

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)**  
**Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)**

**ROSAMARA SOUZA COELHO**

**ATIVIDADE COMPORTAMENTAL E EFICIÊNCIA DE PARASITISMO DE**  
***Fopius arisanus* E *Diachasmimorpha longicaudata* (HYMENOPTERA:**  
**BRACONIDAE) SOBRE *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EM**  
**DIFERENTES FRUTÍFERAS**

**JUAZEIRO – BA**

**2017**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)**

**Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)**

**Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)**

**Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)**

**ROSAMARA SOUZA COELHO**

**ATIVIDADE COMPORTAMENTAL E EFICIÊNCIA DE PARASITISMO DE  
*Fopius arisanus* E *Diachasmimorpha longicaudata* (HYMENOPTERA:  
BRACONIDAE) SOBRE *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EM  
DIFERENTES FRUTÍFERAS**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia (PPGHI/UNEB/DTCS), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Horticultura Irrigada.

**Orientador:** José Osmã Teles Moreira

**Coorientadora:** Beatriz Aguiar Jordão Paranhos

JUAZEIRO – BA

2017

---

Coelho, Rosamara Souza  
C672a Atividade comportamental e eficiência de parasitismo de *Fopius arisanus* e  
*Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidea) sobre *Ceratitis capitata* (Diptera:  
Tephritidae) em diferentes frutíferas. /  
Rosamara Souza Coelho. -- Juazeiro, 2017.  
74 f. il.

Orientador: José Osmã Teles Moreira  
Coorientadora: Beatriz Aguiar Jordão Paranhos

Bibliografia

1. Entomologia 2. Controle biológico 3. Parasitas - controle I. Moreira, José Osmã  
Teles II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais

CDD 632.7

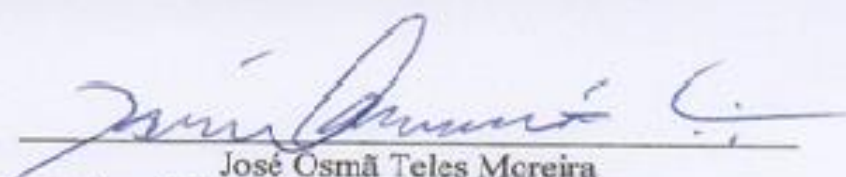
---

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)  
Pró-reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-graduação (PPG)  
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)  
Programa de Pós-graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)

ROSAMARA SOUZA COELHO

ATIVIDADE COMPORTAMENTAL E EFICIÊNCIA DE PARASITISMO DE  
*Fopius arisanus* E *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)  
SOBRE *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) EM DIFERENTES  
FRUTÍFERAS

Aprovada em: \_\_/\_\_/2017



José Osmã Teles Moreira  
Universidade do Estado da Bahia (DTCS/UNEB)



Beatriz Aguiar Jordão Paranhos  
Embrapa Semiárido



Fátima de Castro Gama  
Embrapa Semiárido

*Aos meus pais, Rosa Maria e José Cícero.*

*Aos meus avós, Rosa e Tomaz.*

*Com todo amor, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em sua infinita bondade, pela proteção e graças concedidas.

À Universidade Estadual da Bahia - UNEB, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Semiárido pela excelente estrutura disponibilizada para o desenvolvimento dos trabalhos.

À Dra. Beatriz Aguiar Jordão Paranhos, pela acolhida, orientação, incentivos, ensinamentos diários e preocupação de mãe demonstrados ao longo desses anos de convivência.

Ao Prof. Dr. José Osmã Teles Moreira, pelo constante apoio, paciência, orientação e confiança.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Sônia Pôncio, por todas as orientações e pela valiosa amizade.

À Dra. Farah de Castro Gama, pela atenção e enormes contribuições ao longo de todos esses anos. Obrigada por cada conhecimento compartilhado.

Ao Sr. Raimundo Parente de Oliveira, por toda paciência, disponibilidade, incentivos e realização das análises estatística.

À Dra. Maylen Gomez Pacheco, pelos muitos auxílios nas análises estatísticas.

As minhas queridas amigas de laboratório: Jéssica Oliveira, Patrícia Cristina e Geisse Karla, por todo apoio na condução dos experimentos, pelos fins de semana/feriados no laboratório, pelos abraços diários e por tornarem minha rotina muito mais feliz.

Aos técnicos de laboratório: Diniz, Victor, Gedeão e Francisco pelos auxílios na manutenção das criações de insetos, desenvolvimento dos experimentos e pela valiosa amizade.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Lindete Míria Vieira Martins, por toda atenção e disponibilidade.

Ao meu querido irmão Cherre Sade, pela disponibilidade, contribuições e valiosa amizade ao longo de todos esses anos. Obrigada por me incentivar a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Ao professor Cláudio Andrade e à Dra. Cândida Beatriz, pela atenção e disponibilidade.

Aos meus amigos de mestrado: Thaisa Nóbrega, José Roberto, Marília Mickaele e Daniel Vieira. Vocês são prova do amor do Pai Celestial por mim. Sou grata por todo carinho.

## SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	10
2. OBJETIVOS .....	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 Mosca-das-frutas: danos provocados e alternativas de controle .....	13
3.2 Emprego de parasitoides no controle de moscas-das-frutas.....	16
3.3 Competição entre parasitoides .....	18
3.4 <i>Fopius arisanus</i> (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae).....	21
3.5 <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) .....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
4.1 Criação do hospedeiro <i>Ceratitis capitata</i> (Diptera: Tephritidae) .....	26
4.2 Criação do parasitoide <i>Fopius arisanus</i> (Hymenoptera: Braconidae) em <i>C. capitata</i> .....	27
4.3 Criação do parasitoide <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (Hymenoptera: Braconidae) em <i>C. capitata</i> .....	28
4.4 Obtenção e infestação dos frutos.....	28
4.5 Eficiência de parasitismo de <i>F. arisanus</i> , de <i>D. longicaudata</i> e de ambos, em frutos infestados com <i>C. capitata</i> , em experimentos sem chance de escolha .....	30
4.5.1 Atividade comportamental dos parasitoides sem chance de escolha.....	32
4.6 Eficiência de parasitismo de <i>D. longicaudata</i> em frutos infestados com <i>C. capitata</i> , em experimento com chance de escolha .....	33
4.6.1 Atividade comportamental de <i>D. longicaudata</i> com chance de escolha.....	33
4.7 Delineamento experimental e análise estatística.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
5.1 Eficiência de parasitismo de <i>F. arisanus</i> , de <i>D. longicaudata</i> e de ambos, em frutos infestados com <i>C. capitata</i> , em experimentos sem chance de escolha .....	35
5.1.1 Atividade comportamental dos parasitoides sem chance de escolha.....	47
5.2 Eficiência de parasitismo de <i>D. longicaudata</i> em frutos infestados com <i>C. capitata</i> , em experimento com chance de escolha .....	58
5.2.1 Atividade comportamental de <i>D. longicaudata</i> com chance de escolha.....	61
6. CONCLUSÕES.....	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64



## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Taxa de emergência ( $\pm$  erro padrão) de *Ceratitis capitata* em acerolas (A), goiabas (B) e mangas (C) nos tratamentos: T1- controle (apenas infestação por *C. capitata*, sem exposição ao parasitismo); T2- exposição ao parasitoide *Fopius arisanus*; T3- Exposição ao parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*; T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos avaliados em acerolas, goiabas (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ) e mangas (Teste Dunn,  $p < 0,05$ )..... 41

Figura 2. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*, nos tratamentos: T2- exposição ao parasitoide *Fopius arisanus*; T3- Exposição ao parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*; T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). ..... 44

Figura 3. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*, nos tratamentos: T2- Exposição ao parasitoide *F. arisanus* (sem competição com seu heteroepecífico *Diachasmimorpha longicaudata*) e T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides (com competição), em experimento sem chance de escolha. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos dentro das culturas avaliadas (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). ..... 45

Figura 4. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*, nos tratamentos: T3- Exposição ao parasitoide *D. longicaudata* (sem competição com seu heteroepecífico *Fopius arisanus*) e T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides (com competição), em experimento sem chance de escolha. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos avaliados em acerolas (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ), goiabas e mangas (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ). ..... 46

Figura 5. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasmimorpha longicaudata* (T3) em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças significativas para T2 entre os frutos avaliados; letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas para T3 entre os frutos avaliados (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ )..... 47

Figura 6. Comportamento de pouso e oviposição ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* em acerolas (A), goiabas (B) e mangas (C) infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras minúsculas representam diferenças significativas de pouso entre os períodos de avaliação; letras maiúsculas representam diferenças significativas de oviposição entre os períodos de avaliação (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ). ..... 49

Figura 7. Comportamento de pouso e oviposição ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* em acerolas (A), goiabas (B) e mangas (C) infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras minúsculas representam diferenças significativas de pouso entre os períodos de avaliação; Letras maiúsculas representam diferenças significativas de oviposição nos períodos de avaliação (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ). ..... 51

Figura 8. Comportamento de oviposição ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasmimorpha longicaudata* (T3) em acerola, goiaba e manga infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras diferentes representam diferenças significativas entre *F. arisanus* e *D. longicaudata* dentro de cultura avaliada (Teste Dunn,  $p < 0,05$ )..... 53

Figura 9. Comportamento de pouso + oviposição (total de indivíduos sobre o fruto) ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasmimorpha longicaudata* (T3) em acerola (A), goiaba (B) e manga (C) infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras diferentes representam diferenças significativas entre *F. arisanus* e *D. longicaudata* dentro de cada período avaliado (Teste Dunn,  $p < 0,05$ )..... 54

Figura 10. Comportamento de pouso + oviposição (parasitoides em atividade no fruto) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasmimorpha longicaudata* (T3) em acerola (A), goiaba (B) e manga (C) infestadas com *Ceratitis capitata* em correlação com a temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa do ar (U. R %), medidos pelo coeficiente de correlação de Pearson ( $p < 0,01$ )..... 56

Figura 11. Atividade de pouso + oviposição (total de indivíduos sobre frutos) ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* em acerolas, goiabas, e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*, previamente expostas a *Fopius arisanus* (T4) ou não (T3), em experimento sem chance de escolha. Letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste Dunn,  $p < 0,05$ )..... 57

Figura 12. Taxa de emergência ( $\pm$  erro padrão) de *Ceratitis capitata* em acerola, goiaba, e manga, em experimentos onde fêmeas de *Diachasmimorpha longicaudata* tiveram chance de escolha entre frutos previamente expostos e não expostos a *Fopius arisanus*. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ )..... 59

Figura 13. Número de fêmeas ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* sobre frutos de acerola, goiaba, e manga contendo imaturos de *Ceratitis capitata* previamente expostos ou não expostos a *Fopius arisanus*. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).  
..... 62

**ATIVIDADE COMPORTAMENTAL E EFICIÊNCIA DE PARASITISMO DE *Fopius arisanus* E *Diachasmimorpha longicaudata* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) SOBRE *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EM DIFERENTES FRUTÍFERAS**

**RESUMO**

Foi avaliada a eficiência e o comportamento dos parasitoides *Fopius arisanus* e *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), individual e conjuntamente, no controle biológico de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), em acerola, goiaba e manga. Os testes foram conduzidos em gaiolas de campo, onde frutos de cada espécie infestados com *C. capitata* foram expostos ao parasitismo de (T2) *F. arisanus*; (T3) *D. longicaudata*; e (T4) *F. arisanus* e *D. longicaudata*, por 24 h, sem chance de escolha. Frutos infestados não expostos ao parasitismo foram utilizados como (T1) controle. O comportamento dos parasitoides foi avaliado em quatro períodos do dia. Em acerola, a maior eficiência de parasitismo foi obtida por *D. longicaudata*. Em goiaba e manga, o parasitismo por *F. arisanus* foi superior. Não se observou efeito da competição interespecífica na taxa de parasitismo, sugerindo que ambas as espécies toleram-se mutuamente e podem ser liberadas em conjunto. No entanto, a atividade de pouso e oviposição de adultos de *F. arisanus* foi sempre superior ou igual à de *D. longicaudata*. Adicionalmente, observaram-se que a atividade dos parasitoides correlacionou-se negativamente com a temperatura, e positivamente com a umidade relativa do ar. Por fim, foi avaliado a preferência de fêmeas de *D. longicaudata* a frutos contendo larvas de *C. capitata* previamente expostas e não expostas ao parasitismo por *F. arisanus*, em experimentos com chance de escolha (T5). Constatou-se que *D. longicaudata* não discrimina as larvas previamente parasitadas, na fase de ovos, por seu heteroespecífico *F. arisanus*.

**Palavras-chaves:** Controle biológico; parasitoides; *Malpighia emarginata*; *Psidium guajava*; *Mangifera indica*.

**BEHAVIOR AND EFFICIENCY OF PARASITISM OF *Fopius arisanus* AND *Diachasmimorpha longicaudata* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) ON *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE), IN DIFFERENT FRUIT HOSTS**

**ABSTRACT**

Here it was evaluated the efficiency and behavior of the parasitoids *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) on the control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), in Barbados cherry, guava, and mango. The no-choice tests were conducted in field cages, where *C. capitata*-infested fruits were exposed to parasitism by *F. arisanus*; *D. longicaudata*; and *F. arisanus* and *D. longicaudata*, for 24 h. *C. capitata*-infested fruits not previously exposed to parasitism were used as control. The parasitoid behavior was evaluated in four periods of the day. In Barbados cherry, the highest parasitism efficiency was obtained by *D. longicaudata*. In guava and mango, parasitism by *F. arisanus* was the highest. There was no effect of interspecific competition on parasitism rate, suggesting that both species tolerate each other and can be released together in field. However, the adult ovipositor and landing activities of *F. arisanus* was either higher or similar to *D. longicaudata*. In addition, parasitoid activity was negatively correlated with temperature, and positively correlated with relative humidity. Finally, the preference of females of *D. longicaudata* to fruits containing *C. capitata* larvae previously exposed or not to *F. arisanus* was tested in two-choice experiments. It was found that *D. longicaudata* do not discriminate fly larvae that were parasitized in their egg stage by *F. arisanus*.

**Keywords:** Biological control; parasitoids; *Malpighia emarginata*; *Psidium guajava*; *Mangifera indica*.

## 1. INTRODUÇÃO

*Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) e *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) são dois importantes endoparasitoides cenobiontes de mosca-das-frutas (Tephritidae) estudados e utilizados em programas de controle biológico mundialmente (Sivinski, 1996; Montoya *et al.*, 2000; Harris *et al.*, 2007; Vargas *et al.*, 2016). *Fopius arisanus* parasita preferencialmente ovos (Zenil *et al.*, 2004; Manoukis *et al.*, 2011), enquanto o segundo parasita preferencialmente larvas maiores (mais velhas) (Oliveira, 2015), e ambas espécies emergem do pupário do hospedeiro.

Sabe-se que a eficiência desses parasitoides está diretamente relacionada a fatores como a espécie do fruto hospedeiro de mosca-das-frutas (Santos *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2013), tamanho (Oliveira *et al.*, 2014) e densidade do hospedeiro (Vargas *et al.*, 1993), competição interespecífica (Paranhos *et al.*, 2013a; Miranda *et al.*, 2015), entre outros.

A ação dos parasitoides pode ser facilitada por algumas características do fruto hospedeiro, tais como: tamanho pequeno, odor mais atrativo, polpa mais rasa e casca mais fina. Frutos grandes podem oferecer maior proteção para as larvas em função da quantidade de polpa e casca presentes, dificultando assim o encontro entre parasitoide e larva hospedeira (Sivinski *et al.*, 1997; Cunha *et al.*, 2011). Entretanto, a eficiência de parasitoides de ovos parece não ser afetada pelo tamanho do fruto, visto que os ovos hospedeiros localizam-se perto da superfície dos frutos, permitindo o fácil acesso das fêmeas, com seus ovipositores, ao hospedeiro (Wang *et al.*, 2003).

As espécies de plantas hospedeiras de moscas-das-frutas possuem uma fonte de informações aos parasitoides, o que pode favorecer o seu êxito na busca pelo hospedeiro, fazendo com que a taxa de parasitismo varie nas diferentes espécies de frutos (Rivero, 2000). Somado a isso, é notável que os danos causados aos frutos pela ação da mosca podem induzir a planta a liberar compostos específicos, aumentando a atratividade aos parasitoides (Dicke, 2010).

A competição interespecífica é, ainda, um fator importante para o sucesso de programas de controle biológico. Um hospedeiro parasitado por uma espécie que ataca estágios iniciais de desenvolvimento pode ser atacado posteriormente por outras espécies que atacam estágios mais tardios do hospedeiro (Wang *et al.*, 2008). Quando

ocorre o multiparasitismo, então, uma espécie normalmente elimina a outra através de ataque físico, supressão fisiológica ou ambos os mecanismos (Fisher, 1963, 1971, Salt, 1963; Mackauer, 1990). Assim, em geral, as espécies de parasitoides que atacam as primeiras fases de um hospedeiro comum podem apresentar vantagens sobre as espécies que atacam etapas posteriores (Wang *et al.*, 2003; Paranhos *et al.*, 2013a).

Mediante aspectos de biologia e ecologia, uma espécie de parasitoide pode ter vantagens competitivas sobre outra espécie, sendo mais ou menos eficiente no controle da mosca-das-frutas em determinado fruto hospedeiro. No entanto, para que esta eficiência seja determinada, as interações heteroespecíficas, envolvendo estas espécies, precisam ser exploradas em estudos específicos. Estes, por sua vez, determinarão se uma dessas espécies de parasitoides, ou ambas, poderão agregar o pacote de manejo integrado desta praga, em determinada cultura.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência e o comportamento dos parasitoides *F. arisanus* e *D. longicaudata*, e a associação de ambos, no controle biológico de *C. capitata* em frutos de aceroleiras, goiabeiras e mangueiras.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar a taxa de parasitismo de *F. arisanus* e de *D. longicaudata* em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *C. capitata*;
- Determinar a taxa de emergência da praga, *C. capitata*, após a exposição dos frutos às duas espécies de parasitoides (usados isoladamente ou em associação);
- Verificar a atividade comportamental diurna de *F. arisanus* e *D. longicaudata* nas diferentes frutíferas estudadas;
- Investigar se fêmeas de *D. longicaudata* conseguem discriminar larvas hospedeiras não parasitadas e parasitadas, ainda na fase de ovos, pelo heteroespecífico *F. arisanus*.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Mosca-das-frutas: danos provocados e alternativas de controle

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) estão entre as pragas mais graves das culturas frutícolas a nível mundial, estando as principais espécies de importância econômica distribuídas entre os gêneros *Anastrepha* Schiner, *Bactrocera* Macquart, *Rhagoletis* Loew, *Toxotrypana* Gerstaecker e *Ceratitis* MacLeay (Zucchi, 2000).

Dentre as 195 espécies já conhecidas do gênero *Anastrepha*, há um total de 120 espécies reportadas no Brasil e registradas em todos os 26 estados brasileiros. Existe atualmente 275 espécies de plantas hospedeiras associadas a este gênero, sendo *A. fraterculus* (Wiedemann) e *A. obliqua* (Macquart) as espécies com maior número de hospedeiros associados, 114 e 49 hospedeiros respectivamente. (Zucchi, 2008).

O gênero *Bactrocera* é representado por uma única espécie no Brasil, a mosca-da-carambola, como é conhecida a *B. carambolae* (Drew e Hancock). Esta espécie foi oficialmente detectada no Brasil em 1996, no município de Oiapoque, no Estado do Amapá, faixa de fronteira com o Suriname (Zucchi, 2000; Silva *et al.*, 2005).

No gênero *Rhagoletis*, há quatro espécies – *R. adusta* Foote, *R. blanchardi* Aczél, *R. ferruginea* Hendel e *R. macquarti* (Loew) – que ocorrem no Brasil, não apresentando expressão econômica (Zucchi, 2000).

Para o gênero *Toxotrypana*, a única espécie de importância econômica é a mosca-do-mamão, *Toxotrypana curvicauda* Gerstaecker, que não ocorre no Brasil, sendo considerada praga quarentenária (Zucchi, 2000; Norrbom *et al.*, 2012).

A mosca-do-mediterrâneo, *C. capitata* (Wiedemann), tem origem africana e é a única do gênero presente no Brasil. Destaca-se por possuir ampla variedade de hospedeiros, estando atualmente associada a 93 espécies de plantas no Brasil, incluindo espécies de elevada importância econômica distribuídas entre as famílias: Myrtaceae; Rutaceae; Rosaceae; Anacardiaceae e Sapotaceae (Zucchi, 2012). Seu status de praga exige a implementação de táticas de monitoramento, controle e programas quarentenários, que advêm com as restrições fitossanitárias impostas nas relações comerciais internacionais por países livres da praga, elevando os custos de produção (Enkerlin *et al.*, 2015).

*Ceratitis capitata* é, então, considerada a espécie mais prejudicial, cosmopolita e invasora dentre todos os tefritídeos, causando mais danos à fruticultura do que qualquer outra espécie (Zucchi, 2015). A plasticidade ecológica e evolutiva dessa espécie



possibilitou sua adaptação a novos ambientes, estando presente hoje em quase todas as regiões tropicais do planeta (Hernandez-Ortiz *et al.*, 2010). Ela apenas não é verificada em regiões muito frias ou onde programas ativos de detecção e erradicação impossibilitam seu estabelecimento (Malavasi *et al.*, 2000).

