



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

FRANCISCO RESENDE LOIOLA

**INTERAÇÃO INTRÍNSECA ENTRE *Tetrastichus giffardianus* SILVESTRE
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) E *Diachasmimorpha longicaudata* ASHMEAD
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE)**

MOSSORÓ

2025

FRANCISCO RESENDE LOIOLA

**INTERAÇÃO INTRÍNSECA ENTRE *Tetrastichus giffardianus* SILVESTRE
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) E *Diachasmimorpha longicaudata* ASHMEAD
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE)**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Elton Lucio de Araujo, Prof. Dr.
Co-orientadora: Hellany Matos da Silva, Me. Sc.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L834i Loiola, Francisco Resende.
 Interação intrínseca entre *Tetrastichus*
 Giffardianus Silvestre (Hymenoptera: Eulophidae)
 e *Diachasmimorpha Longicaudata* Ashmead
 (Hymenoptera: Braconidae) / Francisco Resende
 Loiola. - 2025.
 39 f. : il.

 Orientador: Elton Lucio de Araujo.
 Coorientadora: Hellany Matos da Silva.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2025.

 1. Inimigos naturais. 2. Multiparasitismo. 3.
 Controle biológico. 4. Parasitoides. I. Araujo,
 Elton Lucio de, orient. II. Silva, Hellany Matos
 da, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FRANCISCO RESENDE LOIOLA

**INTERAÇÃO INTRÍNSECA ENTRE *Tetrastichus giffardianus* SILVESTRE
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) E *Diachasmimorpha longicaudata* ASHMEAD
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE)**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Defendida em: 26 / 03 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Elton Lucio de Araujo, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Documento assinado digitalmente

ELTON LUCIO DE ARAUJO

Data: 05/04/2025 12:30:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Hellany Matos da Silva, Me. (UFERSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

HELLANNY MATOS DA SILVA

Data: 05/04/2025 12:52:49-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Alricélia Gomes de Lima, Me. (UFERSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

ALRICELIA GOMES DE LIMA

Data: 05/04/2025 15:03:46-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*As minhas avós Maria Minelvina Marcos e
Cilene de Cavalcante Resende, meu tio
Marcos Loiola e meu primo Murillo da Costa
Loiola (In Memorim).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar nesta trajetória, dando-me força para enfrentar os desafios e seguir firme na busca dos meus sonhos.

À minha família e amigos, pelo apoio e motivação ao longo desta caminhada acadêmica.

À UFERSA e aos professores, pelos ensinamentos e pelos momentos enriquecedores vividos em sala de aula.

À equipe do Laboratório de Entomologia Aplicada, especialmente ao grupo MDF, por toda a ajuda ao longo da minha trajetória acadêmica.

A Hellany, Alricélia, Itala, Nayana, Franco e Jhonantan, pelo convívio de trabalho e amizade, que tanto contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Elton L. Araújo, pela orientação, colaboração nos trabalhos, visitas a campo e pelas boas conversas no laboratório.

À gestão da Fazenda Parnaguá, da empresa SLC Agrícola, por disponibilizar o espaço digital para a realização deste trabalho durante meu estágio.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

“O senhor é o meu pastor e nada me faltará”

Salmo 23:1

RESUMO

Diachasmimorpha longicaudata (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) e *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) são parasitoides introduzidos no Brasil para o controle biológico da mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). A interação entre esses parasitoides pode influenciar eficiência no controle da praga. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da interação intrínseca sobre o parasitismo de *T. giffardianus* e *D. longicaudata* em larvas de *C. capitata*. Os tratamentos consistiram em: (T1) parasitismo isolado de *D. longicaudata*, (T2) parasitismo isolado de *T. giffardianus*, (T3) exposição simultânea das larvas a ambos os parasitoides, (T4) parasitismo sequencial com larvas primeiro expostas a *D. longicaudata* e depois a *T. giffardianus*, e (T5) parasitismo sequencial na ordem inversa. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Os melhores índices de parasitismo foram observados nos tratamentos isolados, com *D. longicaudata* atingindo 47,15% e *T. giffardianus*, 15%. No tratamento sequencial as quais as larvas foram primeiramente expostas a *D. longicaudata*, o parasitismo por *T. giffardianus* reduziu para 7,5%. Os resultados sugerem que *D. longicaudata* por ter maior mobilidade, tamanho e mandíbulas desenvolvidas das larvas de primeiro instar, aliados à rapidez na localização do hospedeiro, podem ter conferido vantagem competitiva ao braconídeo. Portanto, pode ser mais eficaz em programas de controle biológico, embora estudos adicionais sejam necessários para aprofundar a compreensão das interações entre esses parasitoides.

Palavras chave: Inimigos naturais. Multiparasitismo. Controle biológico. Parasitoides.

ABSTRACT

Diachasmimorpha longicaudata (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) are parasitoids introduced in Brazil for biological control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). The interaction between these parasitoids can influence the efficiency of pest control. Thus, this study aimed to evaluate the effects of intrinsic interaction on the parasitism of *T. giffardianus* and *D. longicaudata* in *C. capitata* larvae. The treatments consisted of: (T1) isolated parasitism of *D. longicaudata*, (T2) isolated parasitism of *T. giffardianus*, (T3) simultaneous exposure of larvae to both parasitoids, (T4) sequential parasitism with larvae first exposed to *D. longicaudata* and then to *T. giffardianus*, and (T5) sequential parasitism in the reverse order. The experimental design was completely randomized. The best parasitism rates were observed in the isolated treatments, with *D. longicaudata* reaching 47.15% and *T. giffardianus*, 15%. In the sequential treatment in which larvae were first exposed to *D. longicaudata*, parasitism by *T. giffardianus* reduced to 7.5%. The results suggest that *D. longicaudata*, due to its greater mobility, size and developed mandibles than first-instar larvae, combined with its ability to locate the host quickly, may have conferred a competitive advantage to the braconid. Therefore, it may be more effective in biological control programs, although additional studies are needed to deepen the understanding of the interactions between these parasitoids.

Keywords: Natural enemies. Multiparasitism. Biological control. Parasitoids.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.2	MOSCA-DA-FRUTA <i>C. capitata</i>	13
2.3	BIOLOGIA E ECOLOGIA DE <i>C. capitata</i>	14
2.4	DANOS DE <i>C. capitata</i>	15
2.5	MANEJO INTEGRADO DE <i>C. capitata</i>	16
2.6	USO DE PARASITOIDES PARA O CONTROLE DE <i>Ceratitis capitata</i>	17
a)	<i>T. giffardianus</i>	18
b)	<i>D. longicaudata</i>	19
2.7	INTERAÇÃO DE PARASITOIDES	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Local do experimento	22
3.2	Criação dos Insetos	22
3.2.1	Criação de <i>C. capitata</i>	22
3.2.2	<i>T. giffardianus</i>	23
3.2.3	<i>D. longicaudata</i>	23
3.3	Bioensaio interação intrínseca entre <i>D. longicaudata</i> e <i>T. giffardianus</i>	24
3.4	Parâmetros biológicos analisados	24
3.5	Análise estatística	24
4	RESULTADOS	25
4.1	Avaliação da interação intrínseca de <i>D. longicaudata</i> e <i>T. giffardianus</i>	25
5	DISCUSSÃO	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
6	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais líderes do mercado frutícola, ocupando a terceira posição entre os maiores produtores mundiais (VIEIRA; GONÇALVES; BRIENZO, 2024). Em 2020, o país exportou aproximadamente 1,03 bilhão de toneladas de frutas, gerando um faturamento superior a US\$ 1 bilhão (COMEXSTAT, 2021). Nesse contexto, a região Nordeste se destaca como a principal produtora do país, respondendo por mais de 52% da produção nacional (VIDAL, 2023).

Para atender às exigências do mercado internacional, a produção e comercialização de frutas devem seguir rigorosos padrões de qualidade (FOLLETT; SUN; ALSE, 2024). Os países importadores impõem restrições fitossanitárias para evitar a introdução de organismos de risco, com o objetivo de proteger a sanidade vegetal e garantir a segurança agrícola (FULANO; LENGAI; MUTHOMI, 2021).

Nesse cenário, as moscas-das-frutas se destacam como um dos principais problemas fitossanitários a serem enfrentados. Esses tefritídeos são reconhecidos como pragas de grande importância econômica e quarentenária para as frutas comestíveis em todo o mundo (NASCIMENTO *et al.*, 2019). Esse desafio é particularmente relevante em algumas regiões do Brasil, como o Semiárido, que, apesar de seu grande potencial para a fruticultura, enfrenta altos riscos relacionados à presença dessas moscas (ARAÚJO *et al.*, 2014; TEIXEIRA *et al.*, 2021; MELLO GARCIA *et al.* 2024).

Dentro da família Tephritidae, destacam-se quatro gêneros de moscas-das-frutas com importância econômica no Brasil: *Anastrepha* Schiner, *Bactrocera* Macquart, *Ceratitis* MacLeay e *Rhagoletis* Loew (TORRES-ALVES *et al.*, 2023). Dentre essas, apenas *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) e sete espécies de *Anastrepha* - *A. grandis* (Macquart, 1846), *A. fraterculus* (Wiedemann, 1830), *A. obliqua* (Macquart, 1835), *A. pseudoparallela* (Loew, 1873), *A. sororcula* Zucchi, 1979, *A. striata* Schiner, 1868 e *A. zenildae* Zucchi, 1979 - são consideradas de relevância econômica para o país (ZUCCHI; MORAES, 2024).

