

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS E
SUSTENTABILIDADE**

MAYARA KETLLYN DE PAULA ROSETTI

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ANONÁCEAS PARA
Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
E SELETIVIDADE PARA *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879
(HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)**

SANTA HELENA

2021

MAYARA KETLLYN DE PAULA ROSETTI

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ANONÁCEAS PARA
Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
E SELETIVIDADE PARA *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879
(HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)**

**Toxicity of essential oils of anonaceae to *Spodoptera frugiperda*
(Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity for
Trichogramma pretiosum Riley, 1879 (Hymenoptera:
Trichogrammatidae)**

Trabalho de conclusão de curso de Dissertação
apresentada como requisito parcial à obtenção do título
de Mestre em Recursos Naturais e Sustentabilidade da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Prof. Dra. Dejjane Santos Alves

SANTA HELENA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



MAYARA KETLLYN DE PAULA ROSETTI

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ANONÁCEAS PARA SPODOPTERA FRUGIPERDA (J.E. SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SELETIVIDADE PARA TRICHOGRAMMA PRETIOSUM RILEY, 1879
(HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais E Sustentabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Recursos Naturais E Sustentabilidade.

Data de aprovação: 26 de Maio de 2021

Prof.a Dejjane Santos Alves, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Daian Guilherme Pinto De Oliveira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Geraldo Andrade Carvalho, Doutorado - Universidade Federal de Lavras (Ufla)

Prof.a Michele Potrich, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 26/05/2021.

Dedico esta dissertação à minha família que sempre esteve ao meu lado e nunca mediu esforços para me ajudar; este trabalho é tão mérito meu quanto dela.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha orientadora DeJane que me ajudou durante todo o caminho, e me deu a oportunidade de conhecer e trabalhar com essa área incrível que é a Entomologia. E estendo meu agradecimento ao GPEA (Grupo de Pesquisa em Entomologia Aplicada), por todo apoio e colaboração durante todo o processo de pesquisa, e à minha amiga Pamela por toda ajuda com a criação dos insetos durante a pandemia. Agradeço aos meus pais Mauricio e Dejanira que me apoiaram e incentivaram desde o momento que tudo isso era apenas uma ideia, um sonho; mas que graças a eles, e principalmente ao incentivo deles, hoje consegui finalmente apresentar a minha dissertação. À minha irmã Mylena, que ficou horas, dias, meses me ajudando em tudo, desde o projeto, primeiro rascunho de qualificação, idas ao laboratório onde me esperava sem reclamar por horas.

Agradeço aos professores: Dr. Geraldo Humberto Silva (Universidade Federal de Viçosa, campus Rio Paranaíba) e Dr. Denilson Ferreira de Oliveira (Universidade Federal de Lavras) e à Gabriela Trindade (Universidade Estadual de Campinas) pelas análises cromatográficas. E aos colegas Horácio B. Pacule (UFLA) e Javier G. Vanegas (UFLA) pela extração dos óleos essenciais.

Obrigada a todos, pois sem vocês eu nunca teria se quer condições de estar onde estou hoje. Obrigada.

“O tempo é sempre pequeno no curso de uma experiência. Ou a gente tem na mão os pássaros e os segura na hora certa, ou eles passam voando. E, às vezes, quando não se aproveita uma oportunidade, ela se transforma em dificuldade.”

Antonio Leal.

RESUMO

O uso indiscriminado de inseticidas químicos sintéticos e plantas geneticamente modificadas em culturas de importância econômica tem levado à seleção de populações resistentes de *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae). Dessa forma, existe a necessidade de se buscar por novas moléculas que possam ser utilizadas para seu controle. Uma das fontes de novas moléculas são os metabólitos secundários de origem vegetal. Assim, neste trabalho foram selecionadas espécies de plantas da família Annonaceae: *Annona neolaurifolia* H. Rainer (folhas), *Duguetia lanceolata* A. St.-Hil (folhas e cascas do caule) e *Xylopia brasiliensis* (galhos e cascas do caule), com o objetivo de estudar a toxicidade de seus óleos essenciais (OEs) para *S. frugiperda*, bem como avaliar a seletividade fisiológica para o parasitóide oófito *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), um importante inimigo natural de *S. frugiperda*. Foi constatada atividade tóxica dos OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e de *X. brasiliensis* (cascas do caule) para *S. frugiperda* em ensaio de aplicação tópica. Os OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata* foram selecionados para as etapas posteriores de estudos, devido ao maior rendimento obtido no processo de extração. O OE das folhas de *D. lanceolata* (DL₉₀ 70,76 µg/inseto) apresentou maior toxicidade do que o OE das cascas do caule (DL₉₀ 127,14 µg/inseto) dessa planta. Assim, os compostos majoritários do OE das folhas de *D. lanceolata* (beta-cariofileno e óxido de cariofileno) tiveram a toxicidade avaliada para *S. frugiperda*; entretanto, a atividade biológica não foi pronunciada quanto os compostos foram testados de forma isolada. Todavia, a mistura do beta-cariofileno e óxido de cariofileno foram ativos para *S. frugiperda*. Em ensaio com o inimigo natural *T. pretiosum*, os OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) não foram seletivos para esse inseto. Assim, apesar dos OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) apresentarem potencial como fontes de substâncias tóxicas para *S. frugiperda*, são necessárias novas pesquisas objetivando viabilizar o uso desses OEs em programas de manejo integrado de *S. frugiperda* usando de forma compatível *T. pretiosum* para maximizar seu controle.

Palavras-chave: Inseticidas botânicos. Lagarta-militar. Controle. Parasitóides. Seletividade.

ABSTRACT

The indiscriminate use of synthetic chemical insecticides and genetically modified plants in economic importance crops has led to the selection of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) resistance populations. Since, *S. frugiperda* is a polyphagous insect, capable of causing great economic damage, there is a need to search for new molecules that can be used in its management. One of the sources of new molecules are secondary metabolites of plant origin. In this work, species of plants of the family Annonaceae were selected: *Annona neolaurifolia* H. Rainer (leaves), *Duguetia lanceolata* A. St.-Hil (leaves and stem barks) and *Xylopiya brasiliensis* (branches and stem barks), with the objective of studying the toxicity of its essential oils (OEs) for *S. frugiperda*, as well as evaluating the physiological selectivity for the oophagus parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), an important natural enemy of *S. frugiperda*. In the present work, it was found toxic activity of OEs from *D. lanceolata* (leaves and stem bark) and *X. brasiliensis* (stem bark) against *S. frugiperda*, in a topical application test. The OEs of the leaves and stem barks of *D. lanceolata* were selected for the next stages of the work, due to the higher yield obtained in the extraction process. The OE of *D. lanceolata* leaves (DL₉₀ 70.76 µg/insect) showed greater toxicity than the OE of stem bark (DL₉₀ 127.14 µg/insect). Thus, the major compounds of the OE from leaves of *D. lanceolata* (beta-caryophyllene and caryophyllene oxide) had their toxicity assessed for *S. frugiperda*, but the biological activity was not pronounced when tested in isolation. However, the mixture of beta-caryophyllene and caryophyllene oxide was active for *S. frugiperda*. In a test with the natural enemy *T. pretiosum*, the EOs from *D. lanceolata* (leaves and stem barks) were not selective for this insect. Thus, although OEs from *D. lanceolata* (leaves and stem barks) presented potential as sources of toxic substances for *S. frugiperda*, more information is needed on how to make the use these OEs in integrated pest management programs with *T. pretiosum*.

Keywords: Botanical insecticides. Military caterpillar. Control. Parasitoids. Selectivity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Preferência alimentar de lagartas (número de lagartas) de *Spodoptera frugiperda* por óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata* em ensaio com chance de escolha. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202138
- Figura 2 - Consumo alimentar (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* expostas a dietas tratadas com os óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata*, em ensaio de preferência alimentar com chance de escolha. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202138

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que receberam tratamento tópico com os óleos essenciais de anonáceas. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = *Duguetia lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *Xylopiá brasiliensis* (cascas do caule); Grupo 2 = *Annona neolaurifolia* (folhas); Grupo 3 = *Xylopiá brasiliensis* (galhos) e Grupo 4 = acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202135
- Gráfico 2 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* dieta artificial acrescida de óleos essenciais de anonáceas. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = *Duguetia lanceolata* (cascas do caule); Grupo 2 = *Xylopiá brasiliensis* (cascas do caule); Grupo 3 = solução aquosa de Tween 80 a 1%; Grupo 4 = água e Grupo 5 = *Duguetia lanceolata* (folhas). UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202136
- Gráfico 3 - Peso de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial acrescida dos óleos essenciais das cascas do caule de *Xylopiá brasiliensis* e das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata*. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202137
- Gráfico 4 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação de diferentes doses do óleo essencial de *Duguetia lanceolata* (folhas). Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = 100 $\mu\text{g}/\text{inseto}$. Grupo 2 = 64 $\mu\text{g}/\text{inseto}$; Grupo 3 = 42 $\mu\text{g}/\text{inseto}$; Grupo 4 = 28 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ e Grupo 5 = 18 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ e 0 $\mu\text{g}/\text{inseto}$. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202140
- Gráfico 5 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação de diferentes doses do óleo essencial de *Duguetia lanceolata* (cascas do caule). Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = 50

- µg/inseto; Grupo 2 = 27 µg/inseto; Grupo 3 = 5, 9 e 15 µg/inseto e Grupo 4 = acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021.....41
- Gráfico 6 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação de diferentes doses do ingrediente ativo cipermetrina. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = 10 µg/inseto; Grupo 2 = 0,5623; Grupo 3 = 0,032 µg/ inseto; Grupo 4 = 0,0017 µg/ inseto e Grupo 5 = acetona e 0,0001 µg/ inseto. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202142
- Gráfico 7 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação do óleo essencial das folhas de *Duguetia lanceolata* e de seus compostos majoritários. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = óleo essencial das folhas de *D. lanceolata*; Grupo 2 = mistura de beta-cariofileno e óxido de cariofileno; Grupo 3 = beta-cariofileno, óxido de cariofileno e acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202143
- Gráfico 8 - Análise de sobrevivência de fêmeas adultas de *Trichogramma pretiosum* que receberam ovos de *Ephestia kuehniella* tratados com óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata*. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = *D. lanceolata* (cascas do caule) e Grupo 2 = *D. lanceolata* (folhas) e acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 202145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies de plantas empregadas para a obtenção dos óleos essenciais. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021	22
Tabela 2 - Análises por CG-EM dos óleos essenciais provenientes de <i>Annona neolaurifolia</i> (folhas), <i>Duguetia lanceolata</i> (folhas e cascas do caula) e <i>Xylopia brasiliensis</i> (galhos e cascas do caule). UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021	31
Tabela 3 - Resposta dose-mortalidade de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> tratadas com os óleos essenciais das folhas e cascas do caule de <i>Duguetia lanceolata</i> e o ingrediente ativo cipermetrina. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021	39
Tabela 4 - Emergência (%), redução de emergência (RE), classe toxicológica (CT) e razão sexual (RS) para <i>Trichogramma pretiosum</i> tratados com óleos essenciais das cascas do caule e folhas de <i>Duguetia lanceolata</i> no período de ovo-larva e nas fases de pré-pupa e pupa no interior de ovos de <i>Ephestia kuehniella</i> . UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021	44
Tabela 5 - Número de ovos parasitados por fêmeas de <i>Trichogramma pretiosum</i> quando expostas a ovos de <i>Ephestia kuehniella</i> tratados com óleos essenciais das folhas e cascas do caule de <i>Duguetia lanceolata</i> . UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 HIPÓTESES CIENTÍFICAS	17
3.1 HIPÓTESE GERAL	17
3.2 HIPÓTESES ESPECÍFICAS	17
4 REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1 A LAGARTA-DO-CARTUCHO DO MILHO, <i>Spodoptera frugiperda</i>	18
4.2 O PARASITOIDE <i>Trichogramma pretiosum</i>	19
4.3 PLANTAS SELECIONADAS PARA ESSE ESTUDO	20
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 OBTENÇÃO DOS OEs.....	22
5.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS OEs.....	23
5.3 BIOENSAIOS COM <i>S. frugiperda</i>	24
5.3.1 Criação de <i>S. frugiperda</i>	24
5.3.2 Ensaio de aplicação tópica dos OEs em lagartas de <i>S. frugiperda</i>	24
5.3.3 Ensaio de ingestão com os OEs, sem chance de escolha	24
5.3.4 Ensaio de preferência alimentar de <i>S. frugiperda</i> com chance de escolha	25
5.3.5 Determinação da resposta dose-tempo-mortalidade	26
5.3.6 Bioatividade dos compostos majoritários dos OEs	27
5.4 ENSAIOS COM <i>T. Pretiosum</i>	27
5.4.1 Obtenção dos insetos	27
5.4.2 Ensaio com fases imaturos de <i>T. pretiosum</i>	28
5.4.3 Ensaio com fase adulta <i>T. pretiosum</i>	29
5.4.4 Classificação dos compostos segundo a IOBC	29
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
6 RESULTADOS	31
6.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS OEs.....	31
6.2 ENSAIO DE APLICAÇÃO TÓPICA DOS OEs EM LAGARTAS DE <i>S. frugiperda</i>	34
6.3 ENSAIO DE INGESTÃO DOS OEs EM LAGARTAS DE <i>S. frugiperda</i>	35
6.4 ENSAIO DE PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE <i>S. frugiperda</i> EM TESTE COM CHANCE DE ESCOLHA	37
6.5 DETERMINAÇÃO DA RESPOSTA DOSE-TEMPO-MORTALIDADE	38
6.6 BIOATIVIDADE DOS COMPOSTOS MAJORITÁRIOS DOS OEs PARA <i>S. frugiperda</i>	42
6.7 ENSAIO COM FASES IMATURAS DE <i>T. pretiosum</i>	43
6.8 ENSAIO COM FASE ADULTA DE <i>T. pretiosum</i>	44
7 DISCUSSÃO	46
8 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) se destaca como um dos insetos pragas mais importantes em sistemas de cultivos agrícolas. Trata-se de um inseto polígrafo capaz de se alimentar em mais de 353 espécies de plantas (Montezano, D. G. et al., 2018). *Spodoptera frugiperda* é nativa das Américas; entretanto, recentemente invadiu outros continentes, podendo ser constatada na África e Ásia (WAN, J. et al., 2021). O controle de *S. frugiperda* é comumente realizado com o uso de inseticidas químicos sintéticos e plantas geneticamente modificadas; no entanto, relatos de populações resistentes à essas tecnologias vêm aumentando (YU, S. J.; MCCORD, 2007; BOLZAN, A. et al., 2019; AMARAL, F. S. A. et al., 2020).