No Brasil apenas não há registros de *C. capitata* nos estados do Acre, Amapá, Amazonas e Sergipe (Zucchi, 2012). A flutuação populacional desta espécie, como ocorre com os demais tefritídeos, está diretamente relacionada à disponibilidade de plantas hospedeiras e fatores abióticos, tais como: temperatura e umidade relativa do ar, de uma determinada região (Paranhos *et al.*, 2008).

Em regiões com temperaturas mais elevadas e com uma maior diversidade de plantas hospedeiras, tais como: aceroleiras, goiabeiras, mangueiras e videiras, entre outras espécies que ocorrem, por exemplo no Vale do São Francisco (VSF), a mosca-do-mediterrâneo tem um ciclo de vida curto, com cerca de 30 dias de ovo a adulto, podendo completar até 12 gerações ao ano (Paranhos *et al.*, 2008). Durante o seu desenvolvimento, a larva de *C. capitata* passa por três estádios (L1, L2 e L3). Em L3 (terceiro ínstar), com a larva totalmente desenvolvida, ocorre o salto para fora do fruto hospedeiro, caindo ao solo, onde se transforma em pupa. A pupa permanece no solo até a emergência do adulto, completando seu ciclo biológico e dando origem a uma nova geração (Gallo *et al.*, 2002).

O ataque das moscas-das-frutas pode ocorrer em todos os estádios de maturação fisiológica do fruto hospedeiro, mas é mais frequente em frutos em processo de amadurecimento ou maduros. As fêmeas depositam seus ovos no interior dos frutos e as larvas nutrem-se da polpa (Vieira Neto, 2002). Assim, considerando a pouca mobilidade das larvas, a seleção do substrato de oviposição é de extrema importância, estando seu desenvolvimento e aspectos da sobrevivência e fecundidade dos adultos, intimamente relacionados à qualidade do hospedeiro selecionado (Malavasi, 2009).

A seleção da planta hospedeira envolve uma hierarquia dinâmica de várias características comportamentais dos insetos (Aluja & Mangan, 2008). Assim, quando as fêmeas de moscas-das-frutas estão à procura de substratos de oviposição, elas são norteadas por estímulos químicos (semioquímicos produzidos e liberados pela planta hospedeira, marcação com feromônios, entre outros), visuais e táteis (tamanho, cor, forma e aparência dos frutos) (Prokopy, 1977; Aluja & Magan, 2008).

Dentre as espécies hospedeiras associadas à mosca-das-frutas estão as aceroleiras, goiabeiras e mangueiras. No VSF, a aceroleira já representa uma das

principais culturas implantadas nos projetos de irrigação, podendo chegar a oito safras anuais. Devido a este ciclo contínuo, os pomares de acerolas (*Malpighia emarginata* DC.) da região são bastante suscetíveis à ocorrência de moscas-das-frutas. O polo agrícola Petrolina-Juazeiro, principal mesorregião produtora do país, possui cerca de 1.200 ha de aceroleiras, com destaque para o plantio da cultivar ‘Junko’ (Souza *et al.*, 2013). Nesta região a ocorrência de moscas-das-frutas é um limitante à produtividade.

Adicionalmente, a região desponta como um dos principais polos de produção de goiabas (*Psidium guajava* L.), sendo o cultivo deste fruto realizado inteiramente sob irrigação. É válido ainda, assinalar que no VSF o cultivo da goiabeira é praticado quase que em sua totalidade pela produção familiar (Araujo & Correia, 2010). Dentre as cultivares de goiabeiras, a ‘Paluma’ representa aproximadamente 70% da produção destinada à indústria (Pereira, 2008). Por suas características atrativas, as goiabeiras constituem um dos hospedeiros mais infestados por espécies de moscas-das-frutas (Corsato, 2004).

O Vale do São Francisco, que conta com uma área de 30 mil hectares cultivada com manga (*Mangifera indica* L.), representou ainda, no ano de 2015, cerca de 85% das exportações brasileiras desta fruta, o que correspondeu a 131,5 mil toneladas e um faturamento de US\$ 147 milhões (Anu. Bras. Frut., 2016). A manga produzida no Vale destaca-se, no cenário de exportação, não só pelo volume de produção e crescimento expressivo da área cultivada, mas, principalmente, pela qualidade dos frutos produzidos e significativos rendimentos obtidos.

Os maiores volumes de produção e exportação brasileira da manga são representados pela cultivar Tommy Atkins, que embora apresente notáveis características que a torne atrativa ao mercado externo, apresenta suscetibilidade a ocorrência de moscas-das-frutas, responsáveis por significativos prejuízos econômicos tanto pelo dano direto que causa à produção, quanto pelas barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores, aumentando assim os custos com monitoramento e tratamento dos frutos (Pinto *et al.*, 2011).

Dentro desse contexto e na ausência de seu hospedeiro principal, as moscas variam os seus padrões de utilização de hospedeiros de acordo com a disponibilidade, passando a explorar plantas hospedeiras alternativas potenciais a sua sobrevivência (Aluja & Mangan, 2008; Montoya *et al.*, 2017). O controle de mosca-das-frutas é, então, dificultado pela ampla diversidade de hospedeiros, especialmente nativos, que

possibilitam a sobrevivência desses insetos durante os vários períodos do ano (Veloso *et al.*, 2000).

A regulação das populações de mosca-das-frutas, tradicionalmente, é realizada mediante a aplicação de iscas tóxicas à base de proteína hidrolisada associada a um inseticida (Carvalho, 2004; Vidal, 2005), ou por meio de produtos químicos aplicados em cobertura (Carvalho & Nascimento, 2002). Esses métodos de controle, embora produzam resultados rápidos e satisfatórios, são responsáveis por desequilíbrios ambientais, danos à saúde humana, além de gerar resíduos aos produtos (Carvalho *et al.*, 2000).

Em um momento em que se discutem alternativas que atribuam sustentabilidade aos sistemas de produção agrícola, busca-se, progressivamente, a migração para técnicas de controle com o menor impacto possível sobre organismos não alvos, além de garantir que não haja contaminação ambiental e acúmulo de resíduos agroquímicos (Virginio, 2015).

Inserido numa estratégia de Manejo Integrado de Pragas (MIP), o controle biológico assume importância cada vez mais significativa, apresentando-se como uma alternativa segura e viável, satisfazendo os requisitos vinculados a uma produção ecologicamente segura.

### **3.2 Emprego de parasitoides no controle de moscas-das-frutas**

Apesar de existir uma diversidade de parasitoides nativos distribuídos em praticamente todas as regiões do Brasil, o parasitismo realizado por estas espécies pode não ser suficiente para controlar as espécies de moscas-das-frutas em plantios comerciais extensos (Guimarães & Zucchi, 2004).

Um exemplo ocorre em pomares de citros exóticos que crescem adjacentes a pomares comerciais na região Noroeste da Argentina (Ovruski *et al.*, 2012). Estas plantas hospedeiras, todas originárias do Sudeste Asiático, são conhecidas por terem taxas naturalmente muito baixas de parasitismo, principalmente porque a maioria dos parasitoides nativos não atacam as larvas de *C. capitata* que infestam seus frutos (Ovruski *et al.*, 2004). Sabe-se que o acesso do parasitoide às larvas hospedeiras pode ser dificultado em frutos grandes (Schliserman *et al.*, 2010), o que poderia justificar os baixos níveis de parasitismo nestas espécies exóticas de citros.

Entretanto, Ovruski *et al.* (2004), trabalhando em áreas de vegetação selvagem infestadas do Noroeste da Argentina, descobriram que mesmo frutos exóticos de tamanho menor, com condições aparentemente propícias à atividade dos parasitoides (polpa mais rasa e casca mais fina, por exemplo), em que *C. capitata* foi a espécie de mosca dominante, não houve a presença de parasitoides nativos.

O controle biológico clássico tem sido empregado por mais de um século visando à supressão de pragas invasoras. No Havaí, foram introduzidas mais de 30 espécies de parasitoides himenópteros provenientes da África, Ásia e Austrália (Wharton, 1989) para o controle de tefritídeos economicamente importantes presentes naquela região (Wang *et al.*, 2003). Além dos Estados Unidos, países como México e Espanha possuem sólidos programas de controle biológico aplicado empregando parasitoides da família Braconidae para regular a população de diversas espécies de moscas-das-frutas (Paranhos, 2009).

Na atividade de busca pelos parasitoides aos insetos hospedeiro, as diferentes espécies de plantas constituem uma importante fonte de informação, mesmo quando os frutos não estejam infestados (Rivero, 2000; Segura *et al.*, 2016). Além disso, existem evidências claras de que espécies de plantas hospedeiras afetam o segundo e terceiro níveis tróficos (inseto hospedeiro e parasitoides, respectivamente) ao mesmo tempo (Benrey & Denno, 1997; Stoepler *et al.*, 2011).

Quando os insetos hospedeiros são generalistas, as fêmeas dos parasitoides se norteiam por sinais comuns a todas as espécies de plantas hospedeiras possíveis. Assim, seguir pistas específicas da presença do inseto hospedeiro ocorre preferencialmente depois que os parasitoides adquirem experiências e associam a sinais, principalmente a partir da planta, por meio da aprendizagem associativa (Takemoto *et al.*, 2012).

O aumento das populações de moscas-das-frutas em áreas comerciais muitas vezes é atribuído à presença de pomares de quintais e áreas silvestres. É a partir dessas áreas marginais de vegetação selvagem que as moscas se movem para pomares comerciais, onde podem infligir graves danos. Portanto, os programas de controle biológico aumentativo devem ser direcionados também para suprimir as populações de moscas nessas "áreas de origem" (Montoya *et al.*, 2000; Harris *et al.*, 2010).

Dentro da perspectiva dos programas de controle biológico aplicado, Montoya *et al.* (2000) relataram a supressão de populações de *Anastrepha* spp. causada por liberações aumentativas de *D. longicaudata* (cerca de 70%), demonstrando a eficácia do

controle biológico aumentativo de moscas-das-frutas em áreas próximas a pomares comerciais de manga.

Ovruski *et al.* 2012, avaliaram o desempenho de *D. longicaudata* como agente de controle biológico de *C. capitata*. As liberações aumentativas desta espécie de parasitoide em pomares de citrinos e em áreas de vegetação silvestre que cercam as culturas no Noroeste da Argentina podem, assim, contribuir significativamente para a supressão populacional desta praga. Adicionalmente, o emprego de parasitoides de ovos, que não são afetados pelo tamanho dos frutos, parece particularmente adequada em áreas de produção de citros (Ovruski *et al.*, 2004).

O emprego de parasitoides como ferramenta de controle biológico possibilita uma redução significativa na utilização de produtos químicos e nos níveis de resíduos tóxicos nos frutos, aumentando, assim, a qualidade do produto final, bem como, a competitividade no mercado de frutos *in natura* (Alvarenga *et al.*, 2006).

### **3.3 Competição entre parasitoides**

Compreender potenciais resultados na competição entre parasitoides é necessário para a concepção e consolidação de programas de controle biológico quando consideramos múltiplas espécies introduzidas (Murdoch *et al.*, 1996, Pedersen & Mills, 2004). A maioria das espécies de parasitoides de ovos e larvas de moscas-das-frutas são cenobiontes, isto é, não impedem o desenvolvimento dos seus hospedeiros até que formem o pupário (Wharton & Gilstrap, 1983; Wharton *et al.*, 2000). Assim, um único hospedeiro é frequentemente explorado por diferentes espécies de parasitoides (Hawkins 1994, 2000; Boivin & Brodeur, 2006).

A competição interespecífica ocorre tanto de modo extrínseco, entre adultos que desenvolveram estratégias semelhantes para explorar recursos comuns, no mesmo habitat; quanto de modo intrínseco, entre as fases imaturas (ovos e larvas de parasitoides) desenvolvendo-se em ou sobre um único hospedeiro (Mills, 2006). Entretanto, a discriminação interespecífica, isto é, a capacidade de distinguir um hospedeiro previamente parasitado por uma espécie diferente, não é bem definida em espécies de parasitoides (Boivin & Brodeur, 2006; Sivinski & Aluja, 2012). Assim, pode ser mais difícil para uma espécie ampliar a capacidade de reconhecimento de um feromônio de marcação interespecífico do que de uma marcação coespecífica (Godfray, 1994).

O reconhecimento destes feromônios de marcação de oviposição por fêmeas coespecíficas ocorre, em uma perspectiva evolutiva, visando diminuir a competição (superparasitismo) e aumentar a taxa de sobrevivência da geração posterior. Eles funcionam como modificadores do comportamento de oviposição de congêneres, evitando que ovos subsequentes sejam depositados em um recurso já utilizado, garantindo assim, a nutrição necessária para o completo desenvolvimento dos descendentes. Desse modo, os benefícios de produzir e identificar estes sinais químicos estão relacionados ao ganho de aptidão do marcador e do receptor (Stelinski *et al.*, 2009, Paranhos *et al.*, 2013a).

Quando ocorre o multiparasitismo, isto é, situação na qual mais de uma espécie ocorre em ou sobre um hospedeiro, uma espécie de parasitoide geralmente elimina outra por meio do combate físico, supressão fisiológica ou ambos os mecanismos (Fisher, 1963, 1971; Mackauer, 1990). Esta situação é bem exemplificada em endoparasitoides solitários, onde frequentemente, uma das espécies suprime ou mata ativamente o seu concorrente (Harvey *et al.*, 2013). Existem alguns casos em que o multiparasitismo permite o desenvolvimento de duas e até três espécies de parasitoides diferentes no mesmo hospedeiro (Hawkins, 2000), mas estes casos são exceções.

Condições que afetam o resultado da competição intrínseca em diferentes espécies de parasitoides podem incluir diferenças no tempo relativo de oviposição, tamanho e condição do hospedeiro (Godfray, 1994; Murdoch *et al.*, 1996). No caso do combate físico, que ocorre com frequência entre larvas de endoparasitoides, o parasitoide com o desenvolvimento mais rápido geralmente apresenta vantagem, prevalecendo na competição a espécie com mandíbulas mais fortes (Aluja *et al.*, 2013; Krijger *et al.*, 2001). Além disso, endoparasitoides que chegam primeiro ao hospedeiro têm frequentemente a vantagem de eliminar os concorrentes mais jovens por meio de supressão fisiológica (Wang *et al.*, 2003).

A eliminação precoce dos concorrentes permite que mais recursos do hospedeiro estejam disponíveis à espécie superior (Salt, 1963). Assim, de modo geral, as espécies que parasitam fases precoces de um hospedeiro comum podem apresentar vantagens sobre espécies competitivas que atacam fases posteriores (Wang *et al.*, 2003).

Embora a discriminação interespecífica não seja bem definida em espécies de parasitoides, Wang & Messing (2003) relataram que o parasitismo por *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) foi significativamente maior em larvas de moscas expostas unicamente a *D. tryoni* do que naqueles previamente expostos a *F. arisanus*

como ovos. A proporção de cicatrizes de penetração de ovipositor em hospedeiros anteriormente parasitados por *F. arisanus* foi o dobro observado em hospedeiros não parasitados, sugerindo que *D. tryoni* pode discriminar hospedeiros que foram previamente parasitados por *F. arisanus*.

Miranda *et al* (2015) compararam comportamentos e a interação entre duas espécies de parasitoides empregados no controle biológico de moscas-das-frutas no México: o exótico *D. longicaudata* e o nativo *Doryctobracon crawfordi* (Viereck). Em laboratório, *D. longicaudata* foi mais bem-sucedido do que o *D. crawfordi*. Além de que, *D. crawfordi* não explorou *A. obliqua* e *C. capitata*, enquanto *D. longicaudata* parasitou *A. ludens*, *A. serpentina*, *C. capitata* e *A. obliqua*. A espécie *D. longicaudata* dominou *D. crawfordi* em testes de multiparasitismo e também teve maior sobrevivência em situação de superparasitismo do que seu concorrente.

Ensaio para verificar se havia competição interespecífica entre a espécie exótica *F. arisanus* e o principal parasitoide nativo das Américas, o *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti) mostraram que, em condições de laboratório, fêmeas de *F. arisanus* parasitam minimamente ovos de *A. fraterculus*, mas não competem com o nativo e, por sua vez, o parasitoide nativo, *D. areolatus*, é superior ao exótico, *F. arisanus*, no parasitismo sobre *A. fraterculus* (Paranhos *et al.*, 2013b).

Aluja *et al.* (2013), relataram que *Utetes anastrephae* (Viereck) é um competidor direto intrínseco superior e tipicamente vitorioso em competições com *D. areolatus*, havendo evidências de que as grandes mandíbulas de larvas de primeiro ínstar de *U. anastrephae* está diretamente relacionada a essa superioridade competitiva. Entretanto, o desenvolvimento de *D. areolatus* foi significativamente maior quando seus ovos foram depositados 24 horas antes da exposição a *U. anastrephae*.

A competição interespecífica tem sido apontada como a principal causa para vários deslocamentos entre espécies de parasitoides. Os casos clássicos são de parasitoides himenópteros pertencentes à família Braconidae, de moscas-das-frutas exóticas no Havaí e na Flórida, onde espécies de inimigos naturais foram rapidamente substituídos em grandes porções de suas áreas por introdução de novas espécies (Wang *et al.*, 2003). Um exemplo ocorreu com *D. tryoni*, introduzido no Havaí, onde atacou comumente larvas de *C. capitata*. Subsequentemente, com a introdução e o estabelecimento de *F. arisanus*, um competidor superior, houve uma rara recuperação de *D. tryoni* a partir de *C. capitata* (Wang & Messing, 2003), havendo assim, a

mudança de hospedeiro de *D. tryoni* a um tefritídeo não atacado por *F. arisanus* (Messing & Wang, 2009).

### **3.4 *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae)**

*Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Braconidae: Opiinae) é um endoparasitoide solitário importante no controle biológico de diversas espécies de tefritídeos (Rousse *et al.*, 2005, 2007), sendo uma entre três espécies conhecidas capazes de atacar seus hospedeiros ainda na fase de ovo (Wang *et al.*, 2004). Esta espécie, embora parasite preferencialmente ovos, também ataca o primeiro estágio larval (Manoukis *et al.*, 2011), emergindo do pupário de seus hospedeiros, 18 a 20 dias após a oviposição (Zenil *et al.*, 2004, Manoukis *et al.*, 2011).

Após a sua introdução no Havaí em 1946, esta espécie tornou-se predominante devido a sua superioridade competitiva intrínseca contra parasitoides larvais (Wang *et al.*, 2003) e contribuiu significativamente para a regulação das populações de *B. dorsalis* (Hendel) e *C. capitata* (Bess *et al.*, 1961; Vargas *et al.*, 1993), estimulando assim, a exploração de outros parasitoides que atacam as fases iniciais dos seus hospedeiros.

Espécies que parasitam fases precoces do hospedeiro são mais competitivas do que aquelas que parasitam fases posteriores visto que, os ovos estão situados na superfície dos frutos e são particularmente vulneráveis ao parasitismo. As larvas, entretanto, se dispersam na polpa dos frutos, sobretudo em frutos grandes, dificultando o acesso dos parasitoides ao hospedeiro (Sivinski *et al.*, 1997; Wang *et al.*, 2004; Cunha *et al.*, 2011). Além disso, há fortes evidências que apoiam a hipótese de superioridade competitiva de espécies de ação precoce por meio de um mecanismo de supressão fisiológica, seja por secreções tóxicas, asfixia ou privação de nutrientes (Wang *et al.*, 2008).

Duas outras espécies de *Fopius* que parasitam ovos de tefritídeos são: *F. ceratitivorius* Wharton e *F. caudatus* (Szépligeti), nativos da África Oriental. Ambas espécies apresentam potencial significativo para controle de *C. capitata* (Bokonon-Ganta *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2004), mostrando assim um histórico coevolucionário com a espécie hospedeira, *C. capitata*, em sua região nativa (Kroder & Messing 2010). Os potenciais impactos de *F. arisanus*, *F. ceratitivorius* e *F. caudatus* em tefritídeos não-alvo no Havaí foram avaliados por Wang *et al.* (2004), sugerindo risco mínimo de impacto a organismos não-alvo com o emprego destes agentes de controle biológico.



Além de estimar o risco destes impactos diretos, os programas de liberação também devem abordar a possibilidade de efeitos indiretos, incluindo a competição com espécies já existentes (Kroder & Messing 2010).

Resultados de estudos de competição entre *F. ceratitivorus* e *F. arisanus* mostraram que, em uma condição artificial, ambas as espécies podem ganhar em competição intrínseca uma com a outra, dependendo de qual ocupa primeiro o hospedeiro (Bokonon-Ganta *et al.*, 2005). Assim, estes resultados sugerem pouco risco de impacto a organismos não-alvo ou efeitos prejudiciais devido à competição.

Wang *et al.* (2008) avaliaram o resultado competitivo intrínseco entre *F. ceratitivorus* e três parasitóides larvários da mosca-das-frutas: *Diachasmimorpha kraussii* (Fullaway), *D. longicaudata* e *Psytalia concolor* (Szépligeti) (Braconidae), importados de diferentes regiões do mundo para o Havaí, a fim de determinar o potencial destas espécies em programas de controle biológico. Os resultados encontrados confirmaram a superioridade competitiva de espécies de ação precoce.