Ceratitis capitata (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), conhecida como mosca-do-mediterrâneo, é uma das principais pragas de importância econômica para a fruticultura mundial (GUILLEM-AMAT *et al.*, 2020). Inseto polífago, responsável por causar danos expressivos em frutos, resultando em perdas substanciais para o setor agrícola (GIUNTI *et al.*, 2023a). Seu impacto econômico deve-se tanto aos prejuízos diretos,

provocados pela alimentação das larvas, quanto aos danos indiretos, como restrições fitossanitárias impostas pelos mercados importadores (ELQDHY *et al.*, 2024).

Dentre as estratégias de manejo, o controle químico é a abordagem mais comumente utilizada (BARONIO *et al.*, 2019). No entanto, a dependência exclusiva desse método não é suficiente para reduzir as populações de *C. capitata* em campo, uma vez que o uso contínuo de inseticidas pode levar ao desenvolvimento de resistência (DEMANT *et al.*, 2019; GUILLEM-AMAT *et al.*, 2020). Além disso, a aplicação indiscriminada desses produtos tem se tornado cada vez mais restrita devido às exigências do mercado consumidor de frutas *in natura* (HAYNES; DOMINIAK, 2018).

Diante desse cenário, métodos alternativos vêm sendo estudados para o controle sustentável de *C. capitata*, priorizando a integração de diferentes estratégias (GIUNTI *et al.*, 2023b). O manejo integrado de pragas (MIP) se destaca ao combinar práticas culturais, químicas e biológicas, garantindo maior eficiência no controle da praga (HALLOUTI; BEN EL CAID; BOUBAKER, 2024). Entre essas estratégias, o controle biológico, especialmente com o uso de parasitoides, tem se mostrado uma abordagem eficaz na regulação populacional de *C. capitata* (BIANCHERI *et al.*, 2021).

Os himenópteros parasitoides são alternativas eficazes no controle biológico das moscas-das-frutas (FILHO BERTI, 2022). No Brasil, a introdução de espécies exóticas, como *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) em 1930 (FERNANDES *et al.*, 2019) e *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) em 1990 (GARCIA; RICALDE, 2013), foi baseada em exemplos de sucesso observados nos Estados Unidos e México (OROZCO-DÁVILA *et al.*, 2017).

Contudo, as liberações dessas espécies não geraram informações suficientes sobre as interações entre os parasitoides e seus impactos na dinâmica populacional das moscas-das-frutas (DA COSTA OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Compreender as interações entre diferentes espécies de parasitoides é fundamental para otimizar estratégias de controle biológico de moscas-das-frutas, pois permite avaliar sinergias ou conflitos que podem aumentar ou reduzir a eficácia do manejo (DENOTH; FRID; MYERS, 2002; CANCINO *et al.*, 2014; MONTOYA; GÁLVEZ; DÍAZ-FLEISCHER, 2019).

A competição pode ocorrer de duas formas: intraespecífica, entre indivíduos da mesma espécie, ou interespecífica, entre espécies com estratégias ecológicas semelhantes. Esses efeitos competitivos podem manifestar-se tanto entre adultos, caracterizando a competição extrínseca, quanto entre imaturos, configurando a competição intrínseca (ROHR *et al.*, 2021).

Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar a interação interespecífica entre os parasitoides larvais *T. giffardianus* e *D. longicaudata* nas larvas da mosca-do-mediterrâneo *C. capitata*. Essa análise visa destacar a importância do conhecimento sobre essas interações para a otimização de programas de controle biológico no Brasil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FRUTICULTURA NO BRASIL

A fruticultura brasileira tem se destacado nos últimos anos, impulsionada pelo crescimento da produção agrícola, que já ultrapassa 41 milhões de toneladas e ocupa 2,6 milhões de hectares (CNA, 2022). Desde 2019, as exportações do setor superam consistentemente US\$ 1 bilhão, com um crescimento de 24,5% registrado em 2022. Esse desempenho crescente culminou em 2023, quando as exportações de frutas brasileiras atingiram a marca histórica de US\$ 1,35 bilhão, sendo a União Europeia o principal destino, recebendo aproximadamente metade desse valor (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2024).

No Nordeste Brasileiro, apesar dos desafios enfrentados, como a escassez de água e limitações econômicas e sociais (VIEIRA *et al.*, 2021), a fruticultura tem grande relevância. A região é responsável por uma parte significativa da produção nacional de frutas de exportação, como melão, uva, manga e banana, consolidando-se como um dos maiores polos produtores do país (MARENGO *et al.*, 2022). A fruticultura irrigada é um fator crucial para esse sucesso, tendo se fortalecido com o apoio do Governo Federal, que incentiva práticas de irrigação em áreas semiáridas de estados como Pernambuco, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte (VIDAL; XIMENES, 2016).

Entretanto, apesar do avanço, os agricultores nordestinos enfrentam obstáculos na exportação devido à presença de moscas-das-frutas nos pomares (CANEJO *et al.*, 2023). Esses insetos adaptam-se facilmente a diversos hospedeiros, possuem reprodução rápida e grande capacidade de dispersão, o que resulta em grandes perdas econômicas e cria barreiras quarentenárias à exportação (EMBRAPA, 2023).

2.2 MOSCA-DA-FRUTA *Ceratitis capitata*

Considerada uma das pragas mais destrutivas da fruticultura mundial, *C. capitata* compromete a produção de frutas e impõe rigorosas restrições quarentenárias em diversos países onde ainda não está presente (PLÁ *et al.*, 2021). Estima-se que essa espécie cause prejuízos anuais de cerca de 2 bilhões de dólares à agricultura global (MOKRINI *et al.*, 2020).

No Brasil, a presença de *C. capitata* representa um grande desafio para a fruticultura, sendo responsável por perdas que variam entre 20% e 50% da produção total de frutas (RAO

et al., 2024). Essa é a única espécie do gênero *Ceratitis* registrada no país e é considerada uma ameaça significativa, estando distribuída em praticamente todo o território nacional, com exceção dos estados do Amapá e Amazonas (ZUCCHI; MORAES, 2024). Entre seus principais hospedeiros estão a macieira *Malus domestica* Borkhausen, o essegueiro *Prunus persica* Linnaeus Batsch, a videira *Vitis vinifera* Linnaeus e a goiabeira *Psidium guajava* Linnaeus (PARANHOS; NAVA; MALAVASI, 2019; MORAIS *et al.*, 2021).

2.3 BIOLOGIA E ECOLOGIA DE *Ceratitis capitata*

Ceratitis capitata é um inseto de desenvolvimento holometábolo passando pelas fases de ovo, três estágios larvais, pupa e adultos ao longo de seu ciclo biológico (ELQDHY *et al.*, 2024). Os ovos possuem formato alongado, são finos, levemente curvados e apresentam superfície lisa, medindo entre 0,9 e 1 mm de comprimento e 0,2 a 0,3 mm de largura. Inicialmente, sua coloração é branco-brilhante, tornando-se amarelada após algum tempo (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020). O ovipositor das fêmeas tem cerca de 1,2 mm de comprimento, o que facilita a deposição dos ovos dentro dos frutos hospedeiros (THOMAS *et al.*, 2019).

Após a eclosão, as larvas emergem e iniciam sua alimentação dentro do fruto, causando danos diretos às culturas agrícolas (ARAÚJO; ZUCCHI, 2003). Essas larvas são ápodas, com corpo alongado e levemente curvado na região ventral, tendo a extremidade anterior fina, comprida e cônica, enquanto a posterior apresenta-se achatada. O tamanho e a coloração variam de acordo com o estágio de desenvolvimento e a dieta (THOMAS *et al.*, 2019; ABD-ELGAWAD, 2021; ELQDHY *et al.*, 2024). No último ínstar, as larvas adquirem uma coloração branca opaca e atingem entre 6,5 e 9 mm de comprimento, com largura variando de 1,2 a 1,5 mm (THOMAS *et al.*, 2019; ABD-ELGAWAD, 2021; ELQDHY *et al.*, 2024).

Ao atingirem o estágio final de desenvolvimento, as larvas deixam os frutos e caem no solo, onde se enterram para dar início ao processo de pupação. A pupa tem formato cilíndrico, semelhante a um barril, medindo de 4 a 4,3 mm de comprimento e cerca de 2 mm de largura, com sua superfície externa apresentando sulcos regulares, espaçados em aproximadamente 450 µm, delimitando 11 segmentos distintos (GIUNTI *et al.*, 2023a). A coloração varia entre tons de amarelo, marrom e vermelho escuro, dependendo do estágio de maturação (ABD-ELGAWAD, 2021).

A fase adulta representa o estágio reprodutivo do inseto, sendo essencial para sua

dispersão e colonização de novas áreas. Os adultos de *C. capitata* medem entre 4 e 5 mm de comprimento e possuem largura de 1,2 a 2 mm (GIUNTI *et al.*, 2023a). Seu corpo exibe padrões de coloração vibrantes, caracterizados por faixas amarelas, marrons, pretas e brancas distribuídas pelo tórax, abdômen e asas (GIUNTI *et al.*, 2023a). A parte frontal da cabeça é levemente convexa e contém cerdas cefálicas e ocelares pretas (ABD-ELGAWAD, 2021). Sua coloração predominante é amarela, com manchas marrom-alaranjadas e uma faixa escura, que pode apresentar reflexos prateados próximos à base das antenas (ABD-ELGAWAD, 2021).

