

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Toxicidade letal e subletal de pesticidas utilizados na fruticultura sobre o
parasitoide da mosca-do-mediterrâneo *Diachasmimorpha longicaudata*
(Hymenoptera: Braconidae)**

Tais Dalla Nora Cardoso

Pelotas, 2021

Tais Dalla Nora Cardoso

**Toxicidade letal e subletal de pesticidas utilizados na fruticultura sobre o
parasitoide da mosca-do-mediterrâneo *Diachasmimorpha longicaudata*
(Hymenoptera: Braconidae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Fitossanidade).

Orientador: Prof. Dr. Marcos Botton

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Bernardi

Pelotas, 2021

Banca examinadora:

Caio Fábio Efrom. Dr.

(Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação do Rio Grande do Sul (SEAPI))

Cristiano João Arioli. Dr.

(Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina)

Dori Edson Nava. Dr.

(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

Daniel Bernardi. Dr. (Coorientador)

(Universidade Federal de Pelotas)

Aos meus pais,
Gilmar José Cardoso e Simone Dalla Nora Cardoso,
Pelo apoio, carinho e incentivo em todos os
momentos da minha vida.

Dedico e ofereço

Agradecimentos

Aos meus pais Gilmar José Cardoso e Simone Dalla Nora Cardoso que me deram coragem e motivação necessária para seguir em frente. A vocês dedico meu amor e minha admiração.

Ao meu namorado, Matheus Bastos Martins, por todo incentivo e por todo amor. Obrigada pela ajuda, pelas palavras de conforto, pelo abraço nas horas difíceis e principalmente por estar presente na minha vida e tornar meus dias muito mais felizes.

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e a Universidade Federal de Pelotas pelos anos de ensino acadêmico e pela estrutura que me foi concedida.

Ao Programa de Pós-graduação em Fitossanidade (PPGFs) da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPeL) e a todos os professores que colaboraram para o meu crescimento pessoal e profissional.

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

Aos meus orientadores Dr. Marcos Botton e Dr. Daniel Bernardi, pelos quais tenho grande admiração. Agradeço a orientação, ensinamentos e confiança.

Aos colegas do laboratório de Biologia dos Insetos e de turma Daiana Oliveira, Liliane Martins, Fernanda Geisler, Otávio Duarte, Matheus Rakes, Maíra Moraes e Bruna Piovesan. Em especial à Paloma Stupp, José Gomes Filho e Ericmar dos Santos que foram companheiros e amigos. Obrigada por toda ajuda e amizade, levarei vocês sempre comigo!

Aos amigos de longa data Daniela Valmorbida, Daniela Prato Pinto, Ivana Santos Moisinho, Tailine Holz, Francisco Maciel, Mariane Coradini, Alexandre Frozza, Kauany Moura e Fabiane Dahlke obrigada por toda amizade e compreensão. Amo vocês.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram no desenvolvimento desse trabalho, o meu muito obrigada!

Resumo

CARDOSO, Tais Dalla Nora. **Toxicidade letal e subletal de pesticidas utilizados na fruticultura sobre o parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae): Implicações para o manejo integrado de moscas-das-frutas.** Orientador: Marcos Botton. 2021. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

O parasitoide de larvas *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) é um dos principais agentes de controle biológico de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) no Brasil. No entanto, a aplicação de agrotóxicos para manejo de doenças e insetos-praga em espécies frutíferas pode exercer efeitos secundários aos parasitoide. Esse estudo teve como objetivo avaliar os efeitos letais e subletais via contato residual de formulações comerciais de agrotóxicos utilizados na fruticultura sobre o parasitoide *D. longicaudata*. Os ingredientes ativos tiametoxam, indoxacarbe, clorpirifós, deltametrina, espinetoram, espinosade, fosmete, lambda-cialotrina, malationa, dimetoato e metidationa aplicados em concentrações utilizadas nos pomares demonstraram alta toxicidade para adultos de *D. longicaudata* (=100% de mortalidade) após 96h de exposição, sendo classificados como nocivos (Classe 4). O ingrediente ativo acetamiprido foi moderadamente nocivo (Classe 3). Em contraste, as formulações azadiractina A/B (Agroneem 850 EC), clorantraniliprole, azadiractina (Azact 2,4 EC), azadiractina (Azamax 12 EC), bordalesa, azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC), enxofre, lufenuron, sulfocálcica, novalurom e mancozeb foram classificados como inócuo (< 10% de mortalidade). Além disso, as formulações azadiractina (Azamax 12 EC), bordalesa, azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC), sulfocálcica, mancozeb não reduziram o parasitismo e a taxa de emergência da geração F0. Os mesmos agrotóxicos somados a clorantraniliprole, azadiractina A/B (Agroneem 850 EC) e lufenuron não causaram redução no parasitismo e na taxa de emergência da geração F1 de *D. longicaudata*. Formulações dos ingredientes ativos clorantraniliprole, azadiractina A/B (Agroneem 850 EC), azadiractina (Azamax 12 EC), bordalesa, azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC), lufenuron, sulfocálcica e mancozeb são adequadas para o manejo de doenças e pragas em espécies frutíferas em associação com *D. longicaudata* e devem ser avaliadas em experimentos semi-campo e campo para confirmar o efeito observado nos experimentos de laboratório.

Palavras-chave: Manejo Integrado de Pragas. Parasitoides. Seletividade. Mosca sul-americana. Mosca-do-mediterrâneo.

Abstract

CARDOSO, Tais Dalla Nora. **Lethal and sublethal toxicity of pesticides used in fruit growing on the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae): Implications for the integrated management of fruit flies**. Advisor: Marcos Botton. 2021. 49f. Dissertation (Master Degree) - Crop Protection Graduate Program. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

The larvae parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) is one of the main biological control agents for *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae). However, the application of pesticides for the management of diseases and insect pests in fruit species can have side effects on the parasitoid. This study aimed to evaluate the lethal and sublethal effects via residual contact of commercial pesticide formulations on the parasitoid *D. longicaudata*. The active ingredients thiamethoxam, indoxacarb, chlorpyrifos, deltamethrin, espinetoram, spinosad, fosmete, lambda-cyhalothrin, malathion, dimethoate and metidathione demonstrated high toxicity for adults of *D. longicaudata* (= 100% mortality) after 96h of exposure, being classified as harmful substances (Class 4). The active ingredient acetamiprid was moderately harmful (Class 3). In contrast, the formulations azadiractin A / B (Agroneem 850 EC), chlorantraniliprole, azadiractin (Azact 2.4 EC), azadiractin (Azamax 12 EC), copper + sulfur + calcium, azadiractin A / B (Fitoneem 850 EC), sulfur, lufenuron, sulfur + calcium, novaluron and mancozeb were classified as harmless (<10% mortality). In addition, the formulations azadiractin (Azamax 12 EC), copper + sulfur + calcium, azadiractin A / B (Fitoneem 850 EC), sulfur + calcium, mancozeb did not reduce parasitism and the emergence rate of the F0 generation. The same pesticides added to chlorantraniliprole, azadiractin A / B (Agroneem 850 EC) and lufenuron did not cause a reduction in parasitism and in the rate of emergence of the F1 generation of *D. longicaudata*. Formulations of the active ingredients chlorantraniliprole, azadiractin A / B (Agroneem 850 EC), azadiractin (Azamax 12 EC), copper + sulfur + calcium, azadiractin A / B (Fitoneem 850 EC), lufenuron, sulfur + calcium and mancozeb are suitable for disease and pest management in fruit species in association with *D. longicaudata* and must be evaluated in semi-field and field experiments to confirm the effect observed in the laboratory experiments.

Keywords: Integrated Pest Management. Parasitoids. Selectivity. South American fruit fly. Mediterranean fly

Lista de Figuras

- Figura 1 Curvas de sobrevivência para adultos de *D. longicaudata* (F₁) originados de fêmeas (F₀) expostas aos resíduos de agrotóxicos. Valores seguidos de ns na legenda não diferem significativamente pelo método de Kaplan-Meier. A similaridade entre as curvas de longevidade foi analisada por meio do teste Log-Rank com o Software R (R Core Team 2020)..... 43
- Figura 2 Gaiolas utilizadas para confinamento de adultos de *D. longicaudata* para a exposição aos resíduos de pesticidas. Compostas por duas placas de vidro e um anel intermediário de metacrilato..... 44
- Figura 3 Gaiolas utilizadas para acondicionamento de casais de *D. longicaudata* para avaliação dos efeitos subletais dos pesticidas (A). Unidade de parasitismo utilizada para oferta de larvas para fêmeas de *D. longicaudata* pelo período de 1h (B)..... 44

Lista de Tabelas

Tabela 1	Pesticidas utilizados nos bioensaios de toxicidade letal e subletal sobre o parasitoide <i>D. longicaudata</i>	38
Tabela 2	Número médio de insetos vivos (N) $\pm$ Erro Padrão (EP) e mortalidade corrigida (M) de <i>D. longicaudata</i> quando expostos a diferentes pesticidas.....	39
Tabela 3	Efeitos subletais da exposição de adultos (geração F ₀) de <i>D. longicaudata</i> a pesticidas.....	40
Tabela 4	Efeitos subletais da exposição de adultos (geração F ₁) de <i>D. longicaudata</i> a pesticidas.....	41

Sumário

Introdução Geral	11
Artigo – Toxicidade letal e subletal de pesticidas utilizados na fruticultura sobre o parasitoide <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (Hymenoptera: Braconidae).	15
Introdução	18
Materiais e métodos	19
Resultados	24
Discussão	26
Conclusões	29
Referências	31
Conclusões	44
Referências	45

Introdução Geral

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas com aproximadamente 45 milhões de toneladas ao ano (EMBRAPA, 2021). Em 2020 foram exportados aproximadamente 1,028 milhões de quilos de frutas gerando uma receita total de 875 milhões de dólares. Nos meses de fevereiro e março de 2021 houve um acréscimo de 3% nas vendas de frutas ao exterior somando uma receita de US\$ 114,9 milhões (ABRAFRUTAS, 2021). A fruticultura atua como atividade econômica importante, em destaque nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, onde as condições climáticas favorecem o setor e a produção de uma grande variedade de espécies frutíferas (ADAMI et al., 2016). Segundo o Censo Agropecuário de 2017 a fruticultura ocupou 27,3% de uma área de 5,7 milhões de hectares destinada ao setor agrícola com destaque para os estados de São Paulo, o qual concentra 40% da produção de frutas, Bahia, com participação de 12%, Rio Grande do Sul (6%), Minas Gerais (6%) e Pará (3,7%) (IBGE, 2017).

Apesar do país ser uma referência na produção de frutas, associam-se a fruticultura um complexo de fatores bióticos que afetam negativamente o potencial produtivo das diferentes culturas (FACHINELLO et al., 2011). Dentre estes, destacam-se as doenças fúngicas e os insetos-pragas com destaque para as mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae). Dentre as espécies de moscas-das-frutas de importância econômica destacam-se os gêneros *Anastrepha* (Schiner, 1868) e *Ceratitis* (MacLeay, 1829). No gênero *Anastrepha*, a espécie *A. fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae), nativa do continente americano é a de maior importância na região sul do Brasil enquanto a *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), conhecida como mosca-do-mediterrâneo, é a única representante do gênero *Ceratitis* no país, sendo originária do continente africano estando presente nas principais regiões produtoras de frutas (FEITOSA et al., 2008). A dispersão das moscas-das-frutas está associada à disponibilidade de hospedeiros nativos e cultivados, com diferentes épocas de frutificação, que contribuem para a reprodução sucessiva durante todo o ano (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000; ARIOLI et al., 2018; DIAS et al., 2018).