Entre as três espécies de *Fopius*, o comportamento de *F. arisanus* é o que está melhor documentado (Wang *et al.*, 2004). A competição intra e interespecífica entre *F. arisanus* e *D. tryoni* (Cameron), parasitoide larvário, foram estudadas por Wang & Messing (2003), sugerindo que as liberações de *D. tryoni* combinadas com *F. arisanus* pode reduzir a eficiência de *D. tryoni* devido sua inferioridade competitiva. Os resultados apontam que, embora as larvas de *D. tryoni* sejam dotadas de grandes mandíbulas, elas parecem ser incapazes de matar as larvas de *F. arisanus* dentro dos hospedeiros. Assim, mesmo nos poucos casos em que ovos de *D. tryoni* eclodem com sucesso, eles podem sofrer supressão fisiológica por *F. arisanus* (Wang & Messing 2003)

Resultados encontrados por Wang *et al.* (2003) mostraram que, em larvas de *C. capitata* e *B. dorsalis* multiparasitadas, a oviposição de fêmeas de *D. longicaudata* não matou larvas de *F. arisanus*, ocorrendo o oposto, onde cerca de 95% dos ovos de *D. longicaudata* morreram na presença de larvas de *F. arisanus* em hospedeiros multiparasitados. Fêmeas de *D. longicaudata* parecem não discriminar os hospedeiros previamente parasitados, sugerindo que existe um amplo padrão de superioridade competitiva das espécies de ação precoce entre os parasitoides de moscas-das-fruta.

Conhecer o comportamento dos parasitoides empregados é fundamental para o sucesso de qualquer programa de controle biológico. Uma característica do comportamento de oviposição de *F. arisanus* é o seu grande grau de flexibilidade, que

confere à fêmea a vantagem de ser capaz de sondar e parasitar mais do que um ovo (pode haver vários), entre o lote de ovos encontrado nas proximidades do ovipositor, sem qualquer modificação da sua posição corporal durante um ato único de oviposição (Montoya *et al.*, 2009).

Na escolha dos hospedeiros, Rousse *et al.* (2007) descreveram as respostas comportamentais inatas de fêmeas de *F. arisanus* a voláteis de frutos hospedeiros e o seu comportamento em um contexto tritrófico (planta-hospedeiro-parasitoide), mostrando que a atração varia entre as espécies de frutos e que indicativos da presença prévia do hospedeiro (como fezes da mosca) são percebidos pelo parasitoide.

### **3.5 *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae)**

*Diachasmimorpha longicaudata* é um endoparasitoide larval amplamente estudado e empregado em programas de controle biológico de tefritídeos em todo o mundo (Montoya *et al.*, 2000). O emprego desta espécie de parasitoide possibilitou uma supressão significativa de populações de pragas no Havaí e Flórida, nos EUA, e em Chiapas, no México. No México, as liberações ocorreram em áreas marginais adjacentes a pomares comerciais, consideradas reservatórios de pragas e responsáveis por recolonizarem os pomares comerciais periodicamente (Montoya *et al.*, 2017).

*D. longicaudata* tem se destacado como agente de controle biológico devido à sua rápida adaptabilidade a diferentes ambientes nos quais foi introduzido, à sua especificidade a tefritídeos, e pela facilidade com que é criado em laboratório (Garcia & Ricalde, 2012). As liberações aumentativas de *D. longicaudata* possibilitaram, em áreas infestadas por *Anastrepha* spp., um aumento significativo do parasitismo total (parasitismo por *D. longicaudata* acrescido do parasitismo por espécies nativas), de cerca de 0,5-5% para mais de 22%, evidenciando assim, um aumento substancial com relação à percentagem de parasitismo natural (Montoya *et al.*, 2017).

Os resultados encontrados por Montoya *et al.* (2017) reforçam a proposta do uso do controle biológico aumentativo em zonas infestadas e que abrigam densidades variáveis de hospedeiros alternativos de moscas-das-frutas (áreas marginais), visando à redução do número de moscas que mais tarde poderão invadir pomares comerciais. Além disso, as liberações de *D. longicaudata* afetaram a abundância relativa de parasitóides nativos, entretanto, a riqueza e diversidade de espécies não foi afetada.

Assim, *D. longicaudata* foi encontrado coexistindo com parasitóides nativos, sem sinais aparentes de qualquer deslocamento de espécies nativas.

Esta espécie de parasitoide apresenta capacidade notável na busca dos hospedeiros, comuns a espécies com histórico de estabelecimento bem-sucedido (Heimpel & Asplen 2011). Sugere-se, assim, que *D. longicaudata* possa ocupar nichos vazios associados a hospedeiros de frutas exóticas não preferidos por espécies nativas de parasitoides, como uma estratégia competitiva (Aluja *et al.*, 2013).

Certos aspectos da biologia e ecologia deste parasitoide foram considerados adequados na seleção desta espécie para uso em novos programas de controle biológico aumentativo no Noroeste da Argentina (Ovruski *et al.*, 2012). O potencial de *D. longicaudata* em desenvolver-se em larvas de *C. capitata* ou *A. fraterculus* (Ovruski *et al.*, 2011), além da sua capacidade de detectar hospedeiros em diferentes densidades e em uma grande diversidade de espécies de frutos, forrageando desde o dossel de árvores frutíferas até o nível do solo (García-Medel *et al.*, 2007), foram características consideradas para a sua seleção.

Embora parasitem larvas de segundo e terceiro ínstar do seu hospedeiro (Ovruski *et al.*, 2011), fêmeas deste parasitoide parecem ovipositar preferencialmente em larvas mais velhas (terceiro instar). E, neste caso, a frequência de fêmeas de *D. longicaudata* na progênie é superior (Oliveira, 2015).

Em atividades de forrageamento, as fêmeas de *D. longicaudata* respondem a estímulos tais como tamanho (Sivinski, 1991), cor (Vargas *et al.*, 1991), e odor (pistas químicas) emitidos pelo fruto hospedeiro (Stuhl *et al.*, 2012). Ademais, as fêmeas podem responder a odores emitidos diretamente pelo inseto hospedeiro durante o processo de forrageamento (Segura *et al.*, 2016). Na ausência destes, as vespas se orientarão preferencialmente a espécies de plantas específicas.

A preferência inata de fêmeas de *D. longicaudata* entre os odores emitidos por quatro espécies de frutos hospedeiros foi estudada por Segura *et al.* (2016), sendo encontrado um padrão hierárquico de preferência entre frutos não infestados. Resultados mostram que este padrão não é fixo e pode ser modificado de acordo com fatores externos, como densidade de hospedeiros, e fatores internos, como a experiência deste parasitoide. Assim, a plasticidade no reconhecimento de pistas químicas torna esta espécie um bom candidato para controlar os hospedeiros em diferentes espécies de frutos.

No entanto, se sinais diretos do inseto hospedeiro são percebidos, as fêmeas se orientarão aos frutos infestados (Segura *et al.*, 2012). Uma vez estando sobre o fruto infestado, as fêmeas do parasitoide são norteadas por pistas químicas, além de conseguirem detectar as vibrações produzidas pela larva hospedeira no interior do fruto em um processo denominado de vibrotaxia (Carvalho, 2005). Assim, a oviposição por *D. longicaudata* é orientada, especialmente, pela percepção do movimento das larvas dentro do fruto, e uma vez localizada, as fêmeas utilizam seus oviposidores para sondar, em um comportamento de seleção dos hospedeiros (Montoya *et al.*, 2003).

Após a localização do hospedeiro, a fêmea do parasitoide introduz o ovipositor várias vezes no interior do fruto até encontrar a larva para a deposição de ovos (Carvalho & Nascimento, 2002). Subsequentemente à oviposição, o desenvolvimento (ovo-adulto) em *D. longicaudata* ocorre em aproximadamente 16 dias sobre *C. capitata*, em condições ambientais controladas. Para esta espécie, são considerados sete estádios de desenvolvimento, sendo: ovo, três estádios larvais, pré-pupa, pupa e adulto (Oliveira, 2015).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Controle Biológico de Moscas-das-frutas, setor de Entomologia da Embrapa Semiárido no município de Petrolina, Pernambuco, e em gaiolas de campo nas dependências da mesma instituição. O local de estudo está situado entre as coordenadas geográficas de 09°04' Latitude S, 40°19' Longitude W e altitude de 379 m. A região apresenta, de acordo com os dados climáticos observados ao longo de 33 anos, temperatura média anual de 26,3°C, com média mínima de 20,5°C, e média máxima de 31,6°C; 61% de umidade relativa do ar e precipitação média anual de 570 mm. Durante os experimentos, a temperatura média foi de 27,3°C e a umidade relativa média do ar de 55,2%. As criações de manutenção do inseto hospedeiro, *C. capitata*, e dos parasitoides *F. arisanus* e *D. longicaudata*, foram realizados em salas climatizadas, com temperatura de 25±2°C, umidade relativa do ar de 50±10% e fotofase de 12 horas.

### 4.1 Criação do hospedeiro *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae)

Para a multiplicação de *F. arisanus* e *D. longicaudata*, bem como para o desenvolvimento das pesquisas foi utilizada a linhagem bissexual de *C. capitata*, proveniente de colônias mantidas em laboratório. Para multiplicação de *C. capitata*, utilizou-se gaiola de adultos (60 x 20 x 50 cm) com arestas de alumínio, duas laterais, topo e fundo fixos de acrílico e duas laterais removíveis de tecido voal. Em cada gaiola foram colocadas 100 mL de pupas, correspondendo a aproximadamente 4.200 adultos (1 ♀:1 ♂). A fêmea introduz o ovipositor através da malha do tecido voal para ovipositar. Os ovos caem por gravidade em bandejas (60,5 x 40 x 9,2 cm) contendo água destilada, adjacente à gaiola. Lâmpadas de luz fria foram colocadas nas laterais para estimular a oviposição das fêmeas de *C. capitata*. Os ovos de *C. capitata* foram coletados a cada 24 h, em Béquer (2L). Os ovos são retirados da água após a decantação, com o auxílio de uma pipeta, e em seguida medido o volume. São distribuídos 1mL de ovos sobre 1kg de dieta artificial de larvas, em bandejas plásticas (45 x 30 x 8 cm) cobertas com tecido voal. Esta dieta é constituída de: farinha de soja (8,24%); levedura de cerveja (8,24%); açúcar (8,24%); benzoato de sódio (0,20%);

ácido cítrico (1,70%); Nipagin (0,24%); água filtrada (59,74%) e bagaço seco de cana-de-açúcar (10%) (Damasceno, 2013).

Transcorridos sete dias após a inoculação dos ovos em dieta artificial, quando as larvas atingem o final do 3º instar, iniciam o salto fora da dieta em busca de um substrato para formação do pupário. Para facilitar a coleta das pupas, coloca-se as bandejas com a dieta de larvas sobre outra bandeja maior (60,5 x 40 x 9,2 cm), contendo 3 cm de vermiculita esterilizada para pupação. O material coletado (substrato + pupários) é mantido durante por oito dias (temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR de  $60 \pm 10\%$ ), em seguida, as pupas são peneiradas (separadas da vermiculita) e acondicionadas em novas gaiolas de adultos, contendo água e dieta para adultos (3:1, açúcar: proteína hidrolisada -Biones®) (Silva Neto *et al.*, 2012), iniciando-se uma nova geração ou novo ciclo de produção.

#### **4.2 Criação do parasitoide *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) em *C. capitata***

Para a multiplicação do parasitoide *F. arisanus*, foi utilizado como hospedeiro ovos de *C. capitata* com 30 a 40 horas após a postura. Para isso, os ovos de *C. capitata* coletados como descrito no item 4.1, foram utilizados para a confecção da unidade de parasitismo (UP).

A UP consistiu em uma placa de Petri (6 x 1,5 cm), contendo um bloco de ágar-água (0,7 g de ágar-água para 100 mL de água), coberta com um lenço de papel macio sobre o qual foram colocados 0,1mL de ovos do hospedeiro. A UP foi colocada sobre a tela, na parte externa superior da gaiola de criação do parasitoide de ovos, *F. arisanus*, com idade superior a sete dias. As gaiolas foram confeccionadas com acrílico (28 x 28 x 26 cm) e os adultos mantidos com água e dieta de mel + lenço de papel, “ad libitum”. As UPs com os ovos ficaram expostas ao parasitismo pelas fêmeas de *F. arisanus*, por um período de 6 h.

Após o parasitismo, a UP foi retirada e os ovos do hospedeiro inoculados em 250g de dieta artificial, colocada em placas de Petri (13 cm), para o desenvolvimento das larvas de *C. capitata*, conforme descrito no item 4.1. As placas de Petri contendo a dieta e os ovos de *C. capitata* parasitados foram colocadas sobre bandejas contendo vermiculita e cobertas com tecido voal. No final do 3º instar, quando as larvas saltam fora da dieta e caem na vermiculita, estas foram transferidas para potes plásticos (250

mL) com tampa de voal para a troca gasosa, até a formação e amadurecimento dos pupários, cerca de 8 dias. Posteriormente, estes foram peneirados e cerca de 100 mL de pupas parasitadas foram então colocadas em gaiolas para emergência dos adultos do parasitoide *F. arisanus*, reiniciando a próxima geração (novo ciclo). A colônia de parasitoide foi mantida em gaiola (30 x 30 x 30 cm), com água e dieta de mel de abelha + lenço de papel “ad libitum”, em sala com as mesmas condições descritas no item 4.1.

#### **4.3 Criação do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) em *C. capitata***

Para a multiplicação de *D. longicaudata*, utilizou-se como hospedeiro as larvas de *C. capitata* no final do 3º ínstar de desenvolvimento. Para isso, as larvas foram coletadas em bandejas de água, ao invés de bandejas com vermiculita, como descrito no item 4.1. Em seguida, as larvas foram coadas e utilizadas para a confecção da unidade de parasitismo (UP), que consiste em uma tampa de placa de Petri (6 x 1,5 cm) contendo as larvas nuas (sem dieta artificial), envolvida com tecido voal. As UPs foram colocadas sobre a parte externa superior da gaiola contendo colônia do parasitoide *D. longicaudata* com mais de nove dias de idade, onde ficaram expostas ao parasitismo de fêmeas de *D. longicaudata*, por uma hora.

As fêmeas de *D. longicaudata* introduzem seus ovipositores através da tela superior da gaiola (30 x 30 x 30 cm) e do voal da UP, até o interior da larva, onde realizam a oviposição (parasitismo). Após o parasitismo, as larvas foram transferidas para bandeja contendo vermiculita, substrato para formação dos pupários. Após seis a oito dias, as pupas foram peneiradas (separadas da vermiculita) e transferidas para potes de plástico coberto por voal, para manter boa ventilação, até a emergência das moscas. As moscas emergidas foram descartadas, mantendo apenas os pupários cheios ou parasitados. Posteriormente, estes foram peneirados e utilizados para montar novas gaiolas com cerca de 100 mL de pupas parasitadas, assim como descrito para *F. arisanus* no ítem 4.2.

#### **4.4 Obtenção e infestação dos frutos**

Frutos de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) - cultivar Junko, goiaba (*Psidium guajava* L.) - cultivar Paluma; e manga (*Mangifera indica* L.) - cultivar Tommy Atkins,

foram obtidos diretamente de pomares comerciais irrigados no município de Petrolina, PE. Os frutos foram colhidos aleatoriamente das diferentes fruteiras, com estádios de maturação fisiológica “de vez” a maduros e transportados ao laboratório de Controle Biológico de Moscas-das-frutas (as coletas foram realizadas semanalmente, à medida que amadureciam os frutos, durante o período de realização dos testes). Os frutos foram previamente lavados com água e detergente neutro e em seguida, passados em uma solução de benzoato de sódio (1g de benzoato para 1L de água destilada), para desinfestação por microrganismos. Em seguida, foram colocados sobre papel toalha para secarem naturalmente. Após a secagem, os frutos foram expostos à infestação natural por fêmeas de *C. capitata* em gaiolas de acrílico (20 x 20 x 20 cm). No geral, 200 frutos de goiaba e manga foram selecionados para uso nos experimentos, enquanto que, para acerola, foram usados 1600 frutos. Por ser a acerola um fruto de tamanho pequeno em relação aos demais frutos testados, realizou-se pesagens prévias e padronizou-se assim, oito frutos de acerola correspondendo a um fruto de goiaba ou manga para a realização dos testes.

Para a infestação das acerolas, os frutos foram dispostos individualmente em gaiolas de acrílico contendo 25 fêmeas de *C. capitata*, observando-se a oviposição para garantir que houvesse o mínimo de 1 postura/ fruto, de modo que fosse assegurada a nutrição para o completo desenvolvimento das larvas no interior das acerolas. Após a oviposição, as acerolas foram aleatorizadas e agrupadas em 8 frutos, colocando-se o ponto de oviposição para cima, dentro de potes plásticos (9 cm de diâmetro x 4 cm de altura). Estes foram cobertos com tecido voal, e permaneceram em condições ambientais controladas, até o momento da realização dos testes.

Para a infestação das goiabas e das mangas, dois frutos de goiaba ou de manga foram dispostos de modo equidistante, no interior de gaiolas de acrílico (20 x 20 x 20 cm) contendo 25 fêmeas de *C. capitata* previamente copuladas. As fêmeas ficaram em contato com os frutos, para a oviposição, por 2h para as goiabas e por 24 h para as mangas. Posteriormente à infestação, os frutos foram dispostos em bandejas, cobertas com tecido voal, e permaneceram em condições ambientais controladas, até o momento da realização dos testes. A quantificação inicial dos hospedeiros (número de ovos de *C. capitata* após a infestação natural) não foi realizada a fim de manter a integridade dos frutos usados para os testes.



#### **4.5 Eficiência de parasitismo de *F. arisanus*, de *D. longicaudata* e de ambos, em frutos infestados com *C. capitata*, em experimentos sem chance de escolha**

Experimentos foram realizados para avaliar a eficiência de parasitismo de *F. arisanus* e *D. longicaudata* em ovos e larvas de *C. capitata*, respectivamente, em experimentos sem chance de escolha. Os testes foram conduzidos em condições de semi-campo, em quatro gaiolas de campo (2 x 2 x 2 m) de tecido voal armadas em área sombreada por árvores, próximo ao setor de Entomologia na sede da Embrapa Semiárido. As gaiolas não tinham piso, mas a entrada e a saída dos insetos ao longo das margens inferiores foram impedidas pelo enterramento das bordas no solo. O acesso ao interior das gaiolas era permitido por meio de uma porta, em uma das laterais, fechadas com velcro. No interior de cada gaiola foi colocada uma muda de mangueira, com aproximadamente 1m de altura, cultivada em vaso plástico, na base do qual foi disponibilizado “ad libitum” um pote plástico com água e uma placa de Petri com alimento (mel + lenço de papel).

Para cada espécie de fruto foram realizados quatro tratamentos:

**T1- Controle (frutos apenas infestados por *C. capitata*).** Para o controle, as frutas foram infestadas com ovos de *C. capitata* e deixadas nas mesmas condições das frutas preparadas para os outros tratamentos, a fim de observar as seguintes respostas: número de pupas recuperadas e emergência de moscas adultas.

**T2- Frutos infestados com ovos de *C. capitata* expostos ao parasitismo por *F. arisanus*.** Para avaliar a capacidade de *F. arisanus* em parasitar ovos de *C. capitata*, utilizaram-se fêmeas deste parasitoide com idade entre 7 a 20 dias, com experiência de oviposição. Os frutos foram expostos ao parasitismo 30-40 h após a infestação por *C. capitata*, permanecendo nas gaiolas de campo por 24 h. Para tanto, as amostras foram penduradas nas gaiolas a uma altura de 100 cm a partir do nível do solo. Em seguida, foram liberadas 20 fêmeas do parasitoide no centro de cada gaiola.

Parasitismo em acerola: Quatro grupos de oito acerolas, infestadas por *C. capitata*, foram dispostos em potes plásticos abertos (como descrito no item 4.4), para permitir o livre forrageamento dos parasitoides.

Parasitismo em goiabas e mangas: Quatro frutos infestados com ovos de *C. capitata* foram suspensos individualmente a partir do teto da gaiola de campo, por meio de um cordão de algodão, em cada uma das extremidades.

**T3- Frutos infestados com larvas de *C. capitata* expostos ao parasitismo por *D. longicaudata*.** Para os testes com *D. longicaudata* utilizou-se fêmeas com idade entre 9 a 15 dias, com experiência prévia em oviposição. De acordo com testes preliminares realizados para todas as espécies de frutos estudadas, foi determinado o tempo de desenvolvimento da fase larval de *C. capitata* no referido fruto, de modo a oferece-los a este parasitoide dois dias antes da pupação das larvas. Frutos infestados por *C. capitata* foram pendurados nas gaiolas de campo a uma altura de 100 cm acima do nível do solo. Em seguida, foram liberadas 20 fêmeas do parasitoide no centro de cada gaiola.

Parasitismo em acerola: Quatro grupos de oito acerolas foram expostos ao parasitismo de *D. longicaudata*, sete dias após a infestação por *C. capitata*.

Parasitismo em goiabas e mangas: As goiabas foram expostas ao parasitismo por *D. longicaudata*, nove dias após a infestação; e as mangas, sete dias após a infestação por *C. capitata*.

