *Artemisia lavandulaefolia* DC. against  
16 *Plutella xylostella*. **Toxins**, v. 13, n. 842, 2021.  
17
- 18 HU, W.; LI, C.; DAI, J.; CUI, H.; LIN, L. Antibacterial activity and mechanism of Litsea  
19 cubeba essential oil against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA).  
20 **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 34–41, 2019.  
21
- 22 ISMAIL S.M.; Hassan, N.A.; WAHBA, T.F.; SHAKER, N. Chemical composition and  
23 bioactivities of *Melaleuca alternifolia* essential oil and its main constituents against  
24 *Spodoptera littoralis* (Boisadual, 1833). **Bulletin of the National Research Centre**,  
25 v. 46, n. 157, p. 1-6, 2022.  
26
- 27 IKBAL, C.; PAVELA, R. 2019. Essential oils as active ingredients of botanical  
28 insecticides against aphids. **Journal of Pest Science**, p. 1-16, 2019.
- 29 IRAC. Mode of Action Classification, Version 9.1, <[https://www.irac  
30 br.org/\\_files/ugd/6c1e70\\_9eac5256fcef4eda9f40e8e1cde44a70.pdf](https://www.iracbr.org/_files/ugd/6c1e70_9eac5256fcef4eda9f40e8e1cde44a70.pdf)>, 2023. Acesso  
31 em: 09/11/2023.
- 32 ISMAN, M. B. Bioinsecticides based on plant essential oils: a short overview.  
33 **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 75, n. 7–8, p. 179–182, 2020a.  
34
- 35 ISMAN, M. B. Commercial development of plant essential oils and their constituents  
36 as active ingredients in bioinsecticides. **Phytochemistry Reviews**, 2020b.
- 37 ISMAN, M. B.; MACHIAL, C. M. Pesticides based on plant essential oils: from  
38 traditional practice to commercialization. Rai and Carpinella (eds.) **Naturally**  
39 **Occurring Bioactive Compounds**, 2006.  
40

- 1 ISMAN, M. B.; MIRESMALLI, S.; MACHIAL, C. Commercial opportunities for  
2 pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer  
3 products. **Phytochemistry Reviews**, v.10, n. 2, p. 197-204, 2010.  
4
- 5 JEON, Y. J.; LEE, H. S. Chemical Composition and Acaricidal Activities of Essential  
6 Oils of *Litsea cubeba* Fruits and *Mentha arvensis* Leaves Against House Dust and  
7 Stored Food Mites. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 19, n. 7, p. 1721–  
8 1728, 2016.  
9
- 10 JIANG, Z.; AKHTAR, Y.; BRADBURY, R.; ZHANG, X.; ISMAN, M. B. Comparative  
11 Toxicity of Essential Oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and Blends of Their  
12 Major Constituents against the Cabbage Looper, *Trichoplusia ni*. **Journal of**  
13 **Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 11, p. 4833–4837, 2009.  
14
- 15 JIANG, H.; WANG, J.; SONG, L.; CAO, X.; YAO, X.; TANG, F.; YONGDE, Y. GC x  
16 GC-TOFMS Analysis of Essential Oils Composition from Leaves, Twigs and Seeds of  
17 *Cinnamomum camphora* L. Presl and Their Insecticidal and Repellent Activities.  
18 **Molecules**, v. 21, n. 423, 2016.  
19
- 20 LEE, S.; PETERSON, C.J.; COATS, J.R. Fumigation toxicity of monoterpenoids to  
21 several stored product insects, **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n. 1,  
22 p. 77–85, 2003.  
23
- 24 LIAO, M.; XIAO, J. J.; ZHOU, L. J.; YAO, X.; TANG, F.; HUA, R. M.; WU, X. W.;  
25 CAO, H. Q. Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of *Melaleuca*  
26 *alternifolia* essential oil on the *Helicoverpa armigera*. **Journal of Applied**  
27 **Entomology**, 2017.  
28
- 29 LIMA, A. S.; MILHOMEM, M. N.; MONTEIRO, O. S.; ARRUDA, A. C. P.; CASTRO, J.  
30 A. M.; FERNANDES, Y. M. L.; MAIA, J. G. S.; COSTA-JUNIOR, L. M. Seasonal  
31 analysis and acaricidal activity of the thymol-type essential oil of *Ocimum*  
32 *gratissimum* and its major constituents against *Rhipicephalus microplus* (Acari:  
33 Ixodidae). **Parasitology Research**, 2018..  
34
- 35 LIMA, T. A.; BAPTISTA, N. M. Q.; OLIVEIRA, A. P. S.; SILVA, P. A.; GUSMÃO, N.  
36 B.; CORREIA, M. T. S.; NAPOLEÃO, T. H.; SILVA, M. V. S.; PAIVA, P. M. G.  
37 Insecticidal activity of a chemotype VI essential oil from *Lippia alba* leaves collected  
38 at Caatinga and the major compound (1,8-cineole) against *Nasutitermes corniger*  
39 and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 2021.  
40
- 41 LIU, C. H.; MISHRA, A.K.; TAN, R. X.; TANG, C.; YANG, H.; SHEN, Y. F. Repellent  
42 and insecticidal activities of essential oils from *Artemisia princeps* and *Cinnamomum*  
43 *camphora* and their effect on seed germination of wheat and broad bean.  
44 **Bioresource Technology**, v. 97, n. 15, p. 1969–1973, 2006.  
45

- 1 LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; ARAUJO, A. S. F. de. *Phaseolus lunatus* L.  
2 Diversity, Growth and Production. Nova Science Inc., New York, 2015.  
3
- 4 KLEIN, M.; LEVSKI, S.; KEREN, S. Comparative toxicity of several insecticides to  
5 eggs, larvae and adults of the egyptian cottonworm, *Spodoptera littoralis*, in  
6 laboratory trials. **Phytoparasitica**, v. 10, n. 1, p. 13-20, 1982.  
7
- 8 KHELOUL, L.; ANTON, S.; BRÉARD, D.; KELLOUCHE, A. Fumigant toxicity of some  
9 essential oils and eucalyptol on different life stages of *Tribolium confusum*  
10 (Coleoptera: Tenebrionidae), **Botany Letters**, v. 170, n. 1, p. 3-14, 2023.  
11
- 12 KOUL, O.; SINGH, R.; KAUR, B.; KANDA, D. Comparative study on the behavioral  
13 response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary  
14 mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*.  
15 **Industrial Crops and Products**, v. 49, p. 428–436, 2013.  
16
- 17 KOUNDAL, R.; DOLMA, S. K.; CHAND, G.; AGNIHOTRI, V. K.; REDDY, S. G.  
18 E. Chemical composition and insecticidal properties of essential oils against  
19 diamondback moth (*Plutella xylostella* L.), **Toxin Reviews**, 2018.  
20
- 21 KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A.; DESCHAMPS, C. Ovicidal effect of the essential  
22 oils from 18 Brazilian Piper species: controlling **Anticarsia gemmatilis** (Lepidoptera,  
23 Erebididae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n.  
24 1, 2018.  
25
- 26 MAHMOUD, N. F.; BADAWEY, M. E. I.; MAREI, A. E. M.; ABDELGALEIL, S. A. M.  
27 Acaricidal and antiacetylcholinesterase activities of essential oils from six plants  
28 growing in Egypt. **International Journal of Acarology**, p. 1–7, 2019.  
29
- 30 MANIANIA, N.; BUGEME, D. M.; WEESA, V. W.; DELALIBERA JÚNIOR, I.; KNAPP,  
31 M. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and  
32 *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops.  
33 **Experimental and Applied Acarology**. v. 46, p. 259-274, 2008.
- 34 MASSANGO, H.G.L.L., FARONI, L.R.A., HADDI, K., HELENO, F.F., VITERI JUMBO,  
35 L.O., OLIVEIRA, E.E., 2017. Toxicity and metabolic mechanisms underlying the  
36 insecticidal activity of parsley essential oil on bean weevil, *Callosobruchus*  
37 *maculatus*. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 8, p. 723–733, 2017.  
38
- 39 MARTYNOV, V. O.; TITOV, O. G.; KOLOMBAR, T. M.; BRYGADYRENKO, V. V.  
40 Influence of essential oils of plants on the migration activity of *Tribolium confusum*  
41 (Coleoptera, Tenebrionidae). **Biosystems Diversity**, v. 27, n. 2, p. 177–185, 2019.  
42
- 43 MELO, J. P. R.; CÂMARA, C. A. G.; MORAES, M. M. Bioactivity of formulas  
44 containing essential oils from the family Myrtaceae for the management of  
45 deltamethrin-resistant *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae).  
46 **Phytoparasitica**, v. 51, p. 305–321, 2023.  
47

- 1 MIRESMAILLI, S.; BRADBURY, R.; ISMAN, M. B. Comparative toxicity of  
2 *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against  
3 *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. **Pest**  
4 **Management Science**, n. 62, p. 366–371, 2006.
- 5
- 6 MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. Manual de acarologia: Acarologia básica e  
7 ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, **Editores Holos**, p. 288, 2008.
- 8
- 9 MIGEON, A. The Jean Gutierrez spider mite collection. **ZooKeys**, n. 489, p. 15-24,  
10 2015.
- 11
- 12 MIGEON, A.; DORKELD, F. Spider Mites Web: a comprehensive database for the  
13 Tetranychidae. 2023. Disponível em: <http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>.  
14 Acessado em: 05/09/2023.
- 15
- 16 NABOULSI, I.; FAKHOURI, K. E.; ANNAZ, H., LAMZIRA, R.; RAMDANI, C.;  
17 BITCHAGNO, G. T., M.; BOULAMTAT, R.; BAKRIM, B. W.; MAHDI, I.;  
18 ABOULMOUHAJIR, A.; ABDELAZIZ, Y.; BOUHSSINI, M. E.; WARD, J. L.; SOBEH,  
19 M. Chemical profiling of *Artemisia herba-alba*, *Cuminum cyminum*, *Cinnamomum*  
20 *camphora*, and *Salvia rosmarinus* essential oils and assessment of their insecticidal  
21 potential to control the wild cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), **Crop**  
22 **Protection**, 2023.
- 23
- 24 NAKAT, R.V.; CHEDE, P.V. Residual toxicity of new acaricides against French bean  
25 mite *Tetranychus neocaledonicus* Andre on French bean. **Pestology**, v.38, n.10, p.  
26 21-23, 2004.
- 27
- 28 OLIVEIRA, N. N. F. C.; GALVÃO, A. S.; AMARAL, E. A.; SANTOS, A. W. O.; SENA-  
29 FILHO, J. G.; OLIVEIRA, E. E.; TEODORO, A. V. Toxicity of vegetable oils to the  
30 coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator *Neoseiulus*  
31 *baraki*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 72, n. 1, p. 23–34, 2017.
- 32
- 33 PARK, J. H.; LEE, H. S.; CHUNG, N. Acaricidal and repellent activities of *Litsea*  
34 *cubeba* (Lour.) oil and 3,7-dimethyl-2,6-octadienal against *Haemaphysalis longicornis*  
35 (Acari: Ixodidae). **Applied Biological Chemistry**, v. 64, n. 88, 2021.
- 36
- 37 PUMNUAN, J.; CHANDRAPATYA, A.; INSUNG, A. Acaricidal Activities of Plant  
38 Essential Oils from Three Plants on the Mushroom Mite, *Luciaphorus perniciosus*  
39 Rack (Acari: Pygmephoridae). **Pakistan Journal of Zoology**, v. 42, n. 3, p. 247-252,  
40 2010.
- 41
- 42 RABBI, A.; UDDIN, MD. N.; ALIM, MD. A.; BACHCHU, MD. A. A.;  
43 BHUYAIN, M. M. H.; AKTER, S. Efficacy of some pesticides against *Tetranychus*  
44 *urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and their residual effects on *Coccinella*  
45 *septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) Sharmin Akter. **International**  
46 **Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, p. 615–626, 2022.
- 47
- 48 RATTAN R.S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant  
49 origin. **Crop Protection**, v. 29, p. 913-920, 2010.
- 50