Os danos das moscas-das-frutas são ocasionados mediante a inserção do ovipositor nos frutos, causando injúrias que favorecem entrada de fungos causadores de doenças (MACHOTA et al., 2013). Após a inserção do ovipositor os ovos são

depositados no interior dos frutos e, posteriormente, ocorre a eclosão e desenvolvimento das larvas, causando a formação de galerias na polpa culminando com o apodrecimento dos frutos (SALLES, 1995). Esses insetos além de reduzir e limitar a produção podem tornar o produto final impróprio para a comercialização (UCHÔA, 2012; MACHOTA et al., 2013; BOTTON et al., 2016; NOGUEIRA et al., 2016). Além disso, países importadores de frutas brasileiras como Japão, Estados Unidos e Chile são bastante restritivos a entradas de frutas possivelmente infestadas restringindo assim o acesso a esses mercados (NOJOSA; HENZ; SATHLER, 2015).

Para evitar maiores perdas mediante ação desses fatores bióticos, a utilização do controle químico através do emprego de fungicidas e inseticidas sintéticos, bem como, fungicidas e caldas fitoestimulantes utilizadas inclusive em sistemas orgânicos de produção tem sido as principais estratégias de controle adotadas pelos agricultores para o manejo de moscas-das-frutas ou doenças, respectivamente (FACHINELLO et al., 2011; BOTTON et al., 2016; BARONIO et al., 2019; NUNES et al., 2020). Entretanto, o uso deste método de controle, desconsiderando os princípios do manejo integrado de pragas e doenças, acarreta diversos impactos podendo afetar negativamente a população de inimigos naturais (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007; BERNARDI et al., 2019).

Dentre os inimigos naturais de moscas-das-frutas destaca-se o endoparasitoide larval *D. longicaudata* que desde sua introdução no Havaí na década de 40, é considerado um dos mais importantes agentes de controle biológico das moscas-das-frutas (SIVINSKI; ALUJA; HOLLER, 2006; PARANHOS; WALDER; ALVARENGA, 2007; MONTOYA et al., 2013; PARANHOS; NAVA; MALAVASI, 2019). O parasitoide tem sido utilizado para o controle populacional de *C. capitata* (WONG et al., 1991; SÁNCHEZ et al., 2016), *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) (VARGAS et al., 2012), *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae) e *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) (MONTOYA et al., 2000), além de ser sugerido como potencial agente de controle biológico da mosca-da-azeitona, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) (SIME et al., 2006; SIME et al., 2008).

Desde que foi introduzido no Brasil, no ano de 1994 pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, o parasitoide vem sendo reproduzido com sucesso em larvas de *C. capitata*, mantidas em dieta artificial (ALTAFINI et al., 2019). No país, o parasitoide *D. longicaudata* foi liberado no Recôncavo Baiano (Carvalho, 2005), em Minas Gerais (Alvarenga et al., 2005) e no Rio de Janeiro (Leal et al., 2008), sendo que em todos

estes estudos foram registrados incrementos nos índices de parasitismo após sua introdução, além de facilidade de adaptação a novos ambientes após a sua liberação, visto que foi capturado cerca de aproximadamente 18 meses após a sua liberação a campo, também constatou-se que a presença do parasitoide exótico *D. longicaudata* não influenciou na presença de parasitoides nativos nas regiões, mantendo-se frequente a captura de parasitoides *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae), *Utetes anastrephae* (Viereck) (Hymenoptera: Braconidae), *Opius spp.* (Hymenoptera: Braconidae), *Asobara anastrephae* (Muesebeck) (Hymenoptera: Braconidae) e *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Figitidae) nas áreas dos estudos, reforçando assim a segurança na utilização do parasitoide exótico em liberações inundativas a campo.

D. longicaudata atua depositando os ovos em larvas de terceiro instar de moscas-das-frutas, que são localizadas no interior dos frutos (GREANY et al., 1976). A alta capacidade de parasitismo e a baixa especificidade caracterizam a espécie como promissora para multiplicação massal, podendo ser liberada de maneira inundativa no campo (MONTTOYA et al., 2013; VARGAS et al., 2013). A presença de organismos que exercem o controle biológico de pragas (predadores, parasitoides e patógenos) é indispensável como fator de equilíbrio nos agroecossistemas, minimizando a necessidade de intervenção do homem, mediante outros métodos de redução de populações de insetos-pragas (DEGRANDE, 1993).

Com base nesse cenário, evidenciando a realidade da utilização do controle químico e a importância do controle biológico seja conservativo e/ou inundativo, o sucesso do manejo integrado de pragas (MIP) é dependente de estudos de toxicidade de pesticidas sobre os inimigos naturais (RAGA et al., 2018; CARVALHO et al., 2019). O emprego de pesticidas seletivos minimiza a exposição de inimigos naturais e, ao mesmo tempo, controla as espécies-pragas (NEWSOM; SMITH; WHITCOMB, 1976; GRAVENA, 1983). Contudo a seletividade depende da toxicidade intrínseca do pesticida, de sua forma de aplicação e da comunidade onde vai atuar. Desta forma, o grupo de trabalho da Organização Internacional para o Controle Biológico e Integrado de Animais e Plantas Nocivas (IOBC) tem promovido estudos com o objetivo de padronizar os testes de seletividade e, assim, reduzir os problemas relacionados às diferenças metodológicas (BUENO et al., 2017).

No entanto, divergências nos resultados continuam a ser relatadas por várias razões (BUENO et al., 2017). A classificação de um produto específico, usados na

mesma dose, podem variar de inofensivos a prejudicial, dependendo do estágio de desenvolvimento do inimigo natural e das diferenças, por exemplo, no tamanho do corpo e proporção sexual, onde diferentes tolerâncias foram encontradas entre machos e fêmeas (BUENO et al., 2017; BERNARDI et al., 2019). Com isso é necessário estudos mais aprofundados a respeito dos efeitos dos pesticidas sobre as espécies de inimigos naturais e dos diferentes mecanismos pelos quais os pesticidas podem afetar a eficácia dessas espécies.

Contudo ainda há carência de informações acerca da seletividade de pesticidas sobre *D. longicaudata*, que além da toxicidade aguda, podem induzir a diversos efeitos subletais como alterações na reprodução (fertilidade, fecundidade e razão sexual) no comportamento de alimentação (STARK; RANGUS, 1994; STARK; BANKS, 2003), na capacidade de parasitismo (busca, oviposição, tempo para reconhecimento), tempo de desenvolvimento, deformação, longevidade, locomoção e repelência (WRIGHT; VERKERK, 1995) a indivíduos que sobrevivem à exposição a um composto tóxico em baixa concentração e ainda, podem acarretar efeitos adversos sobre a progênie (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007; BERNARDI et al., 2019; RUGNO et al., 2019).

Em adição a isso, pouca informação está disponível acerca dos efeitos adversos de pesticidas utilizados no atual sistema produtivo frutícola quanto as populações de parasitoides (SCHLESENER et al., 2019; FARAH et al., 2020). Partindo desse pressuposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos letais e subletais de pesticidas amplamente utilizados em frutíferas no Brasil sobre adultos de *D. longicaudata*

Artigo

Toxicidade letal e subletal de pesticidas utilizados na fruticultura sobre o parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae): Implicações para o manejo integrado de moscas-das-frutas

*Artigo redigido nas normas da revista “*Environmental Science and Pollution Research*” (versão em Português).

**Toxicidade letal e subletal de pesticidas utilizados na fruticultura sobre o parasitoide
Diachasmimorpha longicaudata (Hymenoptera: Braconidae).**

Tais Dalla Nora Cardoso ¹ · Paloma Stupp ¹ · Matheus Rakes ¹ · Matheus Bastos Martins ¹ · José
Gomes da Silva Filho ¹ · Anderson Dionei Grützmacher ¹ · Dori Edson Nava ² · Marcos Botton³
· Daniel Bernardi ¹

¹ Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, 354, 96010-
900, Rio Grande do Sul, Brasil

² Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 96010-971, Rio Grande do Sul, Brasil

³ Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 95701-008, Rio Grande do Sul, Brasil

Autor correspondente

Daniel Bernardi

dbernardi2004@yahoo.com.br

Resumo - O parasitoide larva-pupa *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) é considerado um dos principais agentes de controle biológico de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), sendo nas Américas Central e do Sul, utilizado para controle de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae). No entanto, a aplicação de pesticidas para manejo de doenças e insetos-praga em espécies frutíferas pode exercer efeitos adversos no parasitoide. Esse estudo teve como objetivo avaliar os efeitos letais e subletais via contato residual de formulações comerciais de pesticidas sobre *D. longicaudata*. Os ingredientes ativos tiametoxam, indoxacarbe, clorpirifós, deltametrina, espinetoram, espinosade, fosmete, lambda-cialotrina, malationa, dimetoato e metidationa demonstraram alta toxicidade para adultos (=100% de mortalidade) após 96h e foram classificados como nocivos (Classe 4). O ingrediente ativo acetamiprido foi moderadamente nocivo (Classe 3). Em contraste, as formulações azadiractina A/B (Agroneem 850 EC), clorantraniliprole, azadiractina (Azact 2,4 EC), azadiractina (Azamax 12 EC), bordalesa, azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC), enxofre, lufenuron, sulfocálcica, novalurom e mancozeb foram classificados como inócuo (< 10% de mortalidade). Além disso, as formulações azadiractina (Azamax 12 EC), bordalesa, azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC), sulfocálcica, mancozeb não reduziram o parasitismo e a taxa de emergência da geração F₀, os mesmos pesticidas somados a clorantraniliprole, azadiractina A/B (Agroneem 850 EC) e lufenuron não causaram redução no parasitismo e taxa de emergência da geração F₁ de *D. longicaudata* em larvas de *C. capitata*. Formulações dos ingredientes ativos clorantraniliprole, azadiractina A/B (Agroneem 850 EC), azadiractina (Azamax 12 EC), bordalesa, azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC), lufenuron, sulfocálcica e mancozeb são recomendadas para o manejo de doenças e pragas em espécies frutíferas em associação com *D. longicaudata*. **Palavras-chave:** Manejo Integrado de Pragas · Parasitoides · Seletividade · Mosca-do-mediterrâneo.

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas com aproximadamente 45 milhões de toneladas ao ano, das quais 65% são consumidas internamente e 35% são destinadas ao mercado externo (EMBRAPA 2021). Embora o Brasil seja uma referência na produção de frutas, associam-se a fruticultura um complexo de fatores bióticos que afetam significativamente o potencial produtivo (Fachinello et al. 2011). Dentre estes fatores, destacam-se as doenças fúngicas e as moscas-das-frutas [*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) e *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)] que, além de reduzir a produção, podem tornar o produto final impróprio para o mercado (Botton et al. 2016; Machota et al. 2013; Nogueira et al. 2016; Uchôa 2012).