Dessa forma, torna-se evidente a importância da busca por novas técnicas ou métodos para o controle eficiente de *S. frugiperda*. Nesse sentido, a utilização de produtos à base de extratos vegetais e/ou óleos essenciais (OEs) para o controle de insetos pragas vem sendo incentivada em várias partes do mundo, por meio da flexibilização de leis para seu registro comercial (ISMAN, M. B. 2020). Entre famílias botânicas conhecidas pela produção de metabólitos tóxicos para herbívoros destacam-se as plantas pertencentes à família Annonaceae, sendo inúmeros os relatos de sua atividade tóxica para artrópodes pragas (ALVES, D. S. et al., 2015, 2020; ANSANTE, T. F. et al., 2015; DOMINGUES, V. DE C. et al., 2020; MAIA, D. S. et al., 2020).

Ademais do efeito tóxico do inseticida botânico para a praga alvo é desejável que seja seletivo para os inimigos naturais e para os demais organismos não-alvos. Dessa forma, é possível usar de forma harmônica mais de um método para o controle de artrópodes pragas, em atendimento aos preceitos estabelecidos pelo manejo integrado de pragas (MIP). Parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* se destacam como inimigos naturais mais usados em programas de controle de biológico no Brasil, sendo aplicados em aproximadamente 2.252.900 ha de culturas agrícolas (PARRA, J. R. P.; COELHO, A., 2019).

Dessa forma, para este trabalho foi levantada a hipótese de que OEs provenientes de *Annona neolaurifolia* H. Rainer., *Duguetia lanceolata* e *Xylopia brasiliensis* Spreng (Annonaceae) são tóxicos para *S. frugiperda* e seletivos para o parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Assim, objetivou-se avaliar a toxicidade de OEs de plantas da família Annonaceae para *S. frugiperda* e a seletividade para *T. pretiosum*.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a toxicidade dos OEs de *A. neolaurifolia* (folhas), *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (galhos e cascas do caule) para *S. frugiperda* e a seletividade fisiológica para o parasitoide *T. pretiosum*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a toxicidade dos OEs de *A. neolaurifolia* (folhas), *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (galhos e cascas do caule) para lagartas de *S. frugiperda*, em ensaio de aplicação tópica;
- b) Avaliar a toxicidade dos OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (cascas do caule) para lagartas de *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão;
- c) Estudar a preferência alimentar de lagartas de *S. frugiperda* pelos OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule), em ensaio com chance de escolha;
- d) Determinar a resposta dose-mortalidade dos OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule), em ensaio de aplicação tópica;
- e) Caracterizar quimicamente os OEs, empregando-se Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG - EM);
- f) Determinar a toxicidade dos compostos majoritários do OE das folhas de *D. lanceolata* para *S. frugiperda*;
- g) Avaliar a seletividade fisiológica dos OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata* para *T. pretiosum* em suas fases imatura e adulta.

3 HIPÓTESES CIENTÍFICAS

3.1 HIPÓTESE GERAL

Os OEs provenientes das plantas da família Annonaceae: *A. neolaurifolia* (folhas), *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (galhos e cascas do caule) são tóxicos para *S. frugiperda* e seletivos ao inimigo natural *T. pretiosum*.

3.2 HIPÓTESES ESPECÍFICAS

- a) Os OEs de *A. neolaurifolia* (folhas), *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (galhos e cascas do caule) são tóxicos para lagartas de *S. frugiperda*, em ensaio de aplicação tópica;
- b) Os OES de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (cascas do caule) são tóxicos para lagartas de *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão.
- c) Os OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) são menos preferidos por *S. frugiperda* em ensaio de preferência alimentar com chance de escolha.
- d) Os OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) causam mortalidade em lagartas de *S. frugiperda*, em função da dose aplicada.
- e) Os compostos majoritários do OE das folhas de *D. lanceolata* são tóxicos para *S. frugiperda*;
- f) Os OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) apresentam seletividade fisiológica para *T. pretiosum* em suas fases imatura e adulta.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A LAGARTA-DO-CARTUCHO DO MILHO, *Spodoptera frugiperda*

A lagarta *S. frugiperda* é capaz de se alimentar de mais de 353 espécies de plantas, incluindo o algodoeiro, o milho e a soja (MONTEZANO, D. G. *et al.*, 2018). No Brasil, por exemplo, a lagarta-do-cartucho é considerada a praga mais importante da cultura do milho (ÁVILA, C. J.; PAPA, G., 2015). Entretanto, também pode causar danos a outras culturas, tais como arroz (BUSATO, G. R. *et al.*, 2006), amendoim (ISIDRO, R.; ALMEIDA, R. P.; PEREIRA, J. O. V., 1997) e algodão (FERNANDES, M., *et al.*, 2012).

As mariposas de *S. frugiperda* podem colocar até 1.500 ovos na face adaxial das folhas de milho, sendo que o período embrionário é de cerca de três dias. A fase larval de *S. frugiperda* dura em torno de 20 dias, período em que consome grande quantidade de área foliar (CRUZ, I., 2008). Os danos causados por esse inseto durante o 1º e 2º instares podem ser caracterizados pela raspagem das folhas. Tão logo esse inseto atinge o 3º instar, penetra no cartucho-do-milho perfurando as folhas (LEIDERMAN, L.; SAUER, H.F. G., 1953 *apud* SARMENTO, R. D. A. *et al.*, 2002). As lagartas pupam no solo e duram cerca de 10 dias, completando o ciclo biológico, podendo esse variar em função da temperatura, alcançando 30 dias durante o verão, ou até 50 dias no inverno (DO, C., 1995), sob temperatura de 22 a 25°C (NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R., 1981).

A lagarta-do-cartucho pode também provocar danos semelhantes aos causados pela lagarta-da-espiga do milho, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), ao atacar o ponto de inserção da espiga, ou consumir os grãos em formação na espiga. Nesse caso, facilita a penetração de fungos, ocasionando danos indiretos (CRUZ, I., 2008).

O controle de *S. frugiperda* envolve principalmente o uso de inseticidas químicos sintéticos e plantas geneticamente modificadas. Entretanto, o uso indiscriminado dessas técnicas tem levado à seleção de populações de insetos resistentes (YU, S. J.; MCCORD, E., 2007; TABASHNIK, B. E., VAN RENSBURG, J. B. J., CARRIÈRE, Y. 2009; AMARAL, F. S. A. *et al.*, 2020; GUTIERREZ-MORENO, R.,

et al., 2020) e provocado desequilíbrios biológicos com redução populacional de polinizadores e inimigos naturais.

Recentemente, foi constatada a presença de *S. frugiperda* em países da Ásia e África (WAN, J., *et al.*, 2021), o que reforça ainda mais a necessidade de pesquisas que busquem desenvolver novas moléculas para o controle desse inseto. Nesse contexto, substâncias derivadas de plantas apresentam-se muito promissoras para o controle de insetos (ISMAN, M. B., 2020a). Por exemplo, Alves, D. S. *et al.* (2020) verificaram que as substâncias trans-asarona e 2,4,5-trimetoxiestireno, isoladas das cascas do caule de *D. lanceolata* apresentaram alta atividade inseticida para *S. frugiperda* em ensaio de ingestão. Rioba, N. B.; Stevenson, P. C., (2020) constataram que o extrato etanólico das folhas de *Euphorbia pulcherima* Willd. ex Klotzsch (Euphorbiaceae), causou alta mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* quando incorporado em dieta artificial, sendo que os insetos ainda apresentaram redução de peso nos estágios larval e pupal e na viabilidade dos ovos.

4.2 O PARASITOIDE *Trichogramma pretiosum*

Os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* constituem um dos grupos mais importantes de agentes de controle biológico, sendo amplamente utilizados em em várias partes do mundo para o controle de pragas (ZANG, L. S., *et al.*, 2021). Os adultos de *Trichogramma* spp. parasitam ovos de seus hospedeiros, sendo que após a eclosão, as larvas de *Trichogramma* spp. se alimentam da massa vitelina e/ou embrião do hospedeiro, impedindo a eclosão do hospedeiro antes que haja qualquer dano.

Para exemplificar a importância de parasitoides do gênero *Trichogramma* é possível mencionar que apenas no Brasil é estimado que 2.252.900 ha sejam tratados com *Trichogramma* spp., o que faz desse o inimigo natural o mais utilizado no Brasil (PARRA, J. R. P.; COELHO, A., 2019).

Apesar da grande importância dos parasitoides do gênero *Trichogramma* no controle de lepidópteros pragas, é sabido que o uso de inseticidas químicos sintéticos podem causar efeitos letal e/ou subletais sobre esses organismos não alvos (PAIVA, A. C. R. DE, *et al.*, 2020; RAKES, M., *et al.*, 2021; ALANO, D. M., *et al.*, 2021), implicando assim no comprometimento do controle biológico em condições de campo.

Assim, no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP) é desejável a compatibilidade entre os diferentes métodos de controle. Nesse sentido, a seletividade de inseticidas botânicos para *Trichogramma* spp. tem sido pesquisada. Quando foi avaliada a seletividade de extratos acetônicos de *Toona ciliata* M. Roem. (Meliaceae), óleo de neem comercial e formulação nanoencapsulada de óleo de neem, os pesquisadores constataram que a formulação nanoencapsulada causou baixos índices de toxicidade para *T. pretiosum* (RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T., *et al.*, 2017). Em outro estudo, foi constatado que metabólitos secundários proveniente de *Allium sativum* L. (Liliaceae) e *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae) apresentaram-se seletivos para *T. pretiosum*, sendo recomendados para serem utilizados em programas de MIP (PARREIRA, D. S., *et al.*, 2018).

4.3 PLANTAS SELECIONADAS PARA ESSE ESTUDO

Foram selecionadas as espécies de plantas da família Annonaceae: *A. neolaurifolia*, *D. lanceolata* e *X. brasiliensis*. Essas espécies foram selecionadas porque existem poucos estudos fitoquímicos a seu respeito e por apresentarem registros de atividade biológica.

A espécie *A. neolaurifolia* é conhecida popularmente como Araticum – Açú. Em estudos fitoquímicos conduzidos com essa espécie foi detectada a presença de acetogeninas (PIMENTA, *et al.*, 2001), que são metabólitos secundários conhecidos por sua atividade inseticida. Entretanto, a atividade acaricida da fração solúvel em diclorometano, proveniente do extrato metanólico de *A. neolaurifolia*, não foi constatada para *Tetranychus tumidus* Banks (Tetranychidae) (ALVES, D. S. *et al.*, 2015).

Quanto à espécie *D. lanceolata*, conhecida como pindaiva ou ateira-da-mata, a atividade acaricida para *T. tumidus* e *Tetranychus urticae* Koch (Acari Tetranychidae) já foi relatada (ALVES, D. S., *et al.*, 2015). Também existem registros de atividade inseticida dessa planta para lagartas de *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão, sendo a toxicidade atribuída à trans-asarona e 2,4,5-trimetoxiestireno (ALVES, D. S. *et al.*, 2016, 2020).

A outra espécie selecionada para esse trabalho foi *X. brasiliensis*, que é conhecida popularmente como pindaíba. Em estudos realizados com plantas do

gênero *Xylopi*a foi observada grande variedade de metabólitos secundários, tais como diterpenoides e alcaloides (MOREIRA, I. C., *et al.*, 2013). Acetogeninas também foram detectadas e apresentaram promissora atividade antitumoral *in vivo* (MOREIRA, I. C., *et al.*, 2013; VIEIRA, M. G. S., *et al.*, 2021). A fração solúvel em diclorometano, proveniente do extrato metanólico de *X. brasiliensis*, não apresentou toxicidade para *T. tumidus* (ALVES, D. S., *et al.*, 2015). Em outro trabalho, essa mesma fração não apresentou atividade inseticida para *S. frugiperda* em ensaio de ingestão (ALVES, D. S., *et al.*, 2016).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 OBTENÇÃO DOS OES

Os materiais botânicos provenientes de *A. neolaurifolia* (folhas, galhos e cascas do caule), *D. lanceolata* (folhas, cascas do caule e galhos) e *X. brasiliensis* (cascas do caule e galhos) (Tabela 1) foram coletados no mês de fevereiro de 2019 na Região do Alto do Rio Grande, Lavras, Minas Gerais. Exsiccatas foram depositadas no Herbário Esal, Universidade Federal de Lavras.