- 1 REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential Oils In Insect  
2 Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. **Annual Review of**  
3 **Entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012.
- 4
- 5 RODRIGUEZ-SAONA, C.; WANUMEN, A.; SALAMANCA, J.; HOLDCRAFT, R.;  
6 KYRYCZENKO-ROTH, V. Toxicity of Insecticides on Various Life Stages of Two  
7 Tortricid Pests of Cranberries and on a Non-Target Predator. **Insects**, v. 7, n. 2,  
8 2016.
- 9
- 10 SÁNCHEZ-RAMOS, I.; CASTAÑERA, P. Acaricidal activity of natural monoterpenes  
11 on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), a mite of stored food. **Journal of Stored**  
12 **Products Research**, v. 37, n. 1, p. 93–101, 2000.
- 13
- 14 SANTOS, M.F., RAMALHO SILVA, P.R., BRIOZO, M.E., SILVA, J.F., DE MELO  
15 JÚNIOR, L.C., SILVA BARBOSA, D.R., FRANÇA, S.M. Lethal and sublethal effects  
16 of Azadirachta indica-based products on *Tetranychus neocaledonicus* (Acari:  
17 Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 26, p.1560-1574, 2021.
- 18
- 19 SANTOS, A. A.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; CRUZ, G. DOS S.; DUTRA, K. DE A.;  
20 NAVARRO, D. M. DO A. F.; OLIVEIRA, J. V. DE.; LAPA-NETO, C. J. C.; BARBOSA,  
21 D. R. E S.; TEIXEIRA, Á. A. C. Essential oil toxicity on biological and reproductive  
22 parameters of Alabama argillacea (Hübner) (Lepidoptera: Erebidae), Acta  
23 Histochemica, v. 123, 2021.
- 24
- 25 SANTOS, M. C.; TEODORO, A. V.; MENEZES, M. S.; PINTO-ZEVALLOS, D. M.;  
26 FÁTIMA ARRIGONI-BLANK, MARIA; OLIVEIRA, E. M. C.; SAMPAIO, T. S.; FARIAS,  
27 A. P.; COELHO, C. R.; BLANK, A. F. Bioactivity of essential oil from *Lippia gracilis*  
28 Schauer against two major coconut pest mites and toxicity to a non-target predator.  
29 **Crop Protection**, v. 125, 2019.
- 30
- 31 SINGH, P.; SINGH, R. N. Evaluation of Acaricides and Botanicals Against the  
32 Vegetable Mite *Tetranychus neocaledonicus* Andre on Brinjal Crop Under Laboratory  
33 and FieldConditions. **Journal of Pure and Applied Microbiology**. v. 10, n. 4, 2021.
- 34
- 35 STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicans  
36 on arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 505–519, 2003.
- 37
- 38 SILVA, F. R.; TRUJILLO, D.; BERNARDI, O.; RODRIGUES, J. C. V.; BAILEY, W. D.;  
39 GILLIGAN, T. M.; CARRILLO, D. Comparative Toxicity of *Helicoverpa armigera* and  
40 *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) to Selected Insecticides. **Insects**, v. 11, n.  
41 7, 2020.
- 42
- 43 SINGH, B.; SHARMA, R. A. Plant terpenes: defense responses, phylogenetic  
44 analysis, regulation and clinical applications. **3 Biotech**, v. 5, n. 2, p. 129–151, 2015.
- 45
- 46 SINGH, P.; SINGH, R.N. Comparative toxicity of Conventional and Novel Acaricides  
47 against the Vegetable Mite *Tetranychus neocaledonicus* André on Brinjal Crop.  
48 **Journal of AgriSearch**, v. 4, n. 2, p. 119-123, 2017.
- 49

- 1 SINGH, P.; SINGH, R. N. Evaluation of Acaricides and Botanicals Against the  
2 Vegetable Mite *Tetranychus neocaledonicus* Andre on Brinjal Crop Under Laboratory  
3 and Field Conditions. **Journal of Pure and Applied Microbiology**, v. 10, n. 4, 2021.
- 4 SHEASHA, A.; HOSNY, A. E.; KERATUM, A.; ABDELRHMAN, H.; AL-HARBI, N. A.;  
5 AL-QAHTANI, S. M.; ABDELAAL, KHALED. Efficacy of Some Plant Essential Oils  
6 Against two Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* under Laboratory Conditions.  
7 **Polish Journal Environmental Studies**, v. 32, n. 4, p. 3291-3298, 2023.
- 8 SOARES, A. M. DOS S.; PENHA, T. A.; ARAÚJO, S. A.; CRUZ, E. M. O.; BLANK, A.  
9 F.; COSTA-JUNIOR, L. M. Assessment of different *Lippia sidoides* genotypes  
10 regarding their acaricidal activity against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*.  
11 **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, Jaboticabal, v. 25, n. 4, p. 401-406,  
12 2016.
- 13  
14 SOUZA, L. P.; ZUIM, V.; STINGUEL, P.; PINHEIRO, P. F.; ZAGO, H. B. Toxicity of  
15 Essential Oil of *Mentha piperita* (Lamiaceae) and its Monoterpenoid Menthol Against  
16 *Tetranychus urticae* Kogan 1836 (Acari: Tetranychidae). **Annals of the Brazilian  
17 Academy of Sciences**, 2022.
- 18  
19 TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Enhanced cuticular penetration as the mechanism for  
20 synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia ni*.  
21 **Scientific Reports**, v. 5, 2015.
- 22  
23 TAK, J. H.; JOVEL, E.; ISMAN, M. B. Comparative and synergistic activity of  
24 *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian  
25 cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest  
26 Management Science**, v. 72, p. 474–480, 2016.
- 27  
28 TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Enhanced cuticular penetration as the mechanism of  
29 synergy for the major constituents of thyme essential oil in the cabbage looper,  
30 *Trichoplusia ni*. **Industrial Crops and Products**, v. 101, p. 29–35, 2017.
- 31  
32 TONG, F.; GROSS, A. D.; DOLAN, M. C.; COATS, J. R. The phenolic monoterpenoid  
33 carvacrol inhibits the binding of nicotine to the housefly nicotinic acetylcholine  
34 receptor. **Pest Management Science**, v. 69, n. 7, p. 775–780, 2013.
- 35  
36 VICENÇO, C. B.; SILVESTRE, W. P.; LIMA, T. S.; PAULETTI, G. F. Insecticidal  
37 activity of *Cinnamomum camphora* Ness and Eberm var. *linaloolifera* Fujita leaf  
38 essential oil and linalool against *Anticarsia gemmatalis*, **Journal of Essential Oil  
39 Research**, 2021.
- 40  
41 YANG, K.; WANG, C. F.; YOU, C. X.; GENG, Z. F.; SUN, R. Q.; GUO, S. S.; DU, S.  
42 S.; LIU, Z. L.; DENG, Z. W. Bioactivity of essential oil of *Litsea cubeba* from China  
43 and its main compounds against two stored product insects. **Journal of Asia-Pacific  
44 Entomology**, v. 17, n. 3, p. 459–466, 2014.

1  
2 WAGAN, T. A.; CHAKIRA, H.; HE, Y.; ZHAO, J.; LONG, M.; HUA, H. Repellency of  
3 Two Essential Oils to *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida**  
4 **Entomologist**, v. 99, n. 4, p. 608–615, 2016.

5  
6 WALTHALL, W. K.; STARK, J. D. Comparison of two population-level  
7 ecotoxicological endpoints: the intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates  
8 of increase. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, p. 1068–1073, 1997.

9  
10 WANG, X.; HAO, Q.; CHEN, Y.; JIANG, S.; YANG, Q.; LI, Q. The Effect of Chemical  
11 Composition and Bioactivity of Several Essential Oils on *Tenebrio molitor*  
12 (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, 2015.

13  
14 WANG, L.; ZHANG, Y.; XIE, WEN.; WU, QINGJUN.; WANG, SHAOLI. Sublethal  
15 effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari:  
16 Tetranychidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 132, p. 102–107,  
17 2016.

18  
19 WISE, J. C.; JENKINS, P. E.; POPPEN, R. V.; ISAACS, R. Activity of Broad-  
20 Spectrum and Reduced-Risk Insecticides on Various Life Stages of Cranberry  
21 Fruitworm (Lepidoptera: Pyralidae) in Highbush Blueberry. **Journal of Economic**  
22 **Entomology**, v. 103, n. 5, p. 1720–1728, 2010.

23  
24 XU, Y.; QIN, J.; WANG, P.; LI, Q.; YU, S.; ZHANG, Y.; WANG, Y. Chemical  
25 composition and larvicidal activities of essential oil of *Cinnamomum camphora* (L.)  
26 leaf against *Anopheles stephensi*. **Journal of the Brazilian Society of Tropical**  
27 **Medicine**, 2019.

28  
29 ZHANG, H. J.; ZHENG, L. H.; ZHAO, K.; CHEN, Y.; YI, Z. Insecticidal activities of  
30 constituents of *Litsea cubeba* fruit extracts effective against the maize weevil  
31 (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 17, n. 5, p. 1–6, 2017.

32  
33

34

## CAPÍTULO II

### EFEITOS SUBLETAIS DE ÓLEOS ESSENCIAIS E COMPOSTOS ISOLADOS NA HISTÓRIA DE VIDA DO ÁCARO *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (1933) (Acari: Tetranychidae) EM FEIJÃO-FAVA (*Phaseolus lunatus* L.)

#### RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos subletais dos óleos essenciais de *Litsea cubeba*, *Melaleuca alternifolia*, *Cinnamomum camphora* e compostos isolados  $\gamma$ -terpinene e eucaliptol sobre o ácaro *Tetranychus neocaledonicus* André (Acari: Tetranychidae), através dos estudos de sobrevivência, fecundidade e da construção da tabela de vida e fertilidade a partir de fêmeas sobreviventes a aplicações de concentrações subletais e de sua geração seguinte. Para avaliar os efeitos dos óleos e isolados na história de vida, utilizou-se a concentração subletal CL<sub>20</sub> desses produtos. Nas fêmeas sobreviventes a exposição dos produtos (geração parental) avaliou-se o número de fêmeas sobreviventes e ovos depositados. Foram calculadas a sobrevivência média e fecundidade específica. Os mesmos parâmetros também foram avaliados para a geração F1 (subsequente), com acréscimo dos parâmetros biológicos e parâmetros de tabela de vida. A menor sobrevivência na geração parental (sobreviventes a aplicações) foi observada quando se aplicou o óleo de *C. camphora*. Ressaltam-se também que o óleo de *M. alternifolia* e o isolado  $\gamma$ -terpinene também reduziram a sobrevivência de *T. neocaledonicus*. Entretanto, o óleo essencial de *L. cubeba* e o isolado eucaliptol não influenciou na sobrevivência e longevidade da geração parental. A fecundidade específica de *T. neocaledonicus* foi menor quando aplicado *C. camphora* e  $\gamma$ -terpinene. O valor reprodutivo das fases imatura e adulta (fêmeas) foi afetado quando aplicado *C. camphora*, *M. alternifolia* e  $\gamma$ -terpinene em comparação com a testemunha. Os parâmetros biológicos das fêmeas da geração F1 de *T. neocaledonicus* foram afetados pelas concentrações subletais dos produtos, exceto o isolado eucaliptol, que não afetou nenhum desses parâmetros. Todos os parâmetros populacionais de tabela de vida e fertilidade de *T. neocaledonicus* da geração F1 foram afetados quando submetidos as CL<sub>20</sub> dos óleos essenciais de *L. cubeba*, *M. alternifolia* e *C. camphora*, exceto Ro no óleo de *L. cubeba*. O isolado eucaliptol não afetou nenhum dos parâmetros de tabela de vida da geração F1 de *T. neocaledonicus*, quando comparados com a testemunha. Entretanto o isolado  $\gamma$ -terpinene afetou todos os parâmetros, exceto T. Os produtos testados se mostraram promissores para o controle de *T. neocaledonicus*.

Palavras-chave: Bioatividade; subletalidade; tabela de vida; parâmetros populacionais.