Logo, para evitar maiores perdas causadas por essas pragas a utilização do controle químico via fungicidas e inseticidas sintéticos, bem como as caldas fitoestimulantes tem sido as principais estratégias de controle adotadas pelos agricultores (Baronio et al. 2019; Botton et al. 2016; Fachinello et al. 2011; Nunes et al. 2020). Entretanto, o uso intensivo destes pesticidas e de maneira errônea (sem considerar o nível de dano da praga ou aplicados por calendário) acarretam diversos impactos negativos sobre a comunidade benéfica de biocontroladores em função da baixa seletividade à inimigos naturais (Bernardi et al. 2019; Desneux et al. 2007).

Dentre os inimigos naturais de moscas-das-frutas destaca-se o endoparasitoide larva-pupa *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) que foi introduzido na década de 40, no Havaí, para regulação de populações de *Bactrocera dorsalis* (Handel) (Diptera: Tephritidae) e de *C. capitata* e em 1994 no Brasil para controle de *C. capitata* e espécies de *Anastrepha*. Esse parasitoide é utilizado em liberações inundativas em programas de manejo integrado de moscas-das-frutas em diversos países, conforme relatado nos Estados Unidos, Guatemala e México (Montoya et al. 2013; Sivinski et al. 2006; Paranhos et al. 2019). Logo, a alta capacidade de parasitismo e a baixa especificidade possibilitam sua multiplicação

massal para utilização em programas de controle biológico aplicado (Montoya et al. 2013; Vargas et al. 2013).

Com base neste cenário, evidenciando a realidade da utilização do controle químico e a importância do controle biológico conservativo e/ou inundativo, o sucesso do Manejo Integrado de Pragas (MIP) é dependente de estudos de toxicidade de pesticidas sobre o parasitoide (Carvalho et al. 2019; Raga et al. 2018). A partir disso, é sabido que além da toxicidade aguda, os pesticidas podem induzir a diversos efeitos subletais (como alterações no comportamento, fisiologia, reprodução e desenvolvimento) em indivíduos que sobrevivem à exposição a um composto tóxico em baixa concentração e ainda, causar efeitos adversos a progênie (Andreazza et al. 2020; Bernardi et al. 2019; Desneux et al. 2007; Rugno et al. 2019). Em adição a isso, pouca informação está disponível acerca dos efeitos adversos de pesticidas utilizados no atual sistema produtivo frutícola sobre populações de parasitoides (Farah et al. 2020; Schlesener et al. 2019). Partindo desse pressuposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos letais e subletais de pesticidas amplamente utilizados em frutíferas no Brasil sobre adultos de *D. longicaudata*.

Material e métodos

Insetos

Adultos de *C. capitata* e *D. longicaudata* utilizados foram provenientes do Laboratório de Biologia de Insetos da Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, RS, Brasil, sendo mantidos em salas de criação em condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa do ar ($70 \pm 10\%$) e fotofase (12 h). Adultos de *C. capitata* foram criados em gaiolas plásticas (48 cm de comprimento $\times$ 30 cm de largura $\times$ 30 cm de altura), sendo fornecido água por capilaridade e dieta a base de açúcar refinado, germe de trigo e levedura de cerveja (Bionis[®] YE NS + MF) na proporção de 3:1:1, respectivamente, conforme proposto por Nunes et al.

(2013). Para confecção das gaiolas de criação e obtenção dos ovos foi seguido a metodologia proposta por Gonçalves et al. (2013). Após a coleta, os ovos foram transferidos para recipientes de vidro tipo Erlemeyer (500 mL) e submetidos ao processo de aeração por meio de um aerador de aquário durante um período de 24 h. Em seguida, com auxílio de uma micropipeta de 30 µL os ovos foram depositados sobre uma tira de papel filtro (0,8 cm de largura × 8 cm de comprimento) que foi colocada sobre 300 mL de dieta artificial em recipiente plástico (24 cm comprimento × 15 cm largura × 6 cm altura) com capacidade de 1,2 L para ocorrer o desenvolvimento larval. A dieta utilizada para o desenvolvimento larval e os métodos de preparação foram descritos por Salles (1992) e Nunes et al. (2013). Para cada 300 mL de dieta artificial foram inoculados 0,5 mL de solução (água + ovos), totalizando aproximadamente 9.200 ovos/recipiente. As larvas foram mantidas na dieta artificial por aproximadamente 9 dias. O processo de coleta das larvas e o condicionamento das pré-pupas e pupas em vermiculita foram os mesmos proposto pela metodologia de Nunes et al. (2013).

Adultos de *D. longicaudata* foram obtidos por multiplicação em larvas de terceiro instar de *C. capitata*, conforme proposto por Meirelles et al. (2013). Os adultos foram alimentados com uma solução aquosa de mel a 80% fornecida em um recipiente plástico (1 mL). Sete dias após a emergência, larvas de terceiro instar de *C. capitata* provenientes da criação de manutenção foram expostas ao parasitismo por 1 h (30 larvas por fêmea *D. longicaudata*) (Meirelles et al. 2013). Após esse período, as larvas foram removidas e mantidas em uma camada de vermiculita fina (1 cm) em recipientes de plástico (200 mL), fechados na parte superior para permitir a pupação e a emergência de parasitoides adultos.

Pesticidas

Para a avaliação da toxicidade letal e os efeitos subletais a adultos de *D. longicaudata*, foram utilizadas 24 formulações comerciais de pesticidas, dentre elas duas caldas

fitoestimulantes (tratamentos), utilizadas para o manejo fitossanitário de artrópodes-pragas e doenças que infestam as culturas dos citros, pessegueiro, macieira e videira no Brasil (Tabela 1) (AGROFIT 2021). As formulações foram diluídas em água destilada seguindo recomendações de bula para uso no campo. Em formulações que apresentavam duas ou mais dosagens para a mesma cultura foram selecionadas as maiores doses para diluição em 100 L de água.

Bioensaios

Para a avaliação da toxicidade letal e subletal, adultos de *D. longicaudata* foram expostos via contato tarsal a superfícies de vidro (12 x 12 x 0,5 cm) contaminadas com auxílio de pulverizador manual do modelo Guarany Ultrajet 580 mL. O depósito de calda dos pesticidas (tratamento) foi de $1,75 \pm 0,25$ mg.cm⁻² na respectiva dose de campo (Tabela 1), após a pulverização, as placas de vidro permaneceram em temperatura ambiente para a evaporação do excesso de umidade e depósito seco do resíduo do produto nas placas, seguindo metodologia utilizada por De Armas et al. 2020; Giolo et al. (2007) e Hassan et al. 2000. Os bioensaios foram conduzidos em laboratório na temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase 12 h. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 25 tratamentos e 4 repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 12 casais de *D. longicaudata* com idade de 3 a 6 dias (Meirelles et al. 2013).

Toxicidade letal de pesticidas sobre adultos de *D. longicaudata*

Para confinamento dos parasitoides foram utilizadas gaiolas contendo duas placas de vidro com resíduos secos dos produtos, e um anel intermediário de metacrilato (10 cm de diâmetro × 3 cm de altura), que possui lateralmente 6 orifícios de 1,3 cm de diâmetro cobertos por tecido “voile” para ventilação. Através do orifício menor (0,8 cm) das gaiolas foi fornecido

água por capilaridade. A alimentação a base de mel a 80%, foi fornecida em forma de gota dentro de um recipiente de plástico (1 mL), permanecendo sem substituição até o final das 96 h de avaliação. A mortalidade de *D. longicaudata* foi avaliada 96 h após o tratamento (HAT). Foram considerados mortos, adultos de *D. longicaudata* incapazes de se mover após serem estimulados com um pincel com ponta fina. A mortalidade de cada tratamento foi corrigida com o controle positivo (água) usando a fórmula de Abbott (1925). Com base nos dados de mortalidade às 96 h, os tratamentos foram classificados de acordo com os critérios definidos pela *International Organization for Biological and Integrated Control* (IOBC) da seguinte forma: Classe 1 = inócuo ($M < 25\%$), Classe 2 = levemente nocivo ($25\% \leq M \leq 50\%$), Classe 3 = moderadamente nocivo ($51\% \leq M \leq 75\%$) e classe 4 = nocivo ($M > 75\%$) (Hassan et al. 2000).

Efeitos subletais de pesticidas sobre adultos de *D. longicaudata*

Os tratamentos que ocasionaram mortalidade inferior a 50% a adultos de *D. longicaudata* (Classes 1 e 2) após 96 HAT foram utilizados para avaliação dos efeitos subletais sobre os insetos. Para tanto, 30 fêmeas sobreviventes de cada tratamento no bioensaio de toxicidade letal foram individualizadas em gaiolas de parasitismo confeccionadas com recipiente plástico (1000 mL - 13,7 cm de altura $\times$ 10 cm de diâmetro) invertidas sobre tampa plástica (10 cm de diâmetro). Na parte superior da gaiola foi realizado uma abertura circular vedada com tecido “voile” para permitir ventilação e parasitismo. Posteriormente, foram ofertadas 30 larvas de terceiro instar de *C. capitata* para cada fêmea de *D. longicaudata* ($n = 900$) seguindo a metodologia proposta por Meirelles et al. (2013). Após 1h de exposição ao parasitismo, as larvas foram removidas e acondicionadas em um recipiente plástico (300 mL) sobre uma camada de vermiculita (1 cm) para permitir a pupação. Os parâmetros biológicos avaliados foram: parasitismo (%), emergência de adultos (%) e razão sexual (rs) da geração F_0 .

A taxa de parasitismo foi obtida pela contagem de insetos adultos de *D. longicaudata* e de *C. capitata* e calculada pela fórmula $\%P = [P/(M+ P)] \times 100$, onde *P* é o número de parasitoides e *M* é o número de moscas-das-frutas emergidas (Paranhos et al. 2007). A porcentagem de emergência de adultos de *D. longicaudata* foi obtida através da fórmula $\%E = [P/L] \times 100$ onde o *P* é o número de parasitoides emergidos e *L* é o número de larvas disponibilizadas para parasitismo e a razão sexual (*rs*) foi determinada utilizando a equação: $rs = (\text{número de fêmeas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$.

Para avaliar os efeitos subletais sobre adultos de *D. longicaudata* (geração F₁), casais individualizados com até 24 h de idade foram acondicionados em gaiolas plásticas (13,7 cm de altura × 10 cm de diâmetro) e alimentados com água destilada e mel a 80%, conforme descrito anteriormente. Após cinco dias de idade, período necessário para ocorrer o acasalamento (Meirelles et al. 2013) foram ofertadas diariamente 30 larvas de terceiro instar de *C. capitata* para cada fêmea de *D. longicaudata* durante o período de 10 dias. Para cada dia de oferta, após 1 h de exposição ao parasitismo, as larvas foram acondicionadas em potes plásticos (300 mL) sobre uma camada de vermiculita (1 cm) para permitir pupação. Após emergência de todos parasitoides e moscas-das-frutas foi realizado a avaliação de parasitismo (%) e emergência de insetos (%), conforme descrito anteriormente. Ao fim dos dez dias de oferta de larvas de *C. capitata*, os adultos de *D. longicaudata* foram mantidos nas gaiolas alimentados com água e mel 80% até a morte dos indivíduos para a avaliação da longevidade. Com base nos dados de redução de parasitismo (RP) e emergência (RE) os tratamentos foram classificados de acordo com os critérios definidos pela IOBC da seguinte forma: 1 = inócuo ($E < 30\%$), 2 = levemente nocivo ($30\% \leq E \leq 79\%$), 3 = moderadamente nocivo ($80\% \leq E \leq 99\%$) e 4 = nocivo ($E > 99\%$) (Hassan et al. 2000).

