

Petrolina, PE / Dezembro, 2024

Controle biológico aplicado da mosca-da-fruta *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) com uso de parasitoides

Beatriz Aguiar Giordano Paranhos¹, Carlos Alberto Tuão Gava¹ e Tiago Cardoso da Costa-Lima¹¹Pesquisadores, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

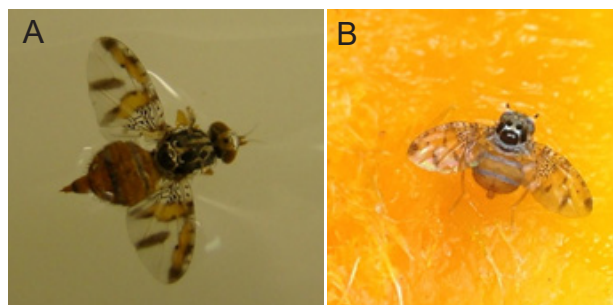
Introdução

A mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) (Figura 1), originária da África Equatorial, é considerada mundialmente uma das espécies de mosca-da-fruta mais nocivas à fruticultura, visto a sua grande plasticidade ecológica e evolutiva (Paranhos et al., 2009). No Brasil, há relatos de infestação em 93 espécies frutíferas, incluindo espécies de importância econômica distribuídas entre as famílias Myrtaceae, Rutaceae, Rosaceae, Anacardiaceae e Sapotaceae. Não há registros de *C. capitata* apenas nos estados do Amapá, Amazonas e Sergipe (Zucchi; Moraes, 2021), o que demonstra seu alto potencial adaptativo.

A fruticultura no Submédio do Vale do Rio São Francisco faz com que a região apresente um dos maiores produtos interno bruto (PIB) agrícola do Brasil. A grande diversidade de espécies frutíferas cultivadas durante todo o ano nesta região, favorece a proliferação de *C. capitata*, espécie quarentenária para alguns países, os quais impõe barreiras fitossanitárias como ocorre em relação às exportações de mangas e uvas frescas para os Estados Unidos (Mapa-IN 20) (Paranhos et al., 2009). O Submédio do Vale do São Francisco compreende, hoje, uma área de cerca de 85 mil hectares de frutíferas (IBGE, 2020), grande parte com a produção de manga, uva, goiaba e acerola, além de outras frutíferas que também são hospedeiras de *C. capitata*. Por demandas

de mercado, busca-se alta qualidade dos frutos produzidos e redução no uso de agrotóxicos e, neste caso, o controle biológico por meio de parasitoides constitui uma das ferramentas fundamentais no controle das moscas-da-fruta, em diversas partes do mundo (Aluja et al., 2014).

Considerando-se a importância do controle biológico como método de controle na fruticultura no Submédio do Vale do São Francisco, o objetivo deste trabalho é mostrar a eficácia e o potencial uso dos parasitoides *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) e *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae), de forma a recomendá-los como bioagentes no controle de *C. capitata*.



Fotos: Beatriz Aguiar G. Paranhos

Figura 1. Fêmea (A) e macho (B) de *Ceratitis capitata*.

A substituição da aplicação de inseticidas convencionais pelo uso de inimigos naturais para o

controle de populações de moscas-da-fruta contribui com o atendimento da meta 2.4 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 da Organização das Nações Unidas (ONU), que preconiza a estruturação de sistemas sustentáveis de produção de alimentos e a implementação de práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção (Nações Unidas, 2023).

Controle biológico de moscas-da-fruta

Os programas de controle biológico aplicado (CBA) de moscas-da-fruta com liberações inundativas periódicas com uma ou mais espécies de parasitoides têm recebido atenção especial (Paranhos et al., 2019). Esta abordagem parte do princípio de que é possível obter um aumento efetivo na supressão da população de um inseto-praga, em especial quando não ocorre sobreposição de nichos (Cancino et al., 2014). Contudo, ainda que ocorra a sobreposição de nichos, se as espécies de parasitoides apresentam estratégias de busca (forrageamento) distintas e buscam diferentes estádios de um hospedeiro comum, as liberações de múltiplas espécies podem ser recomendadas (Garcia-Medel et al., 2007; Van Nieuwenhove et al., 2016).

No Brasil, dois programas clássicos de controle biológico para supressão de moscas-da-fruta propõem a liberação de parasitoides em grandes quantidades em locais e épocas apropriadas (Knippling, 1992; Garcia; Ricalde, 2013). O primeiro ocorreu em 1937, quando o parasitoide *Tetrastichus giffardianus* Silvestri, 1915 (Hymenoptera: Eulophidae) foi introduzido para controlar *C. capitata* (Autuori, 1938). Entretanto, não há relatos de sua detecção após a liberação, voltando a ser registrado após 60 anos da sua introdução (Costa et al., 2005), principalmente no Nordeste (Araujo et al., 2015; Carvalho et al., 2019).