O material fresco foi submetido à hidrodestilação em aparelho Clevenger. O óleo foi separado da água por decantação, sendo que o sulfato de sódio anidro foi empregado para a remoção de traços de água do óleo. Os OEs de *A. neolaurifolia* (folhas), *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (cascas do caule e galhos) apresentaram maior rendimento na extração e foram submetidos às etapas posteriores do trabalho.

Tabela 1 - Espécies de plantas empregadas para a obtenção dos óleos essenciais. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

Espécie/Sinonímia ¹	Massa do material fresco (kg)	Parte coletada	Massa óleo (g)/rendimento (%)	Número de exsicata	Coordenadas geográficas
<i>Annona neolaurifolia</i> H. Rainer Sin. <i>Rollinia laurifolia</i> Schlt	2,2	Folhas	3,69 (0,19%)	27638	S 21°13.648'; W 044°57.405'
	1,1	Cascas do caule	0		
	1,2	Galhos	0		
<i>Duguetia lanceolata</i> A. St.-Hil.	1,9	Folhas	3,69 (0,19%)	27629	S 21°13.567'; W 044°57.575'
	4,3	Cascas do caule	2,54 (0,058%)		
	1,1	Galhos	0		
<i>Xylopiya brasiliensis</i> Sin. <i>Xylopiya gracilis</i> (R.E.Fr.) R.E.Fr	2,9	Cascas do caule	0,13 (0,009%)	27636	S 21°13.732'; W 044°58.064'
	1,4	Galhos	0,82 (0,028%)		

¹Oliveira-Filho (2013).

Fonte: Autoria própria

5.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS OES

As análises foram conduzidas na Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Empregou-se cromatógrafo de gás acoplado a um espectrômetro de massa (modelo QP2010, Shimadzu, Japão), equipado com uma coluna capilar RTX[®]-5MS (30 m × 0,25 mm ID × 0,25 µm de espessura do filme; Restek). O gás de arraste empregado foi hélio a 1,0 mL min⁻¹. De acordo com Adams (2007) as seguintes condições foram usadas: (1) temperatura do injetor split/splitless: 220 °C; (2) proporção de divisão: 1:20; (3) temperatura inicial da coluna: 60 °C; (4) taxa de elevação da temperatura da coluna: 2 °C min⁻¹ até 200 °C e então 5 °C min⁻¹; (5) temperatura final da coluna: 250 °C; (6) temperatura da interface entre o cromatógrafo de gás e o espectrômetro de massa: 220 °C; (7) impacto de elétrons a 70 eV; (8) intervalo de análises de massa/carga (m/z): 45–400 e (9) tempo de aquisição do espectro de massa: 0,5 s.

Uma solução de alcanos lineares homólogos, contendo átomos de carbono C₉-C₂₀, foi usada como padrão externo. Todos os espectros de massa foram comparados aos da NIST 05 Mass Spectral Library (2005), e todos os picos no cromatograma com índice de similaridade abaixo de 90% foram considerados não identificados. Para cada um dos picos restantes, o índice aritmético (AI) foi calculado de acordo com a seguinte fórmula: $AI = \{100Pz + 100 [(RT - RTPz)/(RTPz + 1 - RTPz)]\}$, onde Pz = número de átomos de carbono do alcano linear com tempo de retenção imediatamente inferior ao da substância a ser identificada no cromatograma; RT = tempo de retenção (min) da substância a ser identificada no cromatograma; RTPz = tempo de retenção (min) do alcano linear com número de átomos de carbono igual a Pz, e RTPz + 1 = tempo de retenção (min) do alcano linear com número de átomos de carbono igual a Pz + 1. Substâncias com valores calculados de AI correspondendo a um erro ≥3% em relação ao AI descrito por (Adams, 2007) foram considerados não identificados.

5.3 BIOENSAIOS COM *S. frugiperda*

5.3.1 Criação de *S. frugiperda*

Para os bioensaios foram empregados ovos provenientes da segunda postura de adultos mantidos em laboratório em gaiolas confeccionadas de tubos de PVC (19 cm de largura x 20 cm de altura), colocadas sobre placas de Petri, com as paredes internas forradas com papel-filtro para servir de local de oviposição e a extremidade superior foi coberta com tecido tipo *voile*. Os adultos foram alimentados com solução aquosa de mel a 10%. As lagartas de *S. frugiperda* foram mantidas em dieta artificial (Parra, 2001). A criação e os bioensaios foram mantidos em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h.

5.3.2 Ensaio de aplicação tópica dos OEs em lagartas de *S. frugiperda*

Os OEs de *A. neolaurifolia* (folhas), *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (galhos e cascas do caule) (10 mg) foram solubilizados em acetona (100 μL). Alíquotas (1 μL) da solução resultante foram aplicadas no dorso de lagartas com 72 h de idade, mantidas previamente em dieta artificial. Dessa maneira a dose recebida foi de 100 $\mu\text{g/inseto}$. Após a aplicação, as lagartas foram transferidas para tubos de vidro (2,5 cm x 8,0 cm de altura) contendo um pedaço de dieta artificial de 1,0 cm x 1,5 cm de altura. Os tubos foram fechados com algodão hidrófilico.

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 50 repetições por tratamento, sendo cada uma foi formada por um tubo contendo uma lagarta. O controle negativo foi constituído apenas de acetona. O bioensaio foi repetido duas vezes em diferentes dias. A sobrevivência dos insetos foi avaliada após 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 h da aplicação dos OEs. Considerou-se como morto o inseto que não respondia ao toque de um pincel de cerdas finas e macias.

5.3.3 Ensaio de ingestão com os OEs, sem chance de escolha

Os OEs provenientes de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *X. brasiliensis* (cascas do caule) foram selecionados por apresentarem maior bioatividade no ensaio de aplicação tópica (subitem 5.3.2). Assim, os OEs (200 mg) foram solubilizados em solução aquosa de Tween 80 a 1% (20 mL). A solução resultante (20 mL) foi incorporada em dieta artificial (200 mL). Em seguida, pedaços de dieta (1,0 cm x 1,5 cm de altura) foram transferidos para tubos de vidro (2,5 cm x 8,0 cm de altura) onde foi inoculada uma lagarta de *S. frugiperda* com 48 h de idade, mantida previamente em dieta artificial.

O ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 50 repetições por tratamento, sendo cada uma formada por um tubo contendo uma lagarta. Os controles negativos foram constituídos por dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1%. O experimento foi repetido duas vezes em diferentes dias. A sobrevivência dos insetos foi avaliada após 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 h do oferecimento das dietas contendo os OEs às lagartas. Após 168 h do oferecimento da dieta contaminada com os OEs avaliou-se o peso das lagartas vivas.

5.3.4 Ensaio de preferência alimentar de *S. frugiperda* com chance de escolha

Os OEs de *D. lanceolata* (folhas e cascas do caule) foram selecionados por causarem redução no peso das lagartas de *S. frugiperda* no ensaio de ingestão sem chance de escolha (subitem 5.3.3). Os OEs (100 mg) foram solubilizados em solução aquosa de Tween 80 a 1% (10 mL) e incorporados à dieta artificial (100 mL). Em seguida, pedaços de dieta (1,5 cm de diâmetro x 1,3 cm de altura), previamente pesados, foram dispostos equidistantemente em arena constituída de placa de Petri (15 cm de diâmetro x 1,9 cm de altura). Em cada arena foram colocados dois pedaços de dieta, um contendo o tratamento com o óleo essencial e outro com a dieta contendo solução aquosa de Tween 80 a 1%. Na arena do tratamento controle foi empregado um pedaço de dieta na qual foi acrescida água destilada e outro em que foi adicionada solução aquosa de Tween 80 a 1%. No centro de cada arena, foram liberadas cinco lagartas de *S. frugiperda*, com sete dias de idade, que foram mantidas previamente sem alimento durante 2 h antes da liberação no centro de cada arena. Foram usadas alíquotas (1,0 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura) da dieta para a determinação do peso seco.

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quinze repetições por tratamento, sendo cada uma constituída por uma placa de Petri com cinco lagartas. A avaliação da não preferência das lagartas pela dieta contendo os OEs foi calculada em função da percentagem de lagartas presentes em cada tratamento, após 24, 48 e 72 h da liberação dos insetos. Foram contabilizadas apenas aquelas lagartas que se encontraram sobre a dieta no momento da avaliação. Após 72 h da liberação das lagartas nas arenas, a dieta não consumida foi submetida à secagem em estufa a 45°C por 24 h para determinação do peso seco de dieta consumida. O consumo alimentar dos insetos foi determinado pela seguinte fórmula: consumo alimentar (g) = peso seco inicial da dieta – peso seco final da dieta.

5.3.5 Determinação da resposta dose-tempo-mortalidade

Para esse ensaio foram empregados os OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata*, os quais apresentaram maior atividade para *S. frugiperda* em ensaio tópico (subitem 5.3.2) e maior percentagem de rendimento na extração (Tabela 1). As doses empregadas foram determinadas por meio de ensaios prévios, de forma a obter faixas que causassem mortalidade de 20 a 80% dos insetos (FINNEY, 1971). O OE das cascas do caule de *D. lanceolata* foi empregado nas doses de 5; 9; 15; 27 e 50 µg de óleo/inseto. Ao passo que para o OE das folhas de *D. lanceolata* foi utilizado nas concentrações de 1; 3; 10; 32 e 100 µg de óleo/inseto. Adicionalmente, os óleos tiveram sua atividade inseticida comparada à do ingrediente ativo cipermetrina Sigma-Aldrich®, nas doses de 0,0001; 0,0017; 0,032; 0,5623 e 10 µg/inseto. Os compostos foram aplicados topicamente sobre lagartas com 72 h de idade, conforme descrito no subitem 5.3.2.

O delinamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 50 repetições por tratamento, sendo cada uma formada por um tubo de vidro (2,5 cm x 8,0 cm de altura) contendo uma lagarta. Os ensaios foram repetidos duas vezes em dias diferentes. As avaliações foram realizadas após 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 h da aplicação dos tratamentos, contando-se o número de insetos vivos. A sobrevivência dos insetos ao longo do tempo foi usada para a determinação da resposta tempo-mortalidade. Os dados referentes à sobrevivência após 24 h do tratamento foram empregados para determinação da resposta dose-mortalidade.

5.3.6 Bioatividade dos compostos majoritários dos OEs

Para este bioensaio foram empregados os compostos majoritários do OE das folhas de *D. lanceolata*, beta-cariofileno (Sigma-Aldrich®; pureza $\geq 80\%$) e óxido de cariofileno (Sigma-Aldrich®; pureza $\geq 99\%$). Os tratamentos foram constituídos: testemunha negativa (acetona); OE das folhas de *D. lanceolata* (38,33 $\mu\text{g/inseto}$); beta-cariofileno (3,36 $\mu\text{g/inseto}$); óxido de cariofileno (3,6 $\mu\text{g/inseto}$) e mistura de beta-cariofileno (3,36 $\mu\text{g/inseto}$) e óxido de cariofileno (3,6 $\mu\text{g/inseto}$).

A dose foi determinada de acordo com a DL_{50} obtida para os óleos essenciais (subitem 5.3.5). Para os cálculos utilizou-se a seguinte fórmula: Dose a ser testada = dose do óleo essencial (DL_{50}) x teor do composto majoritário (%). Foi empregado ainda um fator de correção de acordo com a pureza do composto majoritário descrita pelo fabricante. O ensaio foi conduzido conforme descrito em 5.3.2.

5.4 ENSAIOS COM *T. Pretiosum*

5.4.1 Obtenção dos insetos

Os parasitoides *T. pretiosum* e ovos inviabilizados do hospedeiro alternativo, *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), foram adquiridos da empresa Promip - Manejo Integrado de Pragas (Engenheiro Coelho – São Paulo, Brasil).

5.4.2 Ensaio com fases imaturos de *T. pretiosum*

Os OEs oriundos das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata*, os quais causaram alta mortalidade para lagartas de *S. frugiperda* (subitem 5.3.2), foram empregados nas concentrações de 70,76 e 127,15 µg/µL. As concentrações foram determinadas com base na DL₉₀ determinada no subitem 5.3.5. Trinta fêmeas de *T. pretiosum*, por tratamento, foram individualizadas em tubos de vidro (2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura) e alimentadas com gotas mel puro. Cerca de 125 ovos de *E. kuehniella* foram aderidos a cartelas de cartolina azul (5 cm de altura x 0,5 cm de largura), com auxílio de goma arábica diluída a 50% em água, e ofertados às fêmeas dos parasitoides por 24 h. Decorrido esse período, as fêmeas foram descartadas e os ovos supostamente parasitados foram usados para a condução do bioensaio, de acordo com cada fase de desenvolvimento desejada do parasitoide.

As cartelas com ovos de *E. kuehniella* (30 por tratamento), contendo o parasitoide no período de ovo-larva (0 – 24 h após o parasitismo), fase de pré-pupa (72 – 96 h após o parasitismo) e pupa (168 – 192 h após o parasitismo) foram imersas nas soluções dos OEs, solubilizados em acetona, por cinco segundos, conforme metodologia de RAMPELOTTI-FERREIRA et al. (2017) e PARREIRA et al. (2019). . Após a evaporação do solvente em capela por 1 h, as cartelas foram colocadas em novos tubos que foram mantidos em câmara climatizada à temperatura de 25 ± 2°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 12 h por 14 dias.