Análise estatística e classificação de toxicidade

Os dados de toxicidade letal e subletal de pesticidas sobre adultos de *D. longicaudata* foram submetidos a análise de variância (ANOVA) através do PROC GLM, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância (SAS Institute 2001). Para avaliar os efeitos subletais em adultos de *D. longicaudata* (geração F₀ e F₁), os dados de parasitismo (%) e emergência (%) foram submetidos quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade por Hartley e Bartlett e, em seguida, foram submetidos à análise de variância (opção ANOVA no PROC GLM) utilizando o teste *F* ($P < 0,05$). Quando os valores foram estatisticamente significantes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). A razão sexual da geração F₀ foi analisada pelo teste de Qui-quadrado (χ^2) ($P < 0,005$) SAS® (SAS Institute, 2001). A similaridade entre as curvas de longevidade de adultos de *D. longicaudata* (geração F₁) foi analisada por meio do teste Log-Rank com o Software R (R Core Team 2020).

Resultados

Toxicidade letal sobre adultos de *D. longicaudata*

Os pesticidas formulados a base de azadiractina A + azadiractina B (Agroneem), azadiractina A + azadiractina B (Fitoneem 850 EC), azadiractina (Azact 2,4 EC), azadiractina (Azamax 12 EC), clorantraniliprole, bordalesa, sulfocálcica, enxofre, lufenuron, mancozeb, novaluron, apresentaram baixa toxicidade ($< 10,0\%$ de mortalidade) para adultos de *D. longicaudata*, classificando-se como inócuos (Classe 1), sem diferir significativamente do tratamento controle (Tabela 2). Em contraste, os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, clorpirifós, deltametrina, dimetoato, espinetoram, espinosade, fosmete, indoxacarbe, lambda-cialotrina, malationa, metidationa e tiametoxam proporcionaram mortalidade de 100% dos adultos de *D. longicaudata*, 96 HAE, sendo classificados de acordo com a IOBC como nocivos (Classe 4) (Tabela 2). O acetamiprido, no mesmo período de avaliação proporcionou

mortalidade de 69,89% de adultos do parasitoide, sendo classificado com classe 3 (moderadamente nocivo) (Tabela 2).

Efeitos subletais de pesticidas sobre adultos de *D. longicaudata* na geração F₀

Foi verificado que o novaluron, enxofre e azadiractina (Azact 2,4 EC) apresentaram redução significativa ($F = 289,86$; $gl = 11, 348$; $P < 0,0001$) no parasitismo (RP > 80%) de *D. longicaudata* sobre larvas de terceiro instar de *C. capitata* em relação ao tratamento controle (Tabela 3). Consequentemente, houve menor número de parasitoides emergidos (RE > 78%) ($F = 284,92$; $gl = 11,348$; $P < 0,0001$), sendo classificados como Classe 3 (moderadamente nocivo) (Tabela 3). Os ingredientes ativos lufenuron (RP = 44,01% e RE = 34,75%), azadiractina A + azadiractina B (Agroneem 850 EC) (RP = 47,43% e RE = 36,89%), novaluron (RP = 65,38% e RE = 60,96%), foram classificados como Classe 2 (levemente nocivo) para a geração F₀ de adultos de *D. longicaudata* pela IOBC (Tabela 3). Em contraste, os pesticidas a base de bordalesa, sulfocálcica, azadiractina (Azamax 12 EC) e azadiractina A + azadiractina B (Fitoneem 850 EC) não ocasionaram redução no parasitismo e na emergência em relação a testemunha, sendo classificados com Classe 1 (inócuos) (Tabela 3). Em relação a razão sexual apenas o novaluron e enxofre diferiram significativamente ($F = 721,16$, $gl = 374, 721,16$, $P < 0,001$) do controle (Tabela 3).

Efeitos subletais de pesticidas sobre adultos de *D. longicaudata* na geração F₁

Adultos do parasitoide emergidos de larvas de *C. capitata* parasitadas pela geração F₀ exposta aos pesticidas azadiractina A + azadiractina B (Agroneem 850 EC), azadiractina A + azadiractina B (Fitoneem 850 EC), azadiractina (Azamax 12 EC), clorantraniliprole, bordalesa, sulfocálcica, lufenuron e mancozeb não apresentaram redução no parasitismo ($F = 1,38$; $gl = 8, 108$; $P < 0,2131$) e na emergência ($F = 1,39$; $gl = 8, 108$; $P < 0,2090$) em relação ao controle (Tabela 4), sendo classificados como inócuos (Classe 1) a adultos de *D. longicaudata* na

geração F₁ (Tabela 4). Pelo método de Kaplan-Meier, adultos de *D. longicaudata* originados de insetos expostos a esses pesticidas apresentaram uma longevidade média de 21,05 dias, não diferindo significativamente do tratamento controle (21,94 dias) (Log-Rank: 4,2; gl = 8; $P \leq 0,8$; Fig. 1).

Discussão

Com base nos efeitos tóxicos provocados sobre adultos de *D. longicaudata*, os inseticidas organofosforados, neonicotinoides, piretroides, espinosinas e oxadiazinas avaliados nesse trabalho foram classificados como nocivos. A exposição dos parasitoides aos resíduos desses pesticidas provocou alta hiperatividade nervosa seguida por paralisia e morte dentro de poucos minutos de exposição. A elevada toxicidade e maior velocidade de mortalidade de *D. longicaudata* (até 96 h) aos inseticidas neurotóxicos está associada a ação desses compostos no sítio-alvo dos insetos. Os organofosforados, inibem a ação da enzima acetilcolinesterase (AChE), que é responsável por hidrolisar a acetilcolina (ACh), essa inibição da AChE provoca o acúmulo de ACh na fenda sináptica e estimulação excessiva dos receptores colinérgicos (Fukuto 1990). Os neonicotinoides e as espinosinas atuam sobre os receptores nicotínicos da acetilcolina (nAChRs). As moléculas de neonicotinoides se ligam aos nAChRs no neurônio pós-sináptico, como resultado, sua ação agonística induz excitação contínua das membranas neurais, causando paralisias e esgotamento da energia celular (Simon-Delso et al. 2015). Enquanto as espinosinas atuam como moduladores alostéricos dos nAChRs (Puinean et al. 2013), os inseticidas piretroides e oxadiazinas atuam sobre os canais de sódio, entretanto, enquanto os piretroides mantêm os canais abertos provocando uma superexcitação, as oxadiazinas bloqueiam os canais e evitam a despolarização da membrana e a transmissão do impulso nervoso, resultando na paralisia e morte dos insetos (Lapied et al. 2001).

Os inseticidas organofosforados, piretroides e espinosinas são os mais usados para o manejo de *A. fraterculus* e *C. capitata* em aplicações em área total ou na formulação de iscas-tóxicas para o manejo de moscas das frutas no Brasil (Baronio et al. 2019; Botton et al. 2016; Nunes et al. 2020). Esses inseticidas foram altamente nocivos aos adultos de *D. longicaudata* via contato residual, incluindo o ingrediente ativo espinosade que é um composto de origem natural, oriundo da fermentação da bactéria *Sacharopolyspora spinosa* e possui recomendação para a agricultura orgânica nos Estados Unidos (Williams et al. 2003). Respostas semelhantes foram relatadas a partir de bioensaios de ingestão com a utilização de organofosforados em misturas com atrativos alimentares em formulações de iscas tóxicas. Fato não ocorrido com a utilização de inseticidas a base de espinosinas (Bernardi et al. 2019).

Em contraste, os ingredientes ativos lufenuron e novaluron pertencentes ao grupo químico das benzoilureias, e o ingrediente ativo clorantraniliprole, grupo químico diamidas antranílicas apresentaram baixa mortalidade dos parasitoides ao final das 96 h sendo classificados como inócuos. Entretanto, esses inseticidas induziram a redução nas taxas de parasitismo e emergência da geração F₀, fato este não observado para a geração F₁. Os compostos lufenuron e novaluron têm sido utilizados em pomares de macieira e pessegueiro no Brasil para o manejo de *Grapholita molesta* (Busck) (Batista Neto et al. 2011; Bernardi et al. 2016; Chaves et al. 2014). Esses compostos interrompem a síntese e/ou o transporte de proteínas específicas necessárias para a formação da quitina (Oberlander e Silhacek 1998). Com isso a integridade da endocutícula é comprometida, resultando na interrupção da ecdise e morte dos insetos nos estágios juvenis (Cutler e Scott-Dupree 2007). O mecanismo de ação age especificamente sobre a síntese de quitina em estágios imaturos dos insetos isso explica parcialmente a baixa mortalidade de adultos de *D. longicaudata* quando expostos aos resíduos de lufenuron e novaluron. Esses resultados são importantes para o manejo de pragas em espécies frutíferas, uma vez que os inseticidas de amplo espectro convencionais (por exemplo,

organofosforados e piretroides) vem sendo substituídos por inseticidas menos tóxicos como os reguladores de crescimento (Batista Neto et al. 2011).

Em relação aos pesticidas a base de azadiractina (Azact 2,4 EC, Agroneem 850 EC, Azamax 12 EC e Fitoneem 850 EC) e as caldas fitoestimulantes (bordalesa e sulfocálcica) foi verificado baixa taxa de mortalidade dos adultos de *D. longicaudata* mediante a exposição aos resíduos desses compostos, sendo classificados como inócuos. A azadiractina é um composto tetranortriterpenoide amplamente utilizado para o controle de insetos fitófagos (Alvarenga et al. 2012; Schmutterer 1990; Stara et al. 2011; Stark et al. 1992) e seus derivados botânicos podem causar diversos efeitos sobre os insetos, tais como repelência, inibição de oviposição e da alimentação, alterações no sistema hormonal, causando distúrbios no desenvolvimento, deformações, infertilidade e mortalidade (Roel 2001). Apesar da baixa mortalidade verificada nesse estudo, foram observados efeitos subletais como a redução na porcentagem de parasitismo e emergência para as formulações de azadiractina (Azact 2,4 EC) e azadiractina A + azadiractina B (Agroneem 850 EC), sendo classificados como moderadamente nocivo e levemente prejudicial, respectivamente, para a geração F_0 . A azadiractina atua no desenvolvimento ovariano, resultando em problemas de fecundidade e fertilidade dos insetos expostos (Karnavar 1987). Além disso, a ingestão de azadiractinas modifica os níveis de hormônios morfogenéticos dos insetos jovens e larvas fazendo com que concomitantemente decresçam, assim, a metamorfose dos insetos jovens é inibida bem como a reprodução dos indivíduos adultos (Godfrey 1994). Possivelmente esses efeitos estão associados a redução na porcentagem de parasitismo e emergência dos parasitoides expostos as formulações Azact 2,4 EC e Agroneem 850 EC. A interferência de Azact 2,4 EC na emergência da progênie impossibilitou determinar as taxas de parasitismo e emergência para a geração F_1 . Enquanto para as formulações Agroneem 850 EC, Azamax 12 EC e Fitoneem 850 EC não houve redução da taxa de parasitismo e emergência, tornando os produtos inócuo. Com base nisso, foi

verificado que os efeitos da azadiractina em *D. longicaudata* não são transgeracionais. Similarmente, as caldas fitoestimulantes, bordalesa (cobre + enxofre + cálcio) e sulfocálcica (enxofre + cálcio) não provocaram redução de parasitismo da geração F₀ e emergência dos insetos da geração F₁, sendo classificadas como inócuo.