O segundo caso ocorreu em 1994, com a introdução do parasitoide *D. longicaudata* para o controle biológico de *C. capitata* e *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) (Walder et al., 1995; Alvarenga

et al., 2005; Garcia; Ricalde, 2013). Mais recentemente, em 2012, *F. arisanus* foi introduzido visando o controle da mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock, 1994) (Diptera: Tephritidae) no estado do Amapá (Paranhos et al., 2013; Groth et al., 2016), mas até o momento não houve liberações em campo, apesar de já estar sendo criado sobre esta praga-chave, em condições de laboratório, na Embrapa Amapá (Bariani et al., 2019). Trata-se da única espécie que parasita ovos de moscas-da-fruta no Brasil e poderá ser também uma ótima opção para o controle de *C. capitata* (Harris et al., 2007; Manoukakis et al., 2011; Vargas et al., 2012; Groth et al., 2016) no Submédio do Vale do São Francisco. No entanto, este parasitoide não é eficiente no controle de espécies nativas do gênero *Anastrepha* (Paranhos et al., 2020).

Parasitoides *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) e *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae)

Caracterização geral

Diachasmimorpha longicaudata (Figura 2A) é um endoparasitoide larva-pupa, cenobionte e solitário, nativo da região Indo-Australiana (Wharton; Gils-trap, 1983), empregado com sucesso no controle de moscas-da-fruta em diversos países (Vargas et al., 2012; Quicke, 2015; Meirelles et al., 2016). O uso desse parasitoide possibilitou, por exemplo, uma supressão significativa das populações de moscas-da-fruta no Havaí e Flórida (EUA) e em Chiapas (México) (Montoya et al., 2017).

Fopius arisanus (Figura 2B), por sua vez, é um endoparasitoide ovo-pupa, cenobionte e solitário, originalmente encontrado na região Indo-Australiana. O estabelecimento dessa espécie é relatado em algumas ilhas do Pacífico (Vargas et al., 2012) e em algumas regiões da África (Ndiaye et al., 2015; Gnanvossou et al., 2016), regulando as populações de *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) (Diptera: Tephritidae) e de *C. capitata*.

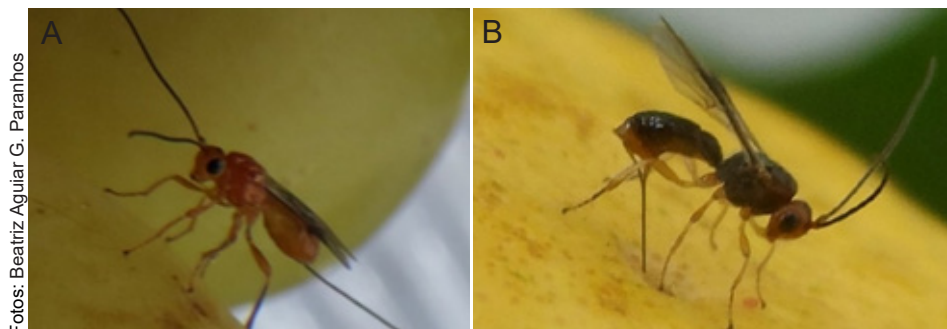


Figura 2. Fêmeas dos parasitoides (Hymenoptera: Braconidae): (A) *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) e (B) *Fopius arisanus* (Sonan, 1932).