Como os frutos ficaram nas gaiolas de campo por 24 h e a temperatura mais elevada no campo acelera o desenvolvimento das larvas, para evitar a perda de larvas que poderiam deixar a polpa dos frutos para empupar no solo, bandejas redondas de polipropileno transparente (31 x 12 cm), contendo uma fina camada de vermiculita, foram posicionadas logo abaixo dos frutos. Esta vermiculita foi utilizada posteriormente para o acondicionamento dos frutos.

**T4- Frutos infestados com ovos de *C. capitata* expostos inicialmente ao parasitismo por *F. arisanus* e posteriormente, quando o hospedeiro (*C. capitata*) estava no 3º instar larval, os mesmos frutos foram oferecidos ao *D. longicaudata*, em experimento sem chance de escolha.** Neste experimento, todos os frutos foram oferecidos previamente ao parasitismo por *F. arisanus*, por 24 h, como descrito no tratamento 2. Decorrido este período, foram mantidos em condições controladas para o desenvolvimento das larvas até o 3º instar, quando então, os mesmos frutos foram expostos ao parasitismo por *D. longicaudata*, nas condições descritas anteriormente.

Após pendurar os frutos nas gaiolas de campo, foram liberadas 20 fêmeas do parasitoide no centro de cada gaiola. Para todos os tratamentos, concluídas as 24 h de exposição ao parasitismo, os frutos foram identificados e individualizados em potes plásticos (500 mL) contendo vermiculita, até a formação dos pupários. Os potes foram fechados com tecido voal e mantidos em salas climatizadas, com temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $50\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas. A vermiculita foi umedecida diariamente até o 7º dia para evitar a dessecação das pupas. Na sequência, as

pupas foram peneiradas e mantidas em potes de acrílico (30 mL) fechados com tecido voal, até que os adultos de moscas ou parasitoides emergissem.

Para o T1 (controle), determinou-se o número de pupas recuperadas e as taxas de emergência de moscas. Para os tratamentos com parasitismo foram registrados os números de pupas recuperadas, número de moscas emergidas e o número de parasitoides emergidos (machos e fêmeas). As pupas não emergidas (fechadas) foram dissecadas para verificar a presença ou ausência de moscas e de parasitoides, identificando a espécie, no caso do T4. Os tratamentos foram repetidos 10 vezes. Para cada repetição, foram utilizados novos frutos infestados e novas fêmeas dos parasitoides.

As variáveis avaliadas para emergência foram: Número médio de pupas recuperadas; viabilidade do estágio pupal [ $100 \times (\text{n}^\circ \text{ total de moscas} + \text{n}^\circ \text{ total de fêmeas dos parasitoides} + \text{n}^\circ \text{ total de machos dos parasitoides} + \text{n}^\circ \text{ total de parasitoides não identificados}) / \text{n}^\circ \text{ total de pupas}$ ]; taxa de emergência de moscas [ $100 \times (\text{n}^\circ \text{ moscas emergidas} + \text{n}^\circ \text{ moscas não-emergidas}) / \text{n}^\circ \text{ total de pupas}$ ], razão sexual do parasitoide [ $\text{n}^\circ \text{ fêmeas} / (\text{n}^\circ \text{ fêmeas} + \text{n}^\circ \text{ machos})$ ] e taxa de parasitismo [ $100 \times (\text{n}^\circ \text{ parasitoides emergidos} + \text{n}^\circ \text{ parasitoides não-emergidos}) / \text{n}^\circ \text{ total de pupas}$ ].

#### **4.5.1 Atividade comportamental dos parasitoides sem chance de escolha**

Com o objetivo de avaliar o comportamento de pouso e oviposição dos parasitoides *F. arisanus* e *D. longicaudata*, foi observado a atividade destes parasitoides, em quatro períodos do dia, nos diferentes frutos estudados. No tratamento 2 foi avaliado o comportamento de *F. arisanus* e nos tratamentos 3 e 4 foram avaliados o comportamento de *D. longicaudata*.

Os quatro períodos de observação foram: 9 - 9:30 h; 11 - 11:30 h; 13 - 13:30 h e 15 - 15:30 h, fazendo-se três observações, a cada 15 minutos, para cada período. Foram registrados os números de fêmeas que estavam na superfície (pouso) de cada fruto e o número de fêmeas que estavam inserindo seus oviposidores (oviposição) em cada fruto.

#### **4.6 Eficiência de parasitismo de *D. longicaudata* em frutos infestados com *C. capitata*, em experimento com chance de escolha**

Neste experimento, fêmeas de *D. longicaudata* tiveram livre chance de escolha entre frutos previamente expostos ao parasitismo de *F. arisanus* e não expostos. Neste caso, para cada fruteira estudada e para cada repetição em gaiola de campo, foram utilizadas quatro amostras, duas infestados (item 4.4) e duas infestados e previamente expostas ao parasitismo de *F. arisanus* (item 4.5). No caso da acerola, cada amostra correspondia a 8 acerolas (item 4.4). Quando estes frutos estavam com as larvas desenvolvidas até o 3º instar, foram expostos ao parasitismo por *D. longicaudata*. As quatro amostras foram suspensas a partir do teto da gaiola de campo, como já mencionado, estando equidistante uma da outra e tendo suas posições aleatorizadas. Vinte fêmeas de *D. longicaudata* foram liberados no centro de cada gaiola e o experimento foi realizado de acordo com o descrito no item 4.5.

##### **4.6.1 Atividade comportamental de *D. longicaudata* com chance de escolha**

No experimento 4.6, foi verificado se as fêmeas de *D. longicaudata* conseguiam reconhecer os hospedeiros previamente expostos ao parasitismo por *F. arisanus*, já que tinha livre chance de escolha entre frutos não expostos ao parasitismo e os previamente expostos ao parasitoide heteroespecífico *F. arisanus*. A metodologia utilizada para esta avaliação foi a mesma descrita no item 4.5.1.

#### **4.7 Delineamento experimental e análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas separadamente para cada cultura, tanto para eficiência quanto para comportamento. Entretanto, para as variáveis razão sexual dos parasitoides e taxa de parasitismo, dos experimentos de eficiência, foram feitas, adicionalmente, análises envolvendo o fator cultura, objetivando determinar se a ação do tratamento depende da cultura avaliada. Os delineamentos experimentais foram inteiramente casualizados. As variáveis para eficiência foram obtidas por meio da totalização dos valores encontrados por amostras em cada gaiola de campo. Os dados foram submetidos a One-Way ANOVA ( $\alpha=0,05$ ) após confirmação da normalidade (Kolmogorov-Smirnov), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Dados não normais foram submetidos à estatística não paramétrica de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ), sendo as médias comparadas pelo teste de Dunn ( $\alpha=0,05$ ).

Para as atividades comportamentais dos parasitoides, utilizou-se o total das médias obtidas das amostras em cada gaiola de campo, em cada período de observação. Os dados foram submetidos à estatística não paramétrica de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ), sendo as médias comparadas pelo teste de Dunn ( $\alpha=0,05$ ). Foi aplicada análise de correlação de Pearson ( $\alpha=0,05$ ) entre a atividade comportamental dos parasitoides com a temperatura e a umidade relativa do ar, para todas as espécies de frutas estudadas. As análises foram geradas usando o software (SAS/STAT), versão 8 do Sistema SAS (SAS Institute, 2014).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Eficiência de parasitismo de *F. arisanus*, de *D. longicaudata* e de ambos, em frutos infestados com *C. capitata*, em experimentos sem chance de escolha

O êxito dos programas de controle biológico empregando parasitoides para suprimir as populações de moscas-das-frutas depende, entre outras coisas, do conhecimento das respostas comportamentais das espécies e a relação com seus hospedeiros. Assim, a eficiência dos parasitoides pode ser avaliada de diferentes formas.

Neste experimento, como foram feitas infestações naturais de *C. capitata* sobre os frutos testados, não foi possível quantificar o número de ovos iniciais da praga em cada fruto, tanto no controle (somente infestação), como nos tratamentos onde os frutos infestados foram expostos ao parasitismo. Desta forma, as pupas foram quantificadas para se ter uma ideia da quantidade de ovos e larvas do hospedeiro que estavam disponíveis aos parasitoides. A viabilidade de ovos e larvas nunca é de 100%, isso significa que há mortalidade natural e que pode ser ainda maior com a ação do parasitismo. Desta forma, o número de pupas não corresponde exatamente ao número de ovos ou larvas que estavam disponíveis aos parasitoides de ovos, *F. arisanus*, e de larvas, *D. longicaudata*, respectivamente. Entretanto, é um meio de inferir o número de hospedeiros/fêmea de parasitoide nos experimentos de gaiolas de campo.

Nestes experimentos, observou-se diferença significativa entre tratamentos para o número médio de pupas recuperadas em goiabas (KW=15,1026; p=0,0017) e mangas (KW=11,4044; p=0,0097), mas não em acerolas (KW=4,5440; p=0,2084). Em goiabas, a maior média de pupas foi obtida no tratamento com parasitismo por *F. arisanus* (T2) (489,89±50,02), que foi semelhante ao controle (T1) (294,89±41,38), mas diferente dos tratamentos com parasitismo por *D. longicaudata* (T3) (181,00±16,90) e por ambos parasitoides (T4) (213,63±66,03) (Tabela 1). Em mangas, as maiores médias foram encontradas em T1 (383,67±51,40) e T3 (489,60±71,28), que foram semelhantes entre si, mas diferentes dos tratamentos T2 (232,70±44,08) e T4 (261,90±78,09) (Tabela 1). Em acerola, apesar de não haver diferença significativa, as médias variaram de 27,40±4,08 (T4) a 47,60±7,36 (T1) (Tabela 1).

Sabe-se que frutos maiores tendem a apresentar níveis mais elevados de infestação, visto a maior superfície para oviposição das moscas e o maior volume da polpa para o desenvolvimento das larvas (Marinho *et al.*, 2009), corroborando o encontrado no presente experimento, onde foi verificado uma maior quantidade de

pupas em mangas, seguido de goiaba e acerolas. Apesar de serem parasitoides cenobiontes, que não matam seus hospedeiros no ato de oviposição, a ação das fêmeas do parasitoide com “picadas” de prova ou oviposições sucessivas, realizadas tanto por coespecíficos como por heterospecíficos (T4) sobre o mesmo hospedeiro, pode, de alguma forma, afetar a sobrevivência deste. Assim, espera-se que a recuperação de pupas no controle (sem ação de parasitismo) seja maior do que nos frutos expostos ao parasitismo duplo, como foi observado em goiaba e manga. Em acerola, apesar de serem estatisticamente semelhantes, a média foi maior no controle (T1) do que em T4 (Tabela 1).

As médias de pupas recuperadas por tratamentos, estimam o nível de mortalidade de *C. capitata* nos estágios iniciais de desenvolvimento (ovos e larvas). Assim, em mangas, a menor média de pupas recuperadas em T2 e T4 (tratamentos com a ação de *F. arisanus*) quando em comparação a T3 e ao tratamento controle (T1), sugere que o parasitismo por *F. arisanus* causou morte significativa dos imaturos de *C. capitata* em mangas.

Tabela 1. Número total médio ( $\pm$  erro padrão) de pupas recuperadas em acerolas, goiabas e mangas nos tratamentos: T1- controle (apenas infestação por *Ceratititis capitata*, sem exposição ao parasitismo); T2- exposição ao parasitoide *Fopius arisanus*; T3- Exposição ao parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*; T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides.

Tratamentos	Número médio de pupas recuperadas		
	Acerolas	Goiabas	Mangas
T1	44,33 $\pm$ 7,99 a	294,89 $\pm$ 41,38 ab	383,67 $\pm$ 51,40 a
T2	37,60 $\pm$ 7,16 a	489,89 $\pm$ 50,02 a	232,70 $\pm$ 44,08 b
T3	47,60 $\pm$ 7,36 a	181,00 $\pm$ 16,90 b	489,60 $\pm$ 71,28 a
T4	27,40 $\pm$ 4,09 a	213,63 $\pm$ 66,03 b	261,90 $\pm$ 78,09 b

Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos dentro de cada espécie de fruto avaliada (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

Não foram observados efeitos dos tratamentos na viabilidade do estágio pupal em mangas ( $F=2,74$ ;  $p=0,0580$ ). Contudo, em acerolas ( $F=4,18$ ;  $p=0,0124$ ) e goiabas ( $F=8,79$ ;  $p=0,0002$ ) a viabilidade das pupas mostrou-se diferente entre os tratamentos (Tabela 2). Em acerolas, o parasitismo por ambas espécies (T4) resultou em menor viabilidade quando em comparação com o controle (T1) e com o parasitismo por *F. arisanus* (T2), entretanto não diferiu estatisticamente do parasitismo unicamente por *D.*

*longicaudata* (T3). Em goiabas, o T3 resultou em menor viabilidade quando em comparação ao T1 e ao T2, contudo não diferiu de T4 (Tabela 2).

O sucesso do estágio de pupa está intimamente relacionado à qualidade nutricional do hospedeiro em que se desenvolveu no estágio larval, visto que é durante esta fase que o inseto adquire e armazena as reservas nutricionais necessárias ao seu completo desenvolvimento (Cruz *et al.*, 2000).

Em estudos para determinar índices de infestação e a diversidade de moscas-das-frutas no polo de fruticultura de Anagé-BA, Sá *et al.* (2008), verificaram que a viabilidade pupal em acerolas, goiabas e mangas, em estágio de maturação “de vez” foi superior a 50%, concordando com os resultados obtidos nesta pesquisa, que foram acima de 63%. Este resultado aponta que estas espécies hospedeiras de moscas-das-frutas possibilitaram o adequado desenvolvimento nutricional das larvas, contribuindo assim para a manutenção e aumento populacional desta praga na região em estudo.

O efeito do parasitismo também está intimamente relacionado à viabilidade das pupas recuperadas. Sob esta perspectiva, em experimentos de campo para avaliar a eficácia da liberação dos parasitoides *F. arisanus* (Sonan) e *Psytalia flchercheri* (Silvestri), parasitoides ovo-pupa e larva-pupa, respectivamente, para a supressão de *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett), observou-se que a viabilidade das pupas recuperadas reduziu substancialmente à medida que as liberações de parasitoides progrediram. A percentagem de mortalidade pupal passou de 20%, antes das liberações de parasitoides, para 41% durante as liberações e até duas semanas após as liberações terem cessado (Harris *et al.*, 2010).

Adicionalmente, outros fatores não avaliados nesta pesquisa, podem ter interferido na percentagem de pupas viáveis, tal como o manuseio das pupas recuperadas dos frutos. Segundo Carvalho (2005), a umidade e a temperatura são fatores que influenciam no desenvolvimento dos imaturos e emergência dos adultos de moscas-das-frutas e seus parasitoides. Sob esta perspectiva, o percentual de viabilidade para os tratamentos nas três culturas avaliadas foi superior a 60%, variando de 63 a 90% (Tabela 2), indicando que houve bom manejo das pupas e, conseqüentemente, boa condução dos testes.



Tabela 2. Viabilidade do estágio pupal ( $\pm$  erro padrão) em acerolas, goiabas e mangas nos tratamentos: T1- controle (apenas infestação por *Ceratitits capitata*, sem exposição ao parasitismo); T2- exposição ao parasitoide *Fopius arisanus*; T3- Exposição ao parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*; T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides.

Viabilidade do estágio pupal (%)			
Tratamentos	Acerolas	Goiabas	Mangas
T1	79,949 $\pm$ 3,339 a	87,347 $\pm$ 4,175 a	82,327 $\pm$ 5,216 a
T2	78,671 $\pm$ 4,763 a	90,517 $\pm$ 1,292 a	70,166 $\pm$ 4,157 a
T3	69,752 $\pm$ 3,791 ab	69,855 $\pm$ 3,741 b	72,413 $\pm$ 2,180 a
T4	63,656 $\pm$ 4,064 b	81,573 $\pm$ 2,094 ab	67,552 $\pm$ 3,452 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre tratamentos dentro de cada espécie de fruto avaliada (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Em qualquer tipo de controle, quanto menor a taxa de emergência das pragas, no caso de moscas-das-frutas, melhor será a eficiência da tecnologia empregada. Nestes experimentos, uma das respostas avaliadas para determinar a eficiência das espécies de parasitoides foi taxa de emergência de *C. capitata*.

Verificou-se que as taxas médias de moscas foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos em acerolas ( $F=30,46$ ;  $p < 0,0001$ ), goiabas ( $F=45,05$ ;  $p < 0,0001$ ) e mangas ( $KW= 25,1315$ ;  $p < 0,0001$ ). Em acerola, observaram-se que os três tratamentos envolvendo parasitoides, *F. arisanus* (T2), *D. longicaudata* (T3) e *F. arisanus* seguido de *D. longicaudata* (T4), reduziram significativamente as taxas de emergência de adultos de *C. capitata* com relação ao controle (T1), embora a emergência de moscas, decorrente do parasitismo exclusivo por *D. longicaudata* (T3) e por ambos (T4) tenha sido semelhante e menor do que apenas com *F. arisanus* (T2) (Figura 1A).

Em goiaba, assim como em acerola, todas as formas de parasitismo (T2, T3 e T4) causaram redução significativa nas taxas de emergência de *C. capitata* com relação ao controle (T1). A ação consecutiva dos dois parasitoides (T4) foi o tratamento que gerou maior redução da emergência das moscas, mas não foram observadas diferenças significativas entre *F. arisanus* (T2) e *D. longicaudata* (T3), quando estas espécies foram usadas isoladamente (Figura 1B).

Em manga, observou-se redução significativa na taxa de emergência de *C. capitata* com relação ao controle (T1) quando foi usado somente *F. arisanus* (T2) ou quando os frutos foram expostos inicialmente às fêmeas de *F. arisanus* e posteriormente às de *D. longicaudata* (T4). Porém, a exposição única ao parasitoide de larvas, *D. longicaudata* (T3), não mostrou redução significativa na emergência da praga quando em comparação com o controle (T1) ou com ambos os parasitoides (T4) (Figura 1 C).

A exposição dos frutos ao parasitismo por ambas espécies de parasitoides, inicialmente de ovos e posteriormente de larvas, pode tornar os estágios imaturos do hospedeiro mais vulneráveis a ataques durante um período de tempo mais longo e, portanto, ser particularmente mais eficaz no controle da praga. Entretanto, para acerola, o uso das duas espécies de parasitoides ou de apenas *D. longicaudata* promoveram uma diminuição equivalente na emergência de *C. capitata*. Então, se a eficiência dos parasitoides fosse avaliada baseando-se apenas na taxa de emergência da praga, seria possível dizer que o parasitismo realizado unicamente por *D. longicaudata* apresentou um controle satisfatório, não requerendo assim, o emprego do parasitoide de ovos para controle *C. capitata* em acerolas.

Seguindo o mesmo raciocínio, agora para goiabas, obteve-se o maior controle da emergência de *C. capitata* quando foram empregadas as duas espécies de parasitoides, primeiro o de ovos *F. arisanus* e, posteriormente, o de larvas *D. longicaudata*, comparado com os tratamentos onde foi usado apenas uma espécie.

Já em mangas, quando somente o *F. arisanus* foi empregado, houve uma diminuição na taxa de emergência da praga equivalente ao uso de ambas espécies de parasitoides. Assim, *F. arisanus* mostrou uma eficiência satisfatória no controle da emergência de *C. capitata* em mangas, não sendo necessário o emprego do parasitoide de larvas.

Em experimentos de gaiolas de campo, Rendon et al. (2006) sugeriram que a supressão de *C. capitata* em frutos de café, com o emprego conjunto dos parasitoides ovo-pupa *F. arisanus* e larva-pupa *D. krausii* se deve, em grande parte, às tentativas de oviposição de *F. arisanus* nos ovos hospedeiros. As picadas no ovo hospedeiro relativamente pequeno e frágil pode danificar o embrião, impedindo o seu desenvolvimento até o estágio larval, o que resultaria em menor número de hospedeiro disponíveis a *D. krausii*.

Como já comprovado em outros estudos, o ataque de fêmeas de *F. arisanus* pode provocar a morte de estágios iniciais de desenvolvimento de *C. capitata* (Paranhos et al., dados não publicados) e *A. ludens* (Montoya et al., 2009), indicando que os ovos destas espécies de moscas-das-frutas são particularmente sensíveis ao ataque de *F. arisanus*. Por outro lado, a ação de *D. longicaudata*, em estágio avançado de desenvolvimento das larvas, poderia afetar a viabilidade das pupas. A larva, mesmo injuriada, normalmente se transforma em pupa, como medidas biológicas de preservação da espécie, mas pode não concluir seu desenvolvimento e assim, não

emergir. Estes dados estão de acordo com os resultados de viabilidade encontrados em acerolas e goiabas (Tabela 2).

Nestes estudos, o emprego dos parasitoides sempre proporcionou redução na taxa de emergência da praga, exceto em mangas, onde o uso de *D. longicaudata* (T2) teve uma resposta equivalente ao tratamento controle (sem exposição ao parasitismo) (Figura 1).