Alguns pesticidas que não possuem o modo de ação diretamente relacionados à fisiologia dos insetos, como fungicidas que são frequentemente utilizados na fruticultura para o manejo de doenças fúngicas, podem acarretar efeitos deletérios aos parasitoides (Adamski e Ziemnicki 2004; Carvalho et al. 1999). A formulação do pesticida com ingrediente ativo enxofre, apresentou baixa taxa de mortalidade ao final das 96h de exposição aos parasitoides, sendo classificado como inócuo aos adultos de *D. longicaudata*. Porém, os efeitos negativos foram verificados na porcentagem de parasitismo e emergência para a geração F₀. Além disso, foi verificado baixa emergência de fêmeas não sendo possível realizar verificação das taxas de parasitismo e emergência referentes a geração F₁. Resposta semelhante foi encontrada para *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Grützmacher et al. 2004). Em adição, Giolo et al. (2007) encontrou para o parasitoide de ovos *Trichogramma atopovirilia* Oatman e Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) redução de 100% no parasitismo. O ingrediente ativo mancozeb proporcionou mortalidade abaixo de 5% aos adultos expostos, sendo classificado como inócuo, da mesma forma, a formulação foi classificada em relação a parasitismo e emergência para as ambas as gerações avaliadas. Resultado semelhante foi encontrado por Petcharat (1998) onde a exposição de adultos de *D. longicaudata* sobre o ingrediente ativo mancozeb não apresentou efeito negativo sobre os insetos.

Conclusões

Considerando os efeitos letais e subletais das formulações avaliadas sobre os adultos de *D. longicaudata* podemos concluir que a utilização de inseticidas do grupo químico dos

piretroides, organosforados, espinosinas, oxadiazinas e neonicotinoides devem ser usados de forma criteriosa em programas de MIP em frutíferas por afetarem negativamente *D. longicaudata*, um dos principais parasitoides de moscas-das-frutas. No entanto, novos estudos devem ser realizados em condições de semi-campo e campo para se obter um melhor entendimento do efeito dos inseticidas testados sobre os parasitoides. Da mesma forma, recomendar o uso de outras estratégias de controle de moscas-das-frutas, como o uso de iscas tóxicas, principalmente, formulações com inseticidas à base de espinosinas que se mostraram compatíveis com adultos de *D. longicaudata*. Além de utilizar estratégias de captura massal de adultos de *A. fraterculus* e *C. capitata* para reduzir a densidade populacional de moscas-das-frutas no pomar e, conseqüentemente, diminuir a frequência de aplicações de inseticidas de amplo espectro ao longo da temporada.

Agradecimentos Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e bolsa.

Contribuição dos autores: TDNC, DB, DEN, MB e ADG planejaram e desenharam a pesquisa, TDNC, PS, JGSF, MR e MBM conduziram os experimentos, TDNC, DB, MR e MBM conduziram análises estatísticas. TDNC, DB, PS e MBM escreveram o manuscrito. DB, DEN, MB e ADG contribuíram com materiais e infraestrutura para realização dos trabalhos. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito.

Cumprimento das normas éticas

Conflito de Interesse : Os autores declaram que a pesquisa foi realizada na ausência de quaisquer relações comerciais ou financeiras que pudessem ser interpretadas como um potencial conflito de interesses.

Aprovação ética: Não aplicável

Consentimento de participação: Não aplicável

Consentimento de publicação: Todos os autores concordam com a publicação.

Referências

- Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18(2): 265-267.
- Adamski Z, Ziemnicki K (2004) Side effects of mancozeb on *Spodoptera exigua* (Hübner) larvae. *J Appl Entomol* 128(3): 212-217. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00840.x>
- AGROFIT (2021) Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. <http://agrofit.agricultura.gov.br>. Acessado em 4 Feb 2021
- Alvarenga CD, França WM, Giustolin TA, Paranhos BAJ, Lopes GN, Cruz PL, Barbosa PRR (2012) Toxicity of neem (*Azadirachta indica*) seed cake to larvae of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), and its parasitoid, *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Fla Entomol* 95(1): 57-62. <https://doi.org/10.1653/024.095.0110>.
- Andreazza, F, Haddi, K, Nörnberg, SD, Guedes, RNC, Nava, DE, Oliveira, EE (2020) Sex-dependent locomotion and physiological responses shape the insecticidal susceptibility of parasitoid wasps. *Environ Pollut*, 26: 114605-114113. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114605>.
- Baronio CA, Schutze IX, Nunes MZ, Bernardi D, Machota Jr R, Bortoli LC, Arioli CJ, Garcia FRM, Botton M (2019) Toxicities and residual effect of spinosad and alpha-

- cypermethrin-based baits to replace malathion for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) control. J Econ Entomol 112(4): 1798-1804. <https://doi.org/10.1093/jee/toz104>
- Batista Neto OA, Silva MB, Garcia MS, Silva A (2011) Efeito de inseticidas reguladores de crescimento sobre ovos, lagartas e adultos de *Grapholita molesta* (Busck)(Lep.: Tortricidae). Rev Bras Frutic 33(2): 420-428. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000068>.
- Bernardi D, Botton M, Andreazza F, Silva OABN, Arioli JC, Omoto C (2016) Susceptibility of *Bonagota salubricola* (Lepidoptera: Tortricidae) to insecticides in Brazilian apple orchards: Implications for resistance management. J Econ Entomol 109(4): 1881-1886. <https://doi.org/10.1093/jee/tow143>
- Bernardi D, Nondillo A, Baronio CA, Bortoli LC, Junior RM, Treptow RCB, Geisler FCS, Neitzke CG, Nava DE, Botton M (2019) Side effects of toxic bait formulations on *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). Sci Rep 9(1): 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49106-z>
- Botton M, Arioli CJ, Machota Júnior R, Nunes MZ, Rosa JM (2016) Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: Situação atual e perspectivas de controle através do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. RAC 29(1): 103-108.
- Carvalho GA, Parra JRP, Baptista GC (1999) Ação residual de alguns inseticidas pulverizados em plantas de tomateiro sobre duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em casa-de-vegetação. Ciênc Agrotec 23(4): 770-775.
- Carvalho GA, Grützmacher AD, Passos LC, Oliveira RL (2019) Physiological and ecological selectivity of pesticides for natural enemies of insects. In: Souza B, Vázquez L, Marucci R (eds) Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems. Springer, Cham, pp. 469-478
- Chaves CC, Baronio CA, Botton M, Garcia MS (2014) Efeito de inseticidas em diferentes fases de desenvolvimento de *Grapholita molesta* (Busck, 1916)(Lepidoptera: Tortricidae) e estruturas vegetais da macieira e do pessegueiro. Rev Bras Frutic 36(4): 842-852. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-390/13>.

- Cutler GC, Scott-Dupree CD (2007) Novaluron: prospects and limitations in insect pest management. *Pest Technology* 1(1): 38-46.
- De Armas FS, Grutzmacher AD, Nava DE, Pasini RA, Rakes M, Bastos Pazini J (2020) Non-target toxicity of nine agrochemicals toward larvae and adults of two generalist predators active in peach orchards. *Ecotoxicology* 29(3): 327-339. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02177-5>
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech J-M (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu Rev Entomol* 52: 81-106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- EMBRAPA (2021) Resultados e impactos positivos da pesquisa agropecuária na economia, no meio ambiente e na mesa do brasileiro. <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortalicas>. Acessado em 4 Feb 2021
- Fachinello JC, Pasa MS, Schmtiz JD, Betemps DL (2011) Situation and perspectives of temperate fruit crops in Brazil. *Rev Bras Frutic* 33(1): 109-120. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500014>
- Farah S, Rakes M, Portalanza D, Nava DE, Durigon A, Grützmacher AD, Dias-Pini N, Gómez-Torres M (2020) Effects of toxic baits and food-based attractants for fruit flies on the parasitoid *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae). *Bull Entomol Res* 110(2): 278-284. <https://doi.org/10.1017/S0007485319000580>
- Fukuto TR (1990) Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. *Environ Health Perspect* 87: 245-254. <https://doi.org/10.1289/ehp.9087245>
- Giolo FP, Grützmacher AD, Manzoni CG, Lima CAB, Nörnberg SD (2007) Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do pessegueiro sobre adultos de *Trichogramma pretiosum*. *Bragantia* 66(3): 423-431. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000300008>
- Godfrey CRA (1994) Agrochemicals from natural products. CRC Press, New York, 424 pp
- Gonçalves RS, Nava DE, Pereira HC, Lisbôa H, Grützmacher AD, Valgas RA (2013) Biology and fertility life table of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae) in larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Ann Entomol Soc Am* 106(6): 791-798. <https://doi.org/10.1603/AN13044>

- Grützmacher AD, Zimmermann O, Yousef A, Hassan SA (2004) The side effects of pesticides used in integrated production of peaches in Brazil on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). J Appl Entomol 128(6): 377-383. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00800.x>
- Hassan SA, Halsall N, Gray AP, Kuehner C, Moll M, Bakker F, Roembke J, Yousef A, Nasr F, Abdelgader H (2000) A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). In: Candolfi MP et al. (eds) Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/WPRS, Reinheim, pp. 107-119
- Karnavar GK (1987) Influence of azadirachtin on insect nutrition and reproduction. Proc Anim Sci 96(3): 341-347.
- Lapied B, Grolleau F, Sattelle DB (2001) Indoxacarb, an oxadiazine insecticide, blocks insect neuronal sodium channels. Br J Pharmacol 132(2): 587-595. <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0703853>
- Machota RJ, Formolo R, Bernardi D, Botton M, Rufato L (2013) Efeito de inseticidas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em uva de mesa 'Itália' sob cultivo protegido. Invest Agr 15(2): 113-120.
- Meirelles RN, Redaelli LR, Ourique CB (2013) Comparative biology of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Fla Entomol 96(2): 412-418. <https://doi.org/10.1653/024.096.0204>
- Montoya P, Ruiz L, Pérez-Lachaud G, Cancino J, Liedo P (2013) Field superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* attacking *Anastrepha* spp. larvae on mango fruits. Biol Control 64(2): 160-165. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.10.015>
- Nogueira EMC, Ferrari JT, Domingues RJ, Almeida IMG, Beriam LOS (2016) Doenças em Fruteiras de Clima Temperado: Ameixeira, Pessegueiro, Nectarineira e Nespereira. http://repositoriobiologico.com.br/jspui/bitstream/123456789/78/1/dtfruteiras_clima_temperado.pdf. Acessado em 4 Feb 2021
- Nunes AM, Costa KZ, Faggioni KM, Costa MLZ, Gonçalves RS, Walder JMM, Garcia MS, Nava DE (2013) Dietas artificiais para a criação de larvas e adultos da mosca-das-frutas

- sul-americana. *Pesq Agropec Bras* 48(10): 1309-1314. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000001>
- Nunes MZ, Baronio CA, Schutze IX, Bernardi D, Arioli CJ, Junior RM, Botton M (2020) Toxicity of baits and their effects on population suppression of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae): Implications for field management. *Environ Entomol* 49(3): 638-644. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa035>
- Oberlander H, Silhacek DL (1998) New perspectives on the mode of action of benzoylphenyl urea insecticides. In: Ishaaya I, Degheele D (eds) *Insecticides with Novel Modes of Action*. Springer, Berlin, pp. 92-105
- Paranhos BAJ, Nava DE, Malavasi A. (2019) Biological control of fruit flies. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 54: 1-14.
- Paranhos BAJ, Walder JMM, Alvarenga CD (2007) Parasitismo de larvas da mosca-do-mediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes cultivares de goiaba. *Neotrop Entomol* 36(2): 243-246. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000200010>
- Petcharat J (1998) Effects of insecticides and fungicides used in guava orchard on parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*. *Kaen Kaset* 26: 28-32.
- Puinean AM, Lansdell SJ, Collins T, Bielza P, Millar NS (2013) A nicotinic acetylcholine receptor transmembrane point mutation (G275E) associated with resistance to spinosad in *Frankliniella occidentalis*. *J Neurochem* 124(5): 590-601. <https://doi.org/10.1111/jnc.12029>
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org/> (2020).
- Raga A, Galdino LT, Silva SB, Baldo FB, Sato ME (2018) Comparison of insecticide toxicity in adults of the fruit flies *Anastrepha fraterculus* (Wied.) and *Anastrepha grandis* (Macquart)(Tephritidae). *J Exp Agric Int* 25(2): 1-8. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/43066>
- Roel AR (2001) Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o desenvolvimento rural sustentável. *Interações* 1(2): 43-50.