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente ao acaso, com 30 repetições, sendo cada uma formada de um tubo contendo uma cartela com ovos *E. kuehniella* contendo *T. pretiosum* no período de ovo-larva ou nas fases de pré-pupa ou pupa em seu interior. Os efeitos dos compostos sobre os parasitoides da geração F1 foram avaliados em função da porcentagem de emergência e determinação da razão sexual dos parasitoides quando tratados nas diferentes fases de seu desenvolvimento imaturo.

5.4.3 Ensaio com fase adulta *T. pretiosum*

As concentrações e os tratamentos empregados foram os mesmos descritos no subitem 5.4.2. Para a condução do ensaio, 30 fêmeas de *T. pretiosum* por tratamento, foram individualizadas em tubos de vidro e alimentadas com mel puro na forma de gotícula depositada na parede de cada tubo. Cerca de 125 ovos de *E. kuehniella* foram aderidos em cartelas de cartolina azul (5 cm de altura x 0,5 cm de largura) com auxílio de goma arábica diluída a 50% em água. Em seguida, as cartelas contendo os ovos foram tratadas com os óleos essenciais, conforme descrito em 5.4.2. Após 1 h em capela para a eliminação do solvente, os ovos foram oferecidos às fêmeas por um período de 24 h para parasitismo. Logo após, as fêmeas foram mantidas nos mesmos tubos com o objetivo de se avaliar sua longevidade, e as cartelas contendo os ovos supostamente parasitados foram transferidas para novos tubos e mantidos em câmara climatizada nas mesmas condições descritas anteriormente, até a emergência dos parasitoides da geração F1.

O bioensaio foi conduzido em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com 30 repetições, sendo cada uma formada por um tubo contendo uma cartela com cerca de 125 ovos *E. kuehniella*. Foi avaliada a longevidade das fêmeas, capacidade de parasitismo das fêmeas da geração F0 e emergência dos insetos da geração F1.

5.4.4 Classificação dos compostos segundo a IOBC

A classificação da seletividade dos compostos foi feita seguindo os critérios da IOBC, onde classe 1 = inofensivo (redução do parasitismo (RP) ou de emergência (RE) <30%); classe 2 = ligeiramente prejudicial ($30\% \leq (RP - RE) \leq 79\%$); classe 3: moderadamente prejudicial ($80\% \leq (RP - RE) \leq 99\%$) e classe 4: prejudicial ($(RP - RE) > 99\%$).

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes à sobrevivência dos insetos ao longo do tempo e de longevidade de *T. pretiosum* foram submetidos à análise de sobrevivência, empregando-se a distribuição de Weibull. O ajuste dos dados à distribuição de Weibull se deu por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Para a formação de grupos congêneres, foi empregada análise de contraste. Para cada grupo, o tempo letal mediano (TL₅₀) foi determinado, usando-se a equação:

$$S(LT_{50}) = \exp(-(LT_{50}/\delta)^\alpha)$$

onde: S = sobrevivência; δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala.

Os dados relacionados ao peso das lagartas, porcentagem de emergência dos parasitoides e número de ovos parasitados tiveram a normalidade e homocedasticidade verificadas por meio do teste de Shapiro-Wilk e Bartlett. Os dados que não atenderam esses pressupostos foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

Os dados coletados no ensaio de preferência alimentar com chance de escolha e referentes à razão sexual foram analisados por meio do teste de qui-quadrado (χ^2).

Os dados de mortalidade referentes ao ensaio de dose-resposta foram submetidos à análise de logit. Para o cálculo da dose letal mediana (DL₅₀) e dose letal a 90% (DL₉₀) da população foi empregada a fórmula:

$$f(x) = 1 / (1 + \exp(b(\log(x) - \log(e))))$$

onde “b” e “e” = coeficientes da equação

Todas as análises foram realizadas empregando-se o software R® (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

6 RESULTADOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS OES

Para o óleo das folhas de *A. neolaurifolia* os compostos presentes em maior quantidade foram (E) cariofileno (13,7%), óxido de cariofileno (7,98%) e beta-pineno (6,35%). Referente ao óleo das folhas de *D. lanceolata*, beta-cariofileno (7,33%) e óxido de cariofileno (9,32%) foram encontrados em maior proporção. No óleo das cascas do caule de *D. lanceolata* os constituintes beta-pineno (13,55%) e alfa-pineno (9,7%) foram os mais abundantes. No OE dos galhos de *X. brasiliensis* o espatulenol (43,14%) foi o majoritário, enquanto que no de cascas do caule dessa planta, espatulenol (7,94%), beta-pineno (7,0%) e canfeno (6,1%) foram encontrados em maior proporção (Tabela 2).

Tabela 2 - Análises por CG-EM dos óleos essenciais provenientes de *Annona neolaurifolia* (folhas), *Duguetia lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *Xylopiá brasiliensis* (galhos e cascas do caule). UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

(continua)

Substância	Área (%)	Probabilidade	Fórmula molecular	AI(Calculado)**	AI(Literatura)***
A. neolaurifolia (folhas)					
Alfa-pineno	6,8	97	C10H16	931	932
Sabineno	1,47	94	C10H16	970	969
Beta-pineno	6,35	97	C10H16	974	974
Linalool	5,45	93	C10H18O	1099	1095
Alfa-terpineol	1,550	94	C10H18O	1188	1186
Alfa-copaene	1,570	94	C15H24	1371	1374
Beta-cubebeno	1,070	94	C15H24	1386	1387
(E) cariofileno	13,700	94	C15H24	1414	1417
Alfa-humuleno	2,930	95	C15H24	1448	1452
Gama-muuroleno	1,440	92	C15H24	1473	1478
NI*	5,940	91	C15H24	1476	1483
NI*	1,190		C15H24	1490	
Delta-cadineno	1,260	89	C15H24	1520	1522
Espatulenol	2,650	92	C15H24O	1572	1577
Óxido de cariofileno	7,980	95	C15H24O	1577	1582
NI*	1,000		C15H24O	1602	

Tabela 2 - Análises por CG-EM dos óleos essenciais provenientes de *Annona neolaurifolia* (folhas), *Duguetia lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *Xylopiá brasiliensis* (galhos e cascas do caule). UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

(continuação)

Substância	Área (%)	Probabilidade	Fórmula molecular	AI(Calculado)**	AI(Literatura)***
<i>D. lanceolata</i> (folhas)					
Alfa-pineno	1,8	97	C10H16	931	932
Beta-pineno	3,38	98	C10H16	975	974
Beta-cariofileno	7,43	94	C15H24	1414	1417
Alfa-cariofileno	1,110	95	C15H24	1448	1452
NI*	1,280		C15H24O	1467	
NI*	1,470	94	C15H24	1476	
NI*	1,020	81	C20H34O2	1483	
NI*	2,480	83	C15H26O	1521	
NI*	4,070	82	C20H34O2	1550	
Espatuleno	4,590	92	C15H24O	1572	1577
Óxido de cariofileno	9,420	94	C15H24O	1577	1582
Elemol	1,160	91	C15H26O	1587	1548
Guaiol	2,270	92	C15H26O	1594	1600
NI*	3,920	89	C15H26O	1608,523038	
NI*	1,530	84	:C15H24O	1624,622109	
NI*	1,400	87	C15H24O	1634,001093	
NI*	1,780	90	C15H26O	1636,878529	
NI*	4,440	90	C15H26O	1644,727736	1630
NI*	1,630	89	C15H26O	1652,668002	
NI*	1,080	81	C15H26	1664,086687	
NI*	1,810	84	C15H24O	1682,443999	
NI*	1,030	85	C15H24	1757,919847	
NI*	1,750	84	C15H26O	1773,187023	
NI*	1,190			1783,60687	
NI*	1,320	81	C15H24O	1897,1	
<i>D. lanceolata</i> (cascas do caule)					
Alfa-pineno	9,7	97	C10H16	931	932
<β-> Pineno	13,55	97	C10H16	975	974
<α-> Cubebene	1,15	95	C15H24	1346	1348
NI*	2,660		C15H24		
<γ-> Muuroleno	1,250	92	C15H24	1472	1479
<δ-> Cadineno	1,550	90	C15H24	1520	1522
Espatuleno	3,180	92	C15H24O	1572	1577
Óxido de cariofileno	1,800	94	C15H24O	1576	1582
Guaiol	1,010	91	C15H26O	1593	1600
NI*	2,460		C15H24		

Tabela 2 - Análises por CG-EM dos óleos essenciais provenientes de *Annona neolaurifolia* (folhas), *Duguetia lanceolata* (folhas e cascas do caula) e *Xylopiá brasiliensis* (galhos e cascas do caule). UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

(continuação)

Substância	Área (%)	Probabilidade	Fórmula molecular	AI(Calculado)**	AI(Literatura)***
NI*	4,150		C15H24O		
NI*	1,940	87	C15H26O	1637	1645
NI*	6,360		C15H26O		
NI*	12,470		C15H26O		
NI*	1,810		C15H26O		
NI*	1,180		C12H19NO3		
NI*	1,820		C15H24O		
NI*	1,160		C16H20O4		
NI*	1,240		C15H24O		
<i>X. brasiliensis</i> (galhos)					
Alfa-pineno	1,1	97	C10H16	931	932
Canfeno	1,60	97	C10H16	945	946
Beta-pineno	1,00	97	C15H24	974	974
Eucaliptol	2,430	95	C10H18O	1028	1026
Nopinone	1,470	90	C9H14O	1135	1135
Mirenal	1,730	95	C10H14O	1194	1195
Verbenona	1,440	94	C10H14O	1206	1204
Beta-elemeno	1,570	96	C15H24	1388	1389
Beta-cariofileno	1,580	94	C15H24	1414	1417
Espatulenol	43,140	94	C15H24O	1576	1577
NI*	7,920	95	C15H24O	1579	1582
NI*	5,260	88	C15H24O	1626	
NI*	2,450	88	C15H24O	1635	
NI*	1,180	80	C15H24O	1639	
NI*	1,610	84	C20H34O2	1650	
NI*	1,030	82	C15H22O	1674	
<i>X. brasiliensis</i> (cascas do caule)					
Alfa-pineno	5,7	97	C10H16	931	932
Canfeno	6,1	97	C10H16	946	946
Beta-pineno	7,0	98	C10H16	975	974
Pinocarveol trans/ pinocarveol	1,030	95	C10H16O	1135	1135
Mirtenal	1,030	95	C10H14O	1194	1195
NI*	3,190	94	C15H24	1372	1348
NI*	2,59	87	C15H24	1440	1454
NI*	1,210	91	C15H24	1473	1484
Alfa-curcúmeno	1,600	93	C15H22	1480	1479
NI*	1,340	93	C15H24	1509	1483
NI*	1,980		C15H24	1520	

Tabela 2 - Análises por CG-EM dos óleos essenciais provenientes de *Annona neolaurifolia* (folhas), *Duguetia lanceolata* (folhas e cascas do caula) e *Xylopiã brasiliensis* (galhos e cascas do caule). UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

(conclusão)

Substância	Área (%)	Probabilidade	Fórmula molecular	AI(Calculado)**	AI(Literatura)***
NI*	1,750		C19H30O2 / C20H30O5	1550	
NI*	1,350		C15H24O	1561	
Espatulenol	7,940	94	C15H24O	1573	1577
Óxido de cariofileno	5,240	89	C15H24O	1577	1582
NI*	1,400		C15H24	1587	
NI*	1,280				
NI*	2,210		C20H30O5	1607	
NI*	2,270		C15H24	1623	
NI*	1,540		C15H24	1627	
Cubenol	2,820	85	C15H26O	1638	1645
NI*	1,830		C15H24	1602	
NI*	2,440		C15H26O	1607	1652
Beta-bisabolol	4,510	83	C15H26O	1623	1674
NI*	4,670		C15H22O	1627	
NI*	2,260		C22H40O2	1638	
NI*	1,060		C13H18O	1643	
NI*	1,22	85	C15H24O	1648	1579

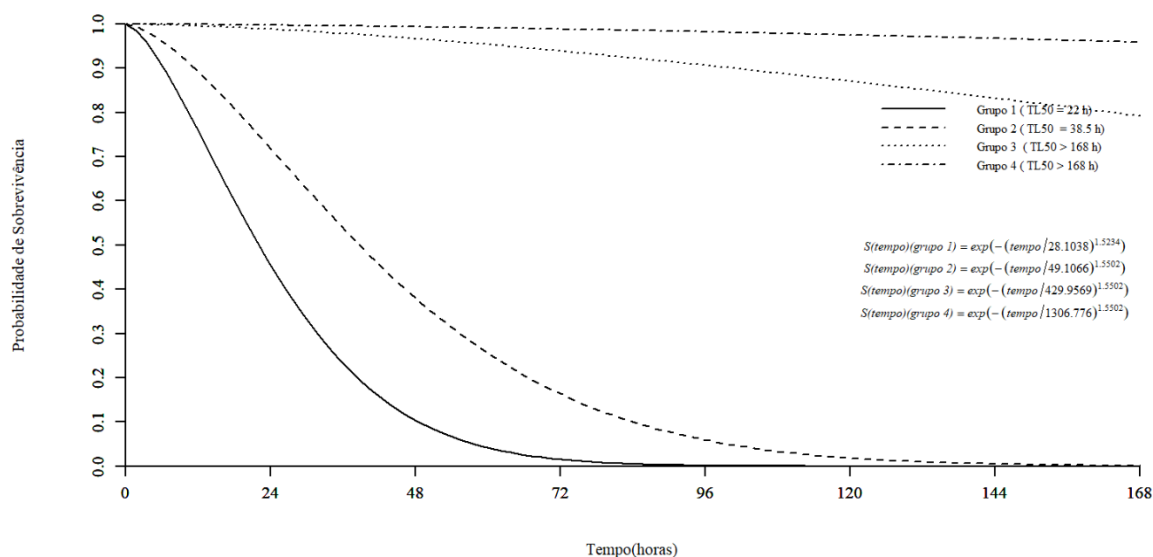
*NI = não identificado. **AI = índice aritmético calculado. ***AI = índice aritmético descrito por Adams (2007).