Na região mediterrânea, considerada sua área de origem, *C. capitata* pode completar até seis ciclos reprodutivos por ano, o que favorece sua abundância e persistência nos ecossistemas agrícolas (KÖNIG; STEINMÖLLER; BAUFELD, 2022). Além disso, sua elevada capacidade de voo contribui para a rápida dispersão, permitindo que a espécie se estabeleça em diferentes regiões do mundo. Esse fator, aliado ao seu comportamento polífago, que lhe confere acesso a uma grande diversidade de hospedeiros, tem sido determinante para sua expansão global (SHAURUB; SOLIMAN; SABBOUR, 2021).

Outro aspecto relevante para a ampla distribuição geográfica de *C. capitata* é sua notável tolerância a variações climáticas. Estudos laboratoriais demonstram que essa espécie suporta uma ampla faixa de temperaturas, permitindo sua ocorrência em ambientes tropicais, áridos e até em regiões de clima temperado (WELDON *et al.*, 2018; WERNICKE *et al.*, 2024). Essa adaptabilidade favorece sua sobrevivência em distintos ecossistemas e reforça seu potencial como uma das principais pragas da fruticultura mundial (WELDON *et al.*, 2018; WERNICKE *et al.*, 2024).

2.4 DANOS DE *Ceratitis capitata*

Os prejuízos causados por *C. capitata* decorrem tanto da atividade das fêmeas quanto da alimentação das larvas (ASADI *et al.*, 2019). Durante a oviposição, as fêmeas perfuram a casca dos frutos, criando aberturas que facilitam infecções. Em seguida, as larvas se desenvolvem no interior, consumindo a polpa e comprometendo sua integridade (ASADI *et al.*, 2019). Como consequência, os frutos perdem valor comercial e tornam-se impróprios para consumo (ABD-ELGAWAD, 2021). Além disso, o ataque larval favorece a proliferação de microrganismos, como bactérias e fungos, acelerando a deterioração e agravando as perdas na produção agrícola (GILIOLI *et al.*, 2022; RAO *et al.*, 2024).

Por ser classificada como praga quarentenária, sua presença exige estratégias de controle rigorosas para evitar sua disseminação em áreas livres de infestação. Entre as

principais medidas adotadas estão os tratamentos pré e pós-colheita, que visam eliminar ou reduzir a população do inseto antes que os produtos sejam comercializados (NAVA e BOTTON, 2010). A ausência dessas medidas pode acarretar impactos econômicos significativos, comprometendo a exportação e a competitividade do setor agrícola (DESCHEPPER *et al.*, 2024).

A preocupação com *C. capitata* é ainda maior em países que desempenham um papel relevante no comércio internacional de frutas, como Estados Unidos, México, Japão e China (WERNICKE *et al.*, 2024). Caso essa espécie se estabeleça nessas regiões, seriam necessárias ações fitossanitárias rigorosas para conter sua propagação, o que resultaria em altos custos operacionais (HE; XU; CHEN, 2023; KIM *et al.*, 2021). Além disso, as restrições comerciais impostas a países afetados poderiam reduzir a produtividade, elevar os investimentos em controle e dificultar o acesso a mercados externos, causando expressivas perdas financeiras (HE; XU; CHEN, 2023; KIM *et al.*, 2021).

2.5 MANEJO INTEGRADO DE *Ceratitidis capitata*

O manejo integrado de pragas (MIP) pode ser entendido como a aplicação de diversas táticas de controle, que podem ser utilizadas de forma isolada ou combinadas de maneira harmoniosa. Essa abordagem é fundamentada em análises de custo e benefício, considerando sempre os interesses e os impactos sobre os produtores, a sociedade e o meio ambiente (KOGAN, 1998).

Nesse sentido, uma alternativa promissora vem sendo a técnica autocida, particularmente a técnica do inseto estéril (TIE). Este método envolve a esterilização por radiação de grandes populações de insetos, que, posteriormente, são liberadas para controlar a própria espécie (FEZZA; FOLLETT; SHELLY, 2021; PLÁ *et al.*, 2021).

Além disso, uma abordagem cada vez mais relevante é o uso de inseticidas botânicos, especialmente os óleos essenciais. Esses compostos naturais são uma alternativa viável e eficaz no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP), proporcionando controle eficiente sobre a praga (RIZZO *et al.*, 2021). Os óleos essenciais possuem múltiplas ações biológicas, atuando como fumosantes, repelentes e inseticidas de contato, além de interferirem nas características reprodutivas da praga (BENELLI *et al.*, 2021).

Em paralelo, novas alternativas têm se destacado, demonstrando eficácia no controle de *C. capitata* em diferentes estágios de desenvolvimento. Dentre elas, os fungos

entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, têm se mostrado altamente patogênicos e com efeitos subletais em diversas espécies de tefritídeos (SOLIMAN et al., 2020). Outra estratégia promissora envolve o uso de nematoides entomopatogênicos, como *Steinernema* spp., *Heterorhabditis* spp. e *Oscheius* spp., que têm mostrado grande potencial para reduzir as populações de *C. capitata*, principalmente durante os estágios larvais do terceiro ínstar e nas pupas, que se abrigam no solo – um ambiente ideal para o desenvolvimento desses nematoides benéficos (JEAN-BAPTISTE et al., 2021).

Além disso, o controle biológico têm demonstrado eficiência, especialmente com a liberação em massa de parasitoides para controle de moscas-das-frutas (MONTROYA et al., 2000; CARVALHO; NASCIMENTO, 2002; SIVINSKI; ALUJA, 2012; MULLER et al., 2019).

2.6 USO DE PARASITOIDES PARA O CONTROLE DE *Ceratitis capitata*

O controle biológico tem sido amplamente utilizado no combate a pragas em fruticultura, empregando organismos vivos como agentes de controle. No entanto, essa abordagem deve ser entendida de forma mais abrangente, como um conjunto de serviços ecossistêmicos essenciais para o equilíbrio ambiental (STENBERG et al., 2021). No Brasil, a combinação de práticas consolidadas de controle biológico com o conhecimento sobre parasitoides nativos e exóticos tem impulsionado o desenvolvimento de programas eficazes dessa estratégia. Esses programas, que envolvem a produção em massa e a liberação em grande escala de parasitoides, têm mostrado grande potencial, especialmente quando integrados ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) (PARANHOS; NAVA; MALAVASI, 2019).

Nas áreas agrícolas, as moscas-das-frutas, como *C. capitata*, frequentemente são parasitadas por himenópteros das famílias Braconidae, Figitidae e Eulophidae (DE PEDRO et al., 2018; FERNANDES et al., 2021; COELHO et al., 2025). Dentre os parasitoides responsáveis por esse controle natural, destacam-se as espécies cenobiontes que parasitam as larvas e emergem das pupas dos hospedeiros. Um exemplo significativo é o registro de especificação como produto fitossanitário junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) de *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae), um parasitoide comumente encontrado em associação com gêneros *Anastrepha* spp. e *Ceratitis* spp. (DE SOUSA et al., 2021; FERNANDES et al., 2021). Além disso, outros parasitoides importantes para o controle de *C. capitata* incluem as vespas braconídeas *D.*

longicauda e *T. giffardianus*, sendo este último da família Eulophidae (MORAIS *et al.*, 2021). Esses insetos desempenham um papel fundamental na redução das populações de *C. capitata*, auxiliando no controle dessa praga agrícola.

Diachasmimorpha longicauda e *T. giffardianus* são dois parasitoides de grande importância no controle de *C. capitata*. Enquanto *D. longicauda* já tem uma aplicação mais consolidada, *T. giffardianus* ainda está sendo objeto de estudos e testes para avaliar seu potencial (GARCIA *et al.*, 2020).

a) *Tetrastichus giffardiannus*

Tetrastichus giffardianus é um inseto da ordem Hymenoptera, da família Eulophidae, é um endoparasitoide cenobionte gregário, ou seja, vive dentro do hospedeiro e desenvolve várias larvas dentro do hospedeiro (PURCELL *et al.*, 1996).

Esse parasitoide ataca moscas-das-frutas dos gêneros *Ceratitis*, *Bactrocera* e *Anastrepha* (Schiner) (COSTA *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2016). Originalmente vindo da África Ocidental, foi introduzido no Havaí (EUA) e, posteriormente, liberado em vários países da América Latina (PURCELL *et al.*, 1996).

No Havaí, *T. giffardianus* teve sucesso no controle de *C. capitata*, foi trazido para o Brasil nos anos de 1930 para combater essa praga em pomares de citros no estado de São Paulo, entretanto, os resultados não foram satisfatórios, pois os parasitoides não se estabeleceram nas áreas onde foram liberados (COSTA *et al.*, 2005).

O fracasso nas tentativas de controle em algumas regiões foi atribuído principalmente às condições climáticas desfavoráveis nos locais de liberação (CARVALHO, 2005; MEIRELLES *et al.*, 2016).