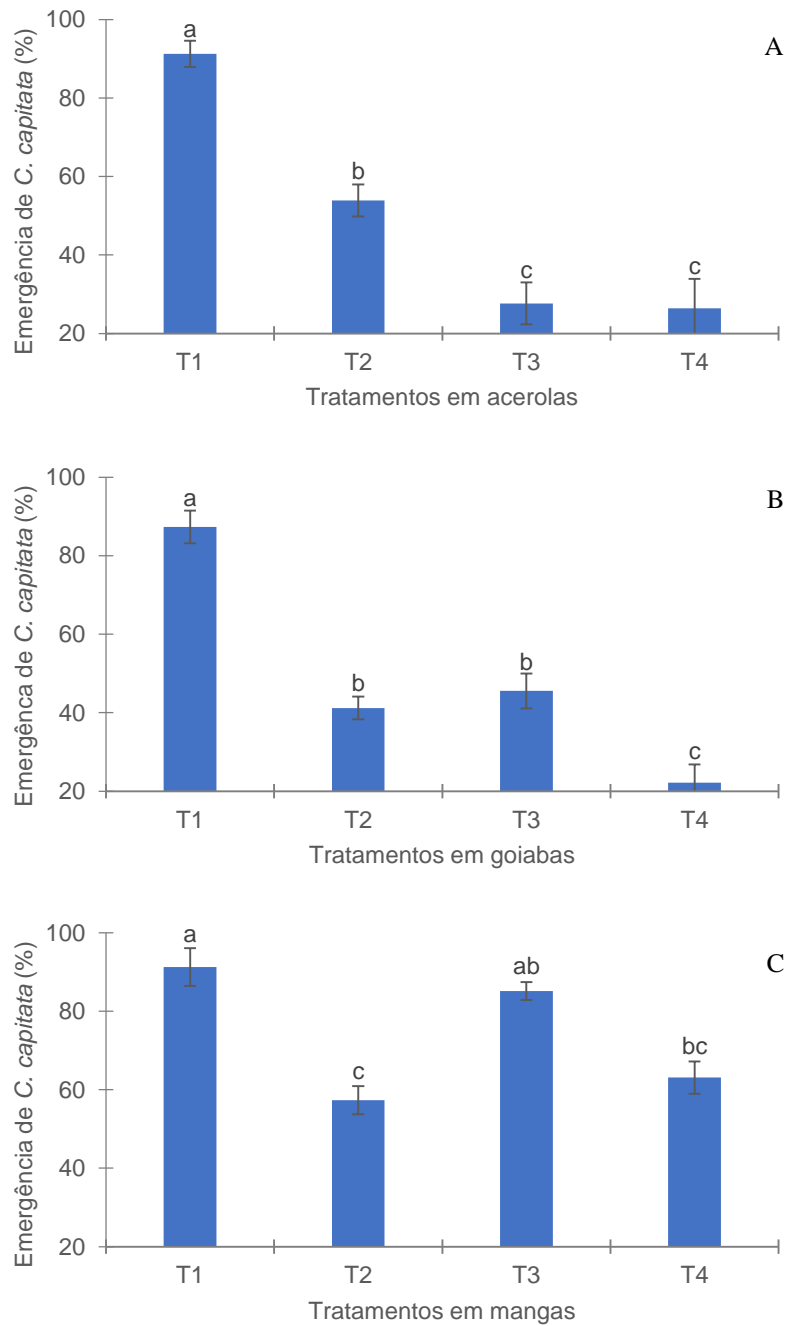


Figura 1. Taxa de emergência ( $\pm$  erro padrão) de *Ceratitis capitata* em acerolas (A), goiabas (B) e mangas (C) nos tratamentos: T1- controle (apenas infestação por *C. capitata*, sem exposição ao parasitismo); T2- exposição ao parasitoide *Fopius arisanus*; T3- Exposição ao parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*; T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos avaliados em acerolas, goiabas (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ) e mangas (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

Não foi observado efeito dos tratamentos na razão sexual da progênie de *F. arisanus* em acerola ( $F=1,21$ ;  $p=0,2883$ ) ou manga ( $F=0,16$ ;  $p=0,6932$ ). Contudo, em goiaba ( $F=8,21$ ;  $p=0,0118$ ), a razão sexual foi significativamente maior com a exposição dos frutos a *F. arisanus* (T2) ( $0,50\pm 0,02$ ) quando em comparação com multiparasitismo (T4) ( $0,35\pm 0,05$ ). Para a razão sexual da progênie de *D. longicaudata*, não foi observado efeito dos tratamentos em acerola ( $F= 4,19$ ;  $p=0,0557$ ), goiaba ( $F=0,02$ ;  $p=0,9016$ ) ou manga ( $F=0,33$ ;  $p=0,5756$ ).

Em geral, foi equitativo o número de fêmeas e machos nas progênies de *F. arisanus* e *D. longicaudata* recuperadas a partir do hospedeiro *C. capitata* quando os parasitoides em estudo estavam em condições de competição (T4) ou não. A exceção ocorreu em goiabas, onde a razão sexual da progênie de *F. arisanus* foi superior em frutos expostos unicamente ao parasitismo por *F. arisanus* (T2). A determinação do sexo da progênie ocorre na hora da oviposição. Os ovos que vão gerar fêmeas são fecundados ( $2n$ ) e os que vão gerar machos são provenientes do ovócito da mãe ( $n$ ), sistema de reprodução chamada de partenogênese arrenótoca (Gallo *et al.*, 2002). Desta forma, pode-se dizer que os hospedeiros testados não interferem na escolha das fêmeas dos parasitoides em colocar ovos de fêmeas ou de machos, com exceção da goiaba, que promoveu de alguma forma a escolha da progenitora pela postura de fêmeas.

Comparando a razão sexual de cada espécie parasitoide entre os frutos estudados, foi observada para *F. arisanus* (T2) diferenças significativas entre frutos ( $KW=9,4898$ ;  $p=0,0087$ ). A razão sexual de *F. arisanus* foi significativamente mais alta em goiaba ( $0,49\pm 0,02$ ) quando em comparação com acerola ( $0,26\pm 0,06$ ), enquanto que em manga foi intermediária e assim, não diferiu dos demais frutos estudados ( $0,35\pm 0,04$ ). Para a progênie de *D. longicaudata* (T3) não foram observadas diferenças significativas entre os frutos ( $KW=1,9507$ ;  $p=0,3771$ ), variando entre  $0,28\pm 0,03$  e  $0,43\pm 0,10$ .

Os frutos hospedeiros de moscas-das-frutas são uma importante fonte de informação para os parasitoides, podendo aumentar a atratividade e consequente sucesso no encontro do hospedeiro (SEGURA *et al.*, 2016). Com relação à taxa de parasitismo, observou-se efeito significativo dos tratamentos em acerolas ( $F=3,66$ ;  $p=0,0392$ ), em goiabas ( $F=11,02$ ;  $p=0,0004$ ) e mangas ( $F=17,52$ ;  $p<0,0001$ ) (Figura 2). Em acerolas, não foram observadas diferenças significativas entre o uso de *D. longicaudata* (T3) ( $44,86\pm 5,58$ ) e *F. arisanus* seguido de *D. longicaudata* (T4) ( $42,97\pm 4,93$ ), mas ambos os tratamentos apresentaram taxa de parasitismo

significativamente superior ao uso exclusivo de *F. arisanus* (T2) ( $28,20 \pm 3,57$ ). Em goiaba, não foram observadas diferenças significativas entre T2 ( $48,46 \pm 2,99$ ) e T4 ( $56,37 \pm 5,65$ ), mas ambos os tratamentos foram significativamente superior ao T3 ( $23,38 \pm 6,13$ ) (Figura 2). Em manga, observaram-se diferenças significativas entre T2 ( $20,21 \pm 3,35$ ), T3 ( $2,02 \pm 0,42$ ) e T4 ( $13,67 \pm 1,78$ ) (Figura 2).

Em mangas e goiabas, frutos de maior tamanho quando em comparação com acerolas, obteve-se maiores taxas de parasitismo quando *F. arisanus* estava entre os tratamentos, ou seja, quando foi empregado isoladamente (T2) ou quando foi oferecido anteriormente ao uso de *D. longicaudata* (T4). Já em acerolas, as maiores taxas de parasitismo foram obtidas quando *D. longicaudata* estava entre os tratamentos (T3 e T4). Assim, a eficiência de parasitismo por *D. longicaudata* parece estar vinculada ao tamanho do fruto hospedeiro de moscas-das-frutas.

O efeito do tamanho do fruto como um fator inversamente relacionado à taxa de parasitismo de *D. longicaudata* foi relatado por Montoya *et al.* (2000). Os resultados indicam que o efeito das liberações aumentativas de parasitoides diferiu de acordo com as espécies de frutíferas, com baixo parasitismo por *D. longicaudata* em frutos grandes como quando em comparação com pequenos frutos com sementes grandes, com parasitismo médio superior em ameixa-preta (*Spondias mombin*) (63,80%) e a manga crioula (*Mangifera indica*) (42,40%).

Resultados semelhantes foram encontrados para *D. longicaudata* em frutos de figo, que apresentaram taxas de parasitismo superiores aos encontrados em pêssegos e laranjas (Segura *et al.*, 2016), podendo estar relacionado com o menor tamanho dos figos, que facilitam o encontro da larva hospedeira pelo parasitoide (Suarez *et al.*, 2014).

Quando foram comparadas as percentagens de parasitismo por *D. longicaudata* em diferentes cultivares de goiabas, a baixa percentagem de parasitismo encontrada na cv. Kumagai (2,93%) quando em comparação à cv. Pedro Sato (19,84%), poderia ser atribuída ao maior tamanho do fruto da cv. Kumagai, visto que fêmeas de *D. longicaudata* podem não alcançar as larvas se a polpa for muito espessa (Paranhos *et al.*, 2007a).

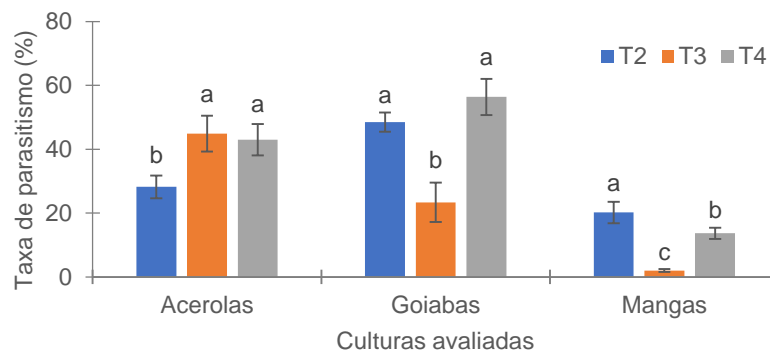


Figura 2. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*, nos tratamentos: T2- exposição ao parasitoide *Fopius arisanus*; T3- Exposição ao parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*; T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Para verificar a competição entre os parasitoides de ovos e de larvas, foram comparadas as taxas de parasitismo obtidas por *F. arisanus* quando este foi empregado isoladamente, ou seja, sem competição (T2) e em condição de competição com *D. longicaudata* (T4). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos em mangas ( $F=8,32$ ;  $p=0,0099$ ), mas não em acerolas ( $F=3,42$ ;  $p=0,0810$ ) e goiabas ( $F=0,09$ ;  $p=0,7697$ ). Em mangas, a taxa de parasitismo por *F. arisanus* foi significativamente superior em T2 ( $20,21 \pm 3,35$ ) quando comparado ao multiparasitismo (T4) ( $9,72 \pm 1,42$ ) (Figura 3). Estes resultados mostram que *F. arisanus* sofreu competição com *D. longicaudata* apenas em frutos de manga.

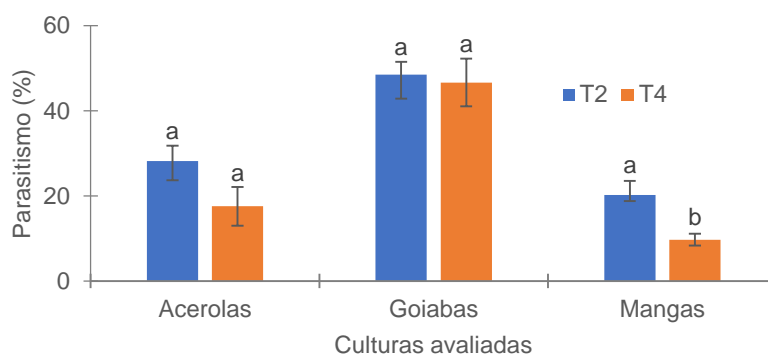


Figura 3. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*, nos tratamentos: T2- Exposição ao parasitoide *F. arisanus* (sem competição com seu heteroespecífico *Diachasmimorpha longicaudata*) e T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides (com competição), em experimento sem chance de escolha. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos dentro das culturas avaliadas (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Em referência ao efeito da competição sobre *D. longicaudata*, foi observada diferença significativa na taxa de parasitismo efetuada por esta espécie entre os tratamentos sem competição (T3) e com competição (T4), em acerolas ( $F = 7,00$ ;  $p = 0,0164$ ), mas não em goiabas ( $KW = 3,3426$ ;  $p = 0,0675$ ) e mangas ( $KW = 1,4629$ ;  $p = 0,2265$ ) (Figura 4). Em acerola, o uso isolado de *D. longicaudata* (T3) ( $44,86 \pm 5,58$ ) apresentou taxa de parasitismo significativamente superior do que quando foi exposta inicialmente ao seu heteroespecífico *F. arisanus* (T4) ( $25,42 \pm 4,77$ ) (Figura 4).

Os resultados demonstram que, em acerolas, a espécie *D. longicaudata* sofreu influência na competição interespecífica com seu antecessor, o parasitoide de ovos *F. arisanus*, visto que sua taxa de parasitismo foi significativamente inferior em condições de competição (T4).

Wang *et al.* (2003) estudando mecanismos competitivos entre *F. arisanus* e *D. longicaudata*, relataram que em larvas de *C. capitata* e *B. dorsalis* multiparasitadas, 90% dos ovos de *D. longicaudata* morreram após 24 h na presença de larvas de *F. arisanus* e, por outro lado, não foi encontrada uma única larva de *F. arisanus* morta dentro dos hospedeiros. Assim, não houve nenhum tipo de supressão de *D. longicaudata* sobre o heteroespecífico *F. arisanus*, durante o multiparasitismo.



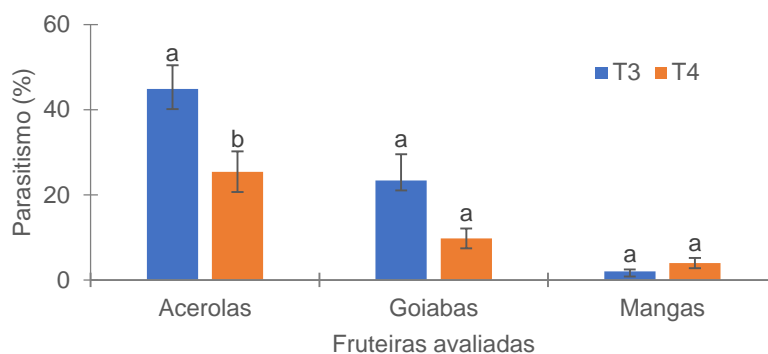


Figura 4. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitis capitata*, nos tratamentos: T3- Exposição ao parasitoide *D. longicaudata* (sem competição com seu heteroepecífico *Fopius arisanus*) e T4- Exposição a ambas espécies de parasitoides (com competição), em experimento sem chance de escolha. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos avaliados em acerolas (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ), goiabas e mangas (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

Observou-se efeito altamente significativo entre culturas para a taxa de parasitismo por *F. arisanus* ( $F=16,64$ ;  $p < 0,0001$ ) e *D. longicaudata* ( $F=21,58$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figura 5). A taxa de parasitismo para *F. arisanus* foi significativamente superior em goiabas ( $47,857 \pm 3,355$ ), enquanto que entre acerolas ( $28,20 \pm 3,57$ ) e mangas ( $20,21 \pm 3,35$ ) não foram observadas diferenças significativas. Para *D. longicaudata*, a taxa de parasitismo em acerola ( $44,86 \pm 5,59$ ) foi significativamente superior em relação as demais culturas testadas. As taxas de parasitismo por *D. longicaudata* em goiabas ( $23,38 \pm 6,13$ ) e mangas ( $2,02 \pm 0,42$ ) também diferiram entre si (Figura 5).

Os resultados obtidos apontam maior taxa de parasitismo por fêmeas *D. longicaudata* em frutos de acerola, seguido de goiaba e manga, o que pode estar associado a características físicas dos próprios frutos hospedeiros de moscas-das-frutas, tais como volume da polpa e espessura da casca. Assim, polpa mais rasa e casca mais fina podem ampliar a eficácia dos parasitoides larvais, facilitando a detecção e oviposição nas larvas hospedeiras (Cunha *et al.*, 2011; Ovruski *et al.*, 2012). Já que se sabe que as vibrações e/ou o som produzido por larvas de moscas que se alimentam dentro dos frutos parecem desempenhar um papel importante no encontro de *D. longicaudata* a larva hospedeira (Carvalho, 2005; Ovruski *et al.*, 2012). Portanto, as características físicas dos frutos de acerola podem ter ajudado as fêmeas de *D.*

*longicaudata* a perceber melhor as vibrações e/ou sons causados pelas larvas dentro dos frutos.

Em experimentos para avaliar a ação de *D. longicaudata* em diferentes espécies de citros infestados com *C. capitata*, observou-se que os maiores percentuais de parasitismo foram obtidos na espécie de casca mais fina e de polpa mais rasa (Ovruski *et al.*, 2012), corroborando assim, os resultados obtidos nessa pesquisa.

Os parasitoides de ovos, por sua vez, não são afetados pelo tamanho do fruto hospedeiro de mosca-das-frutas (Wang *et al.*, 2003), o que os tornam particularmente adequados para controle de moscas-das-frutas em diferentes culturas. Assim, os resultados obtidos aqui, de certa forma, estão de acordo pois, obteve-se maiores taxas de parasitismo por *F. arisanus* em goiaba comparados a acerolas e mangas, o que mostra que o tamanho do fruto não interferiu na ação de parasitismo desta espécie.

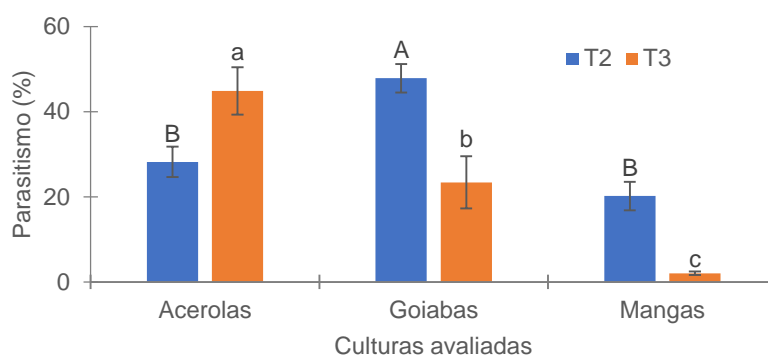


Figura 5. Taxa de parasitismo ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasmimorpha longicaudata* (T3) em acerolas, goiabas e mangas infestadas com *Ceratitidis capitata*. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças significativas para T2 entre os frutos avaliados; letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas para T3 entre os frutos avaliados (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

### 5.1.1 Atividade comportamental dos parasitoides sem chance de escolha

#### *Fopius arisanus*

A atividade comportamental por fêmeas dos parasitoides é sem dúvida influenciada por características dos próprios frutos, além de fatores abióticos, tais como: temperatura e umidade relativa do ar. Comparando-se os quatros períodos de avaliação (09:00 a 09:30h; 11:00 a 11:30h; 13:00 a 13:30h; e 15:00 a 15:30h), foi

possível observar que as atividades de pouso (KW=26,0304;  $p<0,0001$ ) e oviposição (KW=28,6729;  $p<0,0001$ ) de *F. arisanus* em acerolas infestadas com *C. capitata* foram significativamente superiores durante as duas avaliações realizadas pela manhã em comparação com as avaliações da tarde. Não foram observadas diferenças significativa entre os dois períodos da manhã, e nem entre os dois períodos da tarde, tanto para pouso como para oviposição (Figura 6A).

Em goiabas, observou-se maior número de fêmeas pousando durante o segundo período de avaliação em comparação com o terceiro e quarto períodos (KW=11,9797;  $p=0,0075$ ), não sendo observada diferença significativa entre o primeiro e os demais períodos de avaliação. O comportamento de oviposição de *F. arisanus* foi significativamente superior no primeiro período observado com relação aos demais (KW=26,8274;  $p<0,0001$ ), demonstrando que o número de fêmeas ovipositando em goiaba tende a decrescer ao longo do dia (Figura 6B).

Em mangas, não foram observadas diferenças significativas entre o número de fêmeas de *F. arisanus* pousadas sobre mangas infestadas ao longo dos períodos de avaliações (KW=3,3132;  $p=0,3458$ ). Entretanto, os números médios de oviposições observados durante os dois primeiros períodos foram significativamente superiores do que no terceiro e quarto períodos (KW=27,2784;  $p<0,0001$ ) (Figura 6C).