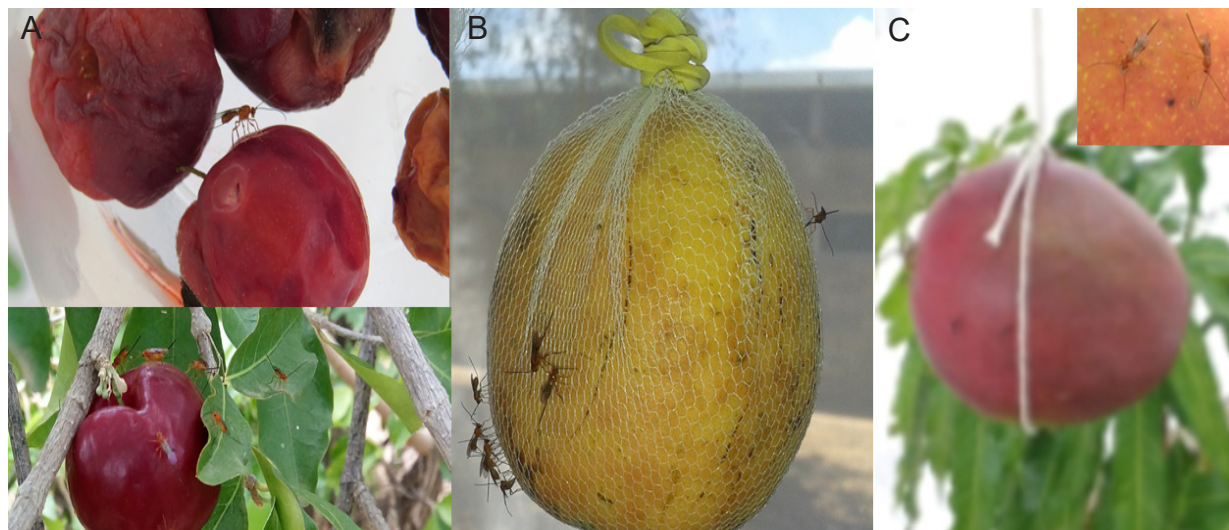
Como já mencionado, esses dois parasitoides são exóticos e foram introduzidos no Brasil por sua facilidade na criação massal, no caso de *D. longicaudata*, e por ser mais específico no controle de mosca-da-carambola, no caso de *F. arisanus* (Paranhos et al., 2019). Ambos têm sido muito estudados no Brasil em experimentos de laboratório, semicampo e campo (permitido por registro especial temporário – RET) para *D. longicaudata* e de laboratório e semicampo para o *F. arisanus*, mostrando a viabilidade no controle de *C. capitata* em diferentes frutíferas hospedeiras (Paranhos et al., 2007; Camargos et al., 2016; Groth et al., 2016; Coelho et al., 2022), além de não apresentarem riscos de competição interespecífica com espécies nativas de parasitoides (Paranhos et al., 2013, 2020).

A taxa de parasitismo exercida por braconídeos sobre moscas-da-fruta pode variar de acordo com a espécie de parasitoide e com a frutífera hospedeira (Figura 3), o que pode ser influenciado por características intrínsecas tanto do parasitoide e sua relação com a fruta hospedeira e com a espécie de moscas-da-fruta que a está infestando (Segura et al., 2016; Zadra et al., 2018). Essas variações podem ser justificadas por características inerentes à própria planta hospedeira, tais como: tamanho dos

frutos, textura, espessura do epicarpo, compostos atraentes/repelentes ou os tipos de sinais químicos utilizados pelos parasitoides no processo de busca do ovo ou larva de moscas-da-fruta, dentro dos frutos, bem como a adequação da espécie do hospedeiro que está infestando a fruta (Vet; Dicke, 1992).

Frutos grandes podem oferecer maior proteção para as larvas de moscas-da-fruta em função da espessura do mesocarpo, dificultando assim o alcance de parasitoides à larva hospedeira (Sivinski et al., 1997; Cunha et al., 2011). Entretanto, a eficiência de parasitoides que parasitam ovos dos seus hospedeiros parece não ser afetada pelo tamanho do fruto. Isso acontece porque a oviposição realizada pela mosca-da-fruta é feita próximo ao epicarpo, o que facilita o parasitismo (Wang et al., 2003).

Estudos realizados no Submédio do Vale do São Francisco mostram que o parasitismo por *F. arisanus* é superior em goiaba (48,46%), quando comparado com acerola (28,20%) e manga (20,21%); enquanto *D. longicaudata* apresenta maior eficiência no parasitismo em acerola (44,86%), seguido de goiaba (23,38%) e manga (2,02%) (Coelho et al., 2022).



Fotos: Beatriz Aguiar Giordano Paranhos

Figura 3. Parasitoides em acerola (A), goiaba (B) e manga (C). Todas infestadas com ovos ou larvas de *Ceratitis capitata*.

Procedimentos para o controle biológico aplicado

Criação massal e controle de qualidade dos insetos produzidos

O uso do CBA preconiza a liberação inundativa e periódica dos inimigos naturais em campo. Esses inimigos naturais são multiplicados em biofábricas, de acordo com a demanda. Um fator importante é a qualidade dos insetos multiplicados em larga escala.

No caso dos parasitoides, devem ser preservadas e monitoradas periodicamente, de forma a se garantir a manutenção de características biológicas e comportamentais como: peso, sobrevivência em condições de estresse, capacidade de voo, razão sexual, taxa de parasitismo, entre outros (FAO, 2022).