## CHAPTER II

### SUBLETHAL EFFECTS OF ESSENTIAL OILS AND ISOLATED COMPOUNDS ON THE LIFE HISTORY OF THE MITE *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (1933) (Acari: Tetranychidae) IN LIMA BEAN (*Phaseolus lunatus* L.)

#### SUMMARY

The objective was to evaluate the sublethal effects of essential oils from *Litsea cubeba*, *Melaleuca alternifolia*, *Cinnamomum camphora* and isolated compounds  $\gamma$ -terpinene and eucalyptol on the mite *Tetranychus neocaledonicus* André (Acari: Tetranychidae), through studies of survival, fecundity and construction of life table and fertility from females surviving applications of sublethal concentrations and their next generation. To evaluate the effects of oils and isolates on life history, the LC<sub>20</sub> sublethal concentration of these products was used. In surviving females exposed to products (parental generation), the number of surviving females and eggs deposited were evaluated. Average survival and specific fecundity were calculated. The same parameters were also evaluated for the F1 (subsequent) generation, with the addition of biological parameters and life table parameters. Lower survival in the parental generation (surviving applications) was observed when *C. camphora* oil was applied. It is also noteworthy that *M. alternifolia* oil and the isolated  $\gamma$ -terpinene also reduced the survival of *T. neocaledonicus*. However, *L. cubeba* essential oil and eucalyptol isolate did not influence the survival and longevity of the parental generation. The specific fecundity of *T. neocaledonicus* was lower when *C. camphora* and  $\gamma$ -terpinene were applied. The reproductive value of the immature and adult phases (females) was affected when applied *C. camphora*, *M. alternifolia* and  $\gamma$ -terpinene compared to the control. The biological parameters of the females of the F1 generation of *T. neocaledonicus* were affected by the sublethal concentrations of the products, except for the isolated eucalyptol, which did not affect any of these parameters. All life table and fertility population parameters of *T. neocaledonicus* from the F1 generation were affected when subjected to the LC<sub>20</sub> of *L. cubeba*, *M. alternifolia* and *C. camphora* essential oils, except Ro in *L. cubeba* oil. The eucalyptol isolate did not affect any of the life table parameters of the F1 generation of *T. neocaledonicus*, when compared to the control. However, the isolated  $\gamma$ -terpinene affected all parameters, except T. The tested products showed promise for controlling *T. neocaledonicus*.

Keywords: Bioactivity; sublethality; life table; population parameters.

## LISTA DE TABELAS

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30

**Tabela 1.** Parâmetros populacionais (Média±EP1) de *T. neocaledonicus*, após a aplicação das CL<sub>20</sub> de óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados *Eucaliptol* e  $\gamma$ -*Terpinene*.

**Tabela 2.** Tempo de desenvolvimento dos diferentes estágios de vida de indivíduos fêmeas de *T. neocaledonicus* expostos a concentração subletal (CL<sub>20</sub>) de óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados *Eucaliptol* e  $\gamma$ -*Terpinene* (T = 25 ± 2°C, UR = 70 ± 10% UR e 12 h de fotofase). (Geração F1).

**Tabela 3.** Tempo de desenvolvimento dos diferentes estágios de vida de indivíduos machos de *T. neocaledonicus* expostos a concentração subletal (CL<sub>20</sub>) de óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados *Eucaliptol* e  $\gamma$ -*Terpinene* (T = 25 ± 2°C, UR = 70 ± 10% UR e 12 h de fotofase). (Geração F1).

## LISTA DE FIGURAS

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33

**Figura 1.** Sobrevivência da geração parental de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração CL<sub>20</sub> de óleos essenciais e compostos isolados. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ).

**Figura 2.** Sobrevivência da geração F1 (descendentes) de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal CL<sub>20</sub> de óleos essenciais e compostos isolados. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ).

**Figura 3.** Expectativa de vida (Ex) da geração F1 de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal CL<sub>20</sub> de óleos essenciais e compostos isolados. A) *C. camphora*; B) Eucalipto; C) *L. cubeba*; D) *M. alternifolia*; E) Testemunha; F)  $\gamma$ -terpinene.

**Figura 4.** Fecundidade específica (Mx) da geração F1 de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal (X) de óleos essenciais e compostos isolados. A) *C. camphora*; B) Eucalipto; C) *L. cubeba*; D) *M. alternifolia*; E) Testemunha; F)  $\gamma$ -terpinene

**Figura 5.** Valor reprodutivo por idade específica para imaturos e fêmeas (V<sub>xj</sub>) da geração F1 de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal CL<sub>20</sub> de óleos essenciais e compostos isolados. A) *C. camphora*; B) Eucalipto; C) *L. cubeba*; D) *M. alternifolia*; E) Testemunha; F)  $\gamma$ -terpinene

## 1 INTRODUÇÃO

O ácaro *Tetranychus neocaledonicus* André (Acari: Tetranychidae) vem se destacando devido ao grande número de hospedeiros e pelo seu elevado potencial biótico em espécies de importância econômica no mundo todo (GOMES-NETO et al., 2019; MIGEON; DORKELD, 2023; SINGH; SINGH, 2021; BRIOZO et al., 2023). Devido ao rápido desenvolvimento do ovo ao adulto, alta viabilidade de estágios imaturos e a alta oviposição de fêmeas tem potencial como praga de *Phaseolus lunatus*. Os danos em feijão-fava se iniciam com as plantas atacadas apresentando pequenas manchas esbranquiçadas, que depois evoluem para manchas cloróticas, seguido de prateamento, secagem e queda das folhas (GOMES NETO et al., 2019; GOMES NETO et al., 2017).

O controle de ácaros fitófagos no geral é feito por acaricidas sintéticos, porém não há acaricidas registrados para o manejo de *T. neocaledonicus* (AGROFIT, 2023). Então, é importante a busca por métodos que possam auxiliar nos programas de manejo.

Nesse contexto, produtos do metabolismo vegetal secundário, como os óleos essenciais (OEs) e seus constituintes, são uma alternativa promissora para o manejo integrado de pragas (MIP), pois constituem uma fonte inesgotável de substâncias bioativas (MASSANGO et al., 2017; ISMAN, 2020b).

Os OEs são metabólitos secundários frequentemente concentrados nas folhas, cascas ou frutos de plantas aromáticas. Esses são geralmente obtidos por hidrodestilação e destilação a vapor e são compostos por uma mistura complexa de terpenos e fenóis (ISMAN, 2000). Eles têm como vantagens apresentar pouca ou nenhuma presença de resíduos químicos nos alimentos, baixa toxicidade para o homem e animais (BEZERRA et al., 2019; SOUSA et al., 2018). O fato de os OEs conterem misturas complexas de substâncias ativas com diferentes mecanismos de ação é visto como uma grande vantagem, pois pode retardar a seleção de populações resistentes (BIBIANO et al. 2022; RATTAN, 2010). Além disso, alguns OEs podem ser seletivos para organismos não-alvo (BIBIANO et al., 2022).

A mortalidade direta pode ser apenas uma medida parcial dos efeitos deletérios dos pesticidas sobre os ácaros e insetos; assim, os efeitos subletais sobre a população devem ser considerados para uma avaliação completa do seu impacto (BREDA et al., 2017; DESNEUX et al., 2007). Efeitos subletais são definidos como

1 efeitos, podendo ser fisiológicos ou comportamentais, em sobreviventes à exposição  
2 a um produto tóxico (o pesticida dose/concentração pode ser subletal ou letal). Uma  
3 dose/concentração subletal é definida como a que não provoca mortalidade imediata  
4 na população experimental (DESNEUX et al., 2007).

5 Populações de artrópodes expostas a produtos tóxicos podem ser afetadas de  
6 forma negativa por efeitos subletais em sua história de vida, como diminuição nas  
7 taxas de oviposição, sobrevivência, fecundidade, alteração nos parâmetros da tabela  
8 de vida, taxa de crescimento populacional e interferências em aspectos biológicos  
9 (BRIOZO et al., 2022; STARK; BANKS, 2003; DESNEUX et al., 2007). Esses efeitos  
10 no geral são observados nos indivíduos que são expostos as concentrações subletais,  
11 porém efeitos nas gerações subsequentes têm sido também observados (BRIOZO et  
12 al., 2022; LI et al. 2017).

13 Quando os pesticidas são aplicados no campo, eles não  
14 causam somente efeito letal agudo direto sobre insetos e ácaros, mas também afetam  
15 as características da história de vida dos indivíduos que sobrevivem através dos  
16 tratamentos com pesticidas (LI et al., 2017). Além disso, espécies não-alvo, incluindo  
17 pragas secundárias, podem ser expostas a concentrações subletais dos produtos  
18 durante períodos prolongados, o que pode resultar em consequências imprevisíveis,  
19 como surtos de pragas (CORDEIRO et al., 2013).

20 Os óleos essenciais também apresentaram efeitos subletais, responsáveis por  
21 afetar traços da história de vida, alterando a fecundidade/longevidade, sobrevivência  
22 e parâmetros de tabela de vida de ácaros tetraniquídeos (PIARAMOON et al., 2022;  
23 REZAEI et al., 2014; BRIOZO et al., 2022). Esses efeitos já foram observados também  
24 na geração posterior. Por exemplo, a sobrevivência da geração parental de *T.*  
25 *neocaledonicus* não foi afetada pelos óleos essenciais de *Illicium verum* Hook f.,  
26 *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Büllock e *Cymbopogon flexuosus* Stapf., entretanto  
27 o óleo *E. caryophyllus* afetou a geração F1 (BRIOZO et al., 2022). Esses mesmos  
28 autores observaram que os óleos essenciais de *I. verum*, *C. flexuosus* e *E.*  
29 *caryophyllus* afetaram as características da história de vida de *T. neocaledonicus*, e  
30 os efeitos de concentrações subletais, mesmo quando aplicadas nos progenitores,  
31 afetaram a população e os parâmetros reprodutivos de seus descendentes. No  
32 entanto, observaram que cada óleo afeta a população e os parâmetros reprodutivos  
33 de maneira diferente.

1 Por outro lado, a exposição de alguns pesticidas, podem causar um aumento  
2 na população de pragas (WANG et al., 2016). Portanto, para compreender a eficácia  
3 e o risco da aplicação de pesticidas, é essencial entender os efeitos subletais  
4 (DESNEUX et al. 2007; HAVASI et al. 2018).

5 Porém, ainda não existem relatos sobre os efeitos subletais dos óleos  
6 essenciais de *Litsea cubeba* (Lour.) Pers., *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl, e  
7 *Melaleuca alternifolia* Cheel e seus compostos isolados  $\gamma$ -terpinene e eucaliptol na  
8 história de vida de *T. neocaledonicus*. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos  
9 subletais desses produtos sobre o ácaro *T. neocaledonicus*, através dos estudos de  
10 sobrevivência, fecundidade e da construção da tabela de vida e fertilidade a partir de  
11 fêmeas sobreviventes a aplicações de concentrações subletais e de sua geração  
12 seguinte (geração F1).

13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Entomologia, localizado no Departamento de Fitotecnia, setor de Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella em Teresina-PI. As condições experimentais durante os bioensaios foram temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 h.

### 2.2 Criação do ácaro

Para a manutenção da criação estoque do ácaro, foram cultivadas plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.), devido sua rusticidade e grande quantidade de folhas, em vasos contendo solo arenoso e substrato (Plantmax<sup>®</sup>). As folhas foram coletadas e utilizadas para manutenção da criação no laboratório. Arenas foram confeccionadas em bandejas plásticas (17 cm de Ø e 3 cm de altura) contendo espumas de polietileno e papel filtro previamente umedecidos, onde foram colocadas as folhas com a face abaxial voltada para cima. A margem da folha foi contornada com algodão embebido em água, com a finalidade de evitar a fuga dos ácaros, além de manter a umidade dos discos foliares. As folhas foram trocadas à medida que iam se deteriorando, onde os ácaros foram transferidos sobrepondo folhas velhas da criação sobre folhas novas para que os ácaros pudessem migrar de uma para outra, mantendo assim sempre alimento disponível para os ácaros.

