



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

POTIÁRA OLIVEIRA DINIZ

**NÚMERO DE OVARIÓLOS E ASPECTOS DA DINÂMICA DE MATURAÇÃO
OVARIANA DE *Tetrastichus giffardianus* Silvestre, 1951 (HYMENOPTERA:
EULOPHIDAE) PARASITOIDE DE *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (DIPTERA:
TEPHRITIDAE), EM FUNÇÃO DE DIFERENTES RECURSOS ALIMENTARES**

MOSSORÓ - RN

2022

POTIÁRA OLIVEIRA DINIZ

**NÚMERO DE OVARIÓLOS E ASPECTOS DA DINÂMICA DE MATURAÇÃO
OVARIANA DE *Tetrastichus giffardianus* Silvestre, 1951 (HYMENOPTERA:
EULOPHIDAE) PARASITOIDE DE *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (DIPTERA:
TEPHRITIDAE), EM FUNÇÃO DE DIFERENTES RECURSOS ALIMENTARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

Co-orientadora: Dra. Elania Clementino Fernandes

MOSSORÓ - RN

2022

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

D585n Diniz, Potiára Oliveira.
 NÚMERO DE OVARÍOLOS E ASPECTOS DA DINÂMICA DE
 MATURAÇÃO OVARIANA DE *Tetrastichus giffardianus*
 Silvestre, 1951 (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)
 PARASITOIDE DE *Ceratitis capitata* (Wiedemann,
 1824) (DIPTERA: TEPHRITIDAE), EM FUNÇÃO DE
 DIFERENTES RECURSOS ALIMENTARES / Potiára
 Oliveira Diniz. - 2022.
 44 f. : il.

 Orientador: Elton Lucio de Araujo.
 Coorientadora: Elania Clementino Fernandes.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
 Fitotecnia, 2022.

 1. Parasitoide. 2. desenvolvimento ovariano.
 3. alimentação. 4. carga de ovos. I. de Araujo,
 Elton Lucio, orient. II. Clementino Fernandes,

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

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

POTIÁRA OLIVEIRA DINIZ

**NÚMERO DE OVARÍOLOS E ASPECTOS DA DINÂMICA DE MATURAÇÃO
OVARIANA DE *Tetrastichus giffardianus* Silvestre, 1951 (HYMENOPTERA:
EULOPHIDAE) PARASITOIDE DE *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (DIPTERA:
TEPHRITIDAE), EM FUNÇÃO DE DIFERENTES RECURSOS ALIMENTARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

APROVADA EM: __31__/_03__/_2022__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo - UFERSA
Orientador



Dr. Daniell Rodrigo Rodrigues Fernandes – INPA

Profa. Dra. Andreia Mitsa Paiva Negreiros – UFERSA

Prof. Dr. Rui Sales Junior – UFERSA

Dedico aos pequenos produtores rurais que dão duro para conseguir o pão de cada dia, em especial aos meus pais Ana Amélia e José Alberto que, apesar de tantas dificuldades nunca mediram esforços para me apoiar nessa caminhada.

DEDICO

Ao meu filho José Alberto por, desde pequeno, ser tão compreensivo ao ceder um tempo que lhe pertencia, por ser minha razão de não desistir.

OFEREÇO

"É ótimo celebrar o sucesso, mas mais importante ainda é assimilar as lições trazidas pelos erros que cometemos."

Bill Gates

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem sua permissão nada disso teria acontecido, por me dar saúde e forças durante mais essa caminhada.

Serei eternamente grata aos meus pais, Ana Amélia e José Alberto, por todo o apoio, força e amor incondicional. E aos meus irmãos, Poranga, Poliana e Carlos Alberto, que sempre me defenderam e incentivaram. São meus pilares, meu maior exemplo!

Ao meu filho José Alberto, que, mesmo sofrendo com minha ausência, sempre dizia com orgulho que a mamãe dele estava estudando para ser “alguém na vida”, por ser minha injeção diária de ânimo para enfrentar as dificuldades, diante de tanta saudade.

Ao professor Elton Lucio, pela orientação, apoio e confiança na realização deste trabalho.

Agradeço a Elania Fernandes pela valiosa coorientação, sempre compartilhando seus conhecimentos e oferecendo palavras de amizade e incentivo, pelo exemplo de profissionalismo e de ser humano incrível que és!

Ao meu namorado Fabrício, por todo o companheirismo, incentivo, amor e compreensão.

Agradeço aos meus tios Maria Eleusa, Ana Cleide e Antônio Carlos e à minha prima Adrielle, por todo o apoio recebido, em palavras e principalmente ações.

Às amigas especiais que a pós-graduação me trouxe: Maria Ítala, Hellany, Cynthia, Rayane e Mayara, pessoas incríveis que tive a honra de conviver por algum tempo e que sempre ficarão em meu coração.

Agradeço a Bárbara, minha colega de apartamento, por ter se tornado uma grande amiga, por me confortar e me incentivar nos momentos de desânimo.

Agradeço ao meu amigo Edson, pois mesmo distante, não mediu esforços para me ajudar.

A todos os colegas do Laboratório de Entomologia Aplicada, por todos os momentos vividos e vencidos juntos, por todas as vezes que me motivaram a continuar em meio a tantas situações difíceis.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela oportunidade concedida. Agradeço aos professores, ao administrativo, à equipe da limpeza e demais colaboradores da instituição.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Por último, porém não menos importante, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse grande sonho.

RESUMO

Tetrastichus giffardianus Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) é um agente de biocontrole de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae). Apesar da importância desse parasitoide no controle biológico de *C. capitata*, pouco se conhece sobre a estrutura dos ovários e a maturação dos ovos em fêmeas de *T. giffardianus*. Portanto, os principais objetivos deste trabalho foram: conhecer o número de ovariolos das fêmeas de *T. giffardianus*; avaliar a influência de diferentes recursos alimentares (carboidratos) e idade das fêmeas, na dinâmica da maturação ovariana desse parasitoide. As fontes de alimento testadas foram: Tratamento 1 - água destilada (sem alimentação); Tratamento 2 - mel a uma concentração de 50%; Tratamento 3 - mel a 100%; Tratamento 4 - 40% mel + 40% água + 20% pólen; Tratamento 5 - 50% mel + 40% suco de goiaba + 10% pólen. Em cada tratamento, foram dissecadas seis fêmeas por dia, nas idades de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 15 dias. *Tetrastichus giffardianus* possui um par de ovários com seis ovariolos por ovário, seu índice de ovigenia é de 0,13, visto que as fêmeas emergem com uma média de 7,2 ovos maduros. A dinâmica de maturação ovariana variou de acordo com o tipo de dieta ofertadas e a idade das fêmeas de *T. giffardianus*. No primeiro dia, as fêmeas alimentadas com mel puro (T3) apresentaram significativamente a maior média de ovos maduros ($52,7 \pm 8,4$) em comparação ao controle (T1) ($30,5 \pm 5,8$). As fêmeas alimentadas com mel + suco de goiaba + pólen atingiram o pico de maturação de óvulos ($57,33 \pm 4,6$) no terceiro dia de vida. Tanto a dieta contendo mel + suco de goiaba + pólen quanto a dieta à base de mel + água + pólen proporcionaram estabilidade na carga de ovos entre os dias 10 e 15. A dieta com mel a 50% apresentou médias de maturação dos ovos inferiores aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente do tratamento controle. Entre o sétimo e o décimo dia, a maturação dos ovos se manteve constante, não havendo nenhuma diferença entre as dietas testadas. Em fêmeas com acesso apenas à água (T1), o maior número médio de ovos maduros ($41,2 \pm 4,2$) foi alcançado no quinto dia de idade. Nas dietas com mel a 50 e 100%, o número de óvulos se manteve constante do primeiro ao décimo dia, com diminuição significativa na produção de ovos ocorrendo no décimo quinto dia. Nossos resultados mostram que a idade materna influenciou a dinâmica de maturação dos ovos, ocorrendo aumento durante a fase inicial da vida adulta e diminuição com envelhecimento da fêmea. Assim, para obter a máxima fecundidade de fêmeas jovens de *T. giffardianus* é fundamental o fornecimento dietas contendo mel puro e/ou pólen em relação à água ou suco de goiaba.

Palavras-chave: Parasitoide; desenvolvimento ovariano; alimentação; carga de ovos.