Apesar disso, o *T. giffardianus* foi encontrado em abundância no Brasil em diferentes ocasiões: em 1999, em pupas de *C. capitata* em castanholas (*Terminalia catappa*) em Vera Cruz, na Bahia; em 2001, em acerolas (*Malpighia glabra*) em Baraúna, no Rio Grande do Norte; e em 2005, em seriguelas (*Spondias purpurea*) em Fortaleza, no Ceará (COSTA *et al.*, 2005).

Estudos feitos por Fernandes (2018) mostraram que o desenvolvimento de *T. giffardianus* ocorre em condições controladas com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 10\%$ e 12 horas de luz por dia. O ciclo completo dura cerca de 14 dias, com a fase de ovo levando um dia, a fase larval (dividida em três ínstaes) durando quatro dias, a fase de

pré-pupa dois dias e a fase de pupa cerca de sete dias, após isso, o adulto emerge (FERNANDES, 2018).

Tetrastichus giffardianus apresenta algumas vantagens: sua população tem uma maior proporção de fêmeas, ele possui comportamento gregário (mais de um parasitoide se desenvolve por larva parasitada) e é capaz de parasitar larvas dentro de frutos que já caíram, sem levar em consideração o tamanho do fruto (PEMBERTON; WILLARD, 1918; PURCELL *et al.*, 1996). Por outro lado, sua taxa de parasitismo é menor em comparação a outros inimigos naturais, mas isso é compensado pela alta taxa de emergência, com mais de um parasitoide por hospedeiro (PEMBERTON; WILLARD, 1918; PURCELL *et al.*, 1996).

b) *Diachasmimorpha longicaudata*

Diachasmimorpha longicaudata é um endoparasitoide solitário, ou seja, apenas um indivíduo se desenvolve por hospedeiro, na qual ataca larvas de terceiro instar de moscas-das-frutas dos gêneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis* e *Dacus* (WHITE; ELSON-HARRIS, 1992; SEGURA *et al.*, 2012). Originário da região Indo-australiana, que inclui Indonésia, Filipinas e Malásia, em 1954 chegou às Américas, sendo o México o início, e foi levado para outros países da América Latina (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002).

No Brasil e em outras regiões neotropicais, esse parasitoide tornou-se um importante inimigo natural do gênero *Anastrepha* e *C. capitata* (SIVINSKI *et al.*, 1996; CANCINO *et al.*, 2019).

Diachasmimorpha longicaudata é o parasitoide mais pesquisado atualmente e usado em programas de controle biológico de moscas-das-frutas (MONTROYA *et al.*, 2000; GARCIA; RICALDE, 2013; GARCIA *et al.*, 2020). Isso se deve à sua habilidade de parasitar várias espécies de moscas-das-frutas e à facilidade de ser criado em laboratório (GARCIA; RICALDE, 2013).

Com a liberação desse parasitoide, foi possível reduzir significativamente as populações de moscas-das-frutas em locais como Havaí e Flórida, sendo que, no México, ele foi solto em áreas próximas a pomares comerciais que apresentavam altas infestações de *Anastrepha spp.* (MONTROYA *et al.*, 2017).

No Brasil, sua introdução aconteceu em 1994 pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical e pelo Centro Nacional de Monitoramento Ambiental, com os indivíduos vindos da Flórida para avaliar seu desempenho em diferentes ecossistemas brasileiros, colocando o

objetivo em usar esse inimigo natural como parte do manejo integrado contra *Anastrepha spp.* e *C. capitata* (CARVALHO; NASCIMENTO; MATRANGOLO, 2000).

As fêmeas de *D. longicaudata* preferem parasitar larvas de segundo e terceiro instar e tendem a buscar hospedeiros em frutos maduros ou em decomposição (PURCELL *et al.*, 1994).

Esse parasitoide localiza seus hospedeiros usando odores voláteis e as vibrações que as larvas produzem enquanto se alimentam do fruto, e após identificar o hospedeiro, a fêmea introduz seu longo ovipositor no fruto e deposita seus ovos dentro da larva, sendo dentro do hospedeiro que o desenvolvimento do parasitoide é concluído (LAWRENCE, 1981; CARVALHO; NASCIMENTO, 2002).

2.7 INTERAÇÃO DE PARASITOIDES

Uma das principais formas de interação entre parasitoides é a competição, que pode ocorrer de duas maneiras: intraespecífica, entre indivíduos da mesma espécie, e interespecífica, entre espécies com estratégias ecológicas semelhantes (ROHR *et al.*, 2021).

No contexto dos parasitoides, esse tipo de interação pode se manifestar de duas formas principais: extrínseca, que ocorre entre adultos livres em busca de hospedeiros, e intrínseca, que envolve larvas de diferentes parasitoides desenvolvendo-se dentro do mesmo hospedeiro (HARVEY, POELMAN; TANAKA, 2013; CUSUMANO, PERI; COLLAZZA, 2016).

O compartilhamento de um mesmo hospedeiro por várias espécies de parasitoides pode levar à competição entre elas (VET *et al.*, 1984; WANG; MESSING, 2004; YANG *et al.*, 2018). Nas interações intrínsecas, o resultado da competição depende de fatores como o formato das larvas nos instares iniciais (se possuem mandíbulas ou não), a capacidade de locomoção dentro do hospedeiro e o tempo necessário para seu desenvolvimento (VAN NOUHUYS; PUNJU, 2010; MAGDARAOG, TANAKA; HARVEY, 2013).

Além disso, quando duas espécies interagem, a competição pelos recursos disponíveis pode resultar na eliminação de uma delas. Isso pode ocorrer por meio de ataque físico, alterações fisiológicas no organismo do competidor ou pela combinação desses fatores (ODE, VYAS; HARVEY, 2022). A coexistência entre parasitoides só é viável quando há recursos suficientes para todos; caso contrário, muitas espécies adotam estratégias para reduzir a competição, como a exploração de diferentes fontes de alimento (GARCÍA-MEDEL *et al.*, 2007).

A introdução de mais de uma espécie de parasitoide em um mesmo ambiente pode

gerar diferentes tipos de competição, levando ao multiparasitismo, mudanças nos nichos ecológicos e redução da biodiversidade (CANAL; ZUCCHI, 2000). O multiparasitismo ocorre quando duas ou mais espécies de parasitoides depositam seus ovos no mesmo hospedeiro, desencadeando interações competitivas que podem resultar na eliminação de uma delas por supressão fisiológica ou competição direta (MAHAT; CLARKE, 2021).

Ainda há debates sobre a eficácia da liberação de uma única espécie de parasitoide em comparação com múltiplas espécies. A introdução de diversas espécies pode gerar conflitos, como competição por recursos e interferência direta, reduzindo a eficiência do controle biológico (DENOTH, FRID e MYERS, 2002; WANG e MESSING, 2004).

No entanto, algumas pesquisas indicam que o uso combinado de diferentes espécies pode ser uma estratégia eficaz, gerando interações benéficas, desde que cada uma explore nichos distintos de forrageamento. Esse manejo tem demonstrado potencial no controle de moscas-das-frutas (CANCINO *et al.*, 2014; YANG *et al.*, 2018; MONTROYA, GÁLVEZ; DÍAZ-FLEISCHER, 2019).

Diante disso, compreender sobre a interação de diferentes parasitoides no campo, pode ajudar a definir quais espécies de parasitoides podem ser utilizadas em conjunto, aumentando a eficiência do controle biológico na área, reduzindo a dependência de inseticidas e minimizando impactos ambientais (BOMFIM *et al.*, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, onde são mantidas as criações dos insetos *C. capitata*, *T. giffardianus* e *D. longicaudata* em salas climatizadas (temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas).

3.2 Criação dos Insetos

3.2.1 Criação de *C. capitata*

Os adultos de *C. capitata* foram mantidos em gaiolas semitransparentes (27,6 x 33,1 x 48,7 cm), com laterais contendo tecido do tipo *Voile*, por onde as fêmeas ovipositavam. Com auxílio de um pincel de cerdas finas, os ovos presos no tecido eram coletados, onde caíam em recipientes plásticos contendo água posicionados próximos as gaiolas dos insetos.

Após a emergência dos adultos (8 dias), os insetos eram liberados em uma nova gaiola. Foi fornecido água em um recipiente de plástico com tecido e alimento contendo uma mistura de açúcar + lêvedo de cerveja na proporção 4:1. A água e alimento eram verificados 3 vezes durante semana.

As técnicas e métodos de criação em dieta artificial seguiram padrões preconizados por Albajes; Santiago-Álvarez (1980).

A coleta dos ovos foi realizada a cada 24 horas, os quais foram transferidos para um béquer de 2 L. Por meio de uma seringa foram distribuídos em recipientes plásticos (500 mL) contendo dieta artificial para proporcionar o desenvolvimento das larvas. Após 7 dias, as larvas atingiram o terceiro instar. Passado esse período, as larvas deixavam o recipiente plástico e migravam para a bandeja, onde logo em seguida passavam para a fase de pupa. Essas pupas foram coletadas e armazenadas em recipiente plástico com tampa, devidamente identificado, para posteriormente a emergência do adulto. Após a emergência dos adultos, os insetos são usados para dar continuidade a manutenção da criação das moscas das frutas.