Densidade de parasitoides a serem liberados

O controle biológico é mais eficiente em altas populações da praga, já que o parasitoide pode encon-

trar seu hospedeiro em campo em um curto espaço de tempo e com mais facilidade (Hassell, 2000; Singh; Emerick, 2021).

A quantidade de parasitoides a serem liberados varia de acordo com o índice de infestação das moscas-da-fruta no campo, calculado pelo índice de infestação da praga nos frutos ou pelo índice MAD (mosca/armadilha/dia), que é obtido por meio do monitoramento com armadilhas. Ressalta-se que o número de adultos capturados nas armadilhas corresponde a menos de 20% da população real de adultos presentes no campo (Villeda et al., 1988) e a população de adultos corresponde a cerca de 20% da população (adultos + indivíduos nas fases imaturas) no campo. A fecundidade de uma fêmea de *C. capitata* seria, em média, de 500 ovos e, em condições de laboratório, ao redor de 80% chegaria à fase adulta (FAO, 2019). Entretanto, em condições de campo a probabilidade decresce para 50 a 60%, visto que não teriam alimento e água em abundância, além dos inimigos naturais e dos fatores climáticos desfavoráveis. Neste caso, cerca de 80% dos indivíduos da praga no ambiente podem chegar às fases imaturas (ovos, larvas e pupas) e menos 20% chegariam à fase adulta (Papadopoulos et al., 2002; Papachristos et al., 2008).

Outro fator a ser considerado é a capacidade de parasitismo exercida por cada espécie de parasitoide. Para as espécies *D. longicaudata* e *F. arisanus*, uma fêmea, que representa o “ingrediente ativo” do controle biológico, pode parasitar até 15 hospedeiros por dia em condições de laboratório (Manoukis et al., 2011). Considera-se que em condições de campo, essa capacidade de parasitismo diminui devido à maior dificuldade para localizar o hospedeiro. A densidade de parasitoides que normalmente são liberados por hectare varia de 1.000 a 2.500 indivíduos (Montoya et al., 2000, 2007).

Como preparar os parasitoides para liberação

Antes da liberação dos parasitoides no campo, são recomendados alguns cuidados prévios para garantir a emergência e sobrevivência das vespas. Para isso, utilizam-se baldes plásticos com capacidade de 5,0 L com tampa telada ou gaiolas teladas (30 x 30 cm), onde são colocadas, aproximadamente, 100 mL de pupas parasitadas, que vão corresponder a cerca de 2.250 adultos (55 pupas/mL e 50% de parasitismo), com 50% de fêmeas, em média (Paranhos et al., 2007). Inicialmente, vão emergir as moscas-da-fruta provenientes de pupas não parasitadas. Assim, retiram-se as moscas emergidas com a utilização de um sugador, para serem utilizadas na criação ou para serem congeladas ou

mesmo descartadas. Quando criados sobre a mosca-do-mediterrâneo, *C. capitata*, adultos de *D. longicaudata* começam a emergir 7 dias após e de *F. arisanus* 1 dia após a emergência das moscas.

Os parasitoides devem receber uma dieta de mel (mistura de uma parte de mel para três partes de lenço de papel triturado), além de água, que pode ser fornecida em copo plástico de 100 mL com tampa perfurada para a passagem de uma tira de tecido esponja, por onde a água sobe por capilaridade. Quando atingirem de 3 a 5 dias de idade, no caso de *D. longicaudata*, e de 7 a 10 dias, no caso de *F. arisanus*, estarão sexualmente maduros para serem liberados em campo (Paranhos et al., 2019). Nesta idade, as fêmeas já estão acasaladas e prontas para realizarem o parasitismo de ovos ou larvas das moscas-da-fruta. As fêmeas apresentam longevidade, em média, de 8 dias no campo, onde se alimentam de fontes naturais de néctar, polén, exudatos de frutos danificados, etc.

Se a liberação dos parasitoides for periódica, semanal ou quinzenal, o controle biológico será mais efetivo e os parasitoides terão mais chances de se estabelecerem no agroecossistema e, neste caso, poderá manter a população de moscas-da-fruta sob controle. Entretanto, recomenda-se a liberação de parasitoides apenas quando houver hospedeiros, ou seja, frutos infestados com ovos e/ou larvas de moscas-da-fruta.