ABSTRACT

Tetrastichus giffardianus Silvestri, 1951 (Hymenoptera: Eulophidae) is a biocontrol agent of *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae). Despite the importance of this parasitoid in the biological control of *C. capitata*, little is known about the structure of the ovaries and the maturation of eggs in females of *T. giffardianus*. Therefore, the main objectives of this work were: to know the number of ovarioles of *T. giffardianus* females; to evaluate the influence of different food resources (carbohydrates) and age of females on the dynamics of ovarian maturation of this parasitoid. The food sources tested were: Treatment 1 - distilled water (without food); Treatment 2 - honey at a concentration of 50%; Treatment 3 - 100% honey; Treatment 4 - 40% honey + 40% water + 20% pollen; Treatment 5 - 50% guava's juice + 40% honey + 10% pollen. In each treatment, six females were dissected per day, at ages 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 15 days. *Tetrastichus giffardianus* has a pair of ovaries with six ovarioles per ovary, its ovigeny index is 0.13, as females emerge with an average of 7.2 mature eggs. The dynamics of ovarian maturation varied according to the type of diet offered and the age of *T. giffardianus* females. On the first day, females fed pure honey (T3) had a significantly higher mean number of mature eggs (52.7 ± 8.4) compared to the control (T1) (30.5 ± 5.8). Females fed with honey+guava's juice+pollen reached peak egg maturation on the third day of life (57.33 ± 4.6). Both the diet containing honey+guava's juice+pollen and the diet based on honey+water+pollen provided stability in the egg load between days 10 and 15. The diet with 50% honey showed lower egg maturation averages than other treatments, not differing statistically from the control treatment. Between the seventh and tenth day, the maturation of the eggs remained constant, with no difference between the diets tested. In females with access to water only (T1), the highest mean number of mature eggs was reached on the fifth day of age (41.2 ± 4.2). In diets with 50 and 100% honey, the number of eggs remained constant from the first to the tenth day, with a significant decrease in egg production occurring on the fifteenth day. Our results show that maternal age influenced the dynamics of egg maturation, with an increase occurring during the initial phase of adult life and a decrease with aging of the female. Thus, to obtain maximum fecundity of young females of *T. giffardianus*, it is essential to supply diets containing pure honey and/or pollen in relation to water or guava juice.

Keywords: Parasitoid; ovarian development; food; egg load.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Ovários de fêmeas de *T. giffardianus* recém-emergidas.....30
- Figura 2** - Efeito de diferentes recursos alimentar sobre o número de ovos maduros em ovários de *T. giffardianus*. Pontos com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($P > 0,05$). 31
- Figura 3** -. Óvulos maduros de *T. giffardianus*. Seta indicando possível reabsorção. **Erro!**
Indicador não definido.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Uso de parasitoides no controle biológico	15
2.2	<i>Tetrastichus giffardianus</i>	16
2.3	Nutrição de parasitoides adultos	17
2.4	Maturação ovariana	18
2.4.1	Principais fatores que influenciam a dinâmica ovariana.....	19
2.5	Principais fontes de alimento para parasitoides adultos	22
2.5.1	Pólen e néctar.....	22
2.5.2	Mel.....	23
2.5.3	Suco de frutas	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Local do estudo	26
3.2	Criação dos insetos	26
3.3	Condução do experimento	27
3.3.1	Preparo das dietas	27
3.3.2	Avaliação da maturação dos óvulos.....	28
3.4	Análise Estatística	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O controle biológico tem sido uma das táticas de controle mais estudadas em programas de manejo de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), e dentre os inimigos naturais os parasitoides têm sido os mais utilizados no controle das espécies de tefritídeos pragas em todo o mundo (MOHAMED et al., 2016; DIAS et al., 2018; GARCIA et al., 2020; WANG et al., 2021; CLARKE et al., 2022).

São conhecidas cerca de 140 espécies de parasitoides de moscas-das-frutas em todo o mundo, pertencentes às famílias Braconidae, Chalcididae, Diapriidae, Eulophidae, Figitidae e Pteromalidae (WHARTON; GILSTRAP, 1983), entretanto a maioria destes, mais de 100 espécies são de Braconidae (WHARTON; YODER, 2022).

Nas Américas, há relatos de 51 espécies de parasitoides nativos associados com moscas frugívoras de importância econômica (GARCIA et al., 2020). No Brasil, já foram relatadas cerca de 25 espécies de parasitoides de tefritídeos, sendo que a maioria apresenta especificidade no parasitismo de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 (nativas das Américas), ao contrário do que acontece com *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824), em que a maioria dos parasitoides detectados é generalista e não tem sido utilizada no manejo integrado de tefritídeos (PARANHOS et al., 2019; ZUCCHI; MORAES, 2021; 2022).

Na região Nordeste do Brasil, onde se concentra os principais polos de fruticultura tropical irrigados do país, *C. capitata* se encontra disseminada, infestando diferentes tipos de frutíferas (ARAUJO et al., 2015). Apesar da diversidade de parasitoides de moscas-das-frutas já relatados nessa região (ARAUJO et al., 2015; SILVA et al., 2020), são poucos os parasitoides que apresentam boas perspectivas de serem utilizados em programas de controle biológico de *C. capitata*, nessa região.

Contudo, *Tetrastichus giffardianus* Silvestri, 1951 (Hymenoptera: Eulophidae) foi registrado em diferentes locais da região semiárida dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará parasitando larvas/pupas de *C. capitata* (COSTA et al., 2005; ARAUJO et al., 2015, ARAÚJO et al., 2016). Devido à especificidade deste parasitoide e seu potencial no controle de *C. capitata*, estudos relacionados às suas características bioecológicas (FERNANDES et al., 2019), interação com o hospedeiro-alvo e condições edafoclimáticas do ambiente de liberação vêm sendo realizados (FERNANDES et al., 2020).

Entretanto, um dos fatores limitantes para utilização de um inimigo natural em programas de controle biológico aplicado refere-se à possibilidade de sua criação em condições

de laboratório e/ ou biofábrica com alta qualidade e baixo custo (CANCINO et al., 2009; VAN LETEREN, 2012; PIÑEYRO et al., 2016).

Dentre os fatores que podem melhorar o desempenho de parasitoides em sistemas de criações, predomina a nutrição dos insetos adultos (PAPAJ et al., 2000; RIDDICK et al., 2007; NARVÁEZ et al., 2012). Vespas parasitoides são especialmente sensíveis à privação de açúcar quando adultos. O tempo de vida laboratorial de muitas espécies de parasitoides na ausência de açúcar é diretamente afetado, com tempo de vida sendo tipicamente afetado com registro de menos de cinco dias de vida em média, mas excede duas a três semanas quando é fornecida alimentação açucarada (HEIMPEL et al., 1997; QUICKE, 1997).

Além disso, o fornecimento de alimentos ricos em carboidratos na fase adulta tem influência positiva na longevidade, na produção e maturação de ovos, comportamento de oviposição e no aumento da carga de ovos, ou seja, fecundidade potencial de parasitoides adultos (RIDDICK, 2007; BENELLI et al., 2017; ASHRAF, 2017).

Muitos estudos sugerem uma série de alimentos potenciais para parasitoides adultos, incluindo néctar de flores, nectários extraflorais, fluidos do hospedeiro, *honeydew* e suco de frutas (JERVIS et al., 1993; OLSON et al., 2000; ZAMEK et al., 2013; IRVIN; HODDLE, 2021). Devido a isso, a fisiologia nutricional de parasitoides adultos vem sendo estudada como ferramenta para otimizar programas de controle biológico (LEE; HEIMPEL, 2005; LUNGGREN, 2009). Existem diversas pesquisas que comprovam a influência da alimentação do adulto no desempenho reprodutivo de várias espécies de parasitoides (OZKAN; UENO, 2007; WANG et al., 2014; ZAMEK et al., 2013; BENELLI et al., 2017; SHENG et al., 2019).

O mel tem sido uma dieta padrão em criações massais para algumas espécies de braconídeos, e é conhecido por aumentar a vida útil de *Fopius arisanus* (Sonan, 1932), *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) e *Diachasmimorpha kraussi* (Fullaway, 1951) (DUAN et al., 2000; SIVINSKI et al. 2006, WU et al., 2008).

O endoparasitoide gregário *T. giffardianus* vem sendo criado utilizando mel a uma concentração de 100% como fonte de alimento para os adultos (FERNANDES et al., 2020). No entanto, algumas espécies de parasitoides necessitam de acesso a alguns nutrientes alimentares específicos para que as fêmeas amadureçam ovos adicionais (WANG; MESSING, 2003).

O conhecimento do efeito da alimentação com carboidratos (açúcares) na dinâmica da maturação ovariana e produção de ovos de *T. giffardianus* pode ser útil para estimar a produção de ovos e fecundidade deste parasitoide gregário. Assim, estudos que busquem compreender os efeitos de diferentes fontes de carboidratos sobre a maturação de óvulos ao longo da vida de

fêmeas de *T. giffardianus* podem fornecer informações importantes para sistemas de criação deste parasitoide.