Fonte: Autoria própria

6.2 ENSAIO DE APLICAÇÃO TÓPICA DOS OES EM LAGARTAS DE *S. frugiperda*

Os dados de sobrevivência das lagartas de *S. frugiperda* foram ajustados à distribuição de Weibull ($D = 0,045531$; $p = 0,5704$), sendo constatada diferença entre os tratamentos ($\chi^2 = 941,31$; $gl = 5$; $p < 0,01$). Houve a formação de quatro grupos congêneres, sendo o grupo 1, com TL_{50} de 22 h, formado pelos OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata* e das cascas do caule de *X. brasiliensis*, sendo que após 77 h da aplicação desses OEs 100% das lagartas estavam mortas. O segundo grupo foi formado pelo óleo essencial das folhas de *A. neolaurifolia* com TL_{50} de 38,5 h, com 100% das lagartas mortas após 135 h da sua aplicação. O terceiro grupo foi constituído pelo óleo essencial dos galhos de *X. brasiliensis*, com TL_{50} maior que 168 h e probabilidade de sobrevivência de 0,79. O controle negativo (acetona), apresentou probabilidade de sobrevivência de 0,97 (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que receberam tratamento tópico com os óleos essenciais de anonáceas. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = *Duguetia lanceolata* (folhas e cascas do caule) e *Xylopiá brasiliensis* (cascas do caule); Grupo 2 = *Annona neolaurifolia* (folhas); Grupo 3 = *Xylopiá brasiliensis* (galhos) e Grupo 4 = acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021.

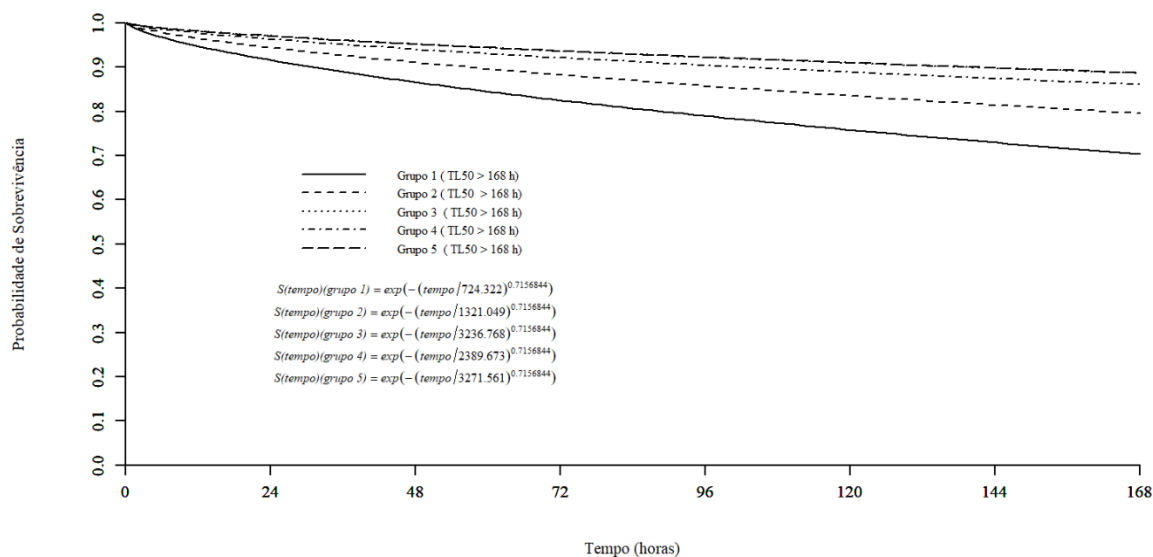


Fonte: Autoria própria

6.3 ENSAIO DE INGESTÃO DOS OES EM LAGARTAS DE *S. frugiperda*

Não foi constatada diferença entre os tratamentos ($X^2 = 14,38$; gl = 4; p = 0,0620), com ajuste dos dados à distribuição de Weibull ($D = 0,05668$; p = 0,4056). As probabilidades de sobrevivência foram de 0,70; 0,79; 0,88; 0,86 e 0,88, respectivamente para *D. lanceolata* (cascas do caule), *X. brasiliensis* (cascas do caule), solução aquosa de Tween 80 a 1%, água e *D. lanceolata* (folhas) (Gráfico 2).

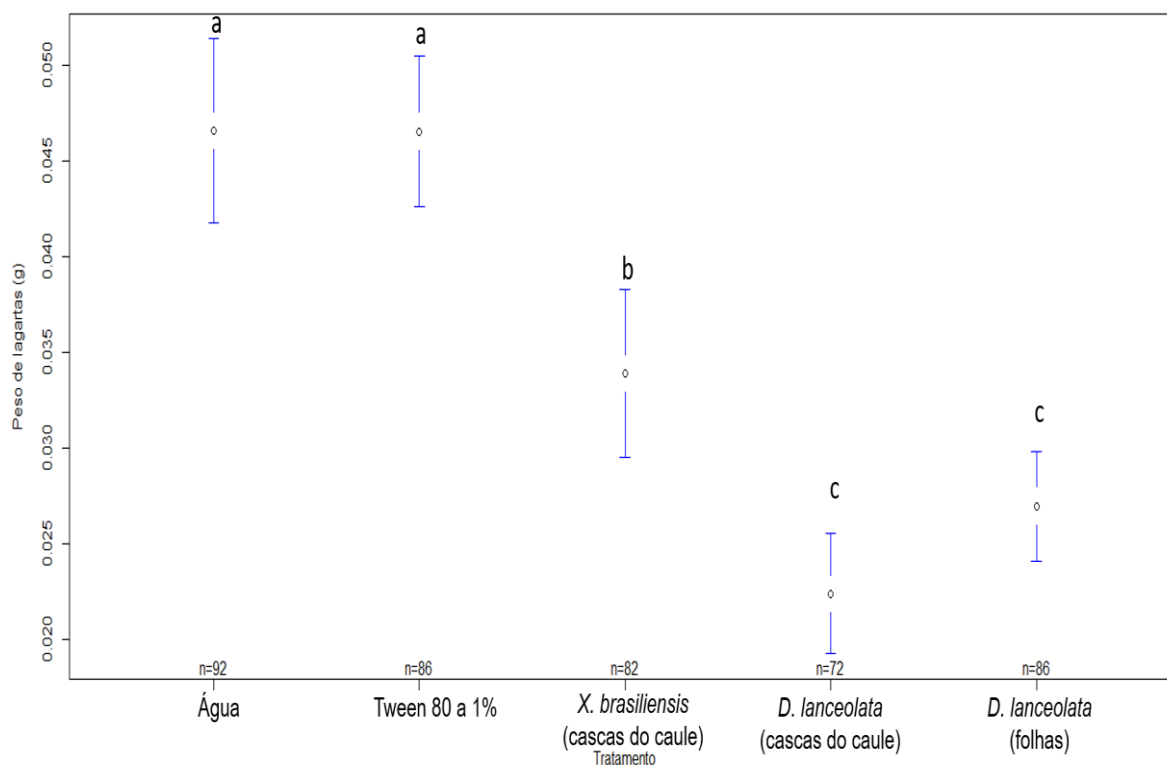
Gráfico 2 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que ingeriram dieta artificial acrescida de óleos essenciais de anonáceas. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = *Duguetia lanceolata* (cascas do caule); Grupo 2 = *Xylopiá brasiliensis* (cascas do caule); Grupo 3 = solução aquosa de Tween 80 a 1%; Grupo 4 = água e Grupo 5 = *Duguetia lanceolata* (folhas). UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021.



Fonte: Autoria própria

No que se refere ao peso das lagartas, observou-se diferença entre os tratamentos ($\chi^2 = 103,72$; gl = 4; $p < 0,01$), variando entre $0,0466 \pm 0,0024$ e $0,0465 \pm 0,0019$ para os controles dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1%. As lagartas alimentadas com dieta acrescida do óleo essencial de *X. brasiliensis* (cascas do caule) apresentaram peso de $0,03393 \pm 0,0022$. Para os tratamentos com os óleos essenciais das cascas do caule e folhas de *D. lanceolata*, as lagartas apresentaram peso de $0,02239 \pm 0,0015$ e $0,02698 \pm 0,0014$ (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Peso de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial acrescida dos óleos essenciais das cascas do caule de *Xylopiá brasiliensis* e das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata*. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021



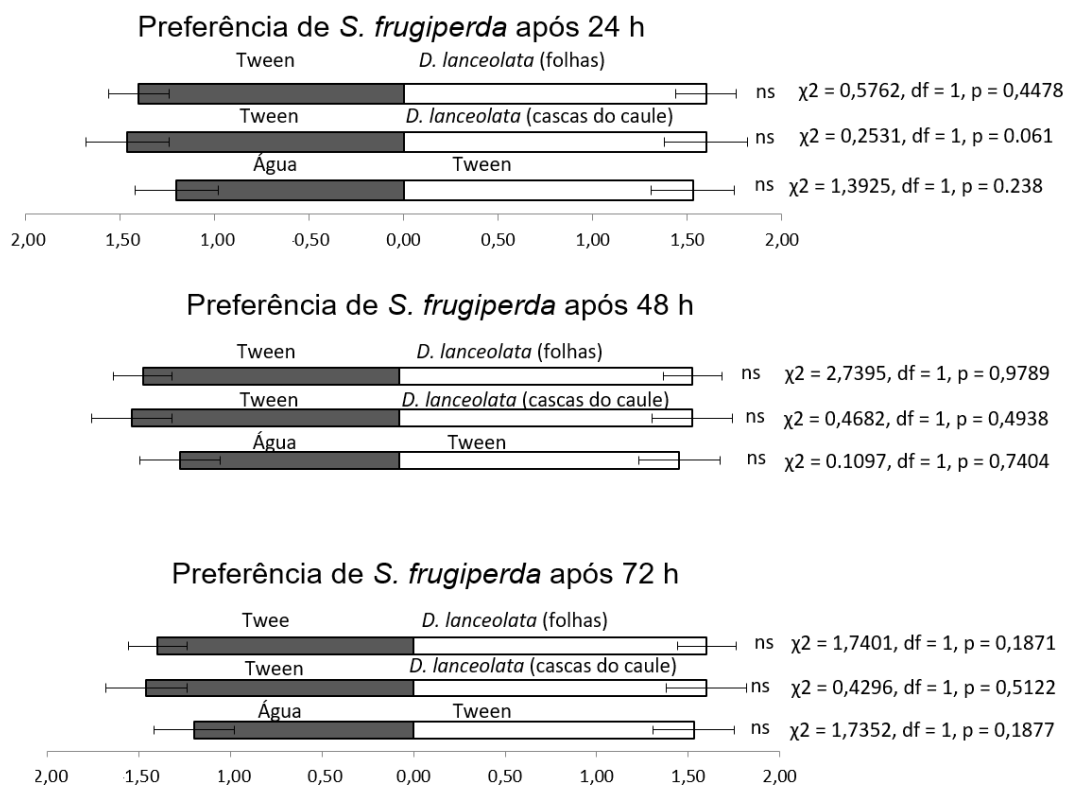
Fonte: Autoria própria

6.4 ENSAIO DE PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE *S. frugiperda* EM TESTE COM CHANCE DE ESCOLHA

Quando os OEs foram incorporados em dieta artificial e oferecidos às lagartas de *S. frugiperda*, não foi constatada preferência alimentar dos insetos (Figura 1). Ou seja, o número de lagartas sobre os pedaços de dieta contendo os OEs não diferiram do número constatado no controle nos tempos avaliados.

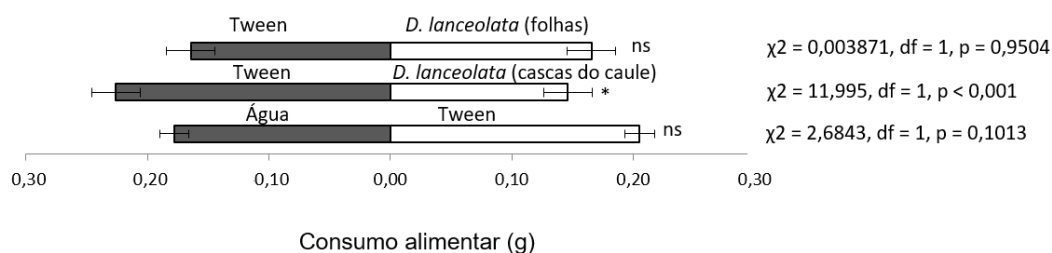
No que se refere ao consumo alimentar, apenas para o tratamento acrescido com o OE das cascas do caule de *D. lanceolata*, foi verificado redução no consumo alimentar das lagartas de *S. frugiperda* (Figura 2).