### 2.3 Óleos essenciais e compostos isolados

Foram utilizados os óleos essenciais de May Chang (*L. cubeba*), Árvore do chá (*M. alternifolia*) e Cânfora Branca (*C. camphora*), obtidos na Ferquima<sup>®</sup> Indústria e Comércio Ltda. (Vargem Grande Paulista, São Paulo, Brasil). Os compostos isolados utilizados foram Eucaliptol 99% (1,8-Cineole), e  $\gamma$ -Terpinene, obtidos da Sigma-Aldrich Brasil Ltda (Av. das Nações Unidas, SÃO PAULO – SP, Brasil).

## 2.4 Avaliação dos efeitos subletais na história de vida de *Tetranychus neocaledonicus*

Sobrevivência e reprodução de fêmeas adultas de *T. neocaledonicus* submetidas a concentrações subletais de óleos essenciais foram avaliadas em dois sucessivos bioensaios.

No primeiro bioensaio, fêmeas recém-emergidas com idade entre 0-24 h foram acondicionadas em arenas confeccionadas em bandejas plásticas (17 cm de Ø e 3 cm de altura), contendo espumas de polietileno e papel filtro previamente umedecidos, onde foram acondicionados discos foliares tratados com a concentração subletal CL<sub>20</sub> dos óleos essenciais *L. cubeba*, *M. alternifolia*, *C. camphora*, dos compostos Eucaliptol e  $\gamma$ -Terpinene e da testemunha (água destilada + DMSO), pelo método de imersão das folhas. Foram utilizadas aproximadamente 100 fêmeas por arena, em que cada arena continha um tratamento. Após 24 h, fêmeas sobreviventes foram individualizadas. As fêmeas foram transferidas para arenas formadas por placas de Petri plásticas (55x15 mm) contendo esponja umedecida com água destilada, sobreposta por papel filtro e contendo discos foliares (3,5 cm de Ø) de feijão-de-porco não tratadas, sendo 1 fêmea/repetição. O delineamento utilizado foi o inteiramento casualizado, contendo 8 tratamentos e 30 repetições por tratamento. Foram avaliados diariamente o número de fêmeas sobreviventes, a quantidade diária de ovos e a longevidade.

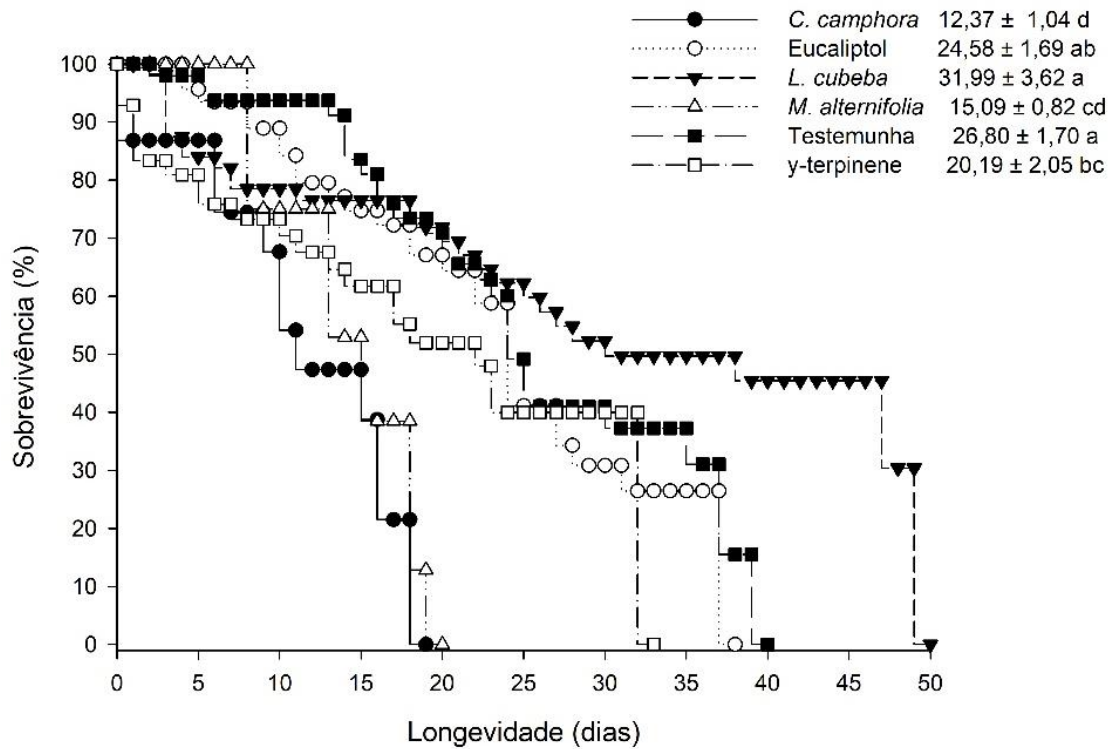
No segundo bioensaio, foi utilizado ovos oriundos da oviposição das primeiras 24 h do primeiro bioensaio. Foi individualizado um ovo por arena, sendo realizadas duas avaliações diárias na fase imatura, observando o período de incubação dos ovos, duração e viabilidade de cada fase imatura de desenvolvimento (larva, protocrisálida, protoninfa, deutocrisálida, deutoninfa e teliocrisálida). Na fase adulta, as avaliações foram a cada 24 horas, sendo registrado a duração dos períodos de fecundidade e longevidade. Durante cada avaliação, após a quantificação dos ovos, estes eram eliminados. Quando ocorreu a eclosão do macho foi observado apenas a longevidade. O delineamento utilizado foi o inteiramento casualizado, contendo oito tratamentos e 30 repetições por tratamento.

Fecundidade bruta (número de ovos por fêmea em 24 h) e a fecundidade líquida (Fecundidade Bruta x Taxas de Sobrevivência de Fêmeas) foram definidas e calculadas de acordo com Marcic e Medo (2015). A sobrevivência diária, a

1 longevidade foi medida pelo número médio de dias que a fêmea vivia após o  
2 tratamento. A partir desses dados foram confeccionadas as tabelas de vida e  
3 fertilidade, calculando os valores de  $R_0$  (taxa líquida de reprodução),  $r_m$  (taxa  
4 intrínseca de crescimento populacional),  $\lambda$  (razão finita de aumento),  $T$  (duração média  
5 de uma geração) e  $DT$  (tempo para dobrar a população). A taxa média de  
6 sobrevivência foi determinada através dos dados de mortalidade; os dados foram  
7 submetidos ao teste de log-rank de acordo com o método de Kaplan-Meier para pares  
8 de tratamento usando o SAS ProCLifetest (SAS Institute, 2001). Os erros padrões dos  
9 parâmetros populacionais foram estimados utilizando o método de bootstrap. Cem mil  
10 bootstraps foram usados para obter estimativas estáveis de erros padrão. O teste de  
11 bootstrap pareado foi usado para comparar as diferenças (EFRON; TIBSHIRANI,  
12 1993). O software TWSEX-MSChart (Chi, 2017) foi usado para análise dos dados  
13 brutos e cálculo dos parâmetros populacionais.

### 15 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

17  
18 A sobrevivência na geração parental (sobreviventes a aplicações) de *T.*  
19 *neocaledonicus* submetidas CL<sub>20</sub> foi menor quando se aplicou os óleos de *C.*  
20 *camphora* e *M. alternifolia* em comparação ao tratamento testemunha. O óleo de de  
21 *C. camphora* proporcionou uma redução da sobrevivência abaixo de 50% a partir do  
22 12º dia de longevidade, com *T. neocaledonicus* apresentando uma média de 12,37  
23 dias de longevidade após o tratamento com esse óleo, já o tratamento testemunha  
24 proporcionou uma média de longevidade de 26,80 dias para esse ácaro. Ressaltam-  
25 se também que o óleo de *M. alternifolia* e o isolado  $\gamma$ -terpinene também reduziram a  
26 sobrevivência de *T. neocaledonicus* em comparação com a testemunha,  
27 proporcionando 15,09 e 20,19 dias de longevidade, respectivamente. Entretanto, o  
28 óleo essencial de *L. cubeba* e o isolado eucaliptol não influenciou na sobrevivência e  
29 longevidade da geração parental (Figura 1).



1

2 Figura 1. Sobrevivência da geração parental de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração CL<sub>20</sub> de  
 3 óleos essenciais e compostos isolados. Médias seguidas pela mesma letra não diferem  
 4 significativamente pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ).

5

6

7 A menor sobrevivência na geração F1 foi observada no tratamento testemunha  
 8 (no entanto, não apresentou diferença estatística para eucaliptol). Em comparação  
 9 com a testemunha, os óleos essenciais de *C. camphora*, *L. cubeba*, *M. alternifolia* e o  
 10 composto isolado y-terpinene proporcionaram maior sobrevivência de *T.*  
 11 *neocaledonicus*, chegando até 69 dias de longevidade quando aplicado o óleo de *C.*  
 12 *camphora* (Figura 2).

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

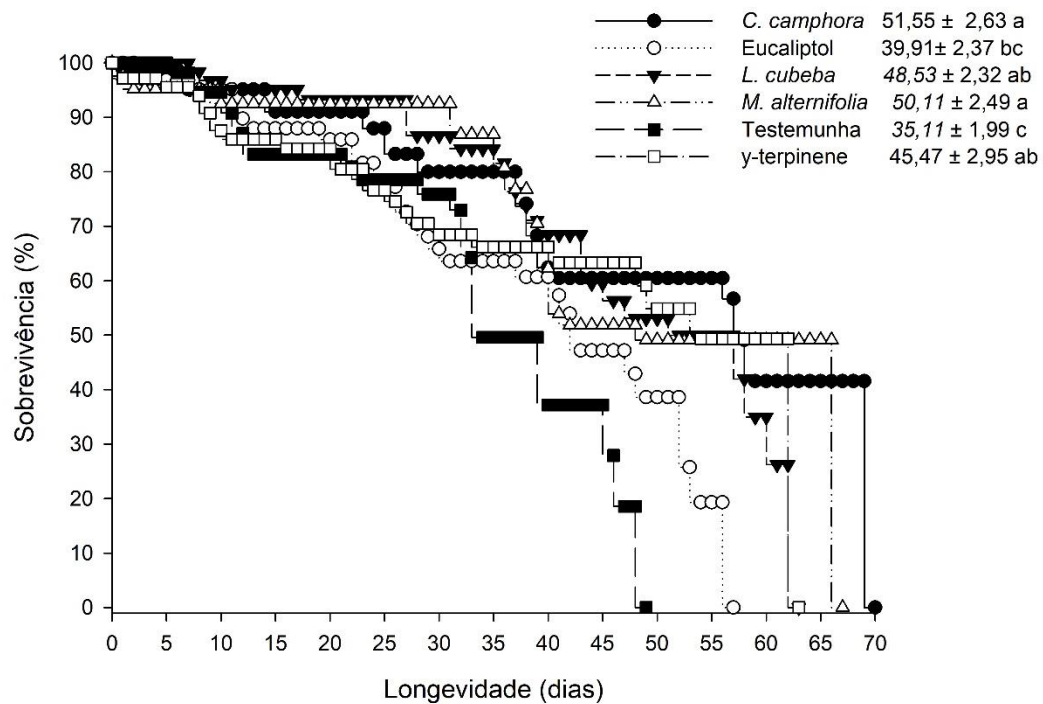


Figura 2. Sobrevivência da geração F1 (descendentes) de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal  $CL_{20}$  de óleos essenciais e compostos isolados. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ).

20 Assim como para a sobrevivência na geração F1, a expectativa de vida de *T.*  
21 *neocaledonicus* foi maior quando aplicados *C. camphora*, *L. cubeba*, *M. alternifolia* e  
22 y-terpinene, com a expectativa de vida estimada chegando a até 72 dias em *C.*  
23 *camphora* e *M. alternifolia* e o tratamento testemunha a apenas 56 dias (Figura 3 A-  
24 F). Esses resultados reforçam ainda mais que em especial *C. camphora* e *M.*  
25 *alternifolia* podem afetar significativamente o “fitness” do ácaro *T. neocaledonicus*.