Diante disto, os objetivos deste trabalho foram: conhecer o número de ovariolos de *T. giffardianus*, avaliar a influência de diferentes dietas na dinâmica da maturação ovariana de fêmeas de *T. giffardianus*, verificar a influência da idade das fêmeas na produção de óvulos e seu índice de ovigenia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Uso de parasitoides no controle biológico

Na maioria dos programas de controle biológico, a utilização de parasitoides requer que eles possuam algumas características importantes, como ótima qualidade e criação economicamente viável (VARGAS et al., 2013; PIÑEYRO et al., 2016). Os parasitoides, em especial as fêmeas adultas, empregados em programas de controle biológico apresentam ciclo de vida geralmente bem curto (BARBOSA et al., 2016), devendo, portanto, ser liberadas em campo o mais breve possível, logo depois de serem produzidos.

Os himenópteros são os que mais se destacam nos programas de controle biológico, devido à sua capacidade de reduzir infestações de diversas pragas. Essa ordem possui o maior número de espécies parasitoides, além de serem apontados como os mais eficientes nos programas de controle biológico, representando cerca de 70% dos casos de êxito (FERNANDES; ZUCCHI, 1999; BERTI-FILHO, 2010).

Em seu estágio larval, esses insetos têm a capacidade de se desenvolver no interior de um hospedeiro (endoparasitoide), provocando a morte no final de seu desenvolvimento (GODFRAY, 1994). Geralmente as fêmeas de parasitoides ovipositam apenas um ovo, comportando somente um embrião no interior de seus hospedeiros. Todavia, é muito comum se deparar com fêmeas com ovos poliembriônicos, ou melhor, ovos nos quais vários embriões se desenvolvem, como, por exemplo, em himenópteros das famílias Braconidae, Encyrtidae, Dryinidae e Platygasteridae (BERTI-FILHO, 2010).

No mundo são reconhecidas cerca de 120.000 espécies, sendo que por volta de 11.015 espécies já foram encontradas no Brasil, além da estimativa no cenário nacional da existência de aproximadamente 60.000 espécies ainda não reconhecidas (BUZZI, 2013; OLIVEIRA et al., 2018).

Os himenópteros são os inimigos naturais mais utilizados para o controle de moscas-das-frutas, pois são bastante específicos para certas espécies/gêneros (BADII et al., 2015, MOHAMED et al., 2016), além de serem capazes de parasitar ovos, larvas e pupas (OVRUSKI et al., 2006).

No Brasil, o controle biológico de moscas-das-frutas, com uso de parasitoides, teve início em 1930 por meio da introdução do parasitoide de origem africana *T. giffardianus* para tentativa de controle de *C. capitata* em cultivos de citros no estado de São Paulo, porém não se obteve as respostas esperadas, possivelmente devido à dificuldade de adaptação às condições

do ambiente de liberação, e desde então não houve registros de sua ocorrência (COSTA et al., 2005). Contudo, 60 anos após sua introdução, *T. giffardianus* foi registrado parasitando larvas de *C. capitata*, em algumas áreas da região semiárida dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (COSTA et al., 2005; ARAUJO et al., 2015).

2.2 *Tetrastichus giffardianus* Silvestre, 1951

Tetrastichus giffardianus é um endoparasitoide larval, cenobionte gregário, ou seja, ao se desenvolver no interior do hospedeiro vai consumindo seu conteúdo corporal e matando-o aos poucos, no final emergem vários parasitoides desta única larva parasitada. Devido ao seu tamanho diminuto, este himenóptero ataca o hospedeiro introduzindo-se nas aberturas dos frutos ou nos furos de saída das larvas, tendo preferência por parasitar larvas de terceiro ínstar (PURCELL et al., 1996).

Tetrastichus giffardianus foi relatado por atacar *Carpomyia incompleta* (Becker, 1903) (Diptera: Tephritidae) na África (THOMPSON, 1943). Este parasitoide possui um número de hospedeiros moderado, no entanto tem a capacidade de atacar e se desenvolver com facilidade em larvas (MOHAMED et al., 2006). Em 1912, *T. giffardianus* foi introduzido no Havaí advindo da África Ocidental, com a finalidade de controlar a mosca-da-fruta (*C. capitata*). Segundo Ramadan e Wong (1990), no Havaí, *T. giffardianus* era abundante em *C. capitata* e *Bactrocera dorsalis* (Handel, 1912) quando recolhido de pêssegos e goiabas podres, respectivamente, mas não foi encontrado em frutos maduros (PURCELL et al., 1994).

No Brasil, *T. giffardianus* somente tinha sido associado ao controle de *C. capitata*, já que sua introdução em cenário nacional visava somente ao controle desses tefritídeos, visto que as duas espécies são originárias da África. No entanto, em estudos mais recentes foi relatado seu parasitismo na espécie nativa de mosca-das-frutas, *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) (ARAÚJO et al., 2016).

Na África, na maioria dos casos, esses parasitoides eram obtidos de coletas de frutos infestados por *C. capitata*, no entanto surgiram outras espécies de moscas-das-frutas (LASALLE; WHARTON, 2002). Nessa situação, não se tinha conclusões precisas no estudo das relações com o hospedeiro. No Havaí, é constatada frequentemente a presença deste parasitoide desde que foi introduzido para o controle de *B. dorsalis*. Em estudos para criar *T. giffardianus*, resultados demonstraram taxas de parasitismo relativamente altas para o controle de *C. capitata* e mais baixas para *B. dorsalis* (PURCELL et al., 1996).

Foram realizados alguns estudos referentes à história de vida de *T. giffardianus* (PEMBERTON; WILLARD, 1918; PURCELL et al., 1996), técnica de criação (FERNANDES et al., 2019) e tabela de vida de fertilidade (FERNANDES et al., 2020). De acordo com a tabela de vida de fertilidade de *T. giffardianus*, o melhor desempenho ocorreu a 25°C, onde a taxa intrínseca de aumento foi de 0,21; o tempo médio de uma geração foi de 20,43 dias; o tempo necessário para duplicar a população foi de 3,33 dias e a taxa finita de aumento populacional (λ) foi de 1,23 (FERNANDES et al., 2020).

Segundo Jervis et al. (2001), praticamente todos os Eulophidae são sinovigênicos, ou seja, emergem com poucos ou nenhum óvulo maduro, portanto as fêmeas dependem de nutrientes adicionais na fase adulta, para continuar o processo de maturação ovariana.

2.3 Nutrição de parasitoides adultos

A alimentação é um dos fatores que exercem influência mais frequente no desempenho reprodutivo dos parasitoides. A nutrição do adulto pode afetar a longevidade, fecundidade, fertilidade e razão sexual (BENELLI et al., 2017).

Em geral, parasitoides alcançam seu melhor desempenho biológico na oferta de uma dieta apropriada. Alimentos ricos em carboidratos resultam no aumento da reprodução e longevidade de muitos parasitoides (JERVIS et al., 2008; BENELLI et al., 2017; ASHRAF et al., 2017). De acordo com Meireles et al. (2009), fêmeas alimentadas com mel se mostraram mais eficientes em relação a parasitismo e razão sexual, ao passo que fêmeas não alimentadas tiveram essas taxas significativamente reduzidas, o que pode comprovar que estes açúcares são nutrientes adequados para criação de *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae).

O parasitoide *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron, 1911) (Hymenoptera: Braconidae), alimentando-se com açúcar branco, obteve a maior longevidade comparado com fêmeas alimentadas com mel e xarope semelhantes, e todas compartilhavam curvas de sobrevivência significativamente maiores em comparação com as fêmeas que tiveram acesso apenas à água (ZAMEK et al., 2013).

Nesse sentido, o número de ovos produzidos e seu conteúdo podem ser facilmente alterados devido a fatores que limitem a aquisição de nutrientes pela fêmea (WHEELER, 1996; BOGGS, 1997; HARVEY et al., 2004). No mais, a performance reprodutiva dos parasitoides femininos é diretamente dependente e influenciada pela sua condição nutricional, tanto em qualidade quanto em disponibilidade dos alimentos (HAGEN et al., 1984; WHEELER, 1996;

PAPAJ, 2000), e isso também pode variar conforme a natureza e condição do substrato no qual o hospedeiro larval está se desenvolvendo (EBEN et al., 2000; PÉREZ-STAPLES et al., 2008).

Os açúcares obtidos por parasitoides que não se alimentam do hospedeiro, geralmente são utilizados para manutenção do corpo e execução de movimentos (JERVIS et al., 2008). Já na ausência de açúcares, os parasitoides podem se utilizar de proteínas e lipídios para sua manutenção em detrimento das funções de reprodução, mesmo que a obtenção de nutrientes não esteja ligada de forma direta à ovogênese (CASAS et al., 2005).