Figura 1 - Preferência alimentar de lagartas (número de lagartas) de *Spodoptera frugiperda* por óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata* em ensaio com chance de escolha. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021



Fonte: Autoria própria

Figura 2 - Consumo alimentar (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* expostas a dietas tratadas com os óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata*, em ensaio de preferência alimentar com chance de escolha. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021



Fonte: Autoria própria

6.5 DETERMINAÇÃO DA RESPOSTA DOSE-TEMPO-MORTALIDADE

A dose letal mediana (DL₅₀), ou seja, dose necessária para causar mortalidade em 50% da população foi de $38,33 \pm 1,3423$ e $24,75 \pm 2,0589$ $\mu\text{g}/\text{inseto}$ para os OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata*. A dose necessária para causar

mortalidade em 90% da população (DL₉₀) foi de $70,76 \pm 4,3037$ e $127,14 \pm 27,4170$ µg/inseto, para os OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata* (Tabela 3).

Tabela 3 - Resposta dose-mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* tratadas com os óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata* e o ingrediente ativo cipermetrina. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

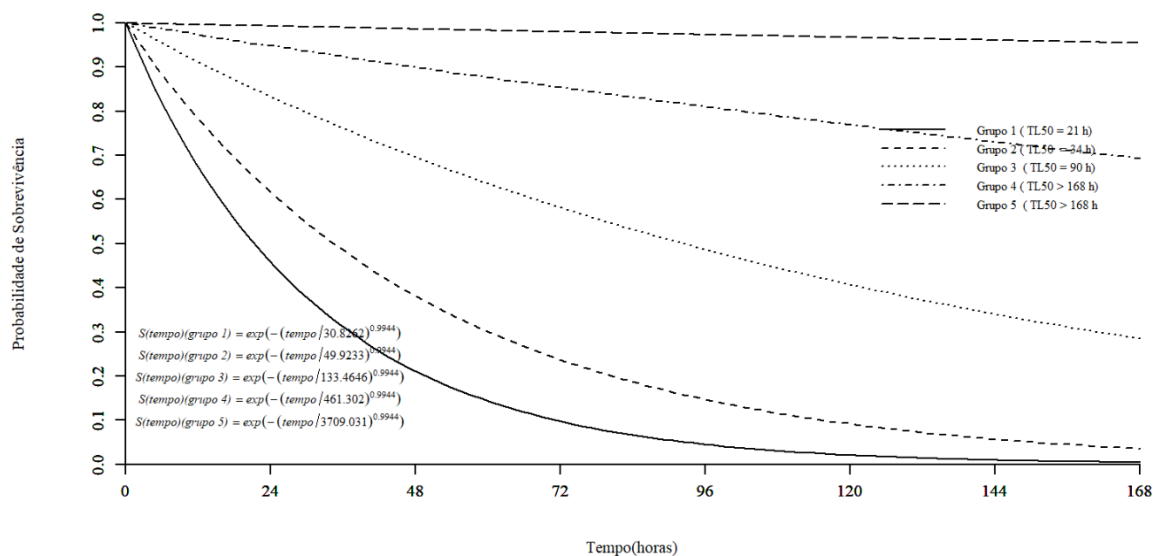
Tratamento	df	χ ²	p	b*	e*	DL ₅₀ (µg/µL)	DL ₉₀ (µg/µL)
<i>Duguetia lanceolata</i> (folhas)	498	477,05	0,7428	-3,58	38,33	$38,33 \pm 1,3423$	$70,76 \pm 4,3037$
<i>Duguetia lanceolata</i> (cascas do caule)	500	543,79	0,0858	-1,34	24,75	$24,75 \pm 2,0589$	$127,14 \pm 27,4170$
Cipermetrina	498	571,11	0,0514	-0,83	0,01	$0,01 \pm 0,0019$	$0,14 \pm 0,0421$

*"b" e "e" = coeficientes da equação $f(x)=1/1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))$.

Fonte: Autoria própria

Referente à resposta tempo-mortalidade, ocorreu diferença entre as doses do óleo essencial de *D. lanceolata* (folhas) ($X^2 = 451,67$; $df = 5$; $p < 0,01$), sendo verificado ajuste dos dados à distribuição de Weibull ($D = 0,035117$; $p = 0,8546$). Houve a formação de cinco grupos congêneres, sendo que os grupos 1, 2, 3 e 4 foram formados pelas doses de 100, 64, 42 e 28 µg/inseto, com TL₅₀ de 21, 34, 90 e maior que 168 h, respectivamente. A menor dose e o controle negativo foram agrupados no grupo 5 com probabilidade de sobrevivência de 0,95 (Gráfico 4).

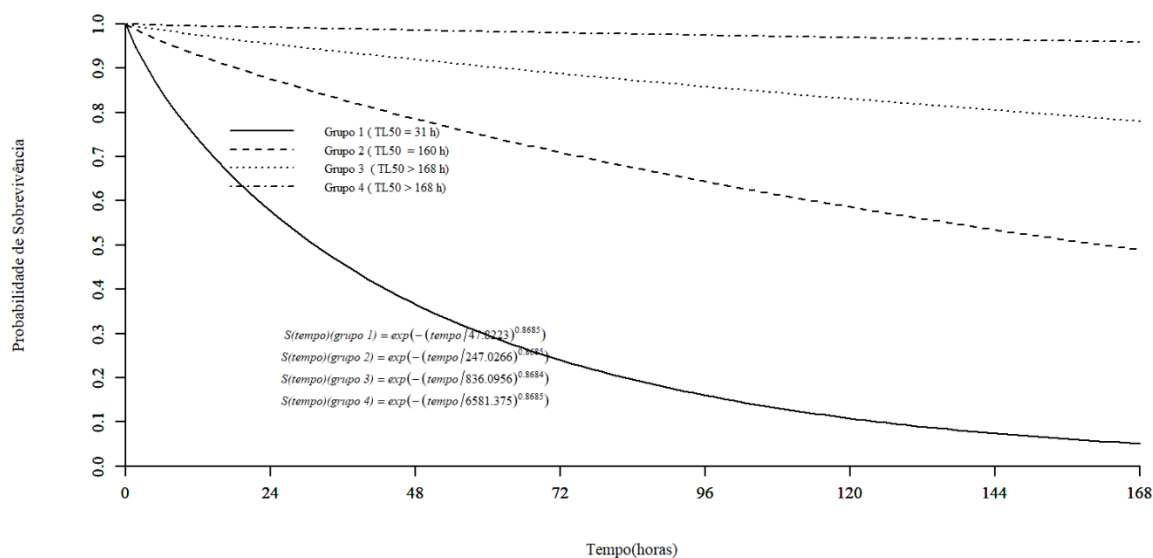
Gráfico 4 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação de diferentes doses do óleo essencial de *Duguetia lanceolata* (folhas). Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = 100 $\mu\text{g}/\text{inseto}$. Grupo 2 = 64 $\mu\text{g}/\text{inseto}$; Grupo 3 = 42 $\mu\text{g}/\text{inseto}$; Grupo 4 = 28 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ e Grupo 5 = 18 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ e 0 $\mu\text{g}/\text{inseto}$. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021



Fonte: Autoria própria

No bioensaio em que as lagartas receberam aplicação tópica com o OE das cascas do caule de *D. lanceolata* constatou-se ajuste dos dados à distribuição de Weibull ($D = 0,7767$; $p = 0,4807$), com diferença entre os tratamentos ($\chi^2 = 298,37$; $gl = 5$; $p < 0,01$). Foram formados 4 grupos congêneres, sendo que a maior dose (50 $\mu\text{g}/\text{inseto}$) apresentou TL₅₀ de 31 h e probabilidade de sobrevivência de 0,05. O segundo grupo (27 $\mu\text{g}/\text{inseto}$) teve TL₅₀ de 160 h e probabilidade de sobrevivência de 0,48. As doses de 5, 8 e 15 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ formaram o terceiro grupo com probabilidade de sobrevivência de 0,78. O controle, acetona formou o quarto grupo com probabilidade de sobrevivência de 0,95 (Gráfico 5).

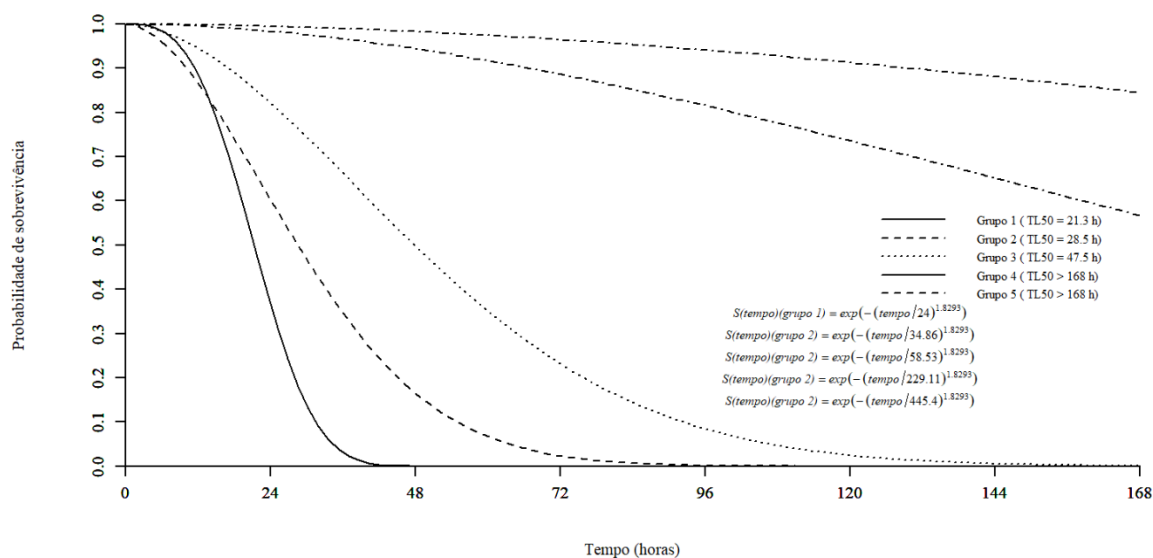
Gráfico 5 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação de diferentes doses do óleo essencial de *Duguetia lanceolata* (cascas do caule). Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = 50 $\mu\text{g}/\text{inseto}$; Grupo 2 = 27 $\mu\text{g}/\text{inseto}$; Grupo 3 = 5, 9 e 15 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ e Grupo 4 = acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021



Fonte: Autoria própria

Quanto ao controle negativo, o ingrediente ativo cipermetrina, houve diferença entre os tratamentos ($\chi^2 = 775,59$; $gl = 5$; $p < 0,01$) e os dados se ajustaram a distribuição de Weibull ($D = 0,076271$, $p = 0,06463$). Sendo possível a formação de cinco grupos de efeitos semelhantes. Apenas a dose de 0,0001 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ e a testemunha acetona foram agrupadas juntas, com probabilidade de sobrevivência de 0,84 e TL 50 > 168 h. A dose de 0,0017 apresentou TL50 > 168 h. Ao passo que as doses de 0,032; 0,5623 e 10 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ apresentaram valores de TL50: 47,5; 28,5 e 21,3 h (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação de diferentes doses do ingrediente ativo cipermetrina. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = 10 µg/inseto; Grupo 2 = 0,5623; Grupo 3 = 0,032 µg/ inseto; Grupo 4 = 0,0017 µg/ inseto e Grupo 5 = acetona e 0,0001 µg/ inseto. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

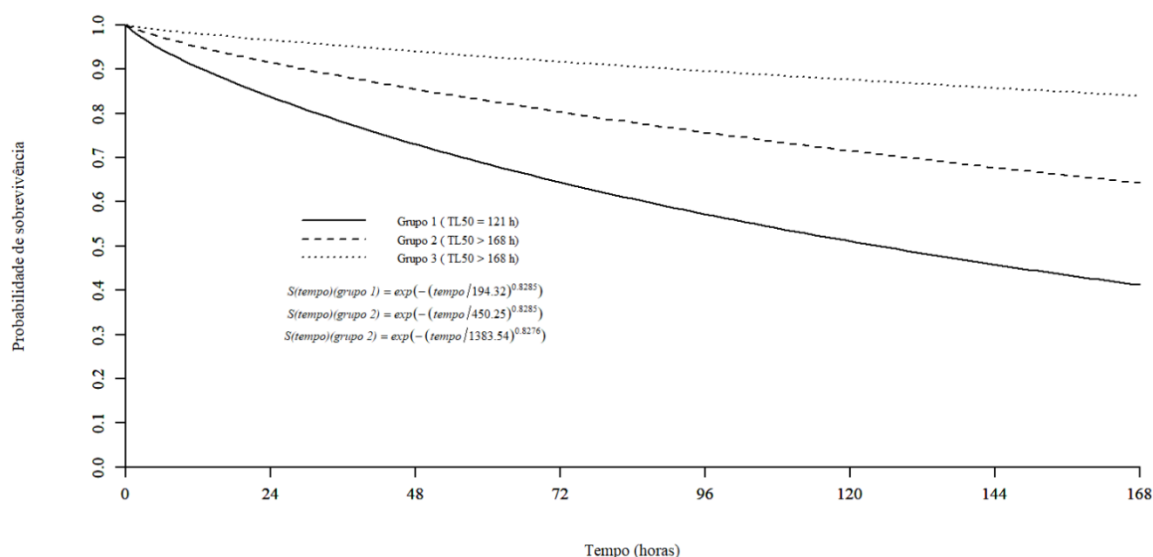


Fonte: Autoria própria

6.6 BIOATIVIDADE DOS COMPOSTOS MAJORITÁRIOS DOS OES PARA *S. frugiperda*

Foi constatada diferença entre os tratamentos ($X^2 = 54,59$; gl = 4; $p < 0,01$) e ocorreu ajuste dos dados à distribuição de Weibull ($D = 0,046278$, $p = 0,6617$). Foi possível a formação de três grupos congêneres. O primeiro grupo, com TL₅₀ de 121 h e probabilidade de sobrevivência de 0,41, foi formado pelo OE das folhas de *D. lanceolata*. A mistura das substâncias beta-cariofileno e óxido de cariofileno formou o segundo grupo com probabilidade de sobrevivência de 0,64 e TL₅₀ > 168h. Ao passo que o terceiro grupo englobou o beta-carifileno, óxido de cariofileno e testemunha acetona com probabilidade de sobrevivência de 0,83 e TL₅₀ > 168 h (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após aplicação do óleo essencial das folhas de *Duguetia lanceolata* e de seus compostos majoritários. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)^\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = óleo essencial das folhas de *D. lanceolata*; Grupo 2 = mistura de beta-cariofileno e óxido de cariofileno; Grupo 3 = beta-cariofileno, óxido de cariofileno e acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021