Distribuição dos parasitoides na área

A liberação e distribuição (Figura 4) dos parasitoides na área a ser tratada, deve ser baseada na capacidade de voo e na dispersão dos insetos no campo, que podem variar com a espécie e com a planta cultivada. Parasitoides de espécies com tamanhos maiores têm maior capacidade de voo com maior dispersão do que espécies menores, mas o tamanho e as reservas adequadas de indivíduos dentro de uma mesma espécie podem favorecer sua dispersão em campo, por isso, é muito importante manter a qualidade dos insetos produzidos nas biofábricas.

As reservas de alimento obtidas durante a fase imatura realizada dentro do inseto hospedeiro determinam a qualidade dos parasitoides adultos, portanto, a qualidade do hospedeiro sobre o qual o parasitoide será criado é de fundamental importância. No caso de *C. capitata*, é medida pelo peso da pupa hospedeira, que deve ser em torno de 8 mg (FAO, 2019). A arquitetura da planta (altura e formato) e a densidade de plantas/ha também podem interferir na dispersão dos parasitoides em campo. Os estudos realizados com objetivo de avaliar a dispersão

de *D. longicaudata* em pomares de laranja, acerola e café, entre outros, mostraram que eles voam de 25 a 100 m em 3 dias (Paranhos et al., 2007; Camargos et al., 2016; Oliveira et al., 2018). Neste caso, a liberação deve ser dividida em dois a quatro pontos equidistantes/ha.

Na região do Submédio do Vale do São Francisco, onde existe grande disponibilidade de diferentes culturas frutíferas infestadas por moscas-da-fruta ao longo do ano, aliada à uma produção escalonada, indica-se a liberação periódica de parasitoides, variando apenas o local de liberação. No geral, a infestação de moscas-da-fruta inicia quando os frutos entram na fase de amadurecimento, identificados pelo amolecimento e alteração de cores, antes disso os parasitoides não devem ser liberados.



Fotos: Diniz da Conceição Alves

Figura 4. Liberação do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* em campo, em pomares de (A) aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC) e de (B) mangueiras (*Mangifera indica* L.).

Considerações finais

Para o controle biológico de insetos-praga exóticos, como a mosca-do-mediterrâneo *C. capitata*, geralmente se recomenda o controle biológico com espécies de parasitoides exóticos, que tenham eficiência comprovada sobre o inseto-praga exótico em

questão, quando comparado às espécies nativas de parasitoides.

A indicação de inimigos naturais para serem usados em programas de controle biológico aplicado de insetos-praga deve ser baseada em resultados de pesquisas que demonstrem a adaptabilidade ao ambiente onde será liberado, com boa sobrevivência, dispersão e eficiência no controle da praga-alvo.

A eficiência de um parasitoide para utilização em programas de controle biológico aplicado sobre uma praga-alvo varia de acordo com vários fatores, tais como: (i) características bioecológicas do parasitoide (capacidade de busca e localização, dispersão, tamanho do ovipositor, etc.); (ii) condicionamento pré-imaginal (maior relação com a espécie hospedeira no processo de criação e espécie da praga hospedeira preferida ou não pelo parasitoide) (Paranhos et al., 2020); (iii) estágio de desenvolvimento da praga (há preferência de acordo com a idade do ovo ou da larva); (iv) planta hospedeira da praga (espécie de fruto que está infestado, pois existem frutos mais ou menos atrativos aos parasitoides de acordo com o odor, cor e o tamanho).

A qualidade e performance dos parasitoides produzidos que serão liberados em campo é de extrema importância observando-se características como: elevada capacidade de voo, capacidade de cópula, sobrevivência e longevidade, localização e parasitismo dos hospedeiros em condições de campo.

A liberação em campo deve seguir protocolos preestabelecidos, compreendendo densidade, distribuição e horário de liberação definidos. Se for necessário o uso de inseticidas, deve-se buscar os que possuem seletividade ecológica, como modo de ação sistêmica ou de ingestão, pois apresentam menor impacto quando comparados aos inseticidas de contato. Além disso, deve-se utilizar esses inseticidas pelo menos 3 dias antes ou depois da liberação dos parasitoides. Não adianta criar parasitoides com excelente qualidade e não tomar os devidos cuidados antes ou após a liberação em campo.

O registro de inimigos naturais ainda é um grande gargalo, apesar de o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) se esforçar bastante para minimizar a burocracia e o tempo do processo. Isso deve ser uma das principais prioridades, visando a agricultura sustentável, a maior preservação ambiental e menores riscos à saúde humana.

O parasitoide de larvas, *D. longicaudata*, já está registrado para uso comercial em duas empresas nacionais, mas o parasitoide de ovos, *F. arisanus*, ainda não, desperdiçando-se uma importante ferramenta para o controle biológico de moscas-da-fruta.