Para moscas-das-frutas e seus parasitoides que não se alimentam do hospedeiro, estima-se que sua alimentação baseada em uma fruta de baixa qualidade promoverá efeitos negativos, como diminuição na carga de ovos do parasitoide, assim como na taxa de maturação e tamanho do ovo, devido aos hospedeiros não adquirirem nutrientes na mesma proporção de um fruto de alta qualidade. Em contrapartida, uma dieta do parasitoide adulto de alta qualidade, como o mel, pode ter efeito positivo nesses mesmos atributos, pois desencadeia a utilização de lipídios e proteínas para produção de ovos e não sejam redirecionados para manutenção do inseto (SIVINSKI et al., 2006; HEIN; DORN, 2008). Assim, altos níveis de açúcares podem favorecer o avanço de hospedeiros larvais que se desenvolveram em frutos de qualidade inferior e disponibilizaram aos seus parasitoides poucos lipídios.

Sabe-se que o consumo de carboidratos por adultos, além de aumentar a longevidade, pode aumentar a fecundidade, dado que parasitoides privados de alimentos atingiram uma carga mínima de ovos quando comparados com aqueles que tiveram acesso a uma fonte de carboidratos, mostrando que eles são estimulantes para maturação ovariana de algumas espécies de parasitoides (OZKAN, RIDDICK, 2007; IRVIN; HODDLE, 2021).

2.4 Maturação ovariana

Em insetos, a maturação ovariana torna-se evidente no corpo gorduroso, onde ocorre a produção das vitelogeninas, por meio dos nutrientes ali armazenados, posteriormente essas proteínas são transportadas para os ovários por meio de células nutridoradas presentes na hemolinfa, e por fim ocorre a formação do vitelo. Este é um processo complexo e pode ser adaptativo a características extrínsecas e intrínsecas da espécie (PAPAJ, 2000).

No caso das características intrínsecas, refere-se ao tempo de maturação dos oócitos, que pode variar ao nível do indivíduo. Isso porque, em algumas espécies de parasitoides, os ovos amadurecem rapidamente após a emergência (parasitoides provigênicos) independentemente de suprimento de alimentos, e as fêmeas estão prontas para colocar

abundantes ovos dentro de alguns dias após a eclosão, ao passo que as espécies sinovigênicas emergem com poucos ou nenhum óvulo maduro e precisam de uma diversidade de recursos nutricionais como açúcar, glicogênio, proteínas ou lipídios, na fase adulta, para a maturação subsequente dos óvulos, além de estimular outras funções fisiológicas (FLANDERS, 1950; JERVIS et al., 2008).

Para determinar o grau de maturação ovariana, é calculado o índice de ovigenia (IO), a partir da razão entre número de óvulos maduros na emergência e o complemento máximo de óvulos maduros em determinado momento da vida da fêmea. O IO varia de 0-1: quando o valor é igual ou muito próximo de 0 significa, o parasitoide é estritamente sinovigênico; se esse valor se aproximar ou for igual a 1, a espécie apresenta proovigenia extrema (JERVIS et al., 2001).

As características extrínsecas são as condições ambientais em que o parasitoide se encontra, como luz, temperatura, presença de hospedeiro e, principalmente, disponibilidade de alimentos. Aliada a esses fatores está a idade, pois à medida que o inseto envelhece não há mais oócitos disponíveis para maturação mesmo em condições favoráveis (PAPAJ, 2000). Diversos estudos tornam evidente a influência desses fatores na dinâmica ovariana de parasitoides sinovigênicos (OZKAN, 2007; RIDDICK, 2007; IRVIN; HODDLE, 2021).

Assim, é fundamental entender a dinâmica ovariana, pois o desempenho do parasitoide na busca por hospedeiros está diretamente ligado à quantidade de ovos maduros no ovário, o que pode ser um fator determinante para o momento adequado de liberação, além disso esta quantidade pode ser ajustada em resposta a condições externas (WANG; APARÍCIO, 2020).

2.4.1 Principais fatores que influenciam a dinâmica ovariana

Juntamente com o sistema da maturação dos óvulos, os parasitoides sinovigênicos possuem a estratégia de reabsorção dos óvulos maduros, seja para suprir deficiências nutricionais diante da privação de alimentos, ou quando não há hospedeiro disponível para oviposição, visando a permanecer com um estoque de ovos recém-maturados (RIVERO-LYNCH; GODFRAY 1997; PAPAJ, 2000; MOORE; ATTISANO, 2011). Portanto, a fecundidade (carga de ovos) destas espécies é fortemente influenciada por esses dois fatores externos.

2.4.1.1 Privação de hospedeiro

Na ausência de hospedeiros, as fêmeas apresentam maior estocagem de ovos maduros, tendendo a buscá-los intensamente, sendo menos exigentes do que fêmeas com baixa carga de ovos maduros. Porém, quando são privadas de hospedeiro por um longo período de tempo, começam a reabsorver os óvulos prontos para oviposição até cessar completamente a carga de ovos, o que causa impacto negativo na dinâmica populacional tanto do parasitoide quanto do hospedeiro (HUGHES, 1994; PAPAJ, 2000).

Diferentemente da maioria dos parasitoides sinovigênicos, no parasitoide gregário *Mastrus ridibundus* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae) não foi observado realizando a reabsorção dos óvulos maduros, mesmo quando privado de hospedeiros por um período de nove dias. Esta espécie consegue armazenar sua carga máxima de ovos nos ovidutos laterais, deixando maior número de descendentes no primeiro contato com o hospedeiro (HOUGARDY; MILLS, 2007).

O contato com o hospedeiro logo no início da vida do parasitoide pode estimular a aprendizagem de parasitismo, em contrapartida pode ser um fator negativo no comportamento de forrageamento e dispersão, uma vez que o parasitoide gastou toda a carga de ovos com os hospedeiros mais próximos e perde o interesse de busca (HOUGARDY; MILLS, 2007).

De acordo com Riddick (2004), fêmeas de *Cotesia marginiventris* (Cresson, 1865) (Hymenoptera: Braconidae), ao receber a primeira oportunidade de oviposição com uma semana de idade, produziram significativamente mais descendentes do que as fêmeas com duas semanas de idade privadas de hospedeiros. O parasitoide *Aphidius gifuensis* Ashmead, 1906 (Hymenoptera: Braconidae), com dois dias de privação de hospedeiro, apresentou aumento significativo na taxa de parasitismo e no número de descendentes, em comparação àqueles sob um e três dias na ausência de hospedeiros (PAN et al., 2017).

2.4.1.2 Alimentação do adulto

Em parasitoides que já emergem com a carga completa de óvulos maduros (pró-ovigênicos), os nutrientes exigidos para maturação são armazenados na fase larval, porém em parasitoides que emergem com poucos ou nenhum óvulo maduro (sinovigênicos) esses nutrientes devem ser absorvidos na fase adulta (JERVIS et al., 2001). Portanto, a nutrição na fase adulta é um fator determinante na quantidade de óvulos maturados durante a vida da fêmea, pois a maturação ovariana depende de nutrientes armazenados no corpo do inseto, e a deficiência desses nutrientes pode induzir ao fenômeno de reabsorção dos óvulos maduros (FLANDERS, 1950; BELL; BOHM, 1975; JERVIS et al., 2001).

Muitos estudos comprovam a necessidade da oferta de nutrientes adequados na fase adulta para melhorar o desempenho reprodutivo de diversas espécies de parasitoides, pois na ausência de alimento a produção de ovos e vida útil são significativamente reduzidas. Dentre as principais fontes de nutrientes estudadas se destacam o mel, açúcar, pólen, néctar floral e extrafloral, além de suco de frutas (OZKAN, 2007; RIDDICK, 2007; ASHRAF et al., 2017; PICCIAU et al., 2019; IRVIN ; HODDLE, 2021). Os açúcares originados desses alimentos, além de servir para ganho imediato da energia utilizada na manutenção somática, são armazenados para gastos futuros, como na reprodução, por exemplo (OLSON et al., 2000).

Ao investigar o processo de reabsorção de óvulos e também as quantidades de vitelogeninas presentes no ovário e na hemolinfa do endoparasitoide *Pteromalus puparum* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Pteromalidae), Guo et al. (2011) constataram que em fêmeas não alimentadas as proteínas do ovário foram transportadas de volta para hemolinfa, onde a concentração das mesmas se encontrava baixa 72 horas após a emergência, notando ainda que a fome, aliada ao aumento da idade, acelerou a reabsorção de nutrientes dos óvulos maduros.