3.2.2 *T. giffardianus*

A criação e multiplicação dos parasitoides de *T. giffardianus* foi iniciada a partir do inseto adulto. O parasitoide larval *T. giffardianus* foi mantido em gaiolas de acrílico (30 x 30 x 30 cm) com uma abertura na parte superior (10 x 10 cm), protegida por tecido *voile* para circulação de ar, e uma manga lateral de tecido para facilitar a manipulação das larvas e reposição de insetos, bem como a troca da alimentação.

A criação de parasitoide foi mantida com o fornecimento de larvas de terceiro instar de *C. capitata*. As dietas contendo larvas foram separados em bandejas. Todo o processo de separação foi realizado com o auxílio de uma colher e pinça, livrando as larvas da dieta artificial com o objetivo para aumentar o contato entre parasitoide e larva, facilitando o parasitismo.

Após a separação das larvas, elas foram acondicionadas em recipientes plásticos e fornecida para adultos de *T. giffardianus* por um período de 24 horas. Após esse período de exposição, os recipientes foram retirados das gaiolas, fechados com tampa e plástico filme, devidamente identificado e mantido em prateleira de alumínio. Passando 14 dias, a partir da emergência dos primeiros adultos, os insetos eram liberados em uma nova gaiola contendo água e alimento (mel), identificadas por data, para dar continuidade a multiplicação dos insetos.

3.2.3 *D. longicaudata*

Os parasitóides de *D. longicaudata* foram multiplicados e mantidos em gaiolas de plástico (27,6 x 33,1 x 48,7 cm) com parte superior contendo tecido do tipo *Voile*, de modo a permitir melhor circulação de ar. Nesse mesmo local, foram disponibilizadas as larvas necessárias para o parasitismo, garantindo a continuidade do ciclo do parasitóide.

A criação de *D. longicaudata* foi mantida com o fornecimento de larvas de terceiro instar de *C. capitata*. As larvas foram separadas parcialmente da dieta artificial e fornecidas aos parasitoides *D. longicaudata* por um período de 24 horas. Após a exposição, as larvas foram armazenadas em recipiente plástico, fechado com tampa e plástico filme, identificadas por data e nome científico. Após 14 dias do parasitismo, aos observar os primeiros adultos, esses eram transferidos para gaiolas, dando continuidade à multiplicação e manutenção da criação. Aos adultos foi fornecido água e como alimentação açúcar cristal, mel, este pincelado em uma parte apropriada da gaiola.

3.3 Bioensaio interação intrínseca entre *D. longicaudata* e *T. giffardianus*

Os exemplares de *D. longicaudata* e *T. giffardianus* utilizados para execução do experimento foram provenientes do referido laboratório. Foram utilizados casais de *T. giffardianus* e *D. longicaudata* com até 48 horas de idade. Para avaliar a interação intrínseca dos parasitoides o bioensaio foi composto por cinco tratamentos com 12 repetições cada. Cada repetição foi representada por um casal de cada parasitoide, fornecido seis larvas de *C. capitata* por um período de cinco dias por de 6 horas. Nos tratamentos simultâneos o tempo de exposição das larvas para cada casal foi reduzido à metade (3 horas), totalizando 6 horas.

Os tratamentos consistiram: (T1) parasitismo isolado de *T. giffardianus*, (T2) parasitismo isolado de *D. longicaudata*, (T3) exposição simultânea das larvas aos dois parasitoides, (T4) parasitismo sequencial oferecendo larvas primeiro para *D. longicaudata* e posteriormente para *T. giffardianus*, (T5) parasitismo sequencial ofertando larvas primeiro para *T. giffardianus* e depois para *D. longicaudata*. Após a exposição, as larvas foram recolhidas e acondicionadas em tubos de ensaio. A cada 48 horas as larvas já em fase de pupa foram dissecadas para a avaliação da interação intrínseca. A diferenciação das larvas desses inimigos naturais foi feita com base na descrição morfológica imatura de cada espécie, com auxílio de pinças e microscópio estereoscópio.

3.4 Parâmetros biológicos analisados

Foi avaliado o percentual de parasitismo a partir da fórmula: $P (\%) = \text{número de pupários parasitados} \times 100 / \text{número total de larvas}$.

3.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa software livre R 4.1.2 (R Core Team, 2024). O índice de parasitismo foi submetido ao teste não-paramétrico Kruskal Wallis com $p \leq 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação da interação intrínseca de *D. longicaudata* e *T. giffardianus*

Para avaliar o efeito da interação intrínseca nas diferentes formas de exposição, foram dissecados 360 pupários. O parasitismo isolado de *D. longicaudata* foi superior comparado a *T. giffardianus* sendo 47,15 % e 15 % respectivamente (Tabela1). Quando ambos parasitoides estavam em situação de interação direta (exposição simultânea), o parasitismo de *T. giffardianus* e *D. longicaudata* foi semelhante estatisticamente aos valores isolados 12,78 e 42,50 % respectivamente (Tabela1).

Tabela 1. Interação intrínseca entre larvas de primeiro ínstar de *D. longicaudata* e *T. giffardianus* sobre larvas de *C. capitata*.

Tratamentos	PTG(%)	PDL(%)	PT (%)
<i>D. longicaudata</i>		47,15 a	47,15a
<i>T. giffardianus</i>	15 a		15 a
<i>D. longicaudata</i> + <i>T. giffardianus</i>	12,78 ab	42,50 a	55,28 a
<i>D. longicaudata</i> > <i>T. giffardianus</i>	7,5 b	23,33 b	30,83 b
<i>T. giffardianus</i> > <i>D. longicaudata</i>	11,94 ab	19,44 b	31,38 b

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Kruskal wallis, $p \leq 0,05$). *Diachasmimorpha longicaudata*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *Diachasmimorpha longicaudata* por seis horas; *Tetrastichus giffardianus*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *Tetrastichus giffardianus* por seis horas. *Diachasmimorpha longicaudata*+*Tetrastichus giffardianus*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *D. longicaudata* e a um casal de *T. giffardianus* simultaneamente por seis horas; *Diachasmimorpha longicaudata* → *Tetrastichus giffardianus*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *D. longicaudata* pelas primeiras três horas seguido por um casal de *T. giffardianus* por mais três horas de exposição; *Tetrastichus giffardianus* → *Diachasmimorpha longicaudata*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *T. giffardianus* pelas primeiras três horas seguido por um casal de *D. longicaudata* por mais três horas de exposição; PTG: parasitismo de *T. giffardianus* em porcentagem; PDL: parasitismo de *D. longicaudata* em porcentagem; PT: parasitismo total;

Nas exposições sequenciais, ao oferecer larva primeiramente para *D. longicaudata* e posteriormente para *T. giffardianus*, o parasitismo de *T. giffardianus* foi menor (7,5%) diferindo estatisticamente quando comparado ao seu parasitismo isolado (Tabela 1). Situação semelhante aconteceu quando o hospedeiro foi oferecido primeiro para *T. giffardianus* e depois para *D. longicaudata*, ocorrendo o parasitismo total de 31,38 % (Tabela 1).

Diachasmimorpha longicauda apresentou maior índice de parasitismo quando comparado a *T. giffardianus* em todas as formas de exposição na avaliação intrínseca, entretanto, ao avaliar o parasitismo total é possível observar que o tratamento simultâneo é superior ao parasitismo isolado (Tabela 1).

No experimento, foi observado o multiparasitismo de *D. longicaudata* e *T. giffardianus*, ou seja, as duas espécies na mesma pupa de *C. capitata*. Também foi observada a ocorrência de superparasitismo por *D. longicaudata*, quando uma mesma larva foi parasitada mais de uma vez por indivíduos da própria espécie.

5 DISCUSSÃO

A interação de *D. longicaudata* sobre *T. giffardianus* neste estudo está de acordo com ROHS *et al.* (2021), ao observarem que *D. longicaudata* apresenta interações que confere vantagem sobre *Aganaspis pelleranoi* Brèthes (Hymenoptera: Figitidae). As características morfológicas das larvas de primeiro instar de *D. longicaudata*, como mandíbulas bem desenvolvidas, são utilizadas para cortar e penetrar tecidos do hospedeiro, o que pode resultar em um combate direto entre as larvas, como observado por Paladino *et al.* (2010) e Murillo *et al.* (2016).

Essas características ditas como competitivas são importantes no momento que ocorre o multiparasitismo, ou seja, quando múltiplas espécies atacam o mesmo hospedeiro (HARVEY *et al.*, 2013). Isso influencia a reprodução e a dinâmica populacional, podendo ocorrer competição intra ou interespecífica. Essa competição pode ser influenciada por fatores como a localização do hospedeiro, a sincronização com seu ciclo de vida e a capacidade de superar suas defesas (CUSUMANO *et al.*, 2020).

O momento da oviposição pode influenciar a interação entre parasitoides, pois a espécie que oviposita primeiro tende a ter uma vantagem inicial (AGBOKA *et al.*, 2002; IRVIN *et al.*, 2006). No entanto, na exposição sequencial, mesmo quando as larvas foram ofertadas inicialmente para *T. giffardianus*, *D. longicaudata* manteve sua dominância, indicando que sua vantagem não está apenas relacionada à ordem de exposição, mas também a sua maior agressividade e eficiência (TAMO *et al.*, 2006; MUCHERU *et al.*, 2009; CUSUMANO *et al.*, 2011).