Referências

- ALVARENGA, C. D.; BRITO, E. S.; LOPES, E. N.; SILVA, M. A.; ALVES, D. A.; MATRANGOLO, C. A. R.; ZUCCHI, R. A. Introdução e recuperação do parasitóide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomares comerciais de goiaba no norte de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, n. 34, v. 1, p. 133-136, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000100020>.
- ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; DRIESCH, R. van; ANZURES-DA-DA, A.; GUILLÉN, L. Pest management through tropical tree conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 831-853, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0636-3>.
- AUTUORI, M. Notas sobre a introdução e multiplicação do parasita *Tetrastichus giffardianus* Silv. no Brasil. **O Biológico**, v. 4, n. 4, p. 128-129, 1938.
- ARAUJO, E. L.; FERNANDES, E. C.; SILVA, R. I. R.; FERREIRA, A. D. C. L.; COSTA, V. A. Parasitoides (Hymenoptera) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no Semiárido do estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 610-616, 2015. DOI: [10.1590/0100-2945-188/14](https://doi.org/10.1590/0100-2945-188/14).
- BARIANI, A.; JESUS, C. R. de; LIMA, A. L.; PARANHOS, B. A. J.; ADAIME, R.; PEREIRA, J. C.; CARDOSO, E. K. de A.; ALMEIDA, R. P. de. **Estabelecimento de colônia do parasitóide *Fopius arisanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae) sobre a mosca-da-carambola em condições de laboratório**. Macapá: Embrapa Amapá, 2019. (Embrapa Amapá. Documentos, 102). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201800/1/CPAF-AP-2019-DOC-102-Estabelecimento-colonias.pdf>. Acesso em: 14 maio 2024.
- CAMARGOS M. G.; ALVARENGA C. D.; GIUSTOLIN T. A.; PARANHOS, B. A. J.; OLIVEIRA P. C. do C.; RABELO, M. M. Dispersal capacity of fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in irrigated coffee plantations. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 3, p. 227-233, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0343>.
- CANCINO, J.; MONTOYA, P.; BARRERA, J. F.; ALUJA, M.; LIE-DO, P. Parasitism by *Coptera haywardi* and *Diachasmimorpha longicaudata* on *Anastrepha* flies with different fruits under laboratory and field cage conditions. **BioControl**, v. 59, p. 287-295, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9571-1>.
- CARVALHO, J. V. A.; MONTEIRO, L. B.; PARANHOS, B. A. J. *Tetrastichus giffardianus* como principal parasitóide de *Ceratitis capitata* em goiabas, no Vale do São Francisco. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 16., 2019, Londrina. **Controle biológico: da academia ao campo, rumo à sustentabilidade** - anais. Londrina: Sociedade Entomológica do Brasil: Embrapa Soja: Universidade Estadual de Londrina, 2019. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1114302>. Acesso em: 8 maio 2024.
- COELHO, R. S.; PONCIO, S.; OLIVEIRA, P. C. D. C.; SANTOS, J. D. O.; MOREIRA, J. O. T.; SILVA, J. G.; PARANHOS, B. A. J. Biological control of fruit flies: when to use more than one parasitoid species. **Biological Control**, v. 176, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105069>.
- COSTA, V. A.; ARAÚJO, E. L.; GUIMARÃES, J. A.; NASCIMENTO, A. S.; LASALLE, J. Redescoberta de *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) após 60 anos da sua introdução no Brasil. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 72, p. 539-541, out./dez. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/aljZB-NXB73rBn4RHb4BMtXkrQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 jun. 2024.
- CUNHA, A. C.; SILVA, R. A. da; PEREIRA, J. D. B.; SANTOS, R. S. Efeito da espessura da polpa, tamanho e peso de frutos de taperebá (*Spondias mombin* L.) sobre o parasitismo natural (Hymenoptera: Braconidae) em moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). **Revista de Agricultura**, v. 86, n. 2, p. 125-133, 2011. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v86i2.2863>.
- FAO. **Product quality control for sterile mass-reared and released tephritid fruit flies**. Vienna, 2019. 148 p. Versão 7.0. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/qcv7.pdf>. Acesso em: 14 maio 2024.
- FAO. **Manual de control de calidad del producto en la Cría masiva y liberación de moscas de la fruta estériles**. Viena, 2022. Tradução da versão 7.0 de 2019. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/qcv7-en-espanol.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- GARCÍA-MEDEL, D.; SIVINSKI, J.; DÍAZ-FLEISCHER, F.; RAMIREZ-ROMERO, R.; ALUJA, M. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.06.008>.
- GARCIA, F. R. M.; RICALDE, M. P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. **Insects**, v. 4, p. 55-70, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects4010055>.
- GROTH, M. Z.; LOECK, A. E.; NÖRNBERG, S. D.; BERNARDI, D.; NAVA, D. E. Biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in two species of fruit flies. **Journal of Insect Science**, v. 16, n. 1, p. 1-7, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew087>.
- GNANVOSSOU, D.; HANNA, R.; BOKONON-GANTA, A. H.; EKESI, S.; MOHAMED, S. A. Release, establishment and spread of the natural enemy *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) for control of the invasive oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Benin, West Africa. In: EKESI S.; MOHAMED S. A.; MEYER, M. (ed.). **Fruit fly research and development in Africa-Towards a sustainable management strategy to improve horticulture**. Springer: Cham, 2016. p. 575-600.
- HARRIS, E. J.; BAUTISTA, R. C.; VARGAS, R. I.; JANG, E. B. Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) in Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society**, v. 39, p. 121-126, 2007. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/5093287.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- HASSELL, M. **The spatial and temporal dynamics of host-parasitoid interactions**. Oxford: Oxford University Press, 2000. 2012 p.
- IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA: produção agrícola municipal**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 11 maio 2024.
- KNIPLING, E. F. **Principles of insect parasitism analyzed from new perspectives: practical implications for regulating insect populations by biological means**. Washington, DC: Department of Agriculture Agricultural Research Service, 1992. 337 p.
- MANOUKIS, N.; GEIB, S.; SEO, D.; MCKENNEY, M.; VARGAS, R.; JANG, E. An optimized protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of tephritid fruit flies. **Journal of Visualized Experiments**, v. 53, p. 1-4, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3791/2901>.