- Rugno GR, Zanardi OZ, Parra JRP, Yamamoto PT (2019) Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa cubana*. Neotrop Entomol 48(1): 162-170. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0626-3>
- Salles LAB (1992) Metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830)(Diptera: Tephritidae) em dieta artificial em laboratório. An Soc Ent Brasil 21: 479-486.
- SAS Institute. SAS System - SAS/STAT. computer program, version 8.02. By SAS Institute, Cary, NC. (2001).
- Schlesener DCH, Wollmann J, Pazini JdB, Padilha AC, Grützmacher AD, Garcia FRM (2019) Insecticide toxicity to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) parasitoids: *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). J Econ Entomol 112(3): 1197-1206. <https://doi.org/10.1093/jee/toz033>
- Schmutterer H (1990) Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annu Rev Entomol 35(1): 271-297. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.001415>
- Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin J-M, Chagnon M, Downs C, Furlan L, Gibbons DW, Giorio C, Girolami V (2015) Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. Environ Sci Pollut Res Int 22(1): 5-34. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>
- Sivinski J, Aluja M, Holler T (2006) Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies: effects on longevity and fecundity. Entomol Exp Appl 118(3): 193-202. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00379.x>
- Stara J, Ourednickova J, Kocourek F (2011) Laboratory evaluation of the side effects of insecticides on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae), *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae), and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseidae). J Pest Sci 84(1): 25-31. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0322-5>
- Stark JD, Wong TTY, Vargas RI, Thalman RK (1992) Survival, longevity, and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. J Econ Entomol 85(4): 1125-1129. <https://doi.org/10.1093/jee/85.4.1125>

- Uchôa MA (2012) Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control. In: Sonia S (ed) Integrated pest management and pest control - Current and future tactics. InTech, London, pp. 271-300
- Vargas RI, Stark JD, Banks J, Leblanc L, Manoukis NC, Peck S (2013) Spatial dynamics of two oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids, *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), in a guava orchard in Hawaii. Environ Entomol 42(5): 888-901. <https://doi.org/10.1603/EN12274>
- Williams T, Valle J, Viñuela E (2003) Is the naturally derived insecticide Spinosad® compatible with insect natural enemies? Biocontrol Sci Techn 13(5): 459-475. <https://doi.org/10.1080/0958315031000140956>

Tabela 1 Pesticidas utilizados nos bioensaios de toxicidade letal e subletal sobre o parasitoide *D. longicaudata*

Ingrediente ativo	Nome comercial ¹	Grupo químico	Dose registrada		CT ⁴	Manufatura
Lufenuron	Match 50 EC	Benzoilureia	5 ²	100 ³	IV	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. SP, Brasil
Novaluron	Rimon Supra 100 SC		5	50	III	ADAMA Brasil S/A. Londrina, PR, Brasil.
Clorantraniliprole	Altacor 350 WG	Diamida Antranílica	4,9	14	III	FMC Química do Brasil Ltda. Campinas, SP, Brasil
Mancozebe	Unizeb Gold 750 WG	Ditiocarbamato	262,5	350	I	UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários S.A. Ituverava, SP, Brasil
Espinetoram	Delegate 250 WG	Espinosinas	7,5	30	III	Dow AgroSciences Industrial Ltda. Barueri, SP, Brasil.
Espinosade	Tracer 480 SC		7,2	15	III	Dow AgroSciences Industrial Ltda. Barueri, SP, Brasil.
Bordalesa	Bordasul WP	Inorgânico	502,5	750	-	Phelps Produtos Químicos e Agrícolas Ltda. Itápolis, SP, Brasil
Sulfur (Enxofre)	Kumulus 800 WG		480	600	IV	BASF S.A. São Paulo, SP, Brasil
Sulfocálcica	Sulfocal WP	Neonicotinoide	2250	5000	-	Phelps Produtos Químicos e Agrícolas Ltda. Itápolis, SP, Brasil
Acetamiprido	Mospilan 200 SP		8	40	III	Iharabras S.A. Indústrias Químicas. Sorocaba, SP, Brasil
Tiametoxan	Actara 250 WG	Neonicotinoide + Éter difenílico	5	20	III	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. São Paulo, SP, Brasil
Acetamiprido + Etofenproxi	Eleitto 167 + 300 OD		32,6	70	IV	Iharabras S.A. Indústrias Químicas. Sorocaba, SP, Brasil
Clorpirifós	Clorpirifós Fersol 480 EC	Organofosforado	96	200	III	Ameribras Indústria e Comércio Ltda. Cotia, SP, Brasil.
Dimetoato	Perfekthion 400 EC		80	200	I	BASF S.A. São Paulo, SP, Brasil
Fosmete	Imidan 500 WP	Oxadiazina	100	200	I	Cross Link Consultoria e Comércio Ltda. Barueri, SP, Brasil.
Malationa	Malathion 1000 EC		20	200	I	FMC Química do Brasil Ltda. Campinas, SP, Brasil.
Metidationa	Suprathon 400 EC	Piretroide	40	100	I	ADAMA Brasil S/A. Londrina, PR, Brasil
Indoxacarbe	Avatar 150 EC		11,25	75	III	FMC Química do Brasil Ltda. Campinas, SP, Brasil
Deltametrina	Decis 25 EC	Tetranortriterpenoide	1,25	50	I	Bayer S.A. São Paulo, SP, Brasil
Lambda-Cialotrina	Karate Zeon 250 CS		1	4	III	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. SP, Brasil
Azadiractina	Azact 2,4 EC		5	2008	-	Luiz Arthur Cury e Silva Agronegócios. Cravinhos, SP, Brasil
Azadiractina	Azamax 12 EC		3,6	300	III	UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários S.A. Ituverava, SP, Brasil.
Azadiractina A/B	Agroneem 850 EC		680	800	IV	Agrovan Comércio de Produtos Agrícolas Ltda. Jaboticabal, SP, Brasil
Azadiractina A/B	Fitoneem 850 EC		637,5	750	IV	Dalneem Brasil Comércio de Produtos Agropecuários Ltda. Itajaí, SC, Brasil

¹ Nome comercial e concentração em g i.a./kg ou L (EC: concentrado emulsionável; SC: suspensão concentrada; WG: grânulos dispersíveis; WP: pó molhável; SP: pó solúvel; CS: suspensão de encapsulados; OD: dispersão de óleo).

² Ingrediente ativo em g ou mL por 100 L⁻¹ de água.

³ Produto comercial em g ou mL por 100 L⁻¹ de água.

⁴ Classe toxicológica (I: extremamente tóxico; II: altamente tóxico; III: moderadamente tóxico; IV: ligeiramente tóxico).

Tabela 2 Número médio de insetos vivos (N) $\pm$ Erro Padrão (EP) e mortalidade corrigida (M) de *D. longicaudata* quando expostos a diferentes pesticidas

Tratamentos	96 h		IOBC/WPRS
	N $\pm$ EP ¹	M (%) ²	Classe ³
Lufenuron	93,95 $\pm$ 1,2 ^a	2,13	1
Novaluron	84,77 $\pm$ 7,15 ^{ab}	11,69	1
Clorantniliprole	83,65 $\pm$ 4,1 ^{ab}	12,86	1
Mancozeb	92,95 $\pm$ 1,9 ^a	3,16	1
Espinetoram	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Espinosade	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Bordalesa	88,59 $\pm$ 4,9 ^{ab}	7,70	1
Enxofre	74,08 $\pm$ 9,4 ^b	22,83	1
Sulfocálcica	88,82 $\pm$ 4,3 ^{ab}	8,46	1
Tiatomexam	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Acetamiprido	28,89 $\pm$ 4,3 ^c	69,89	3
Acetamiprido + Etofenproxi	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Clorpirifós	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Fosmete	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Malationa	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Dimetoato	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Metidationa	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Indoxacarbe	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Deltametrina	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Lambda-Cialotrina	0,00 $\pm$ 0,0 ^d	100,0	4
Azadiractina A/B (Agroneem 850 EC)	95,00 $\pm$ 1,0 ^a	1,04	1
Azadiractina (Azact 2,4 EC)	95,00 $\pm$ 1,0 ^a	1,04	1
Azadiractina (Azamax EC)	95,00 $\pm$ 1,0 ^a	1,04	1
Azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC)	89,81 $\pm$ 3,9 ^{ab}	6,43	1
Testemunha	96,00 $\pm$ 0,0 ^a	--	--
F	301,99	--	--
Gl	95,288	--	--
P	0,001	--	--

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

² Mortalidade corrigida usando a fórmula de Abbott (1925).

³ Classe da IOBC/WPRS: 1) inócuo ($M < 25\%$); 2) levemente prejudicial ($25\% \leq M \leq 50\%$); 3) moderadamente nocivo ($51\% \leq M \leq 75\%$) e 4) prejudicial ($M > 75\%$) após 96 h de exposição.

Tabela 3 Efeitos subletais da exposição de adultos (geração F₀) de *D. longicaudata* a pesticidas.