26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

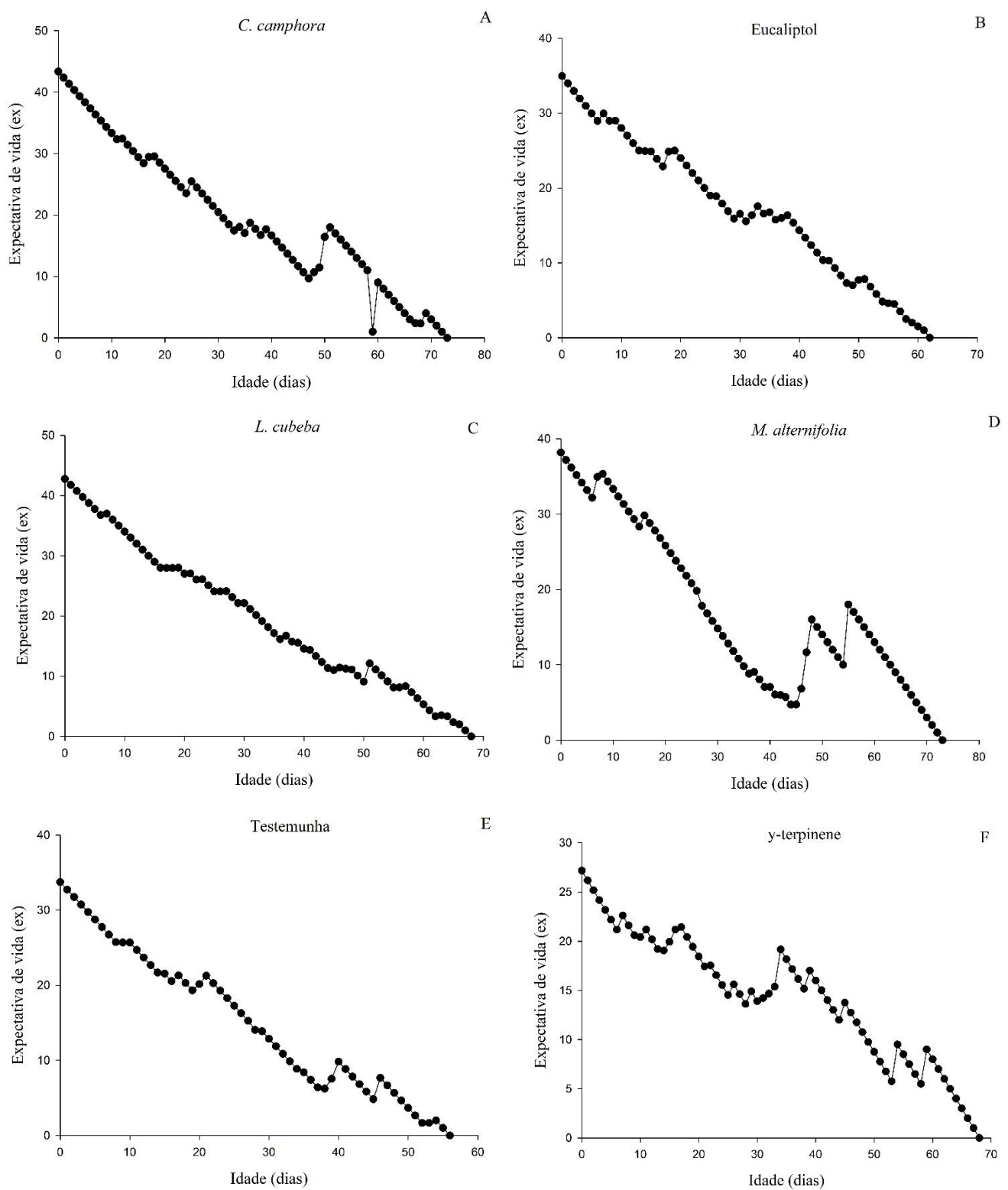


Figura 3. Expectativa de vida (Ex) da geração F1 de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal  $CL_{20}$  de óleos essenciais e compostos isolados. A) *C. camphora*; B) Eucaliptol; C) *L. cubeba*; D) *M. alternifolia*; E) Testemunha; F) y-terpinene

1 A fecundidade específica de *T. neocaledonicus* foi menor quando aplicado *C.*  
2 *camphora* e  $\gamma$ -terpinene, atingindo picos de apenas 2,3 no 13<sup>o</sup> dia para *C. camphora*  
3 e 2,8 no 15<sup>o</sup> dia para  $\gamma$ -terpinene (Figura 4). Já o tratamento testemunha apresentou  
4 pico de fecundidade específica de 5,96 no 12<sup>o</sup> dia. Esses resultados demonstram uma  
5 redução de 61 e 53% na fecundidade de *T. neocaledonicus* no dia mais fértil para  
6 fêmeas quando aplicados *C. camphora* e  $\gamma$ -terpinene, corroborando com a redução  
7 observada na taxa líquida de reprodução, onde esse óleo essencial e composto  
8 isolado também estavam entre os que mais afetavam a reprodução do ácaro.

9 O valor reprodutivo das fases imatura e adulta (fêmeas) foi afetado quando  
10 aplicado *C. camphora*, *M. alternifolia* e  $\gamma$ -terpinene em comparação com a  
11 testemunha, sendo que esta apresentou picos de valor reprodutivo de 12,5 em 9 dias  
12 de idade para a fase imatura e 22,7 em 11 dias para a fase adulta, enquanto os demais  
13 produtos apresentaram valor reprodutivo abaixo de 8 para a fase imatura e de 16 para  
14 a fase adulta. O valor reprodutivo indica quanto cada fase de desenvolvimento pode  
15 contribuir para a reprodução do indivíduo, desse modo, destaca-se *C. camphora* que  
16 apresentou picos de valor reprodutivo de apenas 7,41 aos 12 dias da fase imatura e  
17 8,67 aos 13 dias da fase adulta (Figura 5).

18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

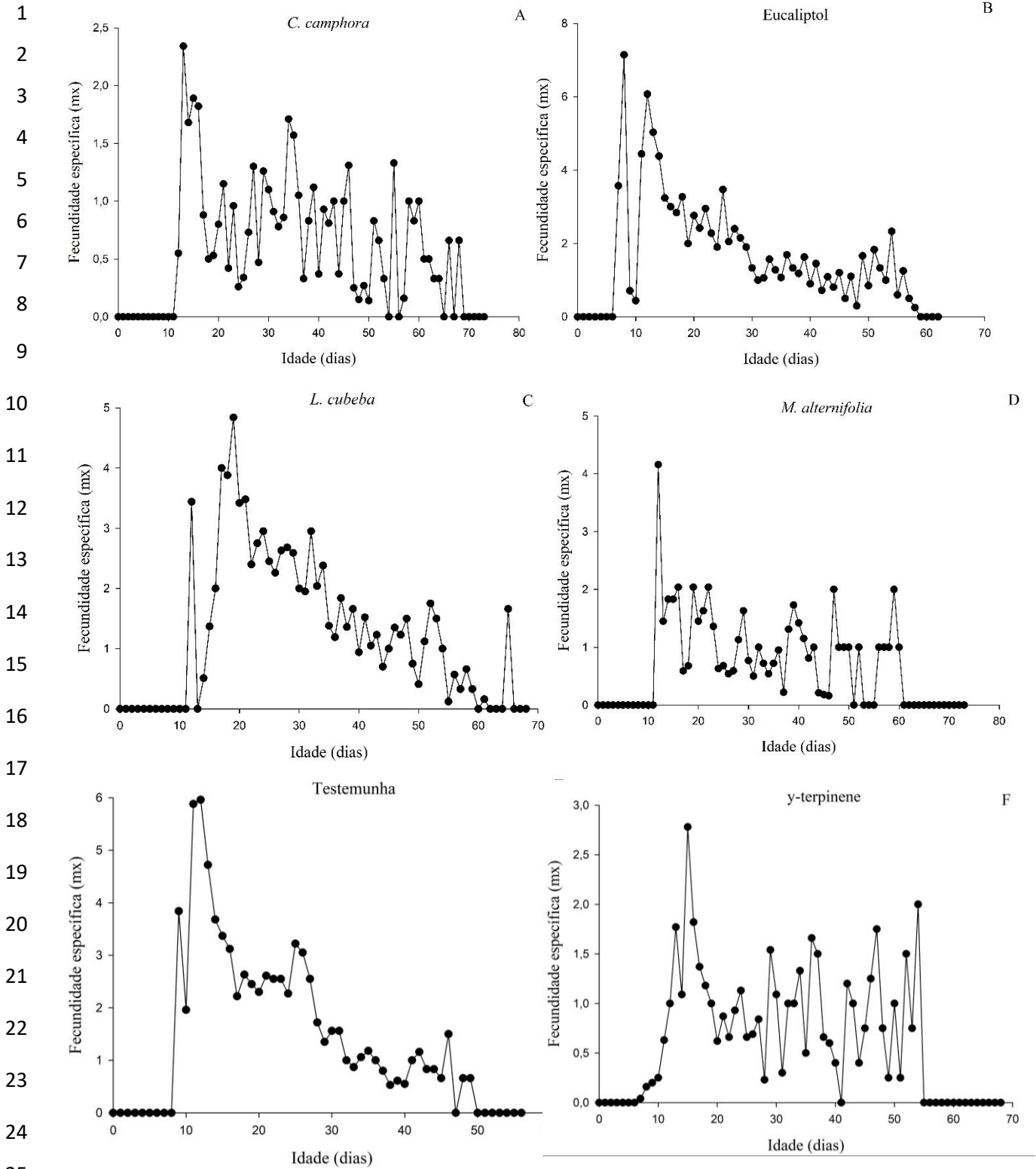


Figura 4. Fecundidade específica (Mx) da geração F1 de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal (X) de óleos essenciais e compostos isolados. A) *C. camphora*; B) Eucaliptol; C) *L. cubeba*; D) *M. alternifolia*; E) Testemunha; F) y-terpinene.