Fonte: Autoria própria

6.7 ENSAIO COM FASES IMATURAS DE *T. pretiosum*

Foi constatada diferença no parâmetro porcentagem de emergência dos parasitoides que receberam os tratamentos no período de ovo-larva ($X^2 = 52,66$; $df = 2$; $p < 0,01$) e nas fases de pré-pupa ($X^2 = 69,99$; $df = 2$; $p < 0,01$) e pupa ($X^2 = 66,65$; $df = 2$; $p < 0,01$). O óleo essencial das cascas do caule de *D. lanceolata* foi enquadrado em classes de toxicidade III, IV e III para e ovo-larva, pré-pupa e pupa, respectivamente. Ao passo que o óleo das folhas de *D. lanceolata* foi enquadrado nas classes I, II e III para ovo-larva, pré-pupa e pupa, respectivamente. Referente à razão sexual não houve diferença para os tratamentos que foram aplicados no parasitoide no período de ovo-larva ($X^2 = 3,39$; $df = 1$; $p = 0,06539$) e na fase de pré-pupa ($X^2 = 1,27$; $df = 1$; $p = 0,2589$) (Tabela 4).

Tabela 4 - Emergência (%), redução de emergência (RE), classe toxicológica (CT) e razão sexual (RS) para *Trichogramma pretiosum* tratados com óleos essenciais das cascas do caule e folhas de *Duguetia lanceolata* no período de ovo-larva e nas fases de pré-pupa e pupa no interior de ovos de *Ephestia kuehniella*. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

Tratamento	Ovo-larva				Pré-pupa				Pupa			
	Emergência (%)	RE (%)	CT*	RS	Emergência (%)	RE (%)	CT*	RS	Emergência (%)	RE (%)	CT*	RS
Acetona	80,7 ± 5,02 a	-	-	0,54 ^{ns}	80,2 ± 3,89 a	-	-	0,63 ± 0,07 ns	78,70 ± 4,39 a	-	-	0,53 ± 0,03
Cascas do caule	5,0 ± 3,7 b	93,8	III	*	0,0 ± 0,00 c	100	IV		4,00 ± 4,00 b	94,9	III	**
Folhas	68,3 ± 6,4 a	14,9	I	0,40 ^{ns}	24,2 ± 3,46 b	69,8	II	0,45 ± 0,10 ns	3,71 ± 2,03 b	95,3	III	**

* Classe toxicológica segundo IOBC onde classe 1 = inofensivo (redução de emergência (RE) <30%); classe 2 = ligeiramente prejudicial (30% ≤ RE ≤ 79%); classe 3: moderadamente prejudicial (80% ≤ RE ≤ 99%) e classe 4: prejudicial (RE > 99%).

** Não foi avaliado devido ao grande número de mortos.

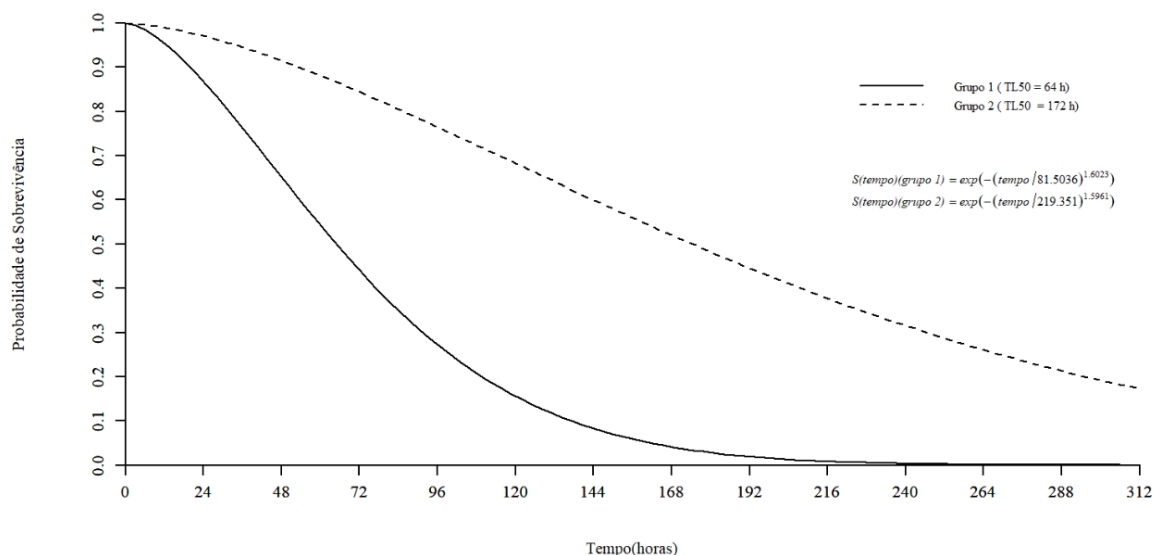
Fonte: Autoria própria

6.8 ENSAIO COM FASE ADULTA DE *T. pretiosum*

As fêmeas adultas de *T. pretiosum*, que receberam ovos de *E. kuehniella*, tratados com os óleos essenciais das cascas do caule e folhas de *D. lanceolata* não parasitaram os ovos do hospedeiro alternativo ($\chi^2 = 82,666$; $df = 2$; $p < 0,01$), sendo ambos enquadrados na classe IV da IOBC.

Ocorreu diferença significativa entre os tratamentos ($\chi^2 = 35,73$; $df = 2$; $p < 0,01$) e ajuste dos dados à distribuição de Weibull ($D = 0,089888$; $p = 0,8676$) (Gráfico 8). Por meio de análise de sobrevivência dos adultos que entraram em contato com ovos de *E. kuehniella* tratamos observamos a formação de um grupo formado pelo óleo essencial das folhas de *D. lanceolata* e pelo controle negativo (acetona), com TL_{50} de 172 h, e de outro grupo constituído por óleo essencial das folhas de *D. lanceolata*, com TL_{50} foi de apenas 64 h.

Gráfico 8 - Análise de sobrevivência de fêmeas adultas de *Trichogramma pretiosum* que receberam ovos de *Ephestia kuehniella* tratados com óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata*. Sendo $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$, onde: δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = *D. lanceolata* (cascas do caule) e Grupo 2 = *D. lanceolata* (folhas) e acetona. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021



Fonte: Autoria própria

Tabela 5 - Número de ovos parasitados por fêmeas de *Trichogramma pretiosum* quando expostas a ovos de *Ephestia kuehniella* tratados com óleos essenciais das folhas e cascas do caule de *Duguetia lanceolata*. UTFPR, Campus Santa Helena – PR, 2021

Tratamento	Número de ovos parasitados	RP (%)	CT*
Acetona	27,40 ± 1,94	-	-
Óleo essencial de casca do caule de <i>D. lanceolata</i>	0,00 ± 0,00	100,0	IV
Óleo essencial de folhas de <i>D. lanceolata</i>	0,03 ± 0,03	99,9	IV

* Classe toxicológica segundo IOBC onde classe 1 = inofensivo (redução de emergência (RP) <30%); classe 2 = ligeiramente prejudicial (30% ≤ RP ≤ 79%); classe 3: moderadamente prejudicial (80% ≤ RP ≤ 99%) e classe 4: prejudicial (RP > 99%).

Fonte: Autoria própria

7 DISCUSSÃO

No presente trabalho foi constatada atividade inseticida dos OEs provenientes de *D. lanceolata* (cascas do caule e folhas) e *X. brasiliensis* (cascas do caule) em aplicação tópica para *S. frugiperda*. Em ensaio de ingestão os OEs das folhas e cascas de caule de *D. lanceolata* e das cascas do caule de *X. brasiliensis* não reduziram a sobrevivências dos insetos, mas causaram redução no peso das lagartas. Podendo-se assim levantar a hipótese de que a maior toxicidade em ensaio de aplicação tópica possa ser devido ao fato das lagartas não se alimentarem da dieta contendo os OEs. Entretanto, em ensaio de preferência alimentar, com chance de escolha, não foi constatado efeito de não-preferência alimentar pelo OEs; sendo que apenas para o OE das folhas de *D. lanceolata* pode ser observada redução no consumo alimentar dos insetos. Dessa maneira, é possível que os compostos tóxicos para *S. frugiperda* presentes nos OEs sejam metabolizados no intestino do inseto, o que não acontece quando a aplicação é feita de forma tópica. A desintoxicação pode ser realizada por microrganismos simbiotes presentes no intestino dos insetos (JING, T. Z.; QI, F. H.; WANG, Z. Y., 2020) ou por sistemas, tais como citocromo P450, que podem se expressar em vários tecidos dos insetos incluindo o sistema digestivo (DAI, L., *et al.*, 2016). Assim, os resultados encontrados abrem perspectivas para o desenvolvimento de novos trabalhos visando elucidar os mecanismos de desintoxicação de *S. frugiperda* a esses compostos.

Existem relatos prévios em literatura da toxicidade de extratos provenientes de *D. lanceolata* para *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão; entretanto, esse é o primeiro estudo da bioatividade dos OEs dessa planta em ensaio de aplicação tópica para esse inseto. A fração solúvel em diclorometano proveniente do extrato metanólico das cascas de *D. lanceolata* causou alta mortalidade de lagartas de *S. frugiperda*, quando adicionada em dieta artificial e oferecida para esse inseto. Empregando-se análises metabolômicas e usando ressonância magnética nuclear (RMN), os autores atribuíram a atividade tóxica ao 2,4,5-trimetoxiestireno (ALVES, D. S., *et al.*, 2016). Posteriormente, ocorreu confirmação desses resultados a partir do isolamento das substâncias trans-asarona e 2,4,5-trimetoxiestireno, sendo ambas ativas para *S. frugiperda*; entretanto, o 2,4,5-trimetoxiestireno apresentou maior toxicidade (ALVES, D. S., *et al.*, 2020). Também foi constatado que o extrato etanólico das folhas de *D. lanceolata* causou efeitos subletais em lagartas de *S. frugiperda*, em ensaio de

ingestão (ANSANTE, T. F., *et al.*, 2015). Em estudos conduzidos com o OE de *D. lanceolata* foram constatadas atividades tóxicas para *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) (MAIA, D. S., *et al.*, 2020), *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) (RIBEIRO, L. P., *et al.*, 2020).

No que se refere à *X. brasiliensis*, trabalhos conduzidos com essa espécie visando ao controle de artrópodes pragas são escassos em literatura. No entanto, foi mencionado que o extrato etanólico dessa planta não foi tóxico para *S. zeamais* (RIBEIRO, L. P., *et al.*, 2016). De forma análoga, a fração solúvel em diclorometano, proveniente do extrato metanólico de *X. brasiliensis*, não foi bioativa contra *Tetranychus tumidus* Banks (Tetranychidae) (ALVES, D. S., *et al.*, 2015) e nem para *S. frugiperda* em ensaio de ingestão (ALVES, D. S., *et al.*, 2016). Salienta-se que esse trabalho é pioneiro em fornecer informações do efeito tóxico do OE de *X. brasiliensis* (cascas do caule) para pragas *frugiperda*.

No presente estudo, os compostos majoritários do OE das folhas de *D. lanceolata* foram o beta-cariofileno e óxido de cariofileno. Nas cascas do caule de *D. lanceolata*, os constituintes mais abundantes foram beta-pineno e alfa-pineno. Outros trabalhos constaram que os constituintes majoritários do OE das folhas de *D. lanceolata* foram beta-bisaboleno e 2,4,5-trimetoxiestireno (RIBEIRO, L. P., *et al.*, 2020). Já em estudo conduzido com o OE das cascas dos galhos de *D. lanceolata* os compostos beta-elemeno, óxido de cariofileno e beta-selineno foram encontrados em maior proporção (SOUSA, O. V., *et al.*, 2012). As diferenças entre os resultados encontrados nesse trabalho e os descritos previamente na literatura podem ser atribuídas à diversos fatores, como por exemplo, variação na composição de metabólitos secundários devido a influências bióticas e abióticas.

A respeito da atividade inseticida do beta-cariofileno e óxido de cariofileno, observada no presente estudo, pode-se mencionar que o beta-cariofileno foi identificado como um dos componentes do OE de *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae), o qual apresentou atividade tóxica para lagartas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) (KHEDHER *et al.*, 2017). A atividade inseticida do óxido de cariofileno e beta-cariofileno também já foram relatadas para *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão, todavia em concentrações superiores às empregadas no presente

trabalho. Os valores de LC₅₀ foram de 153,1 e 146,5 µg/mL para óxido de cariofileno e beta-cariofileno (CÁRDENAS-ORTEGA, N. C., *et al.*, 2015).