- MEIRELLES, R. N.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M.; OURIQUE, C. B.; OZORIO, D. V. B. 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. 3, p. 673-683, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452016673>.
- MONTROYA, P.; LIEDO, P.; BENREY, B.; CANCINO, J.; BARREIRA, 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, p. 216-224, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0819>.
- MONTROYA, P.; CANCINO, J.; ZENIL, M.; SANTIAGO, G.; GUTIERREZ, J. M. The augmentative biological control component in the Mexican National Campaign against *Anastrepha* spp. fruit flies. In: VREYSEN, M. J. B.; ROBINSON, A. S.; HENDRICH, J. (ed.). **Area-wide control of insect pests**. Dordrecht: Springer, 2007. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6059-5_61.
- MONTROYA, P.; LÓPEZ, P.; CRUZ, J.; CADENA, C.; CANCINO, J.; LIEDO, P. 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. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9826-8>.
- NAÇÕES UNIDAS. **Ojetivo de desenvolvimento sustentável 2: fome zero e agricultura sustentável**. New York, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- NDIAYE, O.; NDIAYE, S.; DJIBA, S.; BA, C. T.; VAUGHAN, L.; REY, J. Y.; VAYSSIÈRES, J. F. Preliminary surveys after release of the fruit fly parasitoid *Fopius arisanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae) in mango production systems in Casamance (Senegal). **Fruits**, v. 70, n. 2, p. 91-99, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2015001>.
- NIEUWENHOVE, G. van; BEZDJIAN, L. P.; SCHLISERMAN, P.; ALUJA, M.; OVRUSKI, S. M. Combined effect of larval and pupal parasitoid use for *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) control. **Biological Control**, v. 95, p. 94-102, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.01.004>.
- OLIVEIRA, P. C. C.; PARANHOS, B. A. J.; SANTOS, R. F. S.; SANTOS, J. O.; COELHO, R. S.; CORSATO, C. A. Dispersão e sobrevivência de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) em pomar de manga no Semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Saúde, ambiente e agricultura**: anais. Gramado: SEB, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/186475/1/Paranhos-3.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- PAPACHRISTOS, D. P.; PAPADOPOULOS, N. T.; NANOS, G. D. Survival and development of immature stages of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruit. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 3, p. 866-872, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/101.3.866>.
- PAPADOPOULOS, N. T.; KATSOYANNOS, B. I.; CAREY, J. R. Demographic parameters of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in apples. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 95, n. 5, p. 564-569, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0564:DPOTMF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0564:DPOTMF]2.0.CO;2).
- PARANHOS, B. A. J.; MENDES, P. C. D.; PAPADOPOULOS, N. T.; WALDER, J. M. M. Dispersion patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in citrus orchards in southeast Brazil. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, p. 375-385, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583150701309105>.
- PARANHOS, B. A. J.; NASCIMENTO, A.; WALDER, J. M. M. Controle biológico de moscas-das-frutas. In: CURSO INTER-NACIONAL DE CAPACITAÇÃO EM MOSCAS-DAS-FRUTAS, 5., 2009, Juazeiro. **Biologia, monitoramento e controle de moscas-das-frutas**. Juazeiro: Moscamed Brasil, 2009. p. 29-31. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199333/1/Controle-Biologico-de-Moscas-das-Frutas-pag-29-31.pdf>. Acesso em: 14 maio 2024.
- PARANHOS, B. A. J.; SIVINSKI, O.; STUHL, C.; HOLLER, T.; ALUJA, M. 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. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/973414>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- PARANHOS, B. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e26037, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.26037>.
- PARANHOS, B. A. G.; PONCIO, S.; MORELLI, R. Non-target effects of the exotic generalist parasitoid wasp *Fopius arisanus* (Sonan) estimated via competition assays against *Doryctobracon areolatus* (Szepligeti) on both native and exotic fruit fly hosts. **BioControl**, v. 66, p. 83-96, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10057-4>.
- QUICKE, D. L. J. **The braconid and ichneumonid parasitoid wasps: biology, systematics, evolution and ecology**. Hoboken: Wiley & Sons, 2015.
- SEGURA, D. F.; NUSSENBAUM, A. L.; VISCARRET, M. M.; DEVESCOVI, F.; BACHMANN, G. E.; CORLEY, J. C.; OVRUSKI, S. M.; CLADERA, J. L. Innate host habitat preference in the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*: functional significance and modifications through learning. **PLoS One**, v. 11, e0152222, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152222>.
- SINGH, A.; EMERICK, B. Generalized stability conditions for host-parasitoid population dynamics: Implications for biological control. **Ecological Modelling**, v. 456, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109656>.
- SIVINSKI, J.; ALUJA, M.; LÓPEZ, M. Spatial and temporal distributions of parasitoids of Mexican *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) within the canopies of fruit trees. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 90, n. 5, p. 604-618, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/90.5.604>.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.10.012>.
- VET, L. E.; DICKE, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Annual Review of Entomology**, v. 37, p. 141-172, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.001041>.
- VILLEDA, M. P.; HENDRICH, J.; ALUJA, M.; REYES, J. Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*: behavior in nature in relation to different Jackson traps. **Florida Entomologist**, v. 71, n. 2, p. 154-162, 1988. DOI: <https://doi.org/10.2307/3495363>.
- WALDER, J. M. M.; LOPES, L. A.; COSTA, D. M.; SESSO, J. N.; TONIN, G.; CARVALHO, M. L.; LARA, P. Criação e liberação do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) para controle de moscas-das-frutas no estado de São Paulo. **Laranja**, v. 16, p. 149-153, 1995.