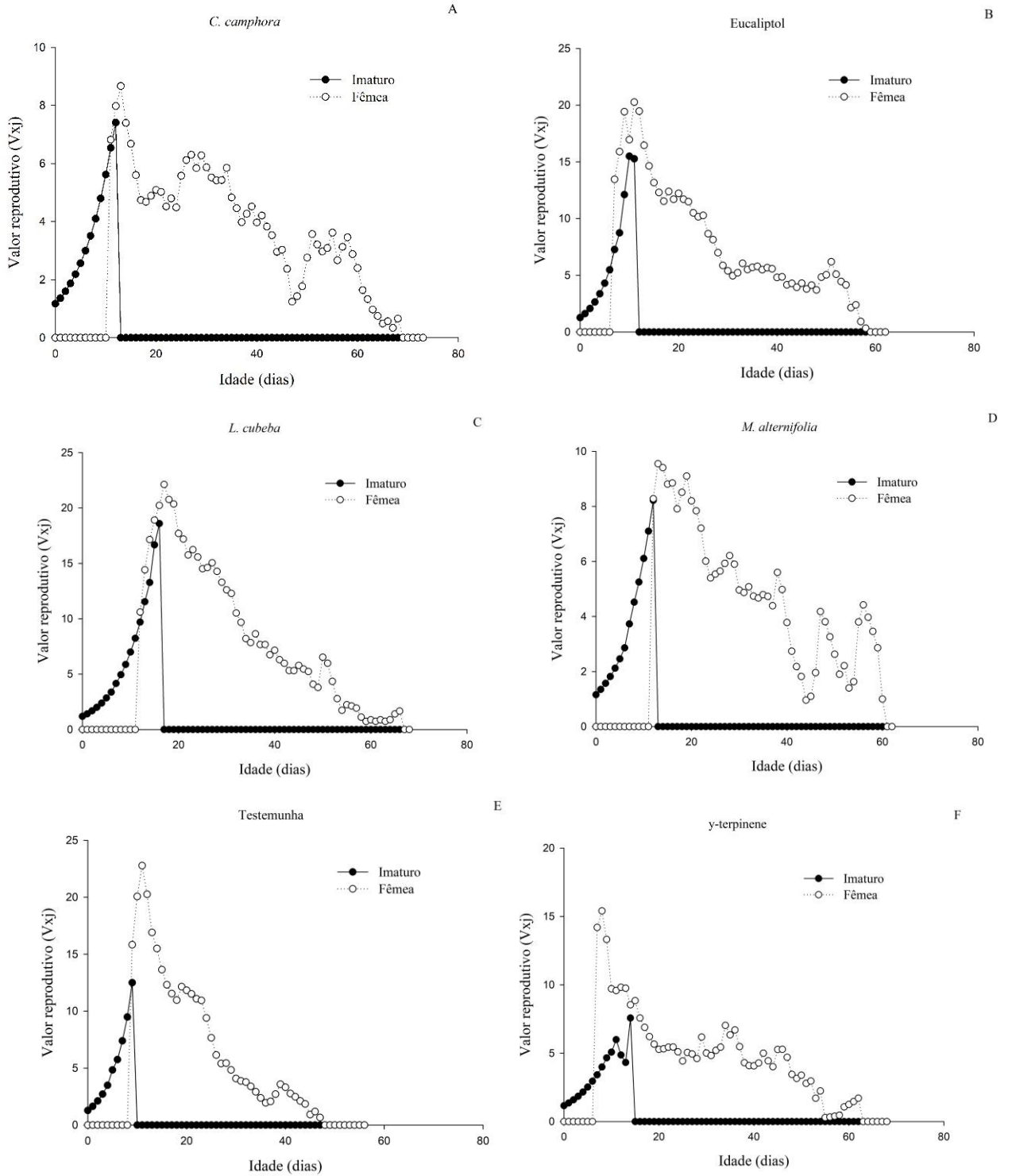


Figura 5. Valor reprodutivo para imaturos e fêmeas (V<sub>xj</sub>) da geração F1 de *T. neocaledonicus* tratado com a concentração letal (X) de óleos essenciais e compostos isolados. A) *C. camphora*; B) Eucaliptol; C) *L. cubeba*; D) *M. alternifolia*; E) Testemunha; F)  $\gamma$ -terpinene.

1 A sobrevivência da geração parental de *T. neocaledonicus* não foi afetada pelos  
2 óleos essenciais de *I. verum*, *E. caryophyllus*, *C. flexuosus*, entretanto o óleo *E.*  
3 *caryophyllus* afetou a geração F1 (BRIOZO et al., 2022). Em contrapartida, neste  
4 estudo a sobrevivência e longevidade da geração parental foram afetadas pelos  
5 produtos testados, com exceção do isolado eucaliptol e óleo essencial de *L. cubeba*.  
6 Essas diferenças podem ser devido a constituição dos óleos utilizados.

7 Para entender a eficácia e o risco da aplicação de pesticidas, é importante  
8 entender os efeitos subletais, que são efeitos fisiológicos ou comportamentais, em  
9 sobreviventes à exposição a um produto tóxico (DESNEUX et al. 2007; HAVASI et al.  
10 2018). Os organismos que são expostos a produtos tóxicos podem ser afetados por  
11 efeitos subletais, desde a repelência, diminuição nas taxas de oviposição,  
12 sobrevivência, fecundidade, alteração nos parâmetros da tabela de vida e taxa de  
13 crescimento populacional (BRIOZO et al., 2022; STARK; BANKS, 2003; DESNEUX et  
14 al., 2007). Esses efeitos são geralmente observados nos indivíduos que são expostos  
15 as concentrações subletais, entretanto esses podem ser observados também nas  
16 gerações subsequentes (BRIOZO et al., 2022; LI et al., 2017). Ao contrário do que  
17 ocorreu na geração parental (exceto para eucaliptol), na geração F1 houve aumento  
18 na sobrevivência dos ácaros, podendo indicar um possível efeito no “fitness” do  
19 indivíduo devido ao alongamento na longevidade, uma vez que os ácaros não  
20 estariam conseguindo obter nutrientes necessários via alimentação nas folhas  
21 tratadas. Esse efeito sobre o “fitness” do ácaro pode ainda ser confirmado pelo  
22 resultado obtido para parâmetros de tabela de vida como a taxa líquida de reprodução  
23  $R_0$  que foi menor quando aplicados *M. alternifolia*, *C. camphora* e  $\gamma$ -terpinene, além  
24 do tempo para uma geração que foi alongado quando aplicado óleos essenciais de *L.*  
25 *cubeba*, *M. alternifolia* e *C. camphora*.

26 Os efeitos subletais de produtos químicos sintéticos e produtos de origem  
27 natural sobre a história de vida de ácaros fitófagos têm sido bastante estudados nos  
28 últimos anos, como os trabalhos de Souza et al. (2022) testando os efeitos de *Mentha*  
29 *piperita* e seu monoterpeneoide mentol sobre o ácaro rajado *T. urticae*, *Cinnamomum*  
30 *zeylanicum* também sobre o ácaro rajado (REZAEI et al., 2014). Porém, até o  
31 momento nenhum estudo foi realizado sobre os efeitos subletais dos óleos essenciais  
32 de *L. cubeba*, *C. camphora* e *M. alternifolia* e compostos isolados eucaliptol e  $\gamma$ -  
33 terpinene sobre os parâmetros biológicos, juntamente com parâmetros demográficos  
34 de *T. neocaledonicus*. Portanto, os parâmetros biológicos e de tabela de vida, das

1 fêmeas sobreviventes a exposição da CL<sub>20</sub> desses produtos e sua prole, foram  
2 avaliados neste estudo.

3 Os óleos essenciais de *I. verum*, *E. caryophyllus* e *C. flexuosus* também  
4 reduziram a fecundidade de *T. neocaledonicus* quando aplicada a CL<sub>30</sub> desses óleos  
5 (BRIOZO et al., 2022). O óleo essencial de *Thymus vulgaris* L. reduziu  
6 consideravelmente a fecundidade de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari:  
7 Tetranychidae) quando aplicada a CL<sub>20</sub> desse óleo, com um pico de 5,0 após 10 dias  
8 e apresentado redução drástica a partir 15 dias de idade (CHITGAR et al., 2013). No  
9 presente estudo, de forma semelhante *C. camphora* e  $\gamma$ -terpinene também reduziram  
10 de forma significativa a fecundidade de *T. neocaledonicus* após aplicação da CL<sub>20</sub>,  
11 porém proporcionando uma fecundidade ainda menor, demonstrando o potencial  
12 desses produtos em afetar a reprodução desse ácaro. Segundo Croft (1990), uma  
13 mudança na longevidade pode afetar a fecundidade e levar a uma mudança no  
14 dinamismo populacional, assim, o aumento da sobrevivência e conseqüentemente da  
15 longevidade de *T. neocaledonicus* quando tratado com *L. cubeba*, *M. alternifolia*, *C.*  
16 *camphora* e  $\gamma$ -terpinene pode ter influenciado a redução na fecundidade do ácaro,  
17 especialmente quando aplicados os dois últimos.

18 O valor reprodutivo por idade específica para fêmeas adultas de *T. urticae* foi  
19 reduzido quando exposto à concentração letal CL<sub>30</sub> dos óleos essenciais de *Artemisia*  
20 *annua* L. e *Rosmarinus officinalis* L., tendo picos de 25 entre 10 e 15 dias (ESMAEILY  
21 et al., 2017). No presente estudo, a redução de valor reprodutivo promovida pelo óleo  
22 essencial de *C. camphora* foi bem mais significativa considerando também uma idade  
23 específica semelhante demonstrando o potencial desse óleo essencial em afetar a  
24 capacidade reprodutiva de *T. neocaledonicus*. Os resultados de valor reprodutivo  
25 indicam ainda que além de *C. camphora*, *M. alternifolia* e  $\gamma$ -terpinene também afetam  
26 a reprodução de *T. neocaledonicus*, havendo efeito semelhante para taxa líquida de  
27 reprodução e fecundidade específica.

28 Quando utilizadas as concentrações letais CL<sub>5</sub>, CL<sub>10</sub> e CL<sub>20</sub> do inseticida  
29 diflovidazin sobre *T. urticae*, os resultados indicaram redução significativa na duração  
30 da maturação, período de oviposição e fecundidade total das fêmeas com o aumento  
31 das concentrações (HAVASI et al., 2018). Embora para *T. neocaledonicus* não se  
32 tenha calculado o período de maturação das fêmeas, provavelmente esse período  
33 tenha sido alongado com os óleos essenciais utilizados (já que proporcionaram maior  
34 tempo médio para uma geração), no entanto, um maior período de maturação das

1 fêmeas não significou maior fecundidade, já que em se tratando de óleos essenciais,  
2 destacam-se *M. alternifolia* e *C. camphora* que reduziram de forma significativa a  
3 fecundidade das fêmeas.

4 Todos os parâmetros populacionais de tabela de vida e fertilidade de *T.*  
5 *neocaledonicus* da geração F1 foram afetados quando submetidos as CL<sub>20S</sub> dos óleos  
6 essenciais de *L. cubeba*, *M. alternifolia* e *C. camphora*, exceto R<sub>0</sub> no óleo de *L.*  
7 *cubeba*. O isolado eucaliptol não afetou nenhum dos parâmetros de tabela de vida da  
8 geração F1 de *T. neocaledonicus*, quando comparados com a testemunha. Entretanto  
9 o isolado  $\gamma$ -terpinene afetou todos os parâmetros, exceto T. A taxa líquida de  
10 reprodução R<sub>0</sub> sofreu redução em comparação com o tratamento testemunha quando  
11 foram aplicados os óleos de *M. alternifolia*, *C. camphora* e o isolado  $\gamma$ -terpinene.  
12 Houve redução na taxa intrínseca de crescimento e razão finita de aumento em  
13 comparação com a testemunha quando aplicado o isolado  $\gamma$ -terpinene e os óleos  
14 essenciais de *M. alternifolia*, *C. camphora* e *L. cubeba*. O tempo médio para uma  
15 geração quando comparado com o tratamento testemunha, foi maior quando  
16 aplicados os óleos essenciais de *L. cubeba*, *M. alternifolia* e *C. camphora*. (Tabela 1).

17 Efeitos subletais podem influenciar de forma negativa a sobrevivência e  
18 reprodução de ácaros, esses parâmetros são avaliados diariamente e os dados  
19 obtidos são utilizados para o cálculo dos parâmetros da tabela de vida e fertilidade ou  
20 da taxa instantânea de crescimento que indicam se está havendo ou não crescimento  
21 populacional (FRANÇA; BREDA, 2018). Os agrotóxicos que são aplicados em campo,  
22 não causam somente efeito letal imediato sobre artrópodes, eles também afetam as  
23 características da história de vida dos indivíduos sobreviventes (LI et al., 2017). Nesse  
24 contexto, de forma geral pode-se destacar *C. camphora* e  $\gamma$ -terpinene por afetar  
25 parâmetros populacionais importantes como a taxa líquida de reprodução, taxa  
26 intrínseca de crescimento e razão finita de aumento.

27 Os óleos essenciais de *I. verum*, *C. flexuosus* e *E. caryophyllus* afetaram as  
28 características da história de vida de *T. neocaledonicus*, e os efeitos de concentrações  
29 subletais, mesmo quando aplicadas nos progenitores, afetaram a população e os  
30 parâmetros reprodutivos de seus descendentes. Porém, cada óleo afeta a população  
31 e os parâmetros reprodutivos de maneira diferente. Os óleos de *I. verum*, *C. flexuosus*  
32 e *E. caryophyllus* diminuíram o comprimento médio da geração (T) na geração  
33 parental, não afetando os demais parâmetros. Na geração F1 o óleo de *I. verum*  
34 diminuiu significativamente r<sub>m</sub> e  $\lambda$ , e aumentou T. Enquanto o óleo de *E. caryophyllus*

1 diminuiu Ro. O óleo de *C. flexuosus* não afetou os parâmetros da tabela de vida da  
2 geração F1 (BRIOZO et al., 2022). No presente trabalho, embora *C. camphora*, *M.*  
3 *alternifolia* e  $\gamma$ -terpinene tenham reduzido a taxa líquida de reprodução, esses óleos e  
4 o componente majoritário apresentaram tempo para uma geração maior que o  
5 tratamento testemunha. Santos et al. (2021) estudando os efeitos letais e subletais de  
6 diferentes formulações comerciais à base de nim em *T. neocaledonicus*, observaram  
7 que a concentração subletal CL<sub>30</sub> dos produtos Azamax® e Nim-I-GO® não afetaram  
8 a sobrevivência do ácaro, embora vestígios da história de vida de *T. neocaledonicus*  
9 foram afetados apenas por Nim-I-GO®. A CL<sub>30</sub> do Nim-I-GO® reduziu  
10 significativamente o  $r_m$  e  $\lambda$  comparado ao controle e Azamax®, porém aumentou o T.