Inseticidas	Parasitismo (%) ¹	RP (%) ²	IOBC/WPRS Classe ³	Insetos emergidos ¹	RE (%) ⁴	IOBC/WPRS Classe ³	Razão sexual ⁵
Lufenuron	4,36 ± 0,21 ^d	44,01	2	4,06 ± 0,19 ^f	34,75	2	0,25 ± 0,03 ^{ab}
Novaluron	1,16 ± 0,17 ^f	85,04	3	0,10 ± 0,05 ⁱ	98,39	3	0,00 ± 0,0 ^d
Cloranthraniliprole	2,70 ± 0,19 ^e	65,38	2	2,43 ± 0,20 ^g	60,96	2	0,24 ± 0,05 ^{ab}
Mancozeb	7,70 ± 0,25 ^c	1,28	1	7,46 ± 0,26 ^d	0,00	1	0,21 ± 0,03 ^{ab}
Bordalesa	11,23 ± 0,26 ^a	0,00	1	10,53 ± 0,24 ^a	0,00	1	0,19 ± 0,02 ^{bc}
Enxofre	1,40 ± 0,18 ^f	82,05	3	1,36 ± 0,19 ^h	78,07	2	0,03 ± 0,03 ^{cd}
Sulfocálcica	9,56 ± 0,26 ^b	0,00	1	8,96 ± 0,25 ^{bc}	0,00	1	0,36 ± 0,03 ^a
Azadiractina A/B (Agroneem 850 EC)	4,10 ± 0,26 ^d	47,43	2	3,93 ± 0,26 ^f	36,89	2	0,26 ± 0,03 ^{ab}
Azadiractina (Azact 2,4 CE)	0,50 ± 0,10 ^f	93,58	3	0,43 ± 0,10 ^{hi}	93,04	3	0,11 ± 0,05 ^{bcd}
Azadiractina (Azamax)	9,10 ± 0,19 ^b	0,00	1	8,70 ± 0,21 ^c	0,00	1	0,14 ± 0,01 ^{bcd}
Azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC)	10,86 ± 0,33 ^a	0,00	1	9,96 ± 0,33 ^{ab}	0,00	1	0,25 ± 0,02 ^{ab}
Testemunha	7,80 ± 0,23 ^c	-	-	6,23 ± 0,22 ^e	-	-	0,25 ± 0,02 ^{ab}
<i>F</i>	289,86	-	-	284,92	-	-	721,16
<i>Gl</i>	11,348	-	-	11,348	-	-	374, 721,16
<i>P</i>	0,001	-	-	0,001	-	-	0,001

¹ Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

² RP: Redução do parasitismo.

³ Classe IOBC/WPRS: 1) inócuo (RP ou RE < 30%); 2) levemente prejudicial ($30 \leq E \leq 79\%$), 3) moderadamente nocivo ($80\% \leq E \leq 99\%$) e 4) prejudicial (RP ou RE < 99%).

⁴ RE: Redução da emergência.

⁵ Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Qui-quadrado ($P < 0,05$).

Tabela 4 Efeitos subletais da exposição de adultos (geração F₁) de *D. longicaudata* a pesticidas

Inseticidas	Parasitismo (%) ¹	RP (%) ²	IOBC/WPRS Classe ³	Insetos emergidos ¹	RE (%) ⁴	IOBC/WPRS Classe ³
Lufenuron	11,65 ± 1,65 ^a	11,85	1	11,68 ± 1,65 ^a	0,76	1
Clorantraniliprole	16,25 ± 2,82 ^a	0,00	1	15,5 ± 2,65 ^a	0,00	1
Mancozeb	13,18 ± 2,39 ^a	0,54	1	12,12 ± 2,40 ^a	0,00	1
Bordalesa	12,00 ± 1,14 ^a	9,49	1	8,80 ± 1,62 ^a	25,28	1
Sulfocálcica	16,71 ± 1,91 ^a	0,00	1	14,28 ± 1,88 ^a	0,00	1
Azadiractina A/B (Agroneem 850 EC)	13,80 ± 3,08 ^a	0,00	1	12,40 ± 3,14 ^a	0,00	1
Azadiractina (Azamax)	20,10 ± 4,16 ^a	0,00	1	19,70 ± 4,25 ^a	0,00	1
Azadiractina A/B (Fitoneem 850 EC)	17,52 ± 1,72 ^a	0,00	1	15,65 ± 1,77 ^a	0,00	1
Testemunha	13,25 ± 1,64 ^a	-	-	11,77 ± 1,58 ^a	-	-
<i>F</i>	1,38	-	-	1,39	-	-
<i>Gl</i>	8,108	-	-	8,108	-	-
<i>P</i>	0,2131	-	-	0,2090	-	-

¹ Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

² RP: Redução do parasitismo.

³ Classe IOBC/WPRS: 1) inócuo (RP ou RE < 30%); 2) levemente prejudicial ($30 \leq E \leq 79\%$); 3) moderadamente nocivo ($80\% \leq E \leq 99\%$) e 4) prejudicial (RP ou RE < 99%).

⁴ RE: Redução da emergência.

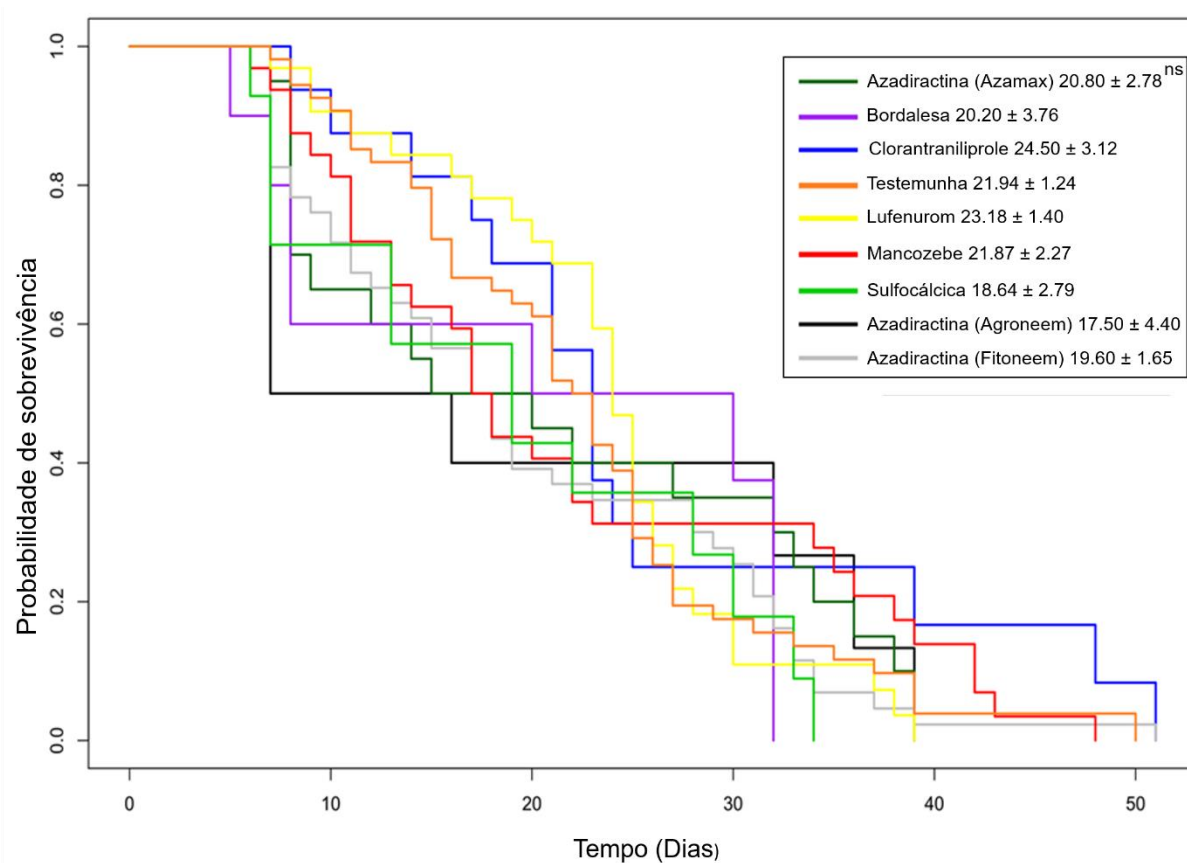


Fig. 1 Curvas de sobrevivência para adultos de *D. longicaudata* (F₁) originados de fêmeas (F₀) expostas aos resíduos de pesticidas. Valores seguidos de ns na legenda não diferem significativamente pelo método de Kaplan-Meier. A similaridade entre as curvas de longevidade foi analisada por meio do teste Log-Rank com o Software R (R Core Team 2020).



Fig. 2 Gaiolas utilizadas para confinamento de adultos de *D. longicaudata* para a exposição aos resíduos de pesticidas. Compostas por duas placas de vidro e um anel intermediário de metacrilato.

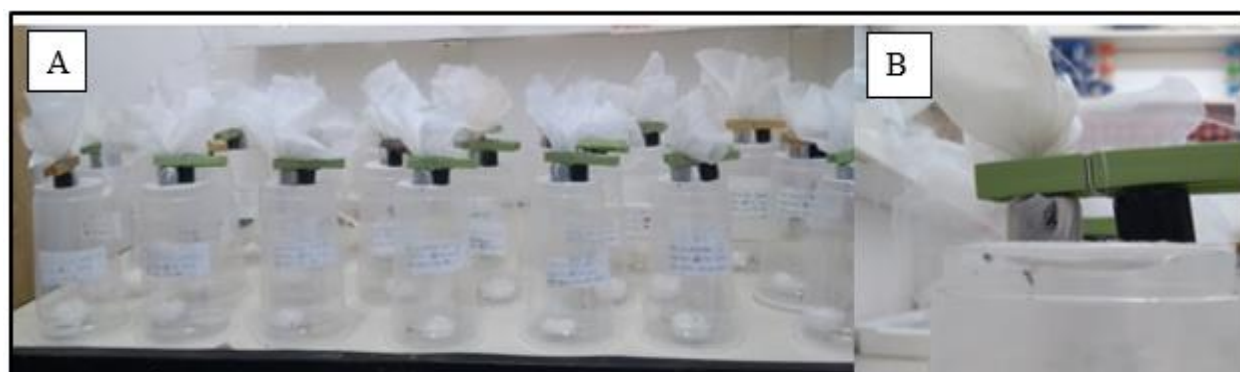


Fig. 3 Gaiolas utilizadas para acondicionamento de casais de *D. longicaudata* para avaliação dos efeitos subletais dos pesticidas (A). Unidade de parasitismo utilizada para oferta de larvas para fêmeas de *D. longicaudata* pelo período de 1h (B).

Conclusões

Utilização de inseticidas do grupo químico dos piretroides, organofosforados, espinosinas, oxadiazinas e neonicotinoides avaliados nesse estudo devem ser realizadas de forma criteriosa em programas de MIP em frutíferas.

O emprego de fungicidas avaliados nesse estudo para controle de doenças em pomares deve ser feito com cautela, sendo que podem acarretar danos subletais sobre populações de *D. longicaudata*.

Em programas de manejo integrado de moscas-das-frutas, deve-se priorizar a utilização de formulações de pesticidas dos grupos químicos das benzoilureias, diamidas antranílicas, além de caldas fitoestimulantes no manejo integrado de pragas em fruticultura.

A utilização de formulações do grupo químico dos tetranortriterpenoides deve ser realizada com cautela, visto que uma formulação causou efeitos subletais sobre a população avaliada.

Contudo para que tenha-se a utilização segura de produtos químicos em áreas de produção de frutas há a necessidade de avaliações de seletividade de pesticidas sobre outros parasitoides nativos das áreas.

Com isso trabalhos semi-campo e campo precisam ser realizados para confirmação dos resultados obtidos em laboratório para o parasitoide *D. longicaudata*.