A taxa de parasitismo de *T. giffardianus* é naturalmente inferior à de *D. longicaudata*. Além disso, suas larvas exibem pouca mobilidade e mandíbulas pouco desenvolvidas (FERNANDES *et al.*, 2019). Conferindo vantagem para o braconídeo *D. longicaudata*.

Tetrastichus giffardianus é um endoparasitoide cenobionte gregário que deposita seus ovos em larvas de terceiro instar de moscas-das-frutas, com seus descendentes emergindo dos pupários do hospedeiro, trazendo um comportamento que permite que vários indivíduos se desenvolvam a partir de um único hospedeiro, compensando a baixa taxa de parasitismo individual por fêmea (COSTA *et al.*, 2005). Essa estratégia reprodutiva pode contribuir para o sucesso da espécie no ambiente, sendo uma forte ferramenta no controle biológico de tefritídeos (COSTA *et al.*, 2005).

A interação simultânea entre *D. longicaudata* e *T. giffardianus* resultou em um aumento do parasitismo total, o que mostra uma relação de complementaridade entre essas

espécies. A coexistência simultânea das duas espécies permitiu uma melhor exploração dos recursos disponíveis, fazendo com que tenha uma interação positiva e gerando um aumento na pressão no parasitismo na população da praga. (LAUMANN *et al.*, 2020).

Esse resultado se relaciona com o estudo de WANG *et al.* (2021), que analisou a competição entre diferentes parasitoides, como *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae), *D. longicaudata*, *Psytalia concolor* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae) e *Fopius ceratitivorus* (Wharton) (Hymenoptera: Braconidae).

Os autores destacam que a coexistência entre parasitoides pode ocorrer quando eles utilizam diferentes estratégias de ataque ou exploram diferentes nichos no ambiente. Isso faz com que a interação entre *D. longicaudata* e *T. giffardianus* pode ter aumentado o parasitismo das larvas de *C. capitata*, o que resultou em um controle mais eficiente da praga.

Os dados sugerem que, embora *D. longicaudata* tenha apresentado um maior percentual de parasitismo que *T. giffardianus*, a presença conjunta das duas espécies aumentou o parasitismo de larvas de *C. capitata*, indicando uma interação promissora no controle biológico. Esse padrão foi observado por Makam *et al.* (2024), que relataram um controle mais eficiente dos tefritídeos em cucurbitáceas quando múltiplos parasitoides atuavam simultaneamente, explorando diferentes nichos do hospedeiro. O estudo de Makam *et al.* (2024) enfatiza a importância da diversidade de parasitoides no controle biológico de tefritídeos, mostrando que a interação entre espécies distintas pode melhorar a regulação da população da praga.

Os resultados deste trabalho reforçam que *D. longicaudata* mostra interações superiores a outros parasitoides, o que já foi indicado por Miranda *et al.*, (2015), Murillo *et al.*, (2016) e Montoya *et al.* (2017). O parasitoide também se destaca em competições com parasitoides nativos (PARANHOS *et al.*, 2013). Também possui grande capacidade de adaptar-se rapidamente às condições ambientais, atingindo níveis de parasitismo mais altos do que outras espécies (CARVALHO e NASCIMENTO, 2002; PARANHOS *et al.*, 2013; MIRANDA *et al.*, 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstra que *D. longicaudata* e *T. giffardianus* exibem comportamentos distintos nas diferentes formas de exposição avaliadas. Embora o parasitismo de *D. longicaudata* tenha sido superior em algumas condições, a interação entre essas espécies é complexa e pode ser influenciada por diversos fatores, como a ordem de exposição e as características específicas de cada parasitoide. Esses resultados destacam a importância de novos estudos para compreender melhor essa interação e otimizar o uso combinado dessas espécies em programas de manejo integrado de pragas.

6 REFERÊNCIAS

- ABD-ELGAWAD, Mahfouz MM. The Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae), a key pest of citrus in Egypt. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 12, n. 1, p. 28, 2021.
- AGBOKA, Komi et al. Self-, intra-, and interspecific host discrimination in *Telenomus busseolae* Gahan and *T. isis* Polaszek (Hymenoptera: Scelionidae), sympatric egg parasitoids of the African cereal stem borer *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2002.
- ALBAJES, R.; SANTIAGO-ALVAREZ, C. Effects of larval density and of food on the sex ratio of *Ceratitis capitata* (Diptera; Trypetidae). 1980.
- ALVES, Sérgio Batista et al. **Fundamentos de Controle Biológico de Insetos-Praga**. Natal: IFRN Editora, 2022.
- ARAÚJO, Almerinda Amélia Rodrigues et al. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas às frutíferas nativas de *Spondias* spp.(Anacardiaceae) e *Ximenia americana* L.(Olacaceae) e seus parasitoides no Estado do Piauí, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1739-1749, 2014.
- ARAÚJO, Almerinda Amélia Rodrigues et al. *Tetrastichus giffardianus* on pupae of *Anastrepha* in Brazil. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1134-1135, 2016.
- ARAUJO, E. L.; ZUCCHI, R. A. Moscas-das-frutas (Diptera:Tephritidae) em goiaba (*Psidium guajava*), em Mossoró RN. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, n. 1, p. 73-77, 2003.
- ASADI, Romisa et al. Preventative releases of self-limiting *Ceratitis capitata* provide pest suppression and protect fruit quality in outdoor netted cages. **International Journal of Pest Management**, v. 66, n. 2, p. 182-193, 2020.
- BARONIO, Cléber Antonio et al. Toxicities of insecticidal toxic baits to control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): implications for field management. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 6, p. 2782-2789, 2019.
- BENELLI, Giovanni et al. *Carlina acaulis* and *Trachyspermum ammi* essential oils formulated in protein baits are highly toxic and reduce aggressiveness in the medfly, *Ceratitis capitata*. **Industrial Crops and Products**, v. 161, p. 113191, 2021.
- BIANCHERI, María Josefina Buonocore et al. Natural parasitism influences biological control strategies against both global invasive pests *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), and the Neotropical-native pest *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Environmental Entomology**, v. 51, n. 6, p. 1120-1135, 2022.
- BOMFIM, Zuzinaide Vidal; CARVALHO, Romulo da Silva; CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes de. Relações interespecíficas entre parasitoides nativos de moscas-das-frutas e o braconídeo exótico *Diachasmimorpha longicaudata* em frutos de 'umbu-cajá'. **Ciência Rural**, v. 40, p. 77-82, 2010.

BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Org.). Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 165-179.

BRAGA, S.; SILVA, M. E.; RAGA, A. Uso de extratos naturais no controle de insetos, com ênfase em moscas-das-frutas (Diptera: tephritidae). **Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 1, p. 1-30, 2019. Disponível em: http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/V81_1/26be9287-209f4a1d-8096-7644a4abd105.pdf. Acesso em: 03 de mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras. **Gov.br**, Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT: **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, 2020. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 28 dez. 2020.

CANAL, N. A.; ZUCCHI, R. A. Parasitoides – Braconidae. In: MALAVASI, A. e ZUCCHI, R. A. (eds.), **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: Conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000 p. 327.

CANCINO, J. et al. Parasitism by *Coptera haywardi* and *Diachasmimorpha longicaudata* on *Anastrepha* flies with different fruits under laboratory and field cage conditions. **BioControl**, v. 59, n. 3, p. 287–295, 2014.

CANCINO, J. et al. Suppression of *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) populations in coffee in the Mexico-Guatemala border region through the augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 29, n. 8, p. 822–826, 2019.

CANEJO, Frederico WG et al. New native host plant records for frugivorous flies (Diptera: Tephritidae, Lonchaeidae) in Northeastern Brazil. **Entomological Communications**, v. 5, p. ec05040-ec05040, 2023.

CARVALHO, R. Da S.; NASCIMENTO, AS do. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae). **Parra, JRP; Botelho, PSM; Corrêa-Ferreira, BS**, p. 165-179, 2002.

CARVALHO, R. Da S.; NASCIMENTO, AS do. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae). **Parra, JRP; Botelho, PSM; Corrêa-Ferreira, BS**, p. 165-179, 2002.

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

CARVALHO, S. C.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R. Controle biológico. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. P 113-117.

COELHO, Rosamara Souza et al. Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Minas Gerais, Brazil: Trophic Interactions and New Reports. **Insects**, v. 16, n. 1, p. 17, 2024.

COMEXSTAT. Sistema de Estatísticas do Comércio Exterior. Exportação e importação geral. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral> . Acesso em: 16 de jun 2024.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Fruticultura brasileira: diversidade e sustentabilidade para alimentar o Brasil e o mundo**. 2022. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/fruticultura-brasileira-diversidade-e-sustentabilidade-para-alimentar-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 24 fev. 2025.

COSTA, José Victor Torres Alves et al. New findings on Carambola fruit fly hosts in South America. **Florida Entomologist**, v. 106, n. 3, p. 161-174, 2023.

COSTA, V. A. et al. Redescoberta de *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) após 60 anos da sua introdução no Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 4, p. 539-541, 2005.

CUSUMANO A. et al. Intraguild interactions between two egg parasitoids exploring host patches. **BioControl** 2011, 56:173-184.

CUSUMANO, A. et al. Exploiting chemical ecology to manage hyperparasitoids in biological control of arthropod pests. **Pest Management Science**, v. 76, n. 2, p. 432-443, 2020.