Os parasitoides *Metaphycus flavus* (Howard, 1881) e *Metaphycus luteolus* (Timberlake, 1916) (Hymenoptera: Encyrtidae) são estritamente sinovigênicos, porém diante da oferta de fontes de carboidratos (mel ou melada de hemípteros) começam a maturação logo no primeiro dia de idade, atingindo a carga máxima de ovos ao terceiro dia, quando começam a reabsorvê-los gradativamente na ausência de hospedeiros (KAPRANAS; LUCK, 2008).

Sivinski et al. (2006) verificaram que a produção de ovos de fêmeas *D. longicaudata* alimentadas com suco de laranja (*Citrus sinensis* Osbeck; Rutaceae) foi semelhante às vespas alimentadas com mel. Nenhuma das espécies de flores testadas, seu néctar ou pólen oferecia recursos cuja qualidade se aproximava do mel. Estes autores concluíram que vespas adultas de *D. longicaudata* obtêm sua alimentação em frutos hospedeiro ferido e/ ou caídos, devido ao seu comportamento de forrageamento.

A dieta de adultos influencia diretamente o sucesso reprodutivo, promovendo a maturação dos ovos (IRVIN; HODDLE, 2009). Em espécies autógenas, as fêmeas têm a capacidade de ovipositar sem a primeira alimentação, porém em não autógenas é necessário que elas se alimentem durante o período de pré-oviposição para formação de alguns ovos (JERVIS; KIDD, 1986).

Quando alimentado com mel a uma concentração de 50%, o parasitoide *Habrobracon hebetor* (Say, 1857) (Hymenoptera: Braconidae) teve um aumento significativo na produção de ovos em comparação com açúcar e xarope de tâmaras (ASHRAF, 2017). A maturação ovariana de *T. remus* não foi dependente da alimentação, uma vez que fêmeas famintas foram capazes

de ovipositar e gerar descendentes, mesmo sobrevivendo por apenas um dia (MEIRELLES et al., 2009).

Em criações sob condições artificiais, há a necessidade de fornecer uma dieta com nutrientes similares aos encontrados em condições naturais. Uma dieta artificial apropriada deve possuir boa relação custo benefício e apresentar viabilidade total superior a 75%, devendo promover larvas altamente viáveis, bem como a produção de adultos com boa capacidade reprodutiva e boa viabilidade ao longo das gerações (PANIZZI; PARRA, 2013).

2.5 Principais fontes de alimento para parasitoides adultos

2.5.1 Pólen e néctar

Assim como maioria dos insetos se alimentam de pólen, os himenópteros parasitoides se alimentam de pólen em quantidade e qualidade nutricional variadas (LUNDGREN; WIEDENMANN, 2004), pois o volume e os recursos nutricionais ingeridos tanto no pólen quanto no néctar dependem principalmente do número e da morfologia das flores, que variam de acordo com as espécies de plantas (HICKS et al., 2016).

Segundo Lundgren (2009), apesar do efeito do pólen na alimentação de parasitoides ser estudado com menos frequência do que o efeito dos açúcares, depois do conteúdo do hospedeiro, o pólen é uma das fontes alimentares que dispõem de mais nutrientes, de acordo com seus níveis de proteína. Fazendo um paralelo aos componentes dos néctares, os pólenes possuem maior teor de proteínas, lipídios e polissacarídeos (THOMPSON; HAGEN, 1999; ZHANG et al., 2004).

O pólen sozinho não exerce influência no desempenho biológico de *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae), porém quando associado ao mel proporciona aumento de 33 vezes na vida útil das fêmeas, além de aumentar a maturação dos ovos e diminuir a reabsorção em relação às fêmeas privadas de alimento (PICCIAU; FERRACINI, 2019).

O néctar é um composto líquido de açúcares, aminoácidos e outras substâncias, excretado pelas flores (floral) e/ou por outras partes da planta. É uma fonte nutricional ideal para parasitoides, pois tem em sua composição carboidratos prontamente digeríveis e com elevada taxa energética. Os principais carboidratos presentes no néctar são sacarose, glicose e frutose (HOGERVORST et al., 2007; BENELLI et al., 2017). Além disso, o néctar também

apresenta em sua composição ácidos orgânicos, aminoácidos, íons inorgânicos, proteínas e lipídios, que podem influenciar na ovogênese (IRVIN; HODDLE, 2021).

2.5.2 Mel

O mel sob diferentes concentrações é a dieta artificial mais estudada e mais utilizada em criações de parasitoides, como alternativa ao néctar e outras soluções de sacarose, pois possui boa relação custo-benefício. É um alimento rico em carboidratos, composto em maior parte por quantidades conformes de frutose e glicose, sendo a menor fração composta por maltose e sacarose em pequenas concentrações. Além disso, também estão presentes na composição do mel substâncias como vitamina C, crisina, pinocembrina e catalase, que, embora em quantidades relativamente baixas, atuam como antioxidantes (HARVEY et al., 2012).

Os níveis de frutose avaliados em fêmeas de *D. longicaudata* recém-emergidas se aproximavam de zero (0.06 ± 0.78), porém diante do consumo de mel, estes níveis tiveram aumento significativo (108 ± 11.8), do mesmo modo ocorreu com os níveis de glicogênio, que variaram de 65,37 na emergência para 278 ± 35.2 (NARVÁEZ et al., 2012).

Em parasitoides mimarydeos e tricogrammatídeos, o mel aumenta a taxa de sobrevivência similarmente aos néctares florais e extraflorais, além de superar o efeito da dieta com melada de hemípteros (HARVEY et al., 2012; BENELLI et al., 2017).

Hu et al. (2012), avaliando os efeitos da dieta das fêmeas na razão sexual na prole do parasitoide *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani, 1875, observaram que as fêmeas alimentadas com mel tiveram significativamente menos razão sexual da prole feminina do que aquelas alimentadas apenas com água. No entanto, os atributos qualitativos do mel são muito variados em relação à sua fonte, sendo necessários estudos mais direcionados a cada parasitoide e fonte de mel.

No caso de alguns parasitoides, como *T. remus*, o mel está entre os alimentos mais adequados para sua alimentação, pois propicia altos níveis de parasitismo e longevidade, além de ser um alimento de fácil aquisição, pouco oneroso e que não promove mudanças na biologia dos insetos, classificando-o como uma das dietas mais adequadas para criações massais (MEIRELLES et al., 2009).

2.5.3 Suco de frutas

Apesar de raramente serem relatadas como fontes alimentares, as frutas ou sucos de frutas merecem ser estudadas na dieta de parasitoides de moscas-das-frutas, pois em condições de campo, durante o forrageamento por hospedeiros, estes insetos podem se beneficiar por meio da ingestão de fluidos/sucos ricos em sacarídeos, em virtude do acesso abundante a frutas em estado avançado de maturação, que liberam estes compostos em quantidade e qualidade considerável (NARVÁEZ et al., 2012). No entanto, sucos de frutas possuem grande variação em relação aos seus aspectos e nutricionais, além disso alguns contêm substâncias que podem ser prejudiciais aos himenópteros, por exemplo, açúcares tóxicos (BARKER, 1977).

Quando alimentado com suco de pêsego ou suco de laranja, o parasitoide de moscas-das-frutas *D. longicaudata* teve sua fecundidade melhorada, ou seja, estas fontes alimentares proporcionaram aumento no número de óvulos maduros (SIVINSKI et al., 2006). De maneira semelhante, o suco da maçã exerceu influência positiva na longevidade e fecundidade do ectoparasitoide *Hyssopus pallidus* (Askew, 1964) (Hymenoptera: Eulophidae) (HEIN; DORN, 2008).

Entretanto, o suco de goiaba não teve nenhuma influência quando inserido, de forma isolada, na dieta de *Ganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) e *D. longicaudata*, dado que não prolongou a vida útil de nenhuma das espécies, não melhorou a fecundidade e nem mesmo elevou os índices nutricionais do corpo. Isso pode ser atribuído ao fato de que este suco é pobre em carboidratos como glicose (1,30–3,04%), frutose (1,75–3,53%) e sacarose (0,81–4,21%) (LAGUADO et al., 1999), pois a dieta que continha suco de goiaba misturado com mel e pólen proporcionou certa melhoria na aptidão de ambos parasitoides em estudo (NARVÁEZ et al., 2012).

Embora seja hospedeira para diversas espécies de moscas-das-frutas, como *A. terculus* e *C. capitata*, por exemplo, a goiaba apresenta toxidade para alguns parasitoides adultos (STUHL et al., 2011). Possivelmente isso se deve aos compostos secundários que podem estar presentes nesta fruta, como fenólicos, flavonoides ou carotenoides, os quais atuam como substâncias repelentes ou até mesmo tóxicas para determinados insetos (DING et al., 2000; SUN et al., 2002).