Referências

- ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. Dados de exportação 1^a Bimestre/2021. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2021/04/dados-de-exportacao-1a-bimestre-2021/>> Acesso em: 28 jan 2021.
- ADAMI, A. C. O.; SOUSA, E. P.; FRICKS, L. B.; MIRANDA, S. H. G. Oferta de exportação de frutas do Brasil: o caso da manga e do melão, no período de 2004 a 2015. **Revista Econômica do Nordeste**, v.47, n.4, p.63-78, 2016.
- ALTAFINI, D. L.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M.; EFROM, C. Comportamento de oviposição de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes densidades de larvas de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 17, n.1, p. 38-42, 2019.
- ALVARENGA, C. D.; BRITO, E. S.; LOPES, E. N.; SILVA, M. A.; ALVES, D. A.; MATRANGOLO, C. A.; ZUCCHI, R. A. Introdução e recuperação do parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomares comerciais de goiaba no norte de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 34, n.1, p. 133-136, 2005.
- ARIOLI, C. J.; BOTTON, M.; MACHOTA JR, R.; NUNES, M. Z.; ROSA, J. M. Novas ferramentas para monitoramento e controle massal de mosca-das-frutas. **Synergismus Scientifica UTFPR**, v.13, n.1, p.15-20, 2018.
- BARONIO, C. A.; SCHUTZE, I. X.; NUNES, M. Z.; BERNARDI, D.; MACHOTA JR, R.; BORTOLI, L. C.; ARIOLI, C. J.; GARCIA, F. R. M.; BOTTON, M. Toxicities and residual effect of spinosad and alpha-cypermethrin-based baits to replace malathion for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) control. **Journal of Economic Entomology**, v.112, n.4, p.1798-1804, 2019.
- BERNARDI, D.; NONDILLO, A.; BARONIO, C. A.; BORTOLI, L. C.; JUNIOR, R. M.; TREPTOW, R. C. B.; GEISLER, F. C. S.; NEITZKE, C. G.; NAVA, D. E.; BOTTON, M. Side effects of toxic bait formulations on *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Scientific Reports**, v.9, n.1, p.1-8, 2019.
- BOTTON, M.; ARIOLI, C. J.; MACHOTA JÚNIOR, R.; NUNES, M. Z.; ROSA, J. M. Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: situação atual e perspectivas de controle através do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. **Agropecuária Catarinense**, v.29, n.1, p.103-108, 2016.
- BUENO, A. F.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A. C.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, D. M. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, v.47, n.6, p.e20160829, 2017.

CARVALHO, G. A.; GRÜTZMACHER, A. D.; PASSOS, L. C.; OLIVEIRA, R. L. Physiological and ecological selectivity of pesticides for natural enemies of insects. In: **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems**. Cham: Springer, p.469-478, 2019.

CARVALHO, R. S. Avaliação das liberações inoculativas do parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomar diversificado em Conceição do Almeida, BA. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 5, p. 799-805, 2005.

DEGRANDE, P. E. Validação do manejo integrado de pragas aplicado ao algodoeiro no Mato Grosso do Sul através de campos demonstrativos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba. **Anais do...** Piracicaba: Editora SEB, 1993. p.574.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.-M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.81-106, 2007.

DIAS, N. P.; ZOTTI, M. J.; MONTROYA, P.; CARVALHO, I. R.; NAVA, D. E. Fruit fly management research: A systematic review of monitoring and control tactics in the world. **Crop Protection**, v.112, n.1, p.187-200, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Resultados e impactos positivos da pesquisa agropecuária na economia, no meio ambiente e na mesa do brasileiro. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortalicas>> Acesso em: 12 jan 2021.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situation and perspectives of temperate fruit crops in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.109-120, 2011.

FARAH, S.; RAKES, M.; PORTALANZA, D.; NAVA, D. E.; DURIGON, A.; GRÜTZMACHER, A. D.; DIAS-PINI, N.; GOMÉZ-TORRES, M. Effects of toxic baits and food-based attractants for fruit flies on the parasitoid *Fopius arisanus* (Sonan)(Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin of Entomological Research**, v.110, n.2, p.278-284, 2020.

FEITOSA, S. S.; SILVA, P. R. R.; PÁDUA, L. E. M.; CARVALHO, E. M. S.; PAZ, J. K. S.; PAIVA, D. R. Flutuação populacional de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas a variedades de manga no município de José de Freitas-Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.112-117, 2008.

GRAVENA, S. O controle biológico na cultura algodoeira. **Informe Agropecuário**, v.9, n.104, p.3-15, 1983.

GREANY, P. D.; ASHLEY, T. R.; BARANOWSKI, R. M.; CHAMBERS, D. L. Rearing and life history studies on *Biosteres (Opus) longicaudatus* [Hym.: Braconidae]. **Entomophaga**, v.21, n.2, p.207-215, 1976.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro 2017. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>> Acesso em: 12 jan 2021.

LEAL, M. R.; AGUIAR-MENEZES, E. D. L.; LIMA FILHO, M. R.; MENEZES, E. B. R. Capacidade de sobrevivência e dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata*, um parasitoide exótico de larva de moscas-das-frutas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, **Documentos Embrapa Agrobiologia**, v.260, p.33, 2008.

MACHOTA, R. J.; FORMOLO, R.; BERNARDI, D.; BOTTON, M.; RUFATO, L. Efeito de inseticidas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wied.)(Diptera: Tephritidae) em uva de mesa 'Itália' sob cultivo protegido. **Investigación Agraria**, v.15, n.2, p.113-120, 2013.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. Biogeografia. In: **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. p.93-98.

MONTOYA, P.; LIEDO, P.; BENREY, B.; CANCINO, J.; BARRERA, J. F.; SIVINSKI, J.; ALUJA, M. Biological control of *Anastrepha spp.*(Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead)(Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v.18, n.3, p.216-224, 2000.

MONTOYA, P.; RUIZ, L.; PÉREZ-LACHAUD, G.; CANCINO, J.; LIEDO, P. Field superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* attacking *Anastrepha spp.* larvae on mango fruits. **Biological Control**, v.64, n.2, p.160-165, 2013.

NEWSOM, L. D.; SMITH, R. F.; WHITCOMB, W. H. Selective pesticides and selective use of pesticides. In: **Theory and practice of biological control**. New York: Elsevier, 1976. p.565-591.

NOGUEIRA, E. M. C.; FERRARI, J. T.; DOMINGUES, R. J.; ALMEIDA, I. M. G.; BERIAM, L. O. S. Doenças em Fruteiras de Clima Temperado: Ameixeira, Pessegueiro, Nectarineira e Nespereira. Documento Técnico 21. Instituto Biológico – APTA, 2016. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/bitstream/123456789/78/1/dtfruteiras_clima_temperado.pdf> Acesso em: 14 jan 2021.

NOJOSA, G. B. A.; HENZ, G. P.; SATHLER, F. G. L. A Introdução de pragas e seu impacto sobre o acesso a mercados. In: **Defesa vegetal: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: SBDA, Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015. p.103-124.

NUNES, M. Z.; BARONIO, C. A.; SCHUTZE, I. X.; BERNARDI, D.; ARIOLI, C. J.; JUNIOR, R. M.; BOTTON, M. Toxicity of baits and their effects on population suppression of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae): Implications for field management. **Environmental Entomology**, v.49, n.3, p.638-644, 2020.

PARANHOS, B. A. J.; WALDER, J. M. M.; ALVARENGA, C. D. Parasitismo de larvas da mosca-do-mediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead)(Hymenoptera: Braconidae) em diferentes cultivares de goiaba. **Neotropical Entomology**, v.36, n.2, p.243-246, 2007.

PARANHOS, B. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, p.1-14, 2019.

RAGA, A.; GALDINO, L. T.; SILVA, S. B.; BALDO, F. B.; SATO, M. E. Comparison of insecticide toxicity in adults of the fruit flies *Anastrepha fraterculus* (Wied.) and *Anastrepha grandis* (Macquart)(Tephritidae). **Journal of Experimental Agriculture International**, v.25, n.2, p.1-8, 2018.

RUGNO, G. R.; ZANARDI, O. Z.; PARRA, J. R. P.; YAMAMOTO, P. T. Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa cubana*. **Neotropical Entomology**, v.48, n.1, p.162-170, 2019.

SALLES, L. A. B. Isca tóxica para o controle de adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wied.)(Diptera: Tephritidae). **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, v.24, n.1, p.153-157, 1995.

SÁNCHEZ, G.; MURÚA, F.; SUÁREZ, L.; VAN NIEUWENHOVE, G.; TARET, G.; PANTANO, V.; BILBAO, M.; SCHLISERMAN, P.; OVRUSKI, S. M. Augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) for *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) control in a fruit-growing region of Argentina. **Biological Control**, v.103, p.101-107, 2016.

SCHLESENER, D. C. H.; WOLLMANN, J.; PAZINI, J. B.; PADILHA, A. C.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, F. R. M. Insecticide toxicity to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) parasitoids: *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of Economic Entomology**, v.112, n.3, p.1197-1206, 2019.

SIME, K. R.; DAANE, K. M.; NADEL, H.; FUNK, C. S.; MESSING, R. H.; ANDREWS JR, J. W.; JOHNSON, M. W.; PICKETT, C. H. *Diachasmimorpha longicaudata* and *D. kraussii* (Hymenoptera: Braconidae), potential parasitoids of the olive fruit fly. **Biocontrol Science and Technology**, v.16, n.2, p.169-179, 2006.

SIME, K. R.; DAANE, K. M.; WANG, X. G.; JOHNSON, M. W.; MESSING, R. H. Evaluation of *Fopius arisanus* as a biological control agent for the olive fruit fly in California. **Agricultural and Forest Entomology**, v.10, n.4, p.423-431, 2008.

SIVINSKI, J.; ALUJA, M.; HOLLER, T. Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies: effects on longevity and fecundity. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.118, n.3, p.193-202, 2006.

STARK, J. D.; BANKS, J. E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.48, n.1, p.505-519, 2003.

STARK, J. D.; RANGUS, T. M. Lethal and sublethal effects of the neem insecticide formulation, 'Margosan-O', on the pea aphid. **Pesticide Science**, v.41, n.2, p.155-160, 1994.

UCHÔA, M. A. Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control. In: **Integrated pest management and pest control - Current and future tactics**. London: InTech, 2012. p.271-300.

VARGAS, R. I.; LEBLANC, L.; PUTOA, R.; PIÑERO, J. C. Population dynamics of three *Bactrocera* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae) and two introduced natural enemies, *Fopius arisanus* (Sonan) and *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), after an invasion by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Tahiti. **Biological Control**, v.60, n.2, p.199-206, 2012.

VARGAS, R. I.; STARK, J. D.; BANKS, J.; LEBLANC, L.; MANOUKIS, N. C.; PECK, S. Spatial dynamics of two oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids, *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), in a guava orchard in Hawaii. **Environmental Entomology**, v.42, n.5, p.888-901, 2013.

WONG, T. T. Y.; RAMADAN, M. M.; MCINNIS, D. O.; MOCHIZUKI, N.; NISHIMOTO, J. I.; HERR, J. C. Augmentative releases of *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae) to suppress a Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) population in Kula, Maui, Hawaii. **Biological Control**, v.1, n.1, p.2-7, 1991.

WRIGHT, D. J.; VERKERK, R. H. J. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. **Pesticide Science**, v.44, n.3, p.207-218, 1995