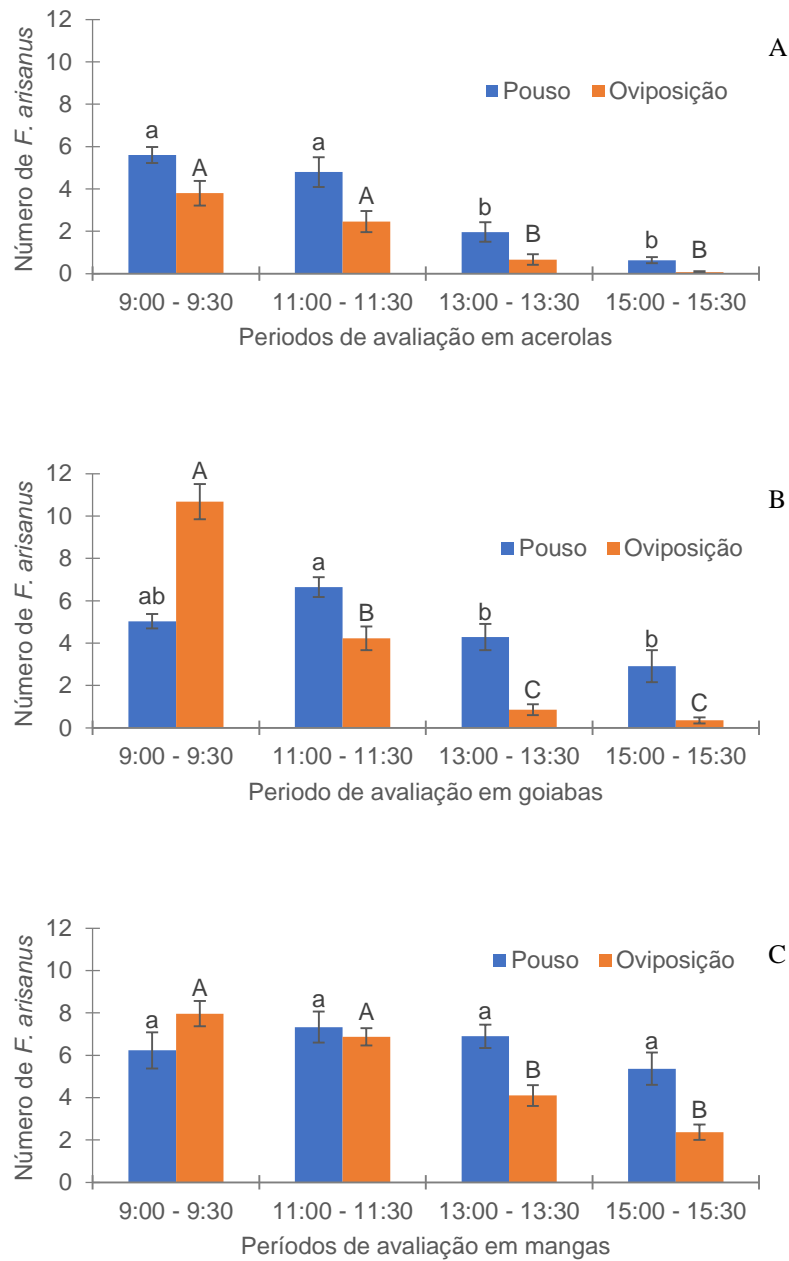


Figura 6. Comportamento de pouso e oviposição ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* em acerolas (A), goiabas (B) e mangas (C) infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras minúsculas representam diferenças significativas de pouso entre os períodos de avaliação; letras maiúsculas representam diferenças significativas de oviposição entre os períodos de avaliação (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

### ***Diachasmimorpha longicaudata***

A seleção do fruto hospedeiro de moscas-das-frutas por *D. longicaudata* está intimamente relacionada, entre outras características, a estímulos visuais. O tamanho do fruto, presumivelmente, desempenha um papel importante no encontro da larva hospedeira por *D. longicaudata* (OVRUSKI et al, 2012). Em testes para avaliar a atividade comportamental de *D. longicaudata* em acerolas infestadas por *C. capitata*, observou-se maior número de fêmeas pousadas sobre os frutos durante o segundo período, quando comparado com o terceiro e quarto períodos de avaliação (KW=14,5862; p=0,0022). Contudo, não foram observadas diferenças significativas entre o primeiro e o segundo período de avaliação. A atividade de oviposição de *D. longicaudata* sobre acerolas foi baixa nos horários de observação, verificando-se maior número de oviposições no primeiro período, porém não apresentou diferença significativa com relação aos demais períodos (KW=6,9861; p= 0,0723) (Figura 7A).

Foi observado maior número de fêmeas pousando sobre frutos infestados durante os dois primeiros períodos de avaliação, se comparados com o terceiro e quarto períodos, tanto para goiabas (KW=13,5712; p= 0,0036) como para mangas (KW=23,0879; p=0,0176). Para as duas frutas, as médias de pouso para as avaliações da tarde não diferiram entre si. Para oviposição em goiabas, a atividade registrada no primeiro período foi equivalente ao segundo período de avaliação e não foram observadas diferenças significativas entre o segundo e os demais períodos observados (KW=17,9902; p= 0,0004) (Figura7B). Já em mangas, observou-se menor oviposição no quarto período de avaliação com relação ao segundo (KW=10,1194 p=0,0176), embora este não tenha se diferenciado significativamente do primeiro e terceiro períodos (Figura 7C).

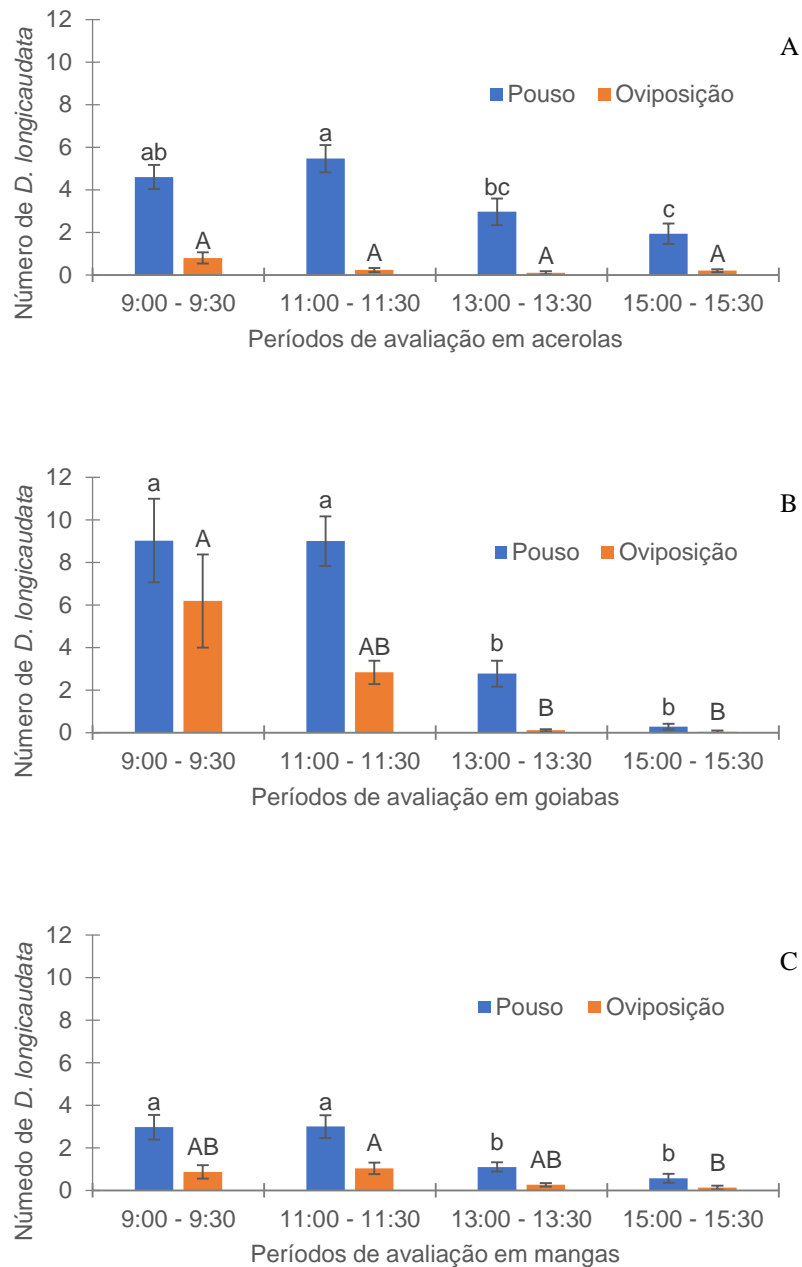


Figura 7. Comportamento de pouso e oviposição ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* em acerolas (A), goiabas (B) e mangas (C) infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras minúsculas representam diferenças significativas de pouso entre os períodos de avaliação; Letras maiúsculas representam diferenças significativas de oviposição nos períodos de avaliação (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

### **Comparação do comportamento entre *Fopius arisanus* e *Diachasmimorpha longicaudata***

Observou-se que o comportamento de pouso para *F. arisanus* (T2) quando em comparação com *D. longicaudata* (T3) apresentou diferenças significativas para manga (KW=45,4174;  $p < 0,0001$ ), mas não para acerola (KW=0,8919;  $p = 0,3450$ ) ou goiaba (KW=0,0143;  $p = 0,9049$ ). Os números médios de pouso em frutos de manga foram superiores para *F. arisanus* (T2) ( $6,46 \pm 0,37$ ) quando comparados a *D. longicaudata* (T3) ( $1,91 \pm 0,27$ ).

O comportamento de oviposição diferiu entre T2 e T3 em acerola (KW=14,0513;  $p = 0,0002$ ) e manga (53,4551;  $p < 0,0001$ ), mas não em goiaba (KW=2,4382;  $p = 0,1184$ ), onde as médias variaram entre  $2,39 \pm 0,77$  e  $4,03 \pm 0,78$ , para T3 e T2, respectivamente. Para acerolas, foi observado maior número médio de oviposições por *F. arisanus* (T2) ( $1,75 \pm 0,31$ ) quando em comparação com *D. longicaudata* (T3) ( $0,33 \pm 0,08$ ). Em mangas, os resultados foram semelhantes aos obtidos em acerolas, onde o valor médio de oviposição por *F. arisanus* ( $5,33 \pm 0,42$ ) superou o de *D. longicaudata* ( $0,58 \pm 0,12$ ) (Figura 8).

Apesar de a taxa de parasitismo efetuada por *D. longicaudata* em acerolas ter sido mais alta do que o obtido por *F. arisanus* (Figura 5), foi observada baixa atividade comportamental de oviposição das fêmeas desta espécie comparada com as de *F. arisanus* (Figura 8). Isso sugere que, *D. longicaudata* pode ter suas atividades de forrageamento e oviposição aumentadas em períodos distintos dos que foram estudados nestes experimentos, podendo ocorrer no início da manhã ou no fim da tarde, que são períodos de menor temperatura, uma vez que o comportamento dos parasitoides mostrou estar correlacionados negativamente com a temperatura do ar (Figura 10A).

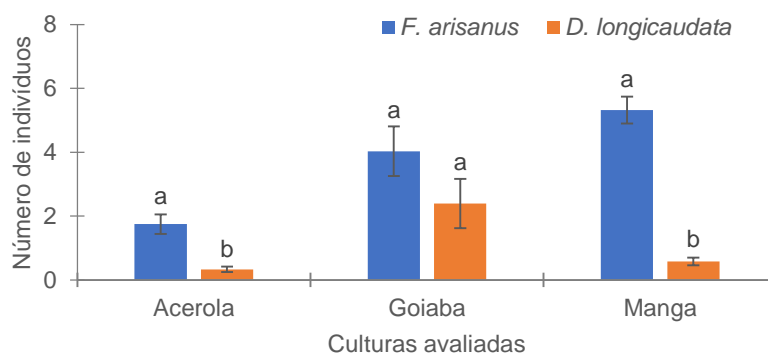


Figura 8. Comportamento de oviposição ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasminorpha longicaudata* (T3) em acerola, goiaba e manga infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras diferentes representam diferenças significativas entre *F. arisanus* e *D. longicaudata* dentro de cultura avaliada (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

Em acerola, foi observado que a atividade das fêmeas em pouso + oviposição foram semelhantes nas duas espécies, *F. arisanus* e *D. longicaudata*, nos períodos de 11:00 a 11:30h (KW=0,7574;  $p=0,3841$ ) e 13:00 a 13:30h (KW=0,2823;  $p=0,5952$ ). No entanto, no primeiro período de avaliação, de 9:00 a 09:30h, foi observado maior atividade de *F. arisanus* em comparação a *D. longicaudata* (KW=8,7176;  $p=0,0032$ ). *D. longicaudata* mostrou-se mais ativo que *F. arisanus* apenas no último período observado (KW= 5,7599;  $p=0,0164$ ) (Figura 9A).

Em goiaba, a atividade de *F. arisanus* superou a de *D. longicaudata* no último período apenas, de 15:00 a 15:30h (KW= 7,4317;  $p=0,0064$ ), não sendo observadas diferenças significativas para os demais períodos avaliados (Figura 9B).

Em manga, as atividades de pouso e/ou oviposição de *F. arisanus* foram significativamente superior à de *D. longicaudata* nos quatro períodos de avaliação (KW=14,3072;  $p=0,0002$ , KW=14,2965;  $p=0,0002$ , KW=14,4928;  $p=0,0001$  e KW=13,8660;  $p=0,0002$ , para o período de 09:00 a 09:30h, 11:00 a 11:30, 13:00 a 13:30 e 15:00 a 15:30, respectivamente) (Figura 9C).



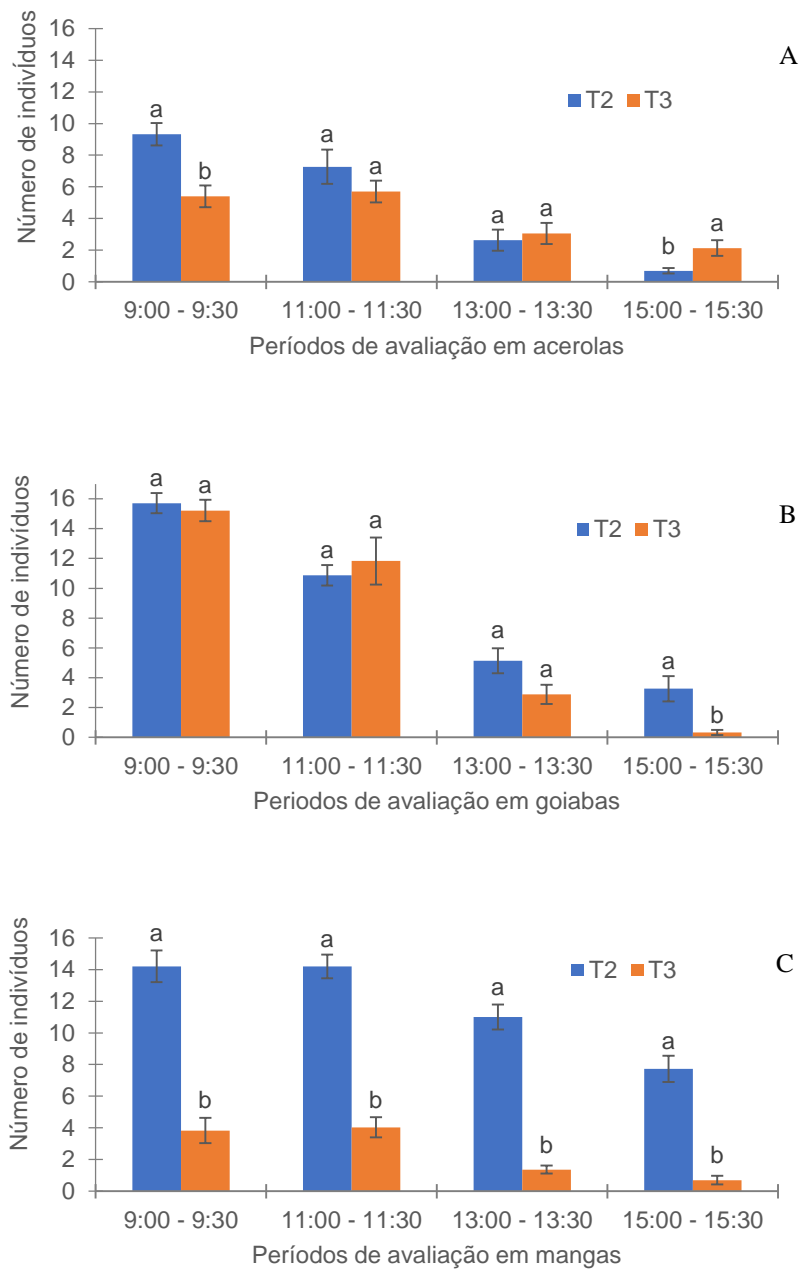


Figura 9. Comportamento de pouso + oviposição (total de indivíduos sobre o fruto) ( $\pm$  erro padrão) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasmimorpha longicaudata* (T3) em acerola (A), goiaba (B) e manga (C) infestadas com *Ceratitis capitata*. Letras diferentes representam diferenças significativas entre *F. arisanus* e *D. longicaudata* dentro de cada período avaliado (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

Verificaram-se que as atividades de pouso e de oviposição de ambas as espécies de parasitoides, *F. arisanus* e *D. longicaudata*, foram correlacionadas negativamente com a temperatura e positivamente com a Umidade Relativa do ar (UR), para as três espécies de frutas estudadas, com exceção de *D. longicaudata* em acerola, na qual não se observou correlação significativa entre atividade de forrageamento e oviposição nem com temperatura e nem com UR (Figura 10).

Estes resultados estão de acordo com aqueles observados por Paranhos *et al.* (2007b), onde foi observada correlação entre a distância média de dispersão de *D. longicaudata* com variáveis climáticas em diferentes épocas do ano, em pomares de citros, em Piracicaba-SP. No verão, onde foram registradas apenas pequenas variações de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental, as condições climáticas não afetaram a atividade comportamental dos parasitoides. Por outro lado, a maior atividade foi registrada no verão (média de 23,8°C) quando em comparação com o inverno (média de 15,9°C), indicando que temperaturas baixas afetam adversamente a atividade comportamental dos parasitoides.

Assim, aliado aos resultados obtidos em diferentes regiões do Brasil, sugere-se que em temperaturas baixas (média de 15,9°C, como as do inverno em Piracicaba-SP) e elevadas (média de 30°C, como registradas em Petrolina-PE) desfavorecem a atividade de forrageamento de *D. longicaudata*. Desta forma, espera-se que em regiões mais quentes, como é o caso da cidade de Petrolina-PE, fêmeas de *D. longicaudata* restringirão suas atividades aos curtos períodos do dia onde as condições de temperatura e UR mostram-se mais favoráveis.

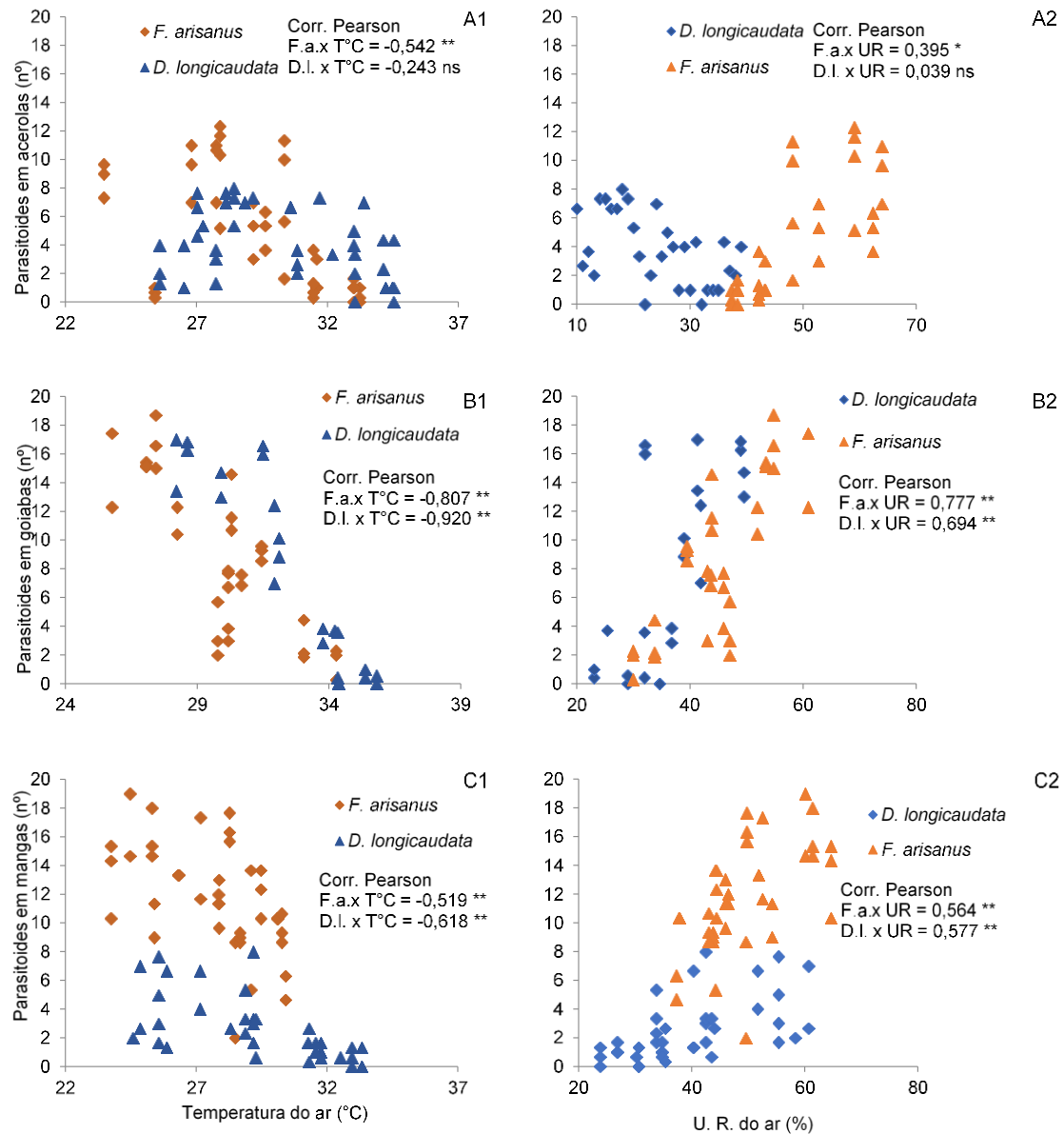


Figura 10. Comportamento de pouso + oviposição (parasitoides em atividade no fruto) de *Fopius arisanus* (T2) e *Diachasma longicaudata* (T3) em acerola (A), goiaba (B) e manga (C) infestadas com *Ceratitidis capitata* em correlação com a temperatura (°C) e umidade relativa do ar (U. R. %), medidos pelo coeficiente de correlação de Pearson ( $p < 0,01$ ).