11 Em estudo sobre os efeitos subletais do espiroclorfenolato de sódio na história de vida e  
12 nos parâmetros da tabela de vida do ácaro rajado *T. urticae*. Foi observado que o  
13 espiroclorfenolato afetou consideravelmente a fecundidade, a fertilidade e as taxas de  
14 crescimento populacional das fêmeas do ácaro rajado que sobreviveram aos  
15 tratamentos (MARCIC, 2007). A exposição de *T. urticae* às concentrações CL<sub>10</sub> e CL<sub>20</sub>  
16 de bifentazato afetou a geração parental de *T. urticae*, incluindo taxa de sobrevivência,  
17 período de oviposição, fecundidade por fêmea e longevidade. Os parâmetros  
18 populacionais da progênie das fêmeas tratadas também foram afetados (LI et al.,  
19 2017).

20 As concentrações subletais de Biomite® estimularam a fecundidade das  
21 fêmeas de *Tetranychus turkestanii* Ugarov & Nikolskii (Acari: Tetranychidae) e como  
22 resultado aumentaram o desenvolvimento populacional (MOHAMMADI et al., 2016).  
23 O tempo de desenvolvimento do *T. urticae* de ovo a adulto foi reduzido e a fecundidade  
24 foi aumentada pelas concentrações subletais de espinetoram. Também houve  
25 aumento da taxa de aumento intrínseca e finita e a taxa reprodutiva líquida (WANG et  
26 al., 2016). No presente trabalho, vale destacar em especial a redução em parâmetros  
27 reprodutivos proporcionais por *C. camphora*, *M. alternifolia* e  $\gamma$ -terpineno  
28 demonstrando o potencial desses produtos no controle populacional de *T.*  
29 *neocaledonicus*.

30 A exposição de alguns pesticidas, podem causar um aumento na população de  
31 pragas. Esse aumento tem sido atribuído, em alguns casos, ao efeito conhecido como  
32 hormoligose, que corresponde ao efeito estimulante de uma pequena dose de  
33 substâncias que em maiores doses são tóxicas (WANG et al., 2016; MORAES;  
34 FLECHTMANN, 2008). Ou seja, as concentrações subletais ao invés de causar efeitos

1 negativos nas pragas, podem causar efeitos positivos e estimular seu  
2 desenvolvimento, devido a isso se torna importante os estudos de concentrações  
3 subletais. No presente estudo, não há evidências para se considerar um efeito de  
4 hormoligose sobre o ácaro *T. neocaledonicus*, embora tenha havido aumento no  
5 tempo para uma geração quando aplicados *L. cubeba*, *C. camphora* e *M. alternifolia*.

6 As concentrações subletais de clorfenapir reduziram profundamente a taxa de  
7 crescimento populacional de *T. urticae*. Esta informação é importante para prever o  
8 potencial deste pesticida para uso em programas de MIP da população de *T. urticae*  
9 (BOZHGANI et al., 2018). A taxa intrínseca de crescimento ( $r_m$ ) é o principal parâmetro  
10 responsável por medir a dinâmica populacional, podendo ser atribuídas aos valores  
11 de oviposição e longevidade (AHMADPOUR et al., 2020). Os resultados do presente  
12 estudo mostram que todos os produtos avaliados, exceto o isolado eucaliptol,  
13 provocaram uma diminuição significativa da  $r_m$ . A redução dos valores de  $r_m$  como  
14 consequência do tratamento com as CL<sub>20</sub> dos produtos pode ser devido à menor  
15 fecundidade e à menor taxa de sobrevivência, em comparação com ácaros não  
16 tratados. Compostos que interferem no seu desempenho reprodutivo podem ser  
17 importantes para reduzir o crescimento populacional, representados pelo efeito  
18 isolado ou sinérgico dos constituintes dos óleos essenciais.

**Tabela 1.** Parâmetros populacionais (Média±EP) de *T. neocaledonicus*, após a aplicação das CL<sub>20</sub> de óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados *Eucaliptol* e  $\gamma$ -Terpinene.

Tratamentos	Geração F1			
	R <sub>o</sub>	T (dias)	r <sub>m</sub>	$\lambda$
Testemunha	56,14 ± 7,66 a	16,10 ± 0,23 c	0,25 ± 0,008 a	1,28 ± 0,01 a
<i>L. cubeba</i>	57,9 ± 8,56 a	23,36 ± 0,39 a	0,17 ± 0,006 b	1,19 ± 0,007 b
<i>C. camphora</i>	28,23 ± 2,82 b	21,27 ± 0,51 b	0,16 ± 0,004 c	1,17 ± 0,004 c
<i>M. alternifolia</i>	27,85 ± 2,99 b	22,09 ± 0,54 ab	0,15 ± 0,01 c	1,16 ± 0,007 c
Eucaliptol	58,33 ± 7,67 a	16,72 ± 0,39 bc	0,24 ± 0,008 a	1,27 ± 0,011 a
$\gamma$ -Terpinene	17,60 ± 4,09 b	18,55 ± 1,37 bc	0,15 ± 0,006 bc	1,17 ± 0,01 bc

EP = erro padrão. R<sub>o</sub> = taxa líquida de reprodução. T = duração média de uma geração. r<sub>m</sub> = taxa intrínseca de crescimento.  $\lambda$  = razão finita de aumento.

1 Os parâmetros biológicos das fêmeas da geração F1 de *T. neocaledonicus*  
2 foram afetados pelas concentrações subletais dos produtos, exceto o isolado  
3 eucaliptol, que não afetou nenhum desses parâmetros. Destaca-se o óleo de *L.*  
4 *cubeba* que afetou todos os estágios de vida do ácaro, prolongando seu ciclo. O tempo  
5 de duração (dias) do ciclo de vida da geração F1 de *T. neocaledonicus*  
6 sobreviventes ao tratamento com as CL<sub>20</sub> dos óleos de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M.*  
7 *alternifolia*, isolados Eucaliptol,  $\gamma$ -Terpinene e testemunha foram de 14,68 $\pm$ 0,22;  
8 11,84 $\pm$ 0,06; 12,56 $\pm$ 0,09; 10,34 $\pm$ 0,24; 11,58 $\pm$ 0,36 e 9,93 $\pm$ 0,08, respectivamente.  
9 Todos os produtos apresentaram diferenças estatísticas para esse parâmetro, exceto  
10 o isolado eucaliptol (Tabela 6).

11 Houve indivíduos machos apenas na testemunha, óleo de *L. cubeba* e isolados  
12 Eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene. Os parâmetros biológicos dos machos da geração F1 de *T.*  
13 *neocaledonicus* foram afetados pelas concentrações subletais apenas para o período  
14 de incubação de ovo e na duração do ciclo de vida, quando se aplicou a concentração  
15 subletal do óleo de *L. cubeba*. O tempo de duração do ciclo de vida da geração F1 de  
16 machos de *T. neocaledonicus* sobreviventes ao tratamento com as CL<sub>20</sub> dos óleos de  
17 *L. cubeba*, isolados Eucaliptol,  $\gamma$ -Terpinene e testemunha foram de 14,62 $\pm$ 0,37;  
18 10,00 $\pm$ 0,50; 10,50 $\pm$ 0,29 e 10,00 $\pm$ 0,20, respectivamente. O óleo de *L. cubeba*  
19 prolongou o ciclo de vida dos machos do ácaro (Tabela 7).

20 Os parâmetros biológicos da geração F1 de *T. neocaledonicus* não foram  
21 afetados por concentrações subletais dos óleos essenciais de *C. flexuosus*, *E.*  
22 *caryophyllus* e *I. verum*. Esses óleos não afetaram o período de incubação (ovo),  
23 períodos de desenvolvimento larval, protocrisálida, protoninfa, deutocrisálida,  
24 deutoninfa e ovo-adulto dos descendentes de *T. neocaledonicus* que receberam a  
25 aplicação dos produtos (BRIOZO et al., 2022). Esses resultados diferem dos  
26 encontrados neste estudo, indicando que há influência na diferença de composição  
27 química dos óleos essenciais e demonstrando o efeito deletério à biologia do ácaro  
28 quando aplicados os óleos e isolados testados nesse trabalho.

29 Os produtos biopesticidas podem, portanto, constituir um componente  
30 importante de um programa de Gestão da Resistência aos Inseticidas (IRM) para  
31 prevenir ou retardar o desenvolvimento de futuros casos de resistência aos  
32 inseticidas. Isto pode ser conseguido alternando o uso de produtos biopesticidas com  
33 inseticidas sintéticos convencionais e, assim, alternando os modos de ação utilizados  
34 para controlar estas pragas (SPARKS; NAUEN, 2015). De forma geral, é importante

1 explorar as possibilidades de maximizar a eficácia dos acaricidas, minimizando seus  
2 efeitos deletérios sobre o meio ambiente. É importante que o controle de pragas seja  
3 realizado dentro de estratégias do manejo integrado de pragas (MIP), envolvendo  
4 vários métodos e principalmente, o uso discriminado de produtos sintéticos. Assim,  
5 pode-se destacar *C. camphora*, *M. alternifolia* e  $\gamma$ -terpinene por afetarem importantes  
6 parâmetros populacionais e reprodutivos assim como a biologia do ácaro *T.*  
7 *neocaledonicus*.

8

9

10

11

12

13

14

**Tabela 2.** Tempo de desenvolvimento dos diferentes estágios de vida de indivíduos fêmeas de *T. neocaledonicus* expostos a concentração subletal (CL<sub>20</sub>) de óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados *Eucaliptol* e  $\gamma$ -*Terpinene* (T = 25 ± 2°C, UR = 70 ± 10% UR e 12 h de fotofase). (Geração F1).