CUSUMANO, A.; PERI E.; COLAZZA, S. Interspecific competition/facilitation among insect parasitoids. **Insect Science**, v. 14, s.n, p. 12-16, 2016.

DE PEDRO, Luis et al. Biology of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Mode of reproduction, biological parameters and superparasitism. **Crop Protection**, v. 108, p. 54-61, 2018.

DEMANT, L. L. et al. Resistência à deltametrina em *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Seleções, monitoramento e efeito do sinergista. **Proteção de Culturas**, v. 121, p. 39-44, 2019.

DENOTH, M.; FRID, L.; MYERS, J. H. Multiple agents in biological control: Improving the odds? **Biological Control**, v. 24, n. 1, p. 20–30, 2002.

DESCHEPPER, Pablo et al. Global invasion history with climate-related allele frequency shifts in the invasive Mediterranean fruit fly (Diptera, Tephritidae: *Ceratitis capitata*). **Scientific reports**, v. 14, n. 1, p. 25549, 2024.

DO NASCIMENTO, ANTONIO SOUZA et al. Incidência e prejuízo econômico das moscas-das-frutas Dip.: Tephritidae: dois estudos de caso. 2019.

ELQDHY, M. et al. Biology, ecology and control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), with special reference to biological control using

entomopathogenic nematode (EPN): a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 131, n. 2, p. 365-402, 2024.

EMBRAPA. Moscas-das-frutas: principais pragas da fruticultura brasileira. 2021. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/manga/producao/doencas-e-pragas/pragas/primarias/moscas-das-frutas>. Acesso em: 24 fev. 2025.

EMBRAPA. **Embrapa mostra a importância do Manejo Integrado de Pragas na Agrishow**. 2014. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1671932/embrapa-mostra-a-importancia-do-manejo-integrado-de-pragas-na-agrishow>. Acesso em: 3 mar. 2025.

FERNANDES, Daniell Rodrigo Rodrigues et al. First report of *Anastrepha obliqua* (Macquart) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae) and the parasitoid *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti)(Hymenoptera: Braconidae) in the oceanic archipelago of Fernando de Noronha, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 65, n. 4, p. e20210114, 2021.

FERNANDES, Elania Clementino et al. Development and morphological characterization of the immature stages of *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, n. 3, p. 262-267, 2019.

FERNANDES, Elania Clementino et al. Fertility life table and biology of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) in the larvae of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 111, n. 2, p. 182-189, 2021.

FERNANDES, Elania Clementino. **Aspectos bioecológicos de parasitoides (Hymenoptera) da mosca-do-mediterrâneo (Diptera: Tephritidae)**. 2018. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

FEZZA, Thomas J et al. Effect of the timing of pupal irradiation on the quality and sterility of oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) for use in Sterile Insect Technique. **Applied Entomology and Zoology**, v. 56, n. 4, p. 443-450, 2021.

FOLLETT, P. A.; SUN, X.; WALSE, S. S. Host Status of Persian Lime (*Citrus latifolia* Tan.) to Oriental Fruit Fly and Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Hawai'i. **Insects**, v. 15, n. 10, p. 799, 2024.

FULANO, A. M.; LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI, J. W. Phytosanitary and technical quality challenges in export fresh vegetables and strategies to compliance with market requirements: case of smallholder snap beans in Kenya. **Sustainability**, v. 13, n. 3, p. 1546, 2021.

GARCIA, F. R. M et al. Biological control of tephritid fruit flies in the Americas and Hawaii: A review of the use of parasitoids and predators. **Insects**, v. 11, n. 10, p. 662, 2020.

GARCIA, F. R. M.; RICALDE, M. P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. **Insects**, v. 4, n. 1, p. 55-70, 2013.

GARCIA, Flávio RM; RICALDE, Marcelo P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. **Insects**, v. 4, n. 1, p. 55-70, 2012.

GARCIA, Flávio Roberto Mello (Ed.). **Management of fruit flies in the Americas**. Springer, 2024.

GARCÍA-MEDEL, D. et al. Foraging behavior by six fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) released as single- or multiple species cohorts in field cages: influence of fruit location and host density. **Biological Control**, v. 43, p.12-22, 2007.

GILIOLI, Gianni et al. Non-linear physiological responses to climate change: the case of *Ceratitis capitata* distribution and abundance in Europe. **Biological Invasions**, p. 1-19, 2022.

GIUNTI, Giulia et al. Biology, ecology and invasiveness of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*: a review. **Entomologia Generalis**, v. 43, n. 6, p. 1221-1239, 2023.

GIUNTI, Giulia. et al. Management of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*: past, present, and future. **Entomologia Generalis**, v. 43, n. 6, p. 1241-1263, 2023.

GUILLEM-AMAT, A. et al. Field detection and predicted evolution of spinosad resistance in *Ceratitis capitata*. **Pest Management Science**, v. 76, n. 11, p. 3702-3710, 2020.

HALLOUTI, A; BEN EL CAID, M.; BOUBAKER, H. Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) management strategies and recent advances: A review. **International Journal of Pest Management**, p. 1-13, 2024.

HARVEY, J. A.; POELMAN, E. H.; TANAKA, T. Intrinsic inter- and intraspecific competition in parasitoid wasps. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 333-351, 2013.

HAYNES, F. E.; DOMINIAK, B. C. Irradiation for phytosanitary treatment of the Queensland fruit fly *Bactrocera tryoni* Froggatt benefits international trade. **Crop Protection**, v. 112, p. 125-132, 2018.

HE, Yuxin; XU, Yijuan; CHEN, Xiao. Biology, ecology and management of tephritid fruit flies in China: A review. **Insects**, v. 14, n. 2, p. 196, 2023.

IRVIN NA, Hoddle MS, Morgan DJW: Competition between *Gonatocerus ashmeadi* and *G. triguttatus* for glassy winged sharpshooter (*Homalodisca coagulata*) egg masses. *Biocontrol Sci Technol* 2006, 16:359-375.

JEAN-BAPTISTE, Maguintontz Cedney et al. Effectiveness of entomopathogenic nematodes against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) pupae and nematode compatibility with chemical insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 1, p. 248-256, 2021.

KIM, Hyojoong et al. Population genetics for inferring introduction sources of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*: A test for quarantine use in Korea. **Insects**, v. 12, n. 10, p. 851, 2021.

KOGAN, Marcos. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual review of entomology**, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.

KÖNIG, Stephan; STEINMÖLLER, Silke; BAUFELD, Peter. Origin and potential for overwintering of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) captured in an official survey in Germany. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 129, n. 5, p. 1201-1215, 2022.

LAUMANN, R. A. et al. Controle de artrópodes-praga com parasitoides. **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. 1st Edition. Brasília: INFOTECA-E, Embrapa, p. 65-112, 2020.

LAWRENCE, P. O. Host vibration: a cue to host location by the parasitoid *Biosteres longicaudatus*. **Oecologia**, v. 48, n. 2, p. 249–251, 1981.

MACEDO, Luciano Pacelli Medeiros; BERTI FILHO, Evoneo. Fundamentos de controle biológico de insetos-praga. 2022.

MAGDARAOG, P. M.; TANAKA, T.; HARVEY, J. A. Inter- and intra-specific host discrimination in gregarious and solitary endoparasitoid wasps. **BioControl**, v. 58, n. 6, p. 745–754, 2013.

MAHAT, Kiran; CLARKE, Anthony R. Competition between *Diachasmimorpha kraussii* and *Fopius arisanus* in *Bactrocera tryoni*: does native parasitoid-host association matter?. **BioControl**, v. 66, n. 3, p. 297-306, 2021.

MARENGO, J. A. et al. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. e17, 2022.

MEIRELLES, R. N. et al. Parasitism of fruit flies (Tephritidae) in field, after the releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) in Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 2, p. 673-683, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras**. Gov.br, Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras>. Acesso em: 24 fev. 2025.

MIRANDA, Mario et al. Niche breadth and interspecific competition between *Doryctobracon crawfordi* and *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), native and introduced parasitoids of *Anastrepha* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v. 82, p. 86-95, 2015.

MOKAM, Didi Gaele et al. Diversity of parasitoids (hymenoptera) associated with tephritids (Diptera) parasitising cucurbits in two agroecological zones of Cameroon, Central Africa. **African Entomology**, v. 32, 2024.

MOKRINI, Fouad et al. Potential of Moroccan entomopathogenic nematodes for the control of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 19204, 2020.

MONTOYA, P. et al. 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. et al. Effect of *Diachasmimorpha longicaudata* releases on the native parasitoid guild attacking *Anastrepha* spp. larvae in disturbed zones of Chiapas, Mexico. **Biological Control**, s.n, v. 12, p. 1-13, 2017.

MONTOYA, P.; GÁLVEZ, C.; DÍAZ-FLEISCHER, F. Host availability affects the interaction between pupal parasitoid *Coptera haywardi* (Hymenoptera: Diapriidae) and larvalpupal parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 109, n. 1, p. 15–23, 2019.

MONTOYA, Pablo et al. Effect of *Diachasmimorpha longicaudata* releases on the native parasitoid guild attacking *Anastrepha* spp. larvae in disturbed zones of Chiapas, Mexico. **BioControl**, v. 62, p. 581-593, 2017.