WANG, X. G.; MESSING, R. H.; BAUTISTA, R. C. Competitive superiority of early acting species: a case study of opine fruit fly parasitoids. **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, n. 4, p. 391-402, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/0958315031000104514>.

WHARTON, R. A.; GILSTRAP, F. E. Key to and status of opiine braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis* and *Dacus* s. l. (Diptera: Tephritidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 76, n. 4, p. 721-742, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/76.4.721>.

ZADRA, W. C.; SANT'ANA, J.; REDAELLI, L. R.; TOGNON, R. Plasticidade da aprendizagem de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) associada a voláteis de frutos e óleos essenciais. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 108, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018026>.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. **Fruit flies in Brazil**: hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly. Piracicaba: USP: 2021. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitis>. Acesso em: 14 nov. 2021.

Embrapa Semiárido

Rodovia BR-428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23
56302-970 - Petrolina, PE
<https://www.embrapa.br/semiario>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Anderson Ramos de Oliveira*

Secretária-executiva: *Juliana Martins Ribeiro*

Membros: *Bárbara França Dantas, Diógenes da Cruz Batista, Douglas de Britto, Flávio de França Souza, Geraldo Milanez de Resende, Gislene Feitosa Brito Gama, Magnus Dal Igna Deon, Patrícia Coelho de Souza Leão, Pedro Martins Ribeiro Júnior, Raquel Mota Carneiro Figueiredo e Sidinei Anunciação Silva*

Circular Técnica 137

e-ISSN 1808-9976
Dezembro, 2024

Edição executiva: *Sidinei Anunciação Silva*

Revisão de texto: *Sidinei Anunciação Silva*

Normalização bibliográfica: *Sidinei Anunciação Silva* (CRB-4/1721)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Sidinei Anunciação Silva*

Publicação digital: PDF



Ministério da Agricultura e
Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.