**Comportamento de *Diachasmimorpha longicaudata* sobre hospedeiros não parasitados e previamente expostos ao parasitismo por *Fopius arisanus*, em experimentos sem chance de escolha.**

Não foram observadas diferenças significativas na atividade de fêmeas de *D. longicaudata* em acerolas (KW=3,5856; p=0,0583) e goiabas (KW= 0,7008; p=0,4025) infestadas com *C. capitata* previamente expostas a *F. arisanus*, em comparação com hospedeiros que não foram previamente expostos. Porém, em mangas, esta comparação revelou maior atividade de *D. longicaudata* em frutos previamente expostos a *F. arisanus* (KW=7,5167; p=0,0061) (Figura 11).

Estes resultados sugerem que fêmeas de *D. longicaudata* não conseguiram distinguir entre frutos infestados com larvas de *C. capitata* que foram expostas ao parasitismo por *F. arisanus* na fase de ovos em acerolas e goiabas. Por outro lado, o fato ocorrido em manga, onde *D. longicaudata* preferiu frutos previamente expostos ao parasitismo por *F. arisanus*, pode ter sido por outros fatores, visto que os tratamentos T3 (exposição única ao *D. longicaudata*) e T4 (exposição consecutiva às duas espécies de parasitoides) foram realizados em gaiolas de campo separadas e muitas vezes, em dias diferentes.

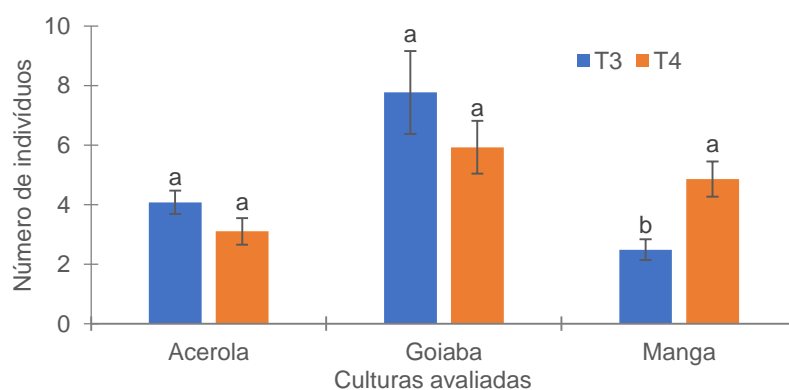


Figura 11. Atividade de pouso + oviposição (total de indivíduos sobre frutos) ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* em acerolas, goiabas, e mangas infestadas com *Ceratitidis capitata*, previamente expostas a *Fopius arisanus* (T4) ou não (T3), em experimento sem chance de escolha. Letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste Dunn, p < 0,05).

## 5.2 Eficiência de parasitismo de *D. longicaudata* em frutos infestados com *C. capitata*, em experimento com chance de escolha

Em testes de eficiência de parasitismo de *D. longicaudata*, com chance de escolha, observou-se efeito significativo entre tratamentos para o número médio de pupas recuperadas em acerolas ( $F=6,31$ ;  $p=0,0218$ ), mas não em goiabas ( $F=0,61$ ;  $p=0,4463$ ) e mangas ( $F=0,44$ ;  $p=0,5161$ ). Em acerolas, observou-se maior número médio de pupas recuperadas em frutos não expostos ( $16,20 \pm 1,88$ ), quando em comparação com frutos previamente expostos ao seu heteroespecífico, *F. arisanus* ( $8,90 \pm 2,22$ ). Assim, a maior média de pupas recuperadas em frutos oferecidos unicamente a *D. longicaudata* em acerolas, sugere que o duplo parasitismo causou morte significativa dos imaturos de *C. capitata*. As médias para frutos não expostos e previamente expostos a *F. arisanus* foram  $115,63 \pm 25,55$  e  $84,25 \pm 30,83$ ;  $110,70 \pm 41,90$  e  $79,50 \pm 21,50$  para goiabas e mangas, respectivamente. Nota-se, que apesar de não ter havido diferença estatística, as médias foram maiores no tratamento com parasitismo por uma única espécie.

Nestes experimentos, observou-se que a viabilidade pupal não diferiu significativamente entre tratamentos para acerolas ( $F=0,19$ ;  $p=0,6692$ ), goiabas ( $F=0,16$ ;  $p=0,6956$ ), ou mangas ( $F=0,32$ ;  $p=0,5767$ ). Em acerolas, a viabilidade das pupas em frutos expostos e não expostos a *F. arisanus* foram  $77,34 \pm 4,58$  e  $73,49 \pm 7,59$ , respectivamente; em goiaba,  $88,33 \pm 3,20$  e  $86,63 \pm 2,80$ , respectivamente; e em manga,  $71,05 \pm 9,26$  e  $77,53 \pm 5,13$ , respectivamente. Em todos os tratamentos foi observado alta viabilidade pupal, mostrando que os experimentos foram bem conduzidos, tanto em termos de manuseio dos frutos e pupas como em termos ambientais.

Quando fêmeas de *D. longicaudata* tiveram chance de escolher entre frutos infestados por *C. capitata* previamente expostos a *F. arisanus* e frutos não expostos, observou-se que a taxa de emergência de moscas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para acerolas ( $F=0,09$ ;  $p=0,7692$ ), com médias de  $48,08 \pm 6,96$  e  $51,51 \pm 9,16$ , respectivamente para frutos previamente expostos e não expostos a *F. arisanus*. Entretanto, observaram-se diferenças entre os tratamentos para os frutos de goiaba ( $F=20,02$ ;  $p=0,0005$ ) e manga ( $F=9,74$ ;  $p=0,0066$ ) (Figura 12). Em goiaba, a taxa de emergência de moscas foi superior em frutos não expostos a *F. arisanus* ( $63,72 \pm 4,61$ ) quando em comparação com expostos ( $29,45 \pm 6,12$ ). Para a manga, os resultados foram similares a goiaba, com taxa superior em frutos não expostos a *F.*

*arisanus* ( $82,08 \pm 5,29$ ) comparado a frutos previamente expostos ( $47,55 \pm 8,91$ ) (Figura 12).

Os resultados apontam que, em goiabas e mangas a combinação de dois fatores de mortalidade contribuíram para a redução da emergência de *C. capitata* em frutos previamente expostos a *F. arisanus*: os parasitoides que conseguiram se desenvolver completamente no pupário dos hospedeiros e os hospedeiros mortos por efeito do parasitismo duplo. Assim, houve a redução do número de emergências e consequente redução do número de moscas potencialmente capazes de se transformar em adultos reprodutores.

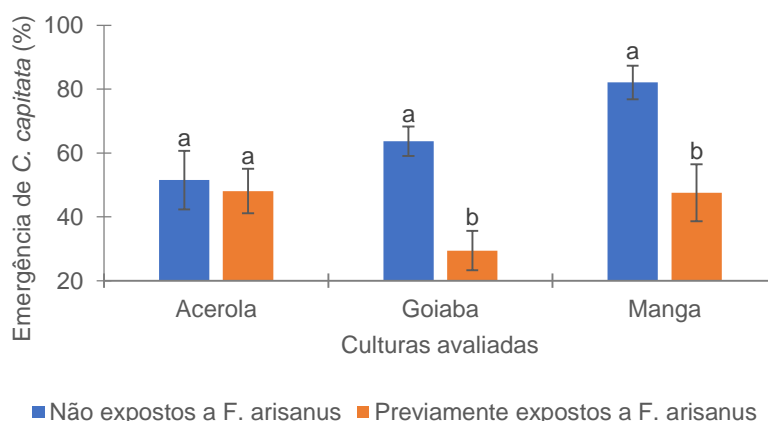


Figura 12. Taxa de emergência ( $\pm$  erro padrão) de *Ceratitis capitata* em acerola, goiaba, e manga, em experimentos onde fêmeas de *Diachasmimorpha longicaudata* tiveram chance de escolha entre frutos previamente expostos e não expostos a *Fopius arisanus*. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Não houve diferença significativa entre frutos previamente expostos e não expostos a *F. arisanus* considerando-se a razão sexual da progênie de *D. longicaudata* em acerola ( $F=0,45$ ;  $p=0,5126$ ), goiaba ( $F=2,68$ ;  $p=0,1236$ ), ou manga ( $F=0,35$ ;  $p=0,5661$ ). Assim a presença do seu heteroespecífico não afetou os números médios de fêmeas e machos da progênie de *D. longicaudata*.

Comparando-se as taxas médias de parasitismo de *D. longicaudata* entre frutos previamente expostos e não expostos a *F. arisanus*, não foram observadas diferenças significativas em acerola ( $F=0,61$ ;  $p=0,4460$ ), goiaba ( $F=2,70$ ;  $p=0,1223$ ), ou manga ( $F=1,67$ ;  $p=0,2145$ ). As taxas de parasitismo foram de  $15,19 \pm 4,56$  e  $20,23 \pm 4,59$ ;  $12,96 \pm 4,09$  e  $23,26 \pm 4,74$ ;  $3,47 \pm 1,52$  e  $6,82 \pm 2,20$ , para frutos expostos e não expostos ao parasitismo prévio por *F. arisanus* em acerola, goiaba, e manga, respectivamente.

Estes resultados corroboram os de Wang *et al.* (2003) em estudos de reconhecimento interespecífico por *D. longicaudata*. Não foram observadas diferenças significativas na percentagem de hospedeiros atacados, número de oviposições ou proporções de oviposições por picadas por *D. longicaudata* entre hospedeiros não parasitados e hospedeiros previamente parasitados por *F. arisanus*. Assim, embora houvessem hospedeiros não-parasitados disponíveis, *D. longicaudata* depositou ovos em hospedeiros previamente expostos ao parasitismo pelo seu heteroespecífico *F. arisanus*.

O fato de não ter havido diferença entre as taxas de parasitismo sugere que *D. longicaudata* não sofreu competição interspecífica com *F. arisanus*. Entretanto, no experimento sem escolha em acerola, foi observado um decréscimo na taxa de parasitismo por *D. longicaudata* em competição com *F. arisanus* (T4) (Figura 4). O mesmo foi observado em mangas, em experimentos sem chance de escolha, com menor parasitismo por *F. arisanus* em condições de competição com *D. longicaudata* (Figura 3). Estes casos isolados podem ter ocorrido por outros motivos que não os avaliados neste experimento, porque de uma maneira geral, nenhum dos parasitoides mostrou ter sua eficiência reduzida em condições de competição com seu heteroespecífico, seja em experimentos sem escolha ou em experimentos com escolha. Mostrando, assim, que ambas as espécies de parasitoides são bons competidores nos frutos estudados.

No México, em situação de competição interespecífica com espécies nativas de parasitoides em matas naturais infestadas com *Anastrepha* spp., Montoya *et al.* (2017), relataram maior abundância de *D. longicaudata* após liberações aumentativas. A maior abundância relativa de *D. longicaudata* sugere que esta espécie pode, como estratégia competitiva, ocupar “espaços livres” deixados por espécies nativas de parasitoides. Assim, o maior impacto das liberações de *D. longicaudata* foi observado em árvores frutíferas exóticas, que não parecem ser preferidas por espécies nativas de parasitoides (Montoya *et al.*, 2017). Adicionalmente, o parasitismo anual por parasitoides nativos foi afetado significativamente nas zonas de liberação, entretanto, a riqueza e diversidade de espécies não foram afetadas pelas liberações de *D. longicaudata*. Isso mostra que as liberações de *D. longicaudata* não representam uma séria ameaça à conservação e ao equilíbrio da biodiversidade natural.

### 5.2.1 Atividade comportamental de *D. longicaudata* com chance de escolha

Quando ocorrem interações entre espécies de parasitoides, fêmeas podem evitar colocar seus ovos em situações competitivas por meio de diferentes estratégias (Paranhos *et al.*, 2013a). Assim, em competições extrínsecas, as espécies de parasitoides podem explorar outros nichos (Amarasekare, 2003), buscar novas espécies hospedeiras (Messing & Wang, 2009) ou ainda, por meio do forrageamento condicional, discriminar e assim evitar hospedeiros previamente parasitados (Sivinski & Aluja, 2012).

Observou-se que, embora *D. longicaudata* tenham tido livre chance de escolha entre os frutos previamente expostos ao parasitismo por *F. arisanus* e frutos não expostos, em nenhuma das culturas avaliadas, as fêmeas de *D. longicaudata* mostraram preferência entre as duas opções (KW=1,7376; p= 0,1874; KW=3,6820; p=0,0550; KW= 0,3510 p=0,5535, para acerola, goiaba e manga, respectivamente) (Figura 13).

Esses resultados corroboram as observações realizadas por Gonçalves (2016) por meio de bioensaios olfatométricos. Este autor demonstrou que fêmeas de *D. longicaudata* foram igualmente atraídas pelos voláteis de frutos apenas infestados com larvas de *A. fraterculus* e por frutos explorados previamente pelo heteroespecífico *Doryctobracon areolatus*, demonstrando assim, que não houve discriminação dos hospedeiros por *D. longicaudata*.

Em contrapartida, *D. longicaudata* possui uma capacidade diferencial e inata de discriminação de hospedeiros anteriormente parasitados por outra fêmea da sua espécie (discriminação coespecífica). A partir dos resultados obtidos por Montoya *et al.* (2003), pode-se observar que o número de oviposições feitas por fêmeas experientes em larvas parasitadas por seus coespecíficos foi sempre reduzido em comparação com as fêmeas sem experiência prévia em oviposição, sugerindo que a experiência melhorou a capacidade de discriminação do hospedeiro.

A atividade comportamental de *D. longicaudata* observado neste estudo confirma os resultados de parasitismo para esta espécie em condição de livre chance de escolha, mostrando que não houve diferença significativa entre as taxas de parasitismo em frutos previamente expostos e não expostos ao seu heteroespecífico. Assim, em todas as culturas avaliadas, fêmeas de *D. longicaudata* não discriminaram hospedeiros previamente expostos a *F. arisanus*.



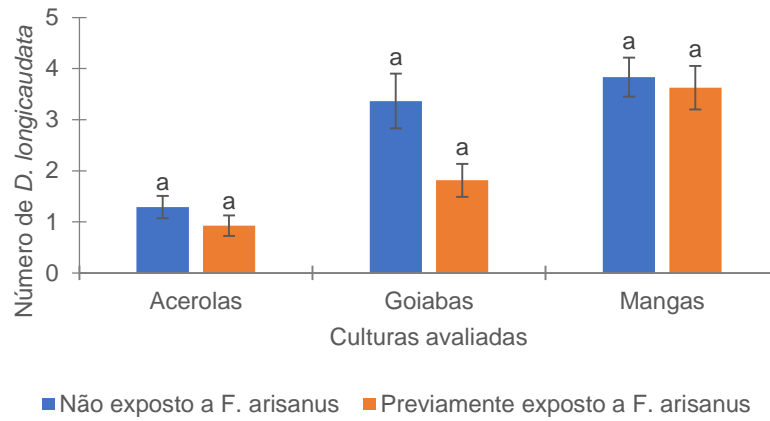


Figura 13. Número de fêmeas ( $\pm$  erro padrão) de *Diachasmimorpha longicaudata* sobre frutos de acerola, goiaba, e manga contendo imaturos de *Ceratitis capitata* previamente expostos ou não expostos a *Fopius arisanus*. Letras diferentes representam diferenças significativas para os tratamentos dentro de cada cultura avaliada (Teste Dunn,  $p < 0,05$ ).

## 6. CONCLUSÕES

As menores taxas de emergência de *C. capitata* foram obtidas com o uso de *D. longicaudata* em acerolas; com a associação de *F. arisanus* e *D. longicaudata* em goiabas e o uso exclusivo de *F. arisanus* em mangas;

Para acerolas, recomenda-se o emprego de *D. longicaudata*, uma vez que promoveu maior taxa de parasitismo quando comparado ao emprego exclusivo de *F. arisanus* e teve resultados semelhantes quando se usou ambas espécies;

Em goiabas e mangas, recomenda-se o uso de *F. arisanus* pois obteve-se maior taxa de parasitismo, sendo igual em goiabas ou menor em mangas, quando em comparação com o uso de ambas as espécies;

A taxa de parasitismo por *F. arisanus* foi superior em goiabas, seguido de acerolas e mangas, não sendo observadas diferenças significativas entre estas últimas;

A taxa de parasitismo por *D. longicaudata* foi superior em acerolas, decrescendo para goiabas e por último em mangas;

Ambos parasitoides, *F. arisanus* e *D. longicaudata*, mostraram ser bons competidores, pois não tiveram a taxa de parasitismo reduzida na competição interespecífica;

A atividade de *F. arisanus* foi sempre superior ou igual a atividade de *D. longicaudata* em todas as frutíferas e períodos estudados;

A atividade dos parasitoides nos frutos estudados correlacionou-se negativamente com a temperatura e positivamente com a umidade relativa do ar;

Fêmeas de *D. longicaudata* não conseguem reconhecer frutos que foram expostos previamente ao parasitismo pelo heteroespecífico *F. arisanus*.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUJA, M.; MANGAN, R. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annu Rev Entomol* v. 53, p. 473–502, 2008.
- ALUJA, M.; OVRUSKI, S.M.; SIVINSKI, J.; CÓRDOVA- GARCÍA, G.; SCHLISERMAN, P.; NUÑEZ- CAMPERO, S.R.; ORDANO, M. Inter- specific competition and competition- free space in the tephritid parasitoids *Utetes anastrephae* and *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae). *Ecological Entomology*, v. 38, p. 485-496, 2013.
- ALVARENGA, C.D.; GIUSTOLIN, T.A.; QUERINO, R.B. Alternativas no controle de moscas-das-frutas. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Coord.). *Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças*. Viçosa, MG: EPAMIG, 2006, cap. 11, p. 227-252.
- AMARASEKARE, P. Competitive coexistence in spatially structured environments: a synthesis. *Ecol. Lett*, v. 6, p. 1109–1122, 2003.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. 2016. POLL, H. (eds.), Editora Gazeta Santa Cruz, 86p.
- ARAUJO J.L.P.; CORREIA R.C. Análise da composição dos custos de produção e da rentabilidade do sistema típico de produção da goiaba explorada na região do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21. Anais Frutas: saúde, inovação e responsabilidade. Natal: SBF. 2010.
- BENREY B.; DENNO R.F. The slow-growth—high-mortality hypothesis: A test using the cabbage butterfly. *Ecology*, v. 78, p. 987–999, 1997.
- BESS H.A.; VAN DEN BOSCH R.; HARAMOTO F.H. Fruit fly parasites and their activities in Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, v. 15, p. 201–206, 1961.
- BOKONON-GANTA A.H.; RAMADAN M.M.; WANG, X-G; MESSING R.H. Biological performance and potential of *Fopius ceratitivorus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg–larval parasitoid of tephritidae fruit flies, newly imported to Hawaii. *Biological Control*, v. 33, p. 238–247, 2005.
- BOKONON-GANTA A.H.; RAMADAN M.M.; MESSING R.H. Reproductive biology of *Fopius ceratitivorus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg-larval parasitoid of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, v. 41, p. 361–367, 2007.
- BOIVIN G.; BRODEUR J. Intra-and interspecific interactions among parasitoids: mechanisms, outcomes and biological control. In: BRODEUR J.; BOVIN G. (Eds.). *Trophic and Guild Interactions. Biological Control*. Springer, Dordrecht, the Netherlands. 2006, p. 123-144.
- CARVALHO R.S.; NASCIMENTO A.S.; MATRANGOLO W.J.R. Controle biológico. In: MALAVASI A.; ZUCCHI R.A. (eds.). *Moscas-das-frutas de importância*

*econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000, cap. 9, p. 113-117.

CARVALHO R.S.; NASCIMENTO A.S. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae). In: PARRA J.R. *et al.* (Eds.) *Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002, p.165-179.

CARVALHO R.S. 2004. Monitoramento de parasitoides nativos e de Tefritídeos antes da liberação de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) no Submédio São Francisco. Cruz das Almas: *Embrapa Mandioca e Fruticultura*. 6p. (Boletim Técnico, 100).