A laranja e outras frutas cítricas são comumente infestadas por *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) em pomares no México, no entanto o suco ou a polpa de laranja é um alimento de ótima qualidade para os principais parasitoides de moscas-das-frutas (SIVINSKI et al., 2006; STUHL et al., 2011).

2.6 Metabolismo de carboidratos

Na natureza, os parasitoides absorvem carboidratos a partir do consumo de pólen, néctar floral e extrafloral, frutas e também por meio da ingestão de fluidos do corpo do hospedeiro (CASAS et al., 2005), fontes que fornecem principalmente o dissacarídeo sacarose e seus dois componentes monossacarídeos, glicose e frutose (VAN HANDEL et al., 1972; MAGNARELLI, 1979). Essas fontes de alimentos açucaradas colaboram com os recursos à base de carboidratos, podendo ser usados prontamente para gerar energia e exercer funções metabólicas ou para armazenamento e posterior conversão em trealose e glicogênio (WYATT, 1967; RIVERO; CASAS, 1999).

Os parasitoides precisam de carboidratos, caso contrário têm seu potencial de colonização afetado, a partir da interferência na fecundidade, na diminuição da longevidade e no tempo em que as fêmeas gastam para encontrar seu hospedeiro (PRATISSOLI et al., 2004; TENHUMBERG et al., 2006). *Telenomus remus*, por exemplo, teve sua longevidade e fecundidade reduzidas quando não houve a presença de carboidratos em sua dieta (MEIRELLES et al., 2009). Os carboidratos funcionam com reguladores de energia no corpo do inseto, pois na ausência desses nutrientes é que a reserva de lipídeos é acionada (GIRON; CASAS, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do estudo

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. As criações dos insetos utilizados, *C. capitata* e *T. giffardianus*, foram realizadas em salas com ambiente controlado (temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas).

3.2 Criação dos insetos

Ceratitis capitata - A multiplicação da mosca hospedeira foi realizada em gaiolas plásticas semitransparentes de dimensões 27,6 x 33,1 x 48,7 cm, com a parte frontal revestida por tecido voile, onde as fêmeas ovipositavam. Uma das laterais da gaiola possuía uma abertura circular, com uma adaptação de voile em forma de manga, para viabilizar a manipulação dos insetos. Na parte interna, foi disponibilizada uma garrafa plástica de 250 ml de água com fita absorvente (Spontex®), que serviu de bebedouro para as moscas adultas. Para alimentação das moscas, uma mistura de levedura de cerveja e açúcar na proporção de 1:4 v/v era fornecida num recipiente no interior da gaiola.

A atração das moscas para a tela de oviposição ocorreu por meio da instalação de lâmpadas fluorescentes (40 W) nas proximidades dela. Para a coleta dos ovos, recipientes plásticos contendo água foram colocados na área externa frontal da gaiola, logo abaixo do tecido de oviposição. Diariamente, os ovos eram recolhidos e depositados dentro da água, aguardando sua decantação para posterior coleta. Utilizando uma seringa, os ovos eram coletados e 0,5 ml destes eram semeados em dietas artificiais, contidas em recipientes plásticos de 250 ml, fechados com papel alumínio e acondicionada em bandejas. A dieta artificial utilizada para o desenvolvimento das larvas foi baseada na dieta descrita por Albajes e Santiago-Álvarez (1980).

Tetrastichus giffardianus - Os adultos do parasitoide *T. giffardianus* foram criados em gaiola de acrílico (30 x 30 x 30 cm), com uma abertura (10 x 10 cm) na parte superior protegida por tecido *voile* para ventilação e, na lateral, uma tela em forma de manga para manipulação dos insetos. Os parasitoides foram alimentados com açúcar granulado colocado em uma placa

de Petri (9,0 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura) e mel puro pincelado em uma fita de papel. A água era ofertada por meio de uma garrafa plástica de 50 mL com fita absorvente (Spontex®), onde a água ficava disponível por capilaridade. Diariamente, larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* eram ofertadas em recipientes plásticos de 500 mL no interior da gaiola por 24 horas; após esse período, os recipientes com as larvas eram recolhidos e fechados com uma tampa contendo uma abertura telada para permitir a aeração e evitar a fugas dos insetos, metodologia descrita por Fernandes et al. (2019).

3.3 Condução do experimento

Para observar o efeito da alimentação na maturação dos óvulos de fêmeas de *T. giffardianus*, adultos recém-emergidos (≤ 24 h) desse parasitoide foram colocados em gaiolas de acrílico (30 x 30 x 30 cm), onde foram fornecidas as diferentes fontes de alimentos (tratamentos), sem a presença de hospedeiros. Em cada uma das gaiolas, foram colocados 300 insetos (machos e fêmeas). As fontes de alimento testadas foram: Tratamento 1 - Água destilada (sem alimentação); Tratamento 2 - Mel a uma concentração de 50%; Tratamento 3 - Mel puro; Tratamento 4 - 40% mel + 40% água + 20% pólen; Tratamento 5 - 50% mel + 40% suco de goiaba + 10% pólen. Foi utilizado suco de goiaba devido ao alto nível de infestação de moscas-das-frutas nessa fruta. A baixa concentração de pólen se explica pela relação custo-benefício. Estas dietas foram fornecidas absorvidas em pedaços de esponja dispostos numa placa de Petri de (8,5 x 8,5 x 2,5 cm), sendo substituída diariamente para evitar perda de umidade e possíveis contaminações. Em todos os tratamentos, a água foi disponibilizada *ad libitum* em uma garrafa plástica de 50 ml por capilaridade através de fita absorvente (Spontex®).

3.3.1 Preparo das dietas

Os componentes utilizados nas dietas foram: mel de abelha, *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), de florada silvestre (Apiário Santa Maria®) localizado no município de Orós/ CE, cada 20g contendo 66kcal e 16g de carboidratos; pólen apícola desidratado (Amazônia®), cada 20g contendo 18kcal e 3g de carboidratos. Os nutrientes de ambos os componentes foram obtidos na tabela nutricional fornecida pelo fabricante, ao passo que a polpa de goiaba vermelha (*Psidium guajava* L.) contém a cada 20g: 10,8kcal e 2,6g de carboidratos totais, segundo a

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos/NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação).

Para o preparo de cada dieta, utilizou-se um pote plástico (70ml), onde foram calculadas as porcentagens de cada componente e misturados com um bastão de vidro até obter uma solução homogênea. O pólen foi macerado e peneirado para garantir maior uniformidade com os demais ingredientes. A polpa da goiaba foi triturada em liquidificador.

3.3.2 Avaliação da maturação dos óvulos

Para conhecer o efeito das diferentes fontes de alimento na dinâmica de maturação ovariana das fêmeas de *T. giffardianus*, em cada tratamento foram dissecadas seis fêmeas por dia, nas idades de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 15 dias, sob estereomicroscópio (MZ95; Leica, Alemanha) com aumento de 80x. As fêmeas eram coletadas da gaiola por meio de um tubo de ensaio, onde eram mortas com uma solução de álcool a 70%. Depois de mortas, as fêmeas eram retiradas do tubo, com o auxílio de um pincel fino e transferidas para uma lâmina de vidro onde primeiro destacou-se a terceira perna esquerda, com auxílio de dois alfinetes entomológicos para expor a tíbia para medição, por meio de uma retícula ocular de microscópio com 40x de aumento. Em seguida, o ovário foi dissecado para contagem do número de ovariolos e óvulos maduros. Para dissecar o ovário, uma gota de água destilada foi colocada sobre o abdome para permitir a suspensão e evitar o ressecamento do material. Em seguida, por meio de uma incisão/corte na ponta distal do abdome com um alfinete entomológico, enquanto segurava-se o tórax da fêmea com um segundo alfinete. Em seguida, os óvulos foram removidos do ovário comprimindo-se delicadamente os ovariolos com um alfinete. Contou-se o número de ovariolos/ovário e o número total de óvulos maduros. Apenas óvulos completamente brancos e opacos foram considerados maduros (OZKAN; RIDDICK, 2007). Não foi possível a contagem dos oócitos imaturos.

Para estimativa do índice de ovigenia (IO), seis fêmeas recém-emergidas (0h) foram dissecadas e o número de óvulos maduros foi registrado. O cálculo do IO foi feito a partir da divisão desse número de óvulos maduros na emergência pelo complemento máximo de óvulos maduros entre todos os tratamentos, exceto o tratamento controle (RIDDICK, 2007).

3.4 Análise Estatística

Os dados foram analisados com auxílio do programa computacional R versão 4.1.2. Verificaram-se os pressupostos de normalidade pelo teste de Shapiro Wilk ($p \leq 0,05$) e homocedasticidade pelo teste de Levene ($p \leq 0,05$). As médias diárias do número de óvulos obtidos em cada tratamento foram comparadas através do teste Tukey à 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cada fêmea de *T. giffardianus* possui um par de ovários (Figura 1), com seis ovaríolos por ovário. Foram encontrados óvulos maduros nos ovários e ovidutos laterais, comumente o mesmo número de óvulos maduros foi encontrado em cada ovário/oviduto lateral.

A quantidade de ovaríolos nos insetos pode variar de um até milhares de ovaríolos por ovário, dependendo da espécie. Porém, um grande número de ovaríolos não é sinônimo de alta fecundidade, sendo esta característica dependente de fatores externos como disponibilidade de alimento e hospedeiros (ANDRADE et al., 2012).



Figura 1 - Ovários de fêmeas de *Tetrastichus giffardianus* recém-emergidas.

Nos insetos da família Eulophidae, ocorre uma variação considerável no número de ovaríolos por ovário entre as espécies, por exemplo, *Neochrysocharis formosus* (Westwood, 1833) e *Diglyphus isaea* (Walker, 1838) possuem três ovaríolos por ovário (LIU et al., 2014), *Tetrastichus brontispae* (Ferrière, 1933) contém 2-4 ovaríolos por ovário (MENG et al., 2018), *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) possui 6-8 ovaríolos por ovário (ZHONG et al., 2016), ao passo que *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle, 2012 apresenta 12 ovaríolos por ovário (HUANG et al., 2018).

Em fêmeas com acesso apenas a água (T1), o maior número médio de óvulos maduros foi alcançado no quinto dia de idade, com $41,2 \pm 4,2$ óvulos maduros (Figura 2). Este pico no amadurecimento de óvulos pode ter sido uma estratégia do parasitoide para manter suas funções

somáticas diante da privação de alimento, ao utilizar os nutrientes dos óvulos maduros a partir da reabsorção dos óvulos para investir em outras funções, como, por exemplo, no aumento da longevidade (BENELLI et al., 2017). Esse *trade-off* é comumente verificado em outras espécies, tais como *P. puparum*, para a qual já foi registrado o mecanismo de reabsorção dos óvulos maduros após 72 horas de vida, quando a concentração de carboidratos se encontrava baixa na hemolinfa do inseto (GUO et al., 2011). Contudo, vale destacar que todas as fêmeas privadas de alimentação morreram no quinto dia de idade. Esses resultados mostram que *T. giffardianus* necessita de fontes de carboidratos não apenas para maturar ovos adicionais durante a fase adulta, como também para manutenção de suas funções vitais.

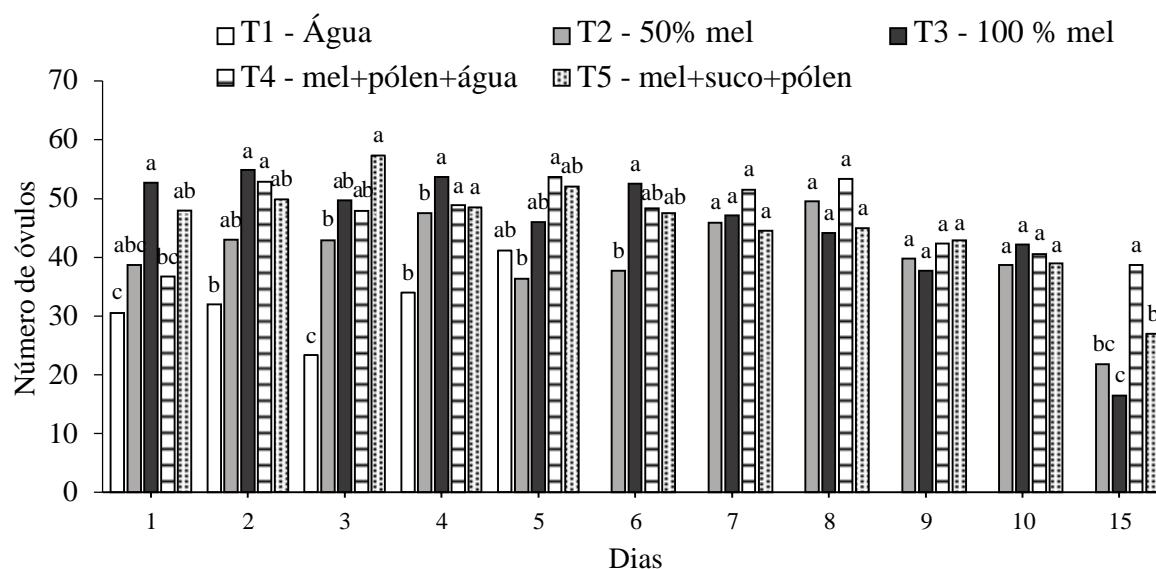


Figura 1 - Efeito de diferentes recursos alimentar sobre o número de ovos maduros em ovários de *T. giffardianus*. Pontos com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($P > 0,05$). Fonte: Elaborada pela autora.

A dieta com mel a 50% (T2) apresentou médias de maturação dos ovos inferiores às demais dietas basicamente do segundo até o sexto dia, não diferindo estatisticamente do tratamento controle (Figura 2). Nesse mesmo período, fêmeas de *T. giffardianus* alimentadas com mel puro (T3) apresentaram maior média de ovos maduros com relação aos demais tratamentos, com exceção do terceiro e quinto dia (Figura 2). Este resultado mostra que fêmeas de *T. giffardianus* requerem alta concentração de mel para melhorar seu desempenho reprodutivo, visto que a diluição do mel reduziu consideravelmente o número de óvulos produzidos até o sexto dia de vida do parasitoide. Diferentemente do que acontece com o

parasitoide *H. hebetor*, onde as fêmeas alimentadas com solução de mel a 50% colocaram significativamente mais ovos do que fêmeas alimentadas com solução de mel a 90% (ASHRAF, 2017).

Em dietas com mel a 50 e 100%, o número de óvulos se manteve próximo do sétimo ao décimo dia, com diminuição significativa na produção de ovos ocorrendo no décimo quinto dia (Figura 2). Esse comportamento se deve ao avanço da idade, que provoca naturalmente aumento na morte das células que transportam os nutrientes para a maturação ovariana e, mesmo sob condições favoráveis, a produção de ovos não é mais possível (PAPAJ, 2000). Essa observação foi verificada em *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), onde se constatou que a carga de ovos diminuiu significativamente com o aumento dos dias de vida (IRVIN; HODDLE, 2021). Nossos resultados mostram que a idade materna influenciou a dinâmica de maturação dos ovos, ocorrendo aumento durante a fase inicial da vida adulta e diminuição com envelhecimento da fêmea.

O mel é a dieta artificial mais estudada e mais utilizada em criações de parasitoides, como alternativa às soluções de sacarose. Além de melhorar o desempenho biológico de diversas espécies de parasitoides, é um alimento rico em carboidratos, composto em maior parte por frutose e glicose, sendo a menor fração composta por maltose e sacarose em pequenas concentrações (HARVEY et al., 2012).

Em *T. sinensis*, um número máximo de ovos maduros foi encontrado no quinto e sexto dia de vida, após a oferta de mel às fêmeas (PICCIAU; FERRACINI, 2019). De maneira semelhante, os parasitoides *Venturia canescens* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *C. marginiventris* tiveram sua carga de ovos significativamente aumentada quando alimentadas com mel (OZKAN, 2007; RIDDICK, 2007). *Aganaspis pelleranoi* teve aumento significativo nos níveis de frutose e glicogênio quando alimentadas com mel, conseqüentemente tiveram aumento expressivo na carga de ovos, quando comparados com insetos alimentados com água ou suco de goiaba (NARVÁEZ et al., 2012).

No geral, a alimentação com fontes de carboidratos vem sendo destacada como benéfica para a maturação ovariana, interferindo diretamente na fecundidade em várias espécies de himenópteros parasitoides, além de aumentar sua longevidade (OZKAN; RIDDICK, 2007; NARVÁEZ et al., 2012; ASHRAF, 2017; PICCIAU; FERRACINI, 2019).

Neste estudo, as fêmeas alimentadas com uma dieta à base de mel + suco de goiaba + polén (T5) atingiram o maior pico de maturação de óvulos no terceiro dia de vida, com uma média de $57,33 \pm 4,6$ ovos maduros (Figura 2). De acordo com resultados verificados, tanto a dieta contendo mel + suco de goiaba + polén quanto a dieta à base de mel + água + pólen (T4)

alcançaram um maior número de óvulos maduros no quinto dia (Figura 2). Este padrão pode estar relacionado ao aumento do teor nutricional resultante da adição de pólen na dieta, interferindo diretamente na diminuição da reabsorção dos ovos maduros. Contudo, Picciau e Ferracini (2019) verificaram que a adição de pólen na dieta não melhorou a maturação ovariana, além de aumentar o processo de reabsorção de ovos em *T. sinensis*. Isoladamente, o suco de goiaba não teve nenhum efeito na maturação ovariana de *A. pelleranoi* e *D. longicaudata*, porém quando misturado com pólen, mel e água, provocou aumento significativo na carga de ovos, como também nos níveis de açúcar corporal desses parasitoides (NAVAREZ et al., 2012).

Entre o sétimo e o décimo dia, a maturação dos óvulos se manteve praticamente constante, não havendo diferença estatística entre as dietas testadas (Figura 2). Possivelmente, nessa idade as fêmeas já haviam maturado todos os ovos disponíveis. De acordo com Fernandes et al. (2019), *T. giffardianus* alimentados com mel puro apresentou um decréscimo constante na fecundidade a partir do quinto dia de idade.

A dinâmica de maturação ovariana variou de acordo com o tipo de dieta ofertada e a idade das fêmeas de *T. giffardianus*. A influência da idade, juntamente com o efeito da alimentação na maturação de ovos, foi verificada em muitas espécies de parasitoides (RIDDICK, 2007; NARVÁEZ et al., 2012; WANG APARÍCIO, 2020; IRVIN; HODDLE, 2021).

Além disso, constatou-se que, independentemente da dieta ofertada, fêmeas de *T. giffardianus* começaram a reabsorver óvulos a partir do quarto dia de vida, pois foram observados alguns óvulos "amassados" próximos aos ovidutos laterais, em fêmeas mais velhas (Figura 3). Esse comportamento de reabsorção de óvulos foi verificado em muitos parasitoides na ausência de seu hospedeiro (WANG; MESSING, 2003; JERVIS, 2008). Observações semelhantes foram feitas por Picciau et al. (2019), em que o parasitoide *T. sinensis*, alimentado com uma dieta de mel e pólen, não apresentava nenhum óvulo reabsorvido no início da vida adulta, porém aos 10 dias de idade foi observada média de 2,8 óvulos colapsados na ausência de hospedeiros.

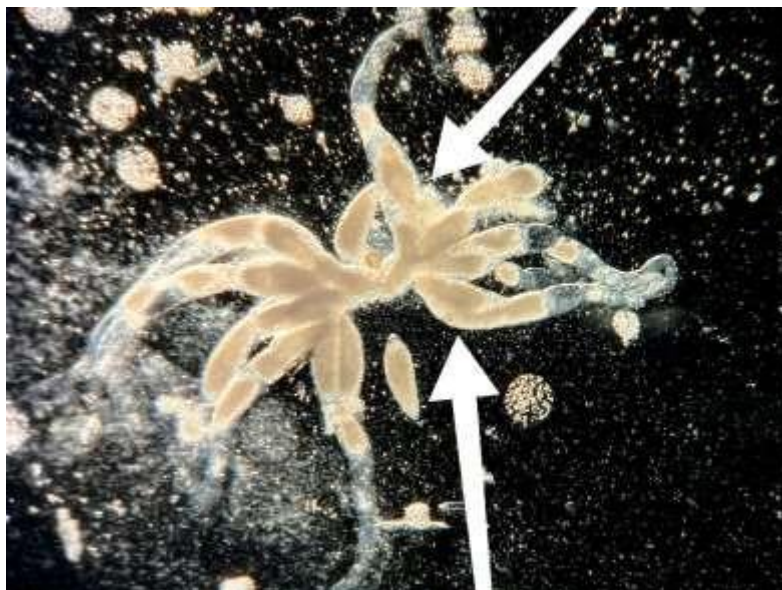


Figura 3 - Óvulos maduros de *Tetrastichus giffardianus*. Seta indicando possível reabsorção. Fonte: Acervo da pesquisa.

Em condições de escassez ou ausência de hospedeiros, os parasitoides sinovigênicos apresentam a estratégia de reabsorção para garantir que, na primeira oportunidade de contato com o hospedeiro, haverá óvulos recém-maturados prontos para oviposição, evitando que haja limitação de ovos e assegurando seu sucesso reprodutivo no decorrer do tempo. Porém, se a privação de hospedeiro permanecer, as fêmeas tendem a reabsorver completamente a carga de ovos, podendo, em alguns casos, haver uma troca entre a fecundidade e a longevidade dos parasitoides fêmeas (HUGHES, 1994; PAPA, 2000).

O número de óvulos em fêmeas de *T. giffardianus* recém-emergidas foi de 7,17 ovos maduros, e a média do complemento máximo de óvulos maduros registrados neste estudo foi de 53,83, obtendo o índice de ovigenia de 0,13 (ou seja, $7,17/53,83$) ou 13,3%. Este valor sugere que as fêmeas de *T. giffardianus* são parcialmente sinovigênicas, pois as fêmeas emergem com poucos ovos maduros e dependem da qualidade e quantidade de recursos nutricionais adquiridos na fase adulta para continuar a maturação dos ovos. Em outro parasitoide de moscas-das-frutas como *F. arisanus*, as fêmeas emergem com um pequeno número de ovos e depois amadurecem gradativamente mais ovos ao longo do tempo, atingindo um pico entre 4-6 dias após a emergência quando fornecido alimento e havendo privação de hospedeiros (RAMADAN et al., 1992).

O índice de ovigenia varia de 0 a 1: quando o valor é 0, significa que o parasitoide é estritamente sinovigênico; se esse for igual a 1, a espécie apresentará pró-ovigenia. Porém, em muitas espécies o IO não alcança exatamente estes limites, e as espécies que se distribuem em

um gradiente entre esses dois extremos são categorizadas pela determinação do IO (JERVIS et al., 2001; MOIROUX et al., 2018).

De modo geral, a alimentação influenciou a dinâmica de maturação ovariana, aumentando diretamente a carga de óvulos, ou seja, a fecundidade potencial das fêmeas de *T. giffardianus*. Também ficou evidente a importância de dietas ricas em carboidratos nos primeiros dias de vida das fêmeas, na maturação de ovos e simultaneamente em sua fecundidade total. Além disso, a idade materna afetou a carga de óvulos variando em relação ao acesso a diferentes fontes de alimentos. Com base no conhecimento do índice de ovigenia, fêmeas de *T. giffardianus* amadurecem seus óvulos em função do acesso a fontes de carboidratos e da idade. Entretanto, a capacidade das fêmeas de muitas espécies de parasitoides de amadurecer óvulos adicionais logo após a emergência está diretamente relacionada à sua história de vida.

5 CONCLUSÕES

Fêmeas de *Tetrastichus giffardianus* possuem dois ovários com seis ovaríolos por ovário.

Todas as dietas avaliadas influenciaram positivamente na maturação dos óvulos das fêmeas de *T. giffardianus*, pois diferiram do tratamento controle (água), com destaque para o mel puro por ser um produto de fácil aquisição e com boa relação custo-benefício.

A idade materna influenciou a dinâmica de maturação dos ovos, ocorrendo aumento durante a fase inicial da vida adulta e diminuição com o envelhecimento das fêmeas de *T. giffardianus*.

O índice de ovigenia foi de 0,13, mostrando que as fêmeas de *T. giffardianus* são sinovigênicas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. S. *et al.* Oogenesis pattern and type of ovariole of the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Biological Sciences**, An. Acad. Bras. Ciênc., cidade, v. 84, n. 3, p. 767-774, 2012.
- ARAUJO, E. L. *et al.* Parasitoides (Hymenoptera) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semiárido do Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, cidade, v. 37, p. 610–616, 2015.
- ARAUJO, A. A. R. *et al.* *Tetrastichus giffardianus* on pupae of *Anastrepha* in Brazil. **Ciência Rural**, cidade, v. 46, p. 1134-1135, 2016.
- ASHRAF, S. *et al.* Effect of different diet concentrations on longevity and fecundity of parasitic wasp *Bracon hebetor* (Say.) (Hymenoptera: Braconidae). **Pakistan Journal Zoology**, cidade, v. 49, p. 761-767, 2017.
- BADII, K. B. *et al.* Review of the pest status, economic impact and management of fruit-infesting flies (Diptera: Tephritidae) in Africa. **African Journal of Agricultural Research**, cidade, v. 10, p.1488-1498, 2015.
- BARBOSA, R. H. *et al.* Foraging activity of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) at various densities on pupae of the eucalyptus defoliator *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). **Florida Entomologist**, cidade, v. 99, p. 686-690, 2016.
- BARKER, R. J. Considerations in selecting sugars for feeding to honeybees. **American Bee Journal (USA)**, cidade, v. 117, p. 76-77, 1977.
- BELL, W. J