Tratamentos	Duração média (dias) ± EP							
	Ovo	Larva	Protocrisálida	Protoninfa	Deutocrisálida	Deutoninfa	Teliocrisálida	Ciclo <sup>2</sup>
Testemunha	4,91±0,05c	1,02±0,05b	1,00±0,07b	0,59±0,04c	0,84±0,06bcd	0,75±0,05c	1,00±0,03b	9,93±0,08d
<i>L. cubeba</i>	7,16±0,15a	1,36±0,5a	1,42±0,07a	0,86±0,05ab	1,28±0,06a	1,36±0,06b	1,24±0,06a	14,68±0,22a
<i>C. camphora</i>	5,59±0,10b	1,34±0,08a	0,88±0,04b	1,00±0,02a	0,67±0,04d	1,29±0,05b	1,07±0,05ab	11,84±0,06bc
<i>M. alternifolia</i>	5,69±0,10b	1,06±0,07b	1,04±0,06b	1,04±0,05a	0,96±0,04bc	1,85±0,08a	0,92±0,06b	12,56±0,09b
Eucaliptol	5,06±0,17c	1,1±0,6ab	0,82±0,06b	0,74±0,05bc	0,78±0,05d	0,82±0,06c	1,02±0,07ab	10,34±0,24d
$\gamma$ -Terpinene	5,05±0,09c	1,24±0,07ab	0,82±0,05b	0,92±0,07ab	1,00±0,05b	1,39±0,15b	0,97±0,06b	11,58±0,36c

EP = erro padrão. <sup>2</sup>Ciclo = período de duração de ovo a adulto. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Tempo de desenvolvimento dos diferentes estágios de vida de indivíduos machos de *T. neocaledonicus* expostos a concentração subletal (CL<sub>20</sub>) de óleos essenciais de *L. cubeba*, *C. camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados *Eucaliptol* e  $\gamma$ -*Terpinene* (T = 25 ± 2°C, UR = 70 ± 10% UR e 12 h de fotofase). (Geração F1)

Tratamentos	Duração média (dias) ± EP							
	Ovo	Larva	Protocrisálida	Protoninfa	Deutocrisálida	Deutoninfa	Teliocrisálida	Ciclo <sup>2</sup>
Testemunha	5,00±0,20b	0,87±0,12a	1,00±0a	0,75±0,14a	0,75±0,14a	0,87±0,12ab	0,74±0,14a	10,00±0,20b
<i>L. cubeba</i>	7,5±0,20a	1,25±0,14a	1,75±0,25a	0,87±0,12a	1,00±0a	1,25±0,14a	1,00±0,20a	14,62±0,37a
Eucaliptol	5,25±0,25b	1,00±0a	1,00±0a	1,00±0a	0,50±0a	0,50±0b	0,75±0,25a	10,00±0,50b
$\gamma$ -Terpinene	5,00±0,58b	1,00±0,29a	0,83±0,33a	0,83±0,33a	0,83±0,33a	1,17±0,17a	0,83±0,17a	10,50±0,29b

EP = erro padrão. <sup>2</sup>Ciclo = período de duração de ovo a adulto. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 1 4 CONCLUSÃO

2  
3 As concentrações subletais (CL<sub>20</sub>) dos óleos essenciais de *L. cubeba*, *C.*  
4 *camphora*, *M. alternifolia* e compostos isolados Eucaliptol e  $\gamma$ -terpinene afetaram a  
5 sobrevivência e longevidade de *T. neocaledonicus* e os parâmetros biológicos de seus  
6 descendentes. Parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram afetados  
7 especialmente por *C. camphora*, *M. alternifolia* e  $\gamma$ -terpinene. Os óleos essenciais  
8 mostraram resultados promissores no controle de *T. neocaledonicus*.

9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43

## 1 REFERÊNCIAS

2  
3 AGROFIT: Sistema de agrotóxico fitossanitários. 2023. Disponível em:

4 <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acessado em:  
5 15/09/2023.

6 AHMADPOUR, R.; RAFIEE-DASTJERDI, H.; NASERI, B.; HASSANPOUR, M.;  
7 EBADOLLAHI, A.; MAHDAVI, V. Lethal and sublethal toxicity of some plant-derived  
8 essential oils in ectoparasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera:  
9 Braconidae). **International Journal of Tropical Insect Science**. v. 41, n. 3, p. 1-10,  
10 2020.

11 BEZERRA, Y. B. S.; OLIVEIRA, J.; RAMALHO, T. K. A.; BARBOSA, D. R. S.;  
12 OLIVEIRA, C. R. F.; OLIVEIRA, C. H. C. M.; LIMA NETO, I. F. A. Atividade acaricida  
13 de óleos essenciais sobre *Tetranychus ludeni* (Zacher) (Acari: Tetranychidae) em  
14 duas cultivares de algodoeiro. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 469-477, 2019.

15  
16 BIBIANO, C. S.; ALVES, SANTOS, D.; FREIRE, B. C.; BERTOLUCCI, S. K. V.;  
17 CARVALHO, G. A. Toxicity of essential oils and pure compounds of Lamiaceae  
18 species against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their safety for  
19 the nontarget organism *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).  
20 **Crop Protection**, v. 158, 2022.

21  
22 BOZHGANI, N. S. S.; GHOBADI, H.; RIAHI, E. Sublethal effects of chlorfenapyr on  
23 the life table parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari:  
24 Tetranychidae), **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, n. 7, p. 1342-1351,  
25 2018.

26 BRIOZO, M. E. O.; FRANÇA, S. M. DE.; BARBOSA, D. R. E S.; DUTRA, K. DE A.;  
27 NAVARRO, D. M. DO A. F.; SILVA, P. R. R. Lethal and sublethal effects of essential  
28 oils on *Tetranychus neocaledonicus* (Acari: Tetranychidae). **Systematic & Applied**  
29 **Acarology**, v. 27, n. 12, p. 2597–2617, 2022.

30 BRIOZO, M. E. O.; SILVA, J.; FERRAZ, J. C. B.; SILVA, P. R. R.; MELO, J. W. DA  
31 S.; FRANÇA, S. M. DE. Biology and life table of *Tetranychus neocaledonicus* André  
32 (1933) (Acari: Tetranychidae) in different hosts March **Systematic and Applied**  
33 **Acarology**, v. 28, n. 3, p. 497–507, 2023.

34 CHITGAR, M.G.; KHOSRAVI, R.; JALALISENDI, J.; GHADAMYARI, M. Sublethal  
35 effects of *Thymus vulgaris* essential oil on life-table parameters of two-spotted spider  
36 mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Archives of Phytopathology**  
37 **and Plant Protection**, v.46, n.7, p.781-788, 2013.

38  
39 CORDEIRO, E.M.G.; DE MOURA, I.L.T.; FADINI, M.A.M.; GUEDES, R.N.C. Beyond  
40 selectivity: Are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-  
41 induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*? **Chemosphere**, v. 93,  
42 n. 6, p. 1111–1116, 2013.

- 1 CROFT, B.A. **Arthropod biological control agent and pesticides**. New York (NY):  
2 Wiley, 1990. 723 p.  
3
- 4 DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, JEAN-MARIE. The Sublethal Effects  
5 of Pesticides on Beneficial. **Arthropods Annu. Rev. Entomol**, v. 52, p. 81–106,  
6 2007.
- 7 ESMAEILY, M.; BANDANI, A.; ZIBAEI, I.; SHARIFIAN, I.; ZARE, S. Sublethal effects  
8 of *Artemisia annua* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils on life table  
9 parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Persian Journal of**  
10 **Acarology**, v.6, n.1, p.39-52, 2017.  
11
- 12 FRANÇA, S. M.; BREDA, M. O. Metodologias para a avaliação de inseticidas  
13 botânicos no manejo integrado de pragas. In: FRANÇA, S. M.; SILVA, P. R. R  
14 (orgs).; **Inseticidas botânicos no manejo de pragas: um passo para a**  
15 **sustentabilidade agrícola**. Teresina: EDUFPI, p.172, 2018.
- 16 GOMES-NETO, A. V.; SILVA, P. R. R.; MELO, J. W. S.; MELO JÚNIOR, L. C. de.;  
17 FRANÇA, S. M. Biology and life table of *Tetranychus neocaledonicus* on lima bean.  
18 **International Journal of Acarology**. v. 43. p. 622-626, 2017.
- 19 GOMES-NETO, A.V.; SILVA, P.R.R.; SILVA, J.D.C.; SANTOS, M.F.; MELO, J.W.S.;  
20 FRANÇA, S.M. First record of mites associated with lima bean (*Phaseolus lunatus*  
21 L.). **Journal of Plant Protection Research**, v. 59, p. 418–422, 2019.
- 22 HAVASI, M.; KHERADMAND, K.; MOSALLANEJAD, H.; FATHIPOUR, YAGHOUB.  
23 Sublethal effects of diflovidazin on life table parameters of two-spotted spider mite  
24 *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **International Journal of Acarology**, v.  
25 44, n. 2-3, p. 115–120, 2018.
- 26 ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop**  
27 **Protection**, v. 19, p. 603-608, 2000.
- 28 ISMAN, M. B. Bioinsecticides based on plant essential oils: a short overview.  
29 **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 75, n. 7–8, p. 179–182, 2020a.
- 30 ISMAN, M. B. Commercial development of plant essential oils and their constituents  
31 as active ingredients in bioinsecticides. **Phytochemistry Reviews**, 2020b.
- 32 LI, Y. Y.; FAN, X.; ZHANG, G. H.; LIU, Y. Q.; CHEN, H. Q.; LIU, H.; WANG, J.  
33 J. Sublethal effects of bifenazate on life history and population parameters of  
34 *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, v.  
35 22, n. 1, 2017.  
36
- 37 MARCIC, D. Efeitos subletais do espiroclorfenol na história de vida e parâmetros da  
38 tabela de vida do ácaro-aranha (*Tetranychus urticae*). **Experimental and Applied**  
39 **Acarology** v. 42, n. 2, p. 121–129, 2007.  
40
- 41 MARCIC, D.; MEDO, I. Sublethal effects of azadirachtin-A (NeemAzal-T/S) on  
42 *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Systematic & Applied Acarology**, v. 20, p.  
43 25–38, 2015.

- 1  
2 MASSANGO, H.G.L.L., FARONI, L.R.A., HADDI, K., HELENO, F.F., VITERI JUMBO,  
3 L.O., OLIVEIRA, E.E., 2017. Toxicity and metabolic mechanisms underlying the  
4 insecticidal activity of parsley essential oil on bean weevil, *Callosobruchus*  
5 *maculatus*. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 8, p. 723–733, 2017.
- 6 MIGEON, A.; DORKELD, F. Spider Mites Web: a comprehensive database for the  
7 Tetranychidae. 2023. Disponível em: <http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>.  
8 Acessado em: 05/09/2023.
- 9 MOHAMMADI, S.; ZIAEE, M.; SERAJ, A. A. Sublethal effects of Biomite® on the  
10 population growth and life table parameters of *Tetranychus turkestani* Ugarov and  
11 Nikolskii on three cucumber cultivars, **Systematic & Applied Acarology** v. 21, n. 2,  
12 p. 218–226, 2016.
- 13 MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. Manual de acarologia: Acarologia básica e  
14 ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, **Editora Holos**, 288p, 2008.
- 15 RATTAN R.S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant  
16 origin. **Crop Protection**, v. 29, p. 913-920, 2010.
- 17 PIRAMOON, P.; MOHAMMADZADEH, A.; MOHAMMADZADEH, M.; BEHZADI, M.;  
18 DHEGHAN, A.; MOHAMMADZADEH, M.; RASTAKHIZ, N. Toxicity and sublethal  
19 effects of plant essential oils on life history and detoxification enzymes activity of two-  
20 spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Toxin Reviews**, v.41, n.4, p. 1191-1198,  
21 2022.
- 22 REZAEI, R.; KARIM, J.; ABBASIPOUR, H.; ASKARIANZADEH, A. Sublethal effects  
23 of essential oil of *Cinnamomum zeylanicum* Blume on life expectancy (ex) and age-  
24 specific fertility (mx) of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari:  
25 Tetranychidae). **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, 47, 900–905,  
26 2014.
- 27  
28 SANTOS, M.F., RAMALHO SILVA, P.R., BRIOZO, M.E., SILVA, J.F., DE MELO  
29 JÚNIOR, L.C., SILVA BARBOSA, D.R., FRANÇA, S.M. Lethal and sublethal effects  
30 of Azadirachta indica-based products on *Tetranychus neocaledonicus* (Acari:  
31 Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, v.26, p.1560-1574, 2021.
- 32 SOUZA, L.P.; ZUIM, V.; SINGUEL, P.; PINHEIRO P.F.; ZAGO, H.B. Toxicity of  
33 Essential Oil of *Mentha piperita* (Lamiaceae) and its Monoterpenoid Menthol Against  
34 *Tetranychus urticae* Kogan 1836 (Acari: Tetranychidae). **Academia Brasileira de**  
35 **Ciencias**, v. 94, 94(Suppl. 4): e20200427, 2022.
- 36 SPARKS, T.C.; NAUEN, R. IRAC: Mode of action classification and insecticide  
37 resistance management. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 122-  
38 128, 2015.
- 39 STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicans  
40 on arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 505–519, 2003.
- 41 WANG, L.; ZHANG, Y.; XIE, WEN.; WU, QINGJUN.; WANG, SHAOLI. Sublethal  
42 effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari:

- 1 Tetranychidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 132, p. 102–107,
- 2 2016.