CARVALHO R.S. 2005. Metodologia para monitoramento populacional de moscas-das-frutas em pomares comerciais. Cruz das Almas: *Embrapa CNPMF*. 17p. (Circular Técnica, 75).

CORSATO C.D.A. 2004. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares de goiaba no norte de Minas Gerais: biodiversidade, parasitoides e controle biológico. Piracicaba: USP – ESALQ. 83p (Tese doutorado).

COSTA M.L.E da; GAMA F.C de; COELHO R.S.; SANTOS J.O de; SILVA W.I.D.; PARANHOS B.A.J. Atratividade do parasitoide de moscas-das-frutas, *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a frutos de diferentes espécies cultivadas no vale do São Francisco. In: *JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO*, 8. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 159-165, 2013.

CRUZ I.B.M.; NASCIMENTO J.C do; TAUFER M.; OLIVEIRA A.K. Morfologia do aparelho reprodutor e biologia do desenvolvimento. In: MALAVASI A.; ZUCCHI R.A. (eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos, 2000, cap. 6, p.55-66.

CUNHA A.C.; SILVA R.A.; 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, p. 125-133, 2011.

DAMASCENO I.C. 2013. Influência da composição da dieta larval e da radiação x na qualidade de *Ceratitis capitata* wiedemann, 1824 (Díptera: tephritidae) produzida em criação massal. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Dissertação (Mestrado em Defesa Agropecuária). 68 f.

DICKE M.; BALDWIN I.T. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the ‘cry for help’. *Trends in Plant Science*, v. 15, p. 167–175, 2010.

ENKERLIN W.; GUTIÉRREZ-RUELAS J.M.; CORTES A.V.; ROLDAN E.C.; MIDGARDEN D. *et al.* Area freedom in Mexico from Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): A review of over 30 years of a successful containment program using an integrated area-wide SIT approach. *Fla Entomol*, v. 98, p. 665–681, 2015.

FISHER R.C. Oxygen requirements and the physiological suppression of supernumerary insect parasitoids. *Journal of Experimental Biology*, v. 38, p. 605–638, 1963.

FISHER, R.C. Aspects of the physiology of endoparasitic Hymenoptera. *Biological Reviews*, v. 46, p. 243–278, 1971.

GALLO D.; NAKANO O.; SILVEIRA NETO S.; CARVALHO R.P.L.; BATISTA G.C.; BERTI FILHO E.; PARRA J.R.P.; ZUCCHI R.A.; ALVES S.B.; VENDRAMIN J.D.; MARCHINI L.C.; LOPES J.R.S.; OMOTO C. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

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.

GARCIA F.R.M.; RICALDE M.P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil Insects. *Basel*, v. 4, p. 55-70, 2012.

GODFRAY H.C.J. Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology. New Jersey: Princeton University Press. 1994.

GONÇALVES R.S. 2016. Técnicas de criação, bioecologia e competição interespecífica de parasitoides (Hymenoptera: Braconidae) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). Pelotas: UFPEL. 182p (Tese doutorado).

GUIMARÃES J.A.; ZUCCHI R.A. Parasitism behavior of three species of *Eucoilinae* (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) fruit fly parasitoids (Diptera) in Brazil. *Neotropical Entomology*, v.33, p.217-224, 2004.

HARRIS E.J.; BAUTISTA R.C.; VARGAS R.I.; JANG E.B. Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) in mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Hawaii. *Entomol. Soc.*, v. 39, p. 121-126, 2007.

HARRIS E.J.; BAUTISTA R.C.; VARGAS R.I.; JANG E.B.; EITAM A.; LEBLANC L. Suppression of melon fly (Diptera: Tephritidae) populations with releases of *Fopius arisanus* and *Psytalia fletcheri* (Hymenoptera: Braconidae) in North Shore Oahu, HI, USA. *BioControl*, v. 55, p. 593-599, 2010.

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

HAWKINS B.A. Pattern and process in host-parasitoid interactions. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 1994.

HAWKINS B.A. Species coexistences in parasitoid communities: does competition matter?. In: HOCHBERG M.E.; IVES A.R. (Eds.). *Parasitoid Population Biology*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 2000, p. 198-214.

HEIMPEL, G.E.; ASPLEN, M.K. A “Goldilocks” hypothesis for dispersal of biological of control agents. *BioControl*, v. 56, p.441–450, 2011.

HERNANDEZ-ORTIZ V.; GUILLÉN-AGUILAR J.; LÓPEZ L. Taxonomía e Identificación de Moscas de la Fruta de Importancia Económica en América. In: MONTOYA P.; HERNÁNDEZ E. *Moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo*. México, 2010. DF: IICA, p. 49-80.

KRIJGER C.L.; PETERS Y.C.; SEVENSTER J.G. Competitive ability of neotropical *Drosophila* predicted from larval development times. *Oikos*, v. 92, p. 325-332, 2001.

KRODER S.; MESSING R.H. A new parasitoid from Kenya, *Fopius ceratitivorus*, complements the extant parasitoid guild attacking Mediterranean fruit fly in Hawaii. *Biological Control*, v. 53, p. 223-229, 2010.

MACKAUER M. Host discrimination and larval competition in solitary endoparasitoids. In: MACKAUER M.; EHLER L.E.; ROLAND J. (Eds.). *Critical Issues in Biological Control, Intercept, Andover*. 1990, p. 41–62.

MALAVASI A.; ZUCCHI R.A.; SUGAYAMA R.L. Biogeografia. In: MALAVASI A.; ZUCCHI R.A. (eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil – conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000, cap. 10, p. 93-98.

MALAVASI A. Biologia, ciclo de vida, relação com o hospedeiro, espécies importantes e biogeografia de tefritídeos. In: MALAVASI, A.; VIRGÍNIO, J. F. (eds.). *CURSO INTERNACIONAL DE CAPACITAÇÃO EM MOSCAS-DAS-FRUTAS, 5... Biologia, monitoramento e controle de moscas-das-frutas*. Juazeiro: Biofábrica Moscamed Brasil, 2009, p. 1-5.

MANOUKIS N.; GEIB S.; SEO D.; MCKENNEY M.; VARGAS R.; JANG E. An optimized protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of tephritidae fruit flies. *Journal of Visualized Experiments*, v. 53, p. 1-4, 2011.

MARINHO C.F.; DE SOUZA-FILHO M.F.; RAGA A.; ZUCCHI R.A. Parasitoides (Hymenoptera: Braconidae) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no Estado de São Paulo: plantas associadas e parasitismo. *Neotropical Entomology*, v. 38(3), p. 321-326, 2009.

MESSING R.H.; WANG X.G. Competitor-free space mediates nontarget impact of an introduced biological control agent. *Ecological Entomology*, v. 34, p. 107–113, 2009.

MILLS N. Interspecific competition among natural enemies and single versus multiple interactions in biological control. In: BRODEUR J.; BOIVIN G. (Eds.). *Trophic and Guild Interactions in Biological Control*. Springer, the Netherlands, 2006, p. 191–220.

MIRANDA M.; SIVINSKI J.; RULL J.; CICERO L.; ALUJA M. 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.

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

MONTOYA P.; BENREY B.; BARRERA J.F.; ZENIL M.; RUIZ L.; LIEDO P. Oviposition behavior and conspecific host discrimination in *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a fruit fly parasitoid. *Biocontrol Science and Technology*, v. 13(7), p. 683-690, 2003.

MONTOYA P.; SUÁREZ A.; CANCINO J. *Fopius arisanus* oviposition in four *Anastrepha* fruit fly species of economic importance in Mexico. *Biocontrol Science and Technology*, v. 54(3), p. 437-444, 2009.

MONTOYA, P.; LÓPEZ, P.; CRUZ, J.; LÓPEZ, F.; 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*, p. 1-13, 2017.

MURDOCH W.W.; BRIGGS C.J.; NISBET R.M. Competitive displacement and biological control in parasitoids: a model. *American Naturalist*, v. 148, p. 807-826, 1996.

NORRBOM A.L.; KORYTKOWSKI C.A.; ZUCCHI R.A.; URAMOTO K.; VENABLE G.L.; MCCORMICK J.; DALLWITZ M.J. 2012. *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys; version: 31 August 2012. Disponível em: <<http://deltaintkey.com/anatox/intro.htm>>. Acessado em 04 de dezembro de 2016.

OLIVEIRA P.C.C.; FONSECA E.D.; ALVARENGA C.D.; GIUSTOLIN T.A.; RABELO M.M.; COUTINHO C.R. Effect of the age of larvae *Ceratitis capitata* (Wied.) in the biological quality of parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead). *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 81, n.3, p. 244-249, 2014.

OLIVEIRA P.C.C. 2015. *Tamanho da larva hospedeira como fator determinante do parasitismo de Diachasmimorpha longicaudata em Ceratitis capitata*. Janaúba: Universidade Estadual de Montes Claros. 77 f. (Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido).

OVRUSKI S.M.; SCHLISERMAN P.; ALUJA M. Indigenous Parasitoids (Hymenoptera) Attacking *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Native and Exotic Host Plants in Northwestern Argentina. *Biological Control*, v. 29, p. 43-57, 2004.

OVRUSKI S.M.; BEZDJIAN L.P.; VAN NIEUWENHOVE G.A.; ALBORNOZ-MEDINA P.; SCHLISERMAN P. Host Preference by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymneoptera: Braconidae) Reared on Larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, v. 94, p. 195-200, 2011.

OVRUSKI S.M.; VAN NIEUWENHOVE G.; BEZDJIAN L.; ALBORNOZ-MEDINA P.; SCHLISERMAN P. Evaluation of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) as a mortality factor of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) infesting

Citrus species under laboratory and field-cage conditions. *Biocontrol Science and Technology*, v. 22, p. 187-202, 2012.

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

PARANHOS B.A.; MENDES P.C.; PAPADOPOULOS N.T.; WALDER J.M. Dispersion patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in citrus orchards in southeast Brazil. *Biocontrol Science and Technology*, v. 17, p.375-385, 2007b.

PARANHOS B.A.J; NASCIMENTO A.S.; BARBOSA F.R.; VIANA R.; SAMPAIO R.; MALAVASI A.; WALDER J.M.M. Técnica do Inseto Estéril: nova tecnologia para combater a mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata*, no Submédio do Vale do São Francisco. Petrolina: *Embrapa Semiárido*, 2008. 6p. (Comunicado Técnico, 137).

PARANHOS B.A.J. Controle Biológico de Mosca-das-frutas. In: MALAVASI A.; VIRGINIO J. (eds.). *Biologia, Monitoramento e Controle: V Curso Internacional de Capacitação em Moscas-das-frutas*. Juazeiro: 2009, p. 29-31.

PARANHOS B.A.J.; SIVINSKI J.; 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, p.717-723, 2013a.

PARANHOS B.A.J.; DE SÁ L.A.N.; MANOUKIS N.C.; PRADO S.S.; MORELLI R.; NAVA D.E.; LIMA A.L.; JANG E. Competição interespecífica entre o parasitoide exótico *Fopius arisanus* e o nativo *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera: Braconidae) em *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). In: 13º SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, Resumos... Bonito: SEB (CD-ROM). 2013b.

PEDERSEN B.S.; MILLS N.J. Single vs. multiple introduction in biological control: the role of parasitoid efficiency, antagonism and niche overlap. *Journal of Applied Ecology*, v. 41, p. 973–984, 2004.

PEREIRA F.M. Goiaba: Antecedentes, progresso e perspectivas. In: ALBUQUERQUE A.C.S.; SILVA A.G. (eds.). *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, cap. 9, p. 375-382.

PINTO A.C de Q.; PINHEIRO NETO F.; GUIMARÃES T.G. Estratégias do melhoramento genético da manga a visando atender a dinâmica de mercado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 64-72, Número Especial, 2011.

PROKOPY R.J. Attraction of *Rhagoletis* flies (Diptera: Tephritidae) to red spheres of different sizes. *The Canadian Entomologist*, v. 109(04), p. 593-596, 1977.

RENDON P.; SIVINSKI J.; HOLLER T.; BLOEM K.; LOPEZ M.; MARTINEZ A.; ALUJA M. The effects of sterile males and two braconid parasitoids, *Fopius arisanus* (Sonan) and *Diachasmimorpha krausii* (Fullaway) (Hymenoptera), on caged



populations of Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae) at various sites in Guatemala. *Biological Control*, v. 36(2), p. 224-231, 2006.

RIVERO A. The relationship between host selection behaviour and offspring fitness in a koinobiont parasitoid. *Ecological Entomology*, v. 25, p. 467–472, 2000.

ROUSSE P.; HARRIS E.J.; QUILICI S. *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of Tephritidae. Overview. *Biocontrol News and Information*, v. 26, p. 59N–69N, 2005.

ROUSSE, P.; CIROLEU F.; VESLOT J.; QUILICI S. The host- and microhabitat olfactory location by *Fopius arisanus* suggests a broad potential host range. *Physiol Entomol*, v. 32, p. 313-321, 2007.

SÁ R.F.; CASTELLANI M.A.; NASCIMENTO A.S.; BRANDÃO M.H.S.T.; SILVA, A.N.; PÉREZ-MALUF R. Índice de infestação e diversidade de moscas-das-frutas em hospedeiros exóticos e nativos no polo de fruticultura de Anagé, BA. *Bragantia*, v. 67, n. 2, p. 401-411, 2008.

SALT G. The defense reactions of insects to metazoan parasites. *Parasitology*, v. 53, p. 527–642, 1963.

SANTOS J.O de; GAMA F.C de; COSTA M.L.E da; RAMOS C.; PINTO G.S.; COELHO R.S.; PARANHOS B.A.J. Atratividade do parasitoide de ovos de mosca-das-frutas, *Fopius arisanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae), por diferentes frutos hospedeiros. In: *JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO*, 9. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 255-262. 2014.

SAS INSTITUTE INC.2014. *SAS University Edition: version for Windows*. Cary, NC, USA.SAS Institute.

SCHLISERMAN P.; OVRUSKI S.; DECOLL O.R.; WHARTON R. Diversity and Abundance of Hymenopterous Parasitoids Associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Native and Exotic Host Plants in Misiones, Northeastern Argentina. *Florida Entomologist*, v. 93, p. 175-182, 2010.

SEGURA D.F.; VISCARRET M.M.; OVRUSKI S.M.; CLADERA J.L. Response of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* to host and host-habitat volatile cues. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 143, p. 164–176, 2012.

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* 11(3): e0152222. doi:10.1371/journal.pone.0152222. 2016.

SIVINSKI J. The influence of host fruit morphology on parasitization rates in the Caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa*. *Entomophaga*, v. 36, p. 447–454, 1991.

SIVINSKI J. The past and potential of biological control of fruit flies. In: MCPHERON B.A.; STECK G.J. (eds). *Fruit fly pests, a world assessment of their biology and management*. Delray Beach: St. Lucie Press, 1996, p. 369-375.

SIVINSKI J.; ALUJA M.; LOPEZ 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, p. 604-618, 1997.

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

SILVA NETO A.M.; SANTOS T.R.O.; DIAS V.S.; JOAQUIM-BRAVO I.S.; BENEVIDES L.J.; OLIVEIRA G.B.; WALDER J.M.M.; PARANHOS B.A.J.; NASCIMENTO A.S. Mass-rearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil. *Scientist Agricola*, v.69, n.6, p. 364-369, 2012.

SILVA R.A.; JORDÃO A.L.; SÁ L.A.N.; OLIVEIRA M.R.V. Ocorrência da mosca-dacarambola no estado do Amapá. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v. 4, n. 7, 2005.

SOUZA F.F.; DEON M.D.; CASTRO J.M.C.; LIMA M.A.C.; RYBKA A.C.P.; FREITAS S.T. 2013. Principais Variedades de Aceroleiras Cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco. Embrapa Semiárido, Petrolina. 21p. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br>

STELINSKI L.L.; RODRIGUEZ-SAONA C.; MEYER W.L. Recognition of foreign oviposition-marking pheromone in a multi-trophic context. *Naturwissenschaften*, v. 96, p. 585–592, 2009.

STOEPLER T.M.; LILL J.T.; MURPHY S.M. Cascading effects of host size and host plant species on parasitoid resource allocation. *Ecological Entomology*, v. 36, p. 724–735, 2011.

STUHL C.; SIVINSKI J.; TEAL P.; ALUJA M. Responses of multiple species of tephritid (Diptera) fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) to sympatric and exotic fruit volatiles. *Florida Entomologist*, v. 95, p. 1031–1039, 2012.

SUAREZ L.; MURUA F.; LARA N.; ESCOBAR J.; TARET G.; RUBIO J.L.; OVRUSKI S.M. Biological control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Argentina: releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in fruit-producing semi-arid areas of San Juan. *Natural Science*. 2014.

TAKEMOTO H.; POWELL W.; PICKETT J.; KAINOH Y.; TAKABAYASHI J. Two-step learning involved in acquiring olfactory preferences for plant volatiles by parasitic wasps. *Animal Behaviour*, v. 83, p. 1491–1496, 2012.

VARGAS R.I.; STARK J.D.; PROKOPY R.J.; GREEN T.A. Response of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) to different-color spheres. *J. Econ. Entomol*, v. 84, p. 1503–1507, 1991.

VARGAS R.I.; STARK J.D.; UCHIDA G.K.; PURCELL M. Opiine parasitoid (Hymenoptera: Braconidae) of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) on Kauai Island, Hawaii: Islandwide relative abundance and parasitism rates in wild and orchard guava habitats. *Environmental Entomology*, v. 22, p. 246-53, 1993.

VARGAS R.I; LEBLANC L.; MCKENNEY M.; MACKEY B.; HARRIS E.J.; BADJI K. Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) on Mediterranean Fruit Fly and its Introduction into Senegal against Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, v.48, p. 85–94, 2016.

VELOSO V.R.S.; FERNANDES P.M.; ZUCCHI R.A. Goiás. In: MALAVASI A; ZUCCHI RA (eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos, 2000, cap.36, p.247-252.

VIDAL D.B.; SILVA J.G da. Ocorrência de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no Sul da Bahia. In: *REUNIÃO ANUAL DA SBPC*, 57. Anais... Fortaleza: SBPC. Resumos. 2005.

VIEIRA NETO R.D. Fruteiras potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros/Empresa de desenvolvimento Agropecuário de Sergipe – *Emdagro*, 2002. 216p.

VIRGINIO JF. 2015. *Avaliação da linhagem transgênica, OX3864A de Ceratitis capitata (Wied.1824) (Diptera: Tephritidae), comparada à linhagem tsl Vienna 8, para aplicação na Técnica do Inseto Estéril*. Piracicaba: USP – CENA. 82p (Tese doutorado).

WANG X.G.; MESSING R.H. Intra- and interspecific competition by *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of tephritid fruit flies. *Biol. Control*, v. 27, p. 251-259, 2003.

WANG X.G.; MESSING R.H.; BAUTISTA R.C. Competitive superiority of early acting species: a case study of Opiine fruit fly parasitoids. *Biocontrol Science and Technology*, v. 13, p. 391-402, 2003.

WANG X.G.; BOKONON-GANTA A.H.; RAMADAN M.M.; MESSING R.H. Egg-larval opiine parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of tephritidae fruit fly pests do not attack the flowerhead-feeder *Trupanea dubautiae* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, v. 128, p. 716-722, 2004.

WANG X.G; BOKONON–GANTA A.H.; MESSING R.H. Intrinsic inter-specific competition in a guild of tephritid fruit fly parasitoids: Effects of co-evolutionary history on competitive superiority. *Biological Control*, v. 44, p. 312-320, 2008.

WHARTON R.A.; ANDGILSTRAP F.E. Key to and status of opine Braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis capitata* and *Dacus*, s.l. (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* v. 76, p. 721–742, 1983.

WHARTON R.A. Classical biological control of fruit Tephritidae. In: ROBINSON A & HARPER G (eds.). *World Crop Pests. Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies, and Control*. Amsterdam: Elsevier Science, 1989, v. 3b, p. 303-313.

WHARTON R.A.; TROSTLE M.K.; MESSING R.H.; COPELAND R.S.; KIMANINJOGU S.W.; LUX S.; OVERHOLT W.A.; MOHAMED S.; SIVINSKI J. Parasitoids of medfly, *Ceratitis capitata*, and related tephritids in Kenyan coffee: a predominantly koinobiont assemblage. *Bulletin of Entomological Research*, v. 90, p. 517–526, 2000.

ZENIL M.; LIEDO P.; WILLIAMS T.; VALLE J.; CANCINO J.; MONTOYA P. Reproductive biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, v. 29, n. 2, p.169-178, 2004.

ZUCCHI R.A. Taxonomia. In: MALAVASI A.; ZUCCHI R.A. (eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000, cap. 1, p.13-24.

ZUCCHI R.A. 2008. Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species their host plants and parasitoids. Disponível em: <<http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/>>, atualizado em 03 de agosto, 2017. Acessado em 23 de agosto de 2017.

ZUCCHI R.A. 2012. Fruit flies in Brazil - Hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly. Disponível em: <<http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitidis/>>, atualizado em 10 de abril, 2017. Acessado em 23 de agosto de 2017.

ZUCCHI R.A. Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). In: VILELA E.F.; ZUCCHI R.A. (eds.). *Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros*. São Paulo: FEALQ, 2015, cap.1.