No presente trabalho não foi constatada seletividade fisiológica dos OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata* para o organismo não-alvo *T. pretiosum*, em condições de laboratório. Dessa forma, é recomendada a realização de novos estudos em condições de semicampo e campo com vistas a estudar a seletividade desses OEs em situações de menor exposição das substâncias ao inimigo natural. Os resultados do presente estudo abrem perspectivas para que se sejam desenvolvidas novas formulações dos OEs e nesse contexto, a nanotecnologia se apresenta como uma alternativa promissora, visto que já foi reportado em literatura que nanocápsulas contendo o OE de nem (Meliaceae) apresenta menor toxicidade para *T. pretiosum* do que o OE em sua forma micrométrica (RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T., *et al.*, 2017).

8 CONCLUSÕES

Foi constada atividade inseticida dos OEs das folhas e cascas do caule de *D. lanceolata* para *S. frugiperda*.

Os compostos beta-cariofileno e óxido de cariofileno não foram tóxicos de forma isolada, mas em mistura se mostraram tóxicos para *S. frugiperda*. Os OEs não apresentaram seletividade fisiológica para o parasitoide *T. pretiosum*.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. 4 ed. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2007. p. 2-7.
- ALANO, D. M.; ARAUJO, E. S.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Short communication: Sublethal effects of insecticides used in strawberry on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 19, n. 1, p. e10SC01, 23 mar. 2021.
- ALVES, D. S.; COSTA, V. A.; MACHADO, A. R. T.; OLIVEIRA, D. F.; CARVALHO, G. A. *Duguetia lanceolata* A. St.-Hil. Stem bark produces phenylpropanoids lethal to *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection**, v. 127, p. 104965, 1 jan. 2020.
- ALVES, D. S.; MACHADO, A. R. T.; CAMPOS, V. A. C.; OLIVEIRA, D. F.; CARVALHO, G. A. Selection of Annonaceae Species for the Control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and Metabolic Profiling of *Duguetia lanceolata* Using Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 2, p. 649–659, abr. 2016.
- ALVES, D. S.; MOREJÓN, R. C.; MACHADO, A. R. T.; CARVALHO, G. A.; PINA, O.; OLIVEIRA, D. F. Acaricidal activity of Annonaceae fractions against *Tetranychus tumidus* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and the metabolite profile of *Duguetia lanceolata* (Annonaceae) using GC-MS. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 6, p. 4119–4132, 16 dez. 2015.
- ALVES, D. S.; MOREJÓN, R. C.; MACHADO, A. R. T.; CARVALHO, G. A.; PINA, O.; OLIVEIRA, D. F.; OLIVEIRA, D. F. Acaricidal activity of Annonaceae fractions against *Tetranychus tumidus* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and the metabolite profile of *Duguetia lanceolata* (Annonaceae) using GC-MS. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 6Supl2, p. 4119, 16 dez. 2015.
- AMARAL, F. S. A.; GUIDOLIN, A. S.; SALMERON, E.; KANNO, R. H.; PADOVEZ, F. E. O.; FATORETTO, J. C.; OMOTO, C. Geographical distribution of Vip3Aa20 resistance allele frequencies in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Brazil. **Pest Management Science**, v. 76, n. 1, p. 169–178, 12 jan. 2020.
- ANSANTE, T. F.; PRADO RIBEIRO, L. DO; BICALHO, K. U.; FERNANDES, J. B.;

GRAÇAS FERNANDES DA SILVA, M. F. DAS; VIEIRA, P. C.; VENDRAMIM, J. D. Secondary metabolites from Neotropical Annonaceae: Screening, bioguided fractionation, and toxicity to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 969–976, 15 nov. 2015.

ÁVILA, C. J.; PAPA, G. Manejo de pragas da parte aérea do milho. **Cultivar Grandes Culturas**, ed. 199, 2015.

BOLZAN, A.; PADOVEZ, F. E. O.; NASCIMENTO, A. R. B.; KAISER, I. S.; LIRA, E. C.; AMARAL, F. S. A.; KANNO, R. H.; MALAQUIAS, J. B.; OMOTO, C. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides. **Pest Management Science**, v. 75, n. 10, p. 2682–2689, 2019.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; MARTINS, A. F. Suscetibilidade de lagartas dos biótipos milho e arroz de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas com diferentes modos de ação. **Ciência Rural**, v. 36, p. 15–20, 2006.

CÁRDENAS-ORTEGA, N. C.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. M.; FIGUEROA-BRITO, R.; FLORES-MACÍAS, A.; ROMO-ASUNCIÓN, D.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, D. E.; PÉREZ-MORENO, V.; RAMOS-LÓPEZ, M. A. Composition of the essential oil of *Salvia ballotiflora* (Lamiaceae) and its insecticidal activity. **Molecules**, v. 20, n. 5, p. 8048–8059, maio 2015.

CRUZ, I. **Manual de identificação de pragas do milho e de seus principais agentes de controle biológico**. Brasília, DF: mbrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

DAI, L.; MA, M.; GAO, G.; CHEN, H. *Dendroctonus armandi* (Curculionidae: Scolytinae) cytochrome P450s display tissue specificity and responses to host terpenoids. **Comparative Biochemistry and Physiology Part - B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 201, p. 1–11, 1 nov. 2016.

DO, C. A LAGARTA-DO-CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO. 1995.

DOMINGUES, V. DE C.; RIBEIRO, L. DO P.; GONÇALVES, G. L. P.; FORIM, M. R.; SILVA, M. F. DAS G. F. DA; FERNANDES, J. B.; VENDRAMIM, J. D. Grain-protectant compounds from *Duguetia lanceolata* (Annonaceae) derivatives: Bioassay-guided searching and toxicity against the maize weevil. **Journal of Stored Products Research**, v. 85, p. 101549, 1 jan. 2020.

FERNANDES, M. et al. Amostragem seqüencial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em algodoeiro. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 4, 2012.

FINNEY DJ. **Probit analysis**. Cambridge University Press, Cambridge, 1971. United Kingdom: Cambridge University Press, 1971.

GUTIERREZ-MORENO, R.; MOTA-SANCHEZ, D.; BLANCO, C. A.; CHANDRASENA, D.; DIFONZO, C.; CONNER, J.; HEAD, G.; BERMAN, K.; WISE, J. Susceptibility of Fall Armyworms (*Spodoptera frugiperda* J.E.) from Mexico and Puerto Rico to Bt Proteins. **Insects**, v. 11, n. 12, p. 831, 26 nov. 2020.

ISIDRO, R.; ALMEIDA, R. P.; PEREIRA, J. O. V. Consumo foliar de *Spodoptera frugiperda* em amendoim cultivares Tatu e CNPA BR-1. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 1, p. 37–42, 1997.

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

JING, T. Z.; QI, F. H.; WANG, Z. Y. Most dominant roles of insect gut bacteria: Digestion, detoxification, or essential nutrient provision? **Microbiome**, v. 8, n. 1, p. 1–20, 16 mar. 2020.

LEIDERMAN, L.; SAUER, H. F. G. A lagarta dos milharais (*Laphygma frugiperda*, Abbot e Smith, 1797). **O biológico**, v. 19, n. 6, p. 105, 1953.

MAIA, D. S.; LOPES, C. F.; SALDANHA, A. A.; SILVA, N. L.; SARTORI, Â. L. B.; CAROLLO, C. A.; SOBRAL, M. G.; ALVES, S. N.; SILVA, D. B.; SIQUEIRA, J. M. DE. Larvicidal effect from different Annonaceae species on *Culex quinquefasciatus*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 29, p. 36983–36993, 2020.

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; SOUSA-SILVA, J. C.; PAULA-MORAES, S. V.; PETERSON, J. A.; HUNT, T. E. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v. 26, n. 2, p. 286–300, 1 set. 2018.

MOREIRA, I. C.; ROQUE, N. F.; VILEGAS, W.; ZALEWSKI, C. A.; LAGO, J. H. G.;

FUNASAKI, M. Genus *Xylopia* (Annonaceae): Chemical and Biological Aspects. **Chemistry & Biodiversity**, v. 10, n. 11, p. 1921–1943, nov. 2013.

NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R. . Entomologia Econômica. Piracicaba: Livrocetes, 1981.

PAIVA, A. C. R. DE; IOST FILHO, F. H.; PARRO, E. A.; BARBOSA, D. P. L.; YAMAMOTO, P. T. Do Ready-Mix Insecticides Cause Lethal and Sublethal Effects on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Pupa? **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1227–1233, 6 jun. 2020.

PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application *Journal of insect science*. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, March 2019.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2001.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; LEITE, G. L. D.; RAMALHO, F. DE S.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Quantifying the harmful potential of ten essential oils on immature *Trichogramma pretiosum* stages. **Chemosphere**, v. 199, p. 670–675, maio 2018.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; RODRIGUES DIMATÉ, F. A.; BATISTA, L. D.; RIBEIRO, R. C.; RIGUEIRA FERREIRA, G. A.; ZANUNCIO, J. C. Bioactivity of ten essential oils on the biological parameters of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) adults. **Industrial Crops and Products**, v. 127, n. October 2018, p. 11–15, 2019.

PIMENTA, L. P. S., CHAGAS DO NASCIMENTO, F., ASSUNÇÃO, A. C. S., OLIVEIRA, A. B., & BOAVENTURA, M. A. D. (2001). **Laurifolin, a novel acetogenin from *Rollinia laurifolia* leaves**. *Tetrahedron Letters*, 42(48), 8433–8434. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)01829-9](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)01829-9)

POSTALI PARRA, J. R.; COELHO, A. **Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application**. Acesso em: <<https://academic.oup.com/jinsectscience/article/19/2/5/5368158>>. Acesso em: 13 maio. 2021

RAÂFET BEN KHEDHER, M.; KHEDHER, S. BEN; CHAIEB, I.; TOUNSI, S.;

HAMMAMI, M. CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF SALVIA OFFICINALIS ESSENTIAL OIL FROM TUNISIA. **EXCLI Journal**, v. 16, p. 160–173, 2017.

RAKES, M.; PASINI, R. A.; MORAIS, M. C.; ARAÚJO, M. B.; BASTOS PAZINI, J. DE; SEIDEL, E. J.; BERNARDI, D.; GRÜTZMACHER, A. D. Pesticide selectivity to the parasitoid *Trichogramma pretiosum*: A pattern 10-year database and its implications for Integrated Pest Management. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 208, p. 111504, 15 jan. 2021.

RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T.; COELHO, A.; PARRA, J. R. P.; VENDRAMIM, J. D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 138, p. 78–82, 1 abr. 2017.

RIBEIRO, L. P.; DOMINGUES, V. C.; GONÇALVES, G. L. P.; FERNANDES, J. B.; GLÓRIA, E. M.; VENDRAMIM, J. D. Essential oil from *Duguetia lanceolata* St.-Hil. (Annonaceae): Suppression of spoilers of stored-grain. **Food Bioscience**, v. 36, p. 100653, 1 ago. 2020.

RIBEIRO L. P., VENDRAMIM J. D., GONÇALVES G. L. P., ANSANTE, T., GLORIA, E. M., LOPES, J.C., M.-S. R. AND F. J. Searching for promising sources of grain protectors in extracts from Neotropical Annonaceae. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, v. 15, p. 215- 232., 2016.

RIOBA, N. B.; STEVENSON, P. C. Opportunities and Scope for Botanical Extracts and Products for the Management of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) for Smallholders in Africa. **Plants**, v. 9, n. 2, p. 207, fev. 2020.

SARMENTO, R. D. A.; AGUIAR, RAIMUNDO WAGNER DE SOUZ, A.; AGUIAR, R. D. A. S. D. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G. DE; HOLTZ, A. M. Revisão da Biologia, Ocorrência e Controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em Milho no Brasil. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2, p. 41–48, 2002.

SOUSA, O. V.; DEL-VECHIO-VIEIRA, G.; ALVES, M. S.; ARAÚJO, A. A. L.; PINTO, M. A. O.; AMARAL, M. P. H.; RODARTE, M. P.; KAPLAN, M. A. C. Chemical Composition and Biological Activities of the Essential Oils from *Duguetia lanceolata* St. Hil. Barks. **Molecules**, v. 17, n. 9, p. 11056–11066, 13 set. 2012.

TABASHNIK, B. E., VAN RENSBURG, J. B. J., & CARRIÈRE, Y. (2009). **Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data.** *Journal of*

Economic Entomology, 102(6), 2011–2025.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20069826>

VIEIRA, M. G. S.; GRAMOSA, N. V; SILVEIRA, E. R. Chemical composition of *Xylopiia nitida*: Diterpenes and alkaloids. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 95, p. 104229, 2021.

WAN, J. *et al.* **Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**, v 20, issue 3, p. 646-663 , mar. 2021.

YU, S. J.; MCCORD, E. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Pest Management Science**, v. 63, n. 1, p. 63–67, jan. 2007.

ZANG, L. S.; WANG, S.; ZHANG, F.; DESNEUX, N. **Biological Control with *Trichogramma* in China: History, Present Status, and Perspectives** *Annual Review of Entomology* Annual Reviews Inc., , 7 jan. 2021. Disponível em: <[https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060120->](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060120-). Acesso em: 13 maio. 2021