MORAIS, Maíra C. et al. Susceptibility of Brazilian populations of *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), and *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 3, p. 1291-1297, 2021.

MUCHERU, O. M. et al. Intrinsic competition between two oligophagous parasitoids, *Sturmiopsis parasitica* and *Cotesia sesamiae*, attacking the same life stages of lepidopteran cereal stemborers. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 130, n. 1, p. 10-20, 2009.

MÜLLER, F. A. et al. Potential distribution of *Bactrocera oleae* and the parasitoids *Fopius arisanus* and *Psytalia concolor*, aiming at classical biological control. **Biological Control**, v. 132, p. 144-151, 2019.

MURILLO, Félix D. et al. First instar larvae morphology of Opiinae (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) fruit flies. Implications for interspecific competition. **Arthropod Structure & Development**, v. 45, n. 3, p. 294-300, 2016.

NAVA, Dori Edson; BOTTON, Marcos. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. 2010.

NDLELA, Shepard et al. Interactions between two parasitoids of tephritidae: *Diachasmimorpha longicaudata* (ashmead) and *Psytalia cosyrae* (wilkinson)(Hymenoptera: Braconidae), under laboratory conditions. **Insects**, v. 11, n. 10, p. 671, 2020.

NDLELA, Shepard; AZRAG, Abdelmutalab GA; MOHAMED, Samira A. Determination of temperature thresholds for the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), using life cycle simulation modeling: Implications for effective field releases in classical biological control of fruit flies. **Plos one**, v. 16, n. 8, p. e0255582, 2021.

NIASSY, S. et al. Insight on fruit fly IPM technology uptake and barriers to scaling in Africa. **Sustainability**, v. 14, p. 2954, 2022.

ODE, Paul J.; VYAS, Dhaval K.; HARVEY, Jeffrey A. Extrinsic inter-and intraspecific competition in parasitoid wasps. **Annual Review of Entomology**, v. 67, n. 1, p. 305-328, 2022.

OLIVEIRA, Daiana da Costa. et al. Interspecific competition in *Trichopria anastrephae* parasitism (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitism on pupae of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Phytoparasitica**, v. 49, p. 207-215, 2021.

OROZCO-DÁVILA, Dina et al. Mass rearing and sterile insect releases for the control of *Anastrepha* spp. pests in Mexico—A review. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 164, n. 3, p. 176-187, 2017.

PALADINO, Leonela Zusel Carabajal; PAPESCHI, Alba Graciela; CLADERA, Jorge Luis. Immature stages of development in the parasitoid wasp, *Diachasmimorpha longicaudata*. **Journal of Insect Science**, v. 10, n. 1, p. 56, 2010.

PARANHOS, B. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e26037, 2019.

PARANHOS, Beatriz Jordão et al. Intrinsic competition and competitor-free-space influence the coexistence of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) of Neotropical Tephritidae (Diptera). **Environmental Entomology**, v. 42, n. 4, p. 717-723, 2013.

PEMBERTON, C. E.; WILLARD, H. F. A contribution to the biology of fruit-fly parasites in Hawaii. *Journal of Agricultural Research*, v. 15, n. 8, p. 419-465, 1918.

PLÁ, Ignacio et al. Sterile insect technique programme against Mediterranean fruit fly in the Valencian community (Spain). **Insects**, v. 12, n. 5, p. 415, 2021.

PURCELL, M. F. et al. Influence of guava ripening on parasitism levels by *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) and other parasitoids of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v. 4, p. 396-403, 1994.

PURCELL, M. F.; VAN NIEUWENHOVEN, A.; BATCHELOR, M. A. Bionomics of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae): an endoparasitoid of tephritid fruit flies. **Environmental Entomology**, v. 25, n. 1, p. 198-206, 1996.

RAO, Jiawei et al. Projecting the Global Potential Geographical Distribution of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) under Current and Future Climates. **Biology**, v. 13, n. 3, p. 177, 2024.

RIZZO, Roberto et al. Bioactivity of *Carlina acaulis* essential oil and its main component towards the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*: Ingestion toxicity, electrophysiological and behavioral insights. **Insects**, v. 12, n. 10, p. 880, 2021.

ROHR, Roberta Agostini et al. Intra and interspecific competition between *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera Braconidae) and *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera Figitidae). **Bulletin of insectology. Bologna**. Vol. 74, no. 2 (2021), p. 229-239, 2021.

SEGURA, D. F. et al. Response of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* to host and host-habitat volatile cues. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 143, n. 2, p. 164-176, 2012.

SENADO FEDERAL. Brasil precisa destravar logística de exportação de frutas, dizem especialistas. **Senado Notícias**, 06 nov. 2019. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2019/11/06/brasil-precisa-destravar-logistica-d-e-exportacao-de-frutas-dizem-especialistas>. Acesso em: 03 mar. 2025.

SENTHIL-NATHAN, Sengottayan. A review of resistance mechanisms of synthetic insecticides and botanicals, phytochemicals, and essential oils as alternative larvicidal agents against mosquitoes. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 1591, 2020.

SHAURUB, El-Sayed H.; SOLIMAN, Nehad A.; SABBOUR, Magda M. Development of the soil-inhabiting stages of *Ceratitis capitata* infected with entomopathogenic nematodes: insights on survival. **Invertebrate Reproduction & Development**, v. 65, n. 3, p. 155-162, 2021.

SHI, Chao et al. Introduction risk assessment for quarantine pests by environmental monitoring, object detection and Monte Carlo simulation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 233, p. 110132, 2025.

SIVINSKI, J. M. et al. Suppression of a caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa* (Loew) Diptera: Tephritidae) population through augmented releases of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v. 6, n. 2, p. 177–185, 1996.

SIVINSKI, J.; ALUJA, M. The roles of parasitoid foraging for hosts, food and mates in the augmentative control of Tephritidae. **Insects**, v. 3, n. 3, p. 668-691, 2012.

SOLIMAN, N. A. et al. Pathogenicity of three entomopathogenic fungi against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, p. 1-8, 2020.

SOUSA, M. S. M. et al. Overview and checklist of parasitoids (Hymenoptera, Braconidae and Figitidae) of *Anastrepha* fruit flies (Diptera, Tephritidae) in the Brazilian Amazon. **Annual Research & Review in Biology**, v. 36, p. 60-74, 2021.

STENBERG, Johan A. et al. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. **Journal of Pest Science**, v. 94, n. 3, p. 665-676, 2021.

TAMÒ, Cristina et al. Odour-mediated long-range avoidance of interspecific competition by a solitary endoparasitoid: a time-saving foraging strategy. **Journal of Animal Ecology**, v. 75, n. 5, p. 1091-1099, 2006.

TEIXEIRA, Cristiano Machado et al. Potential global distribution of the south American cucurbit fruit fly *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae). **Crop Protection**, v. 145, p. 105647, 2021.

VAN NOUHUYS, Saskya; PUNJU, Eeva. Coexistence of competing parasitoids: which is the fugitive and where does it hide?. **Oikos**, v. 119, n. 1, p. 61-70, 2010.

VET, Louise EM et al. Intra-and interspecific host discrimination in *Asobara* (Hymenoptera) larval endo-parasitoids of *Drosophilidae*: comparison between closely related and less closely related species. **Animal Behaviour**, v. 32, n. 3, p. 871-874, 1984.

VIDAL, M. F. **Fruticultura**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2023. 18 p. (Série Documentos do ETENE; ano 8, n. 280).

VIDAL, Maria de Fátima; XIMENES, Luciano Feijão. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. 2016.

VIEIRA, Rita Marcia DSP et al. Desertification risk assessment in Northeast Brazil: Current trends and future scenarios. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 1, p. 224-240, 2021.

VIEIRA, Rogerio Martins; GONÇALVES, Adilson Roberto; BRIENZO, Michel. Comprehensive chemical characterization study of three major fruit residues from São Paulo State (Brazil): banana pseudostem, orange bagasse, and guava seed cake. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 26, n. 6, p. 3554-3570, 2024.

WANG, Xingeng et al. Early-acting competitive superiority in opiine parasitoids of fruit flies (Diptera: Tephritidae): Implications for biological control of invasive tephritid pests. **Biological Control**, v. 162, p. 104725, 2021.

WANG, Xin-Geng; MESSING, Russell H. Potential interactions between pupal and egg-or larval-pupal parasitoids of tephritid fruit flies. **Environmental Entomology**, v. 33, n. 5, p. 1313-1320, 2004.

WELDON, Christopher W. et al. Geographic variation and plasticity in climate stress resistance among southern African populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 9849, 2018.

WERNICKE, Matthias et al. Overwintering potential of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Austria. **Journal of Economic Entomology**, v. 117, n. 5, p. 1983-1994, 2024.

WHITE, I. M.; ELSON-HARRIS, M. M. **Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics**. Wallingford, UK: Commonwealth Agriculture Bureau International, 1992.

YANG, J. et al. Interspecific competition between *Fopius arisanus* and *Psytalia incisi* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). **Biological Control, Bangalore**, v. 121, p. 183–189, 2018.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. **Moscas-das-frutas no Brasil – espécies de Anastrepha, suas plantas hospedeiras e parasitoides**. 2024. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha>. Acesso em: 29 jun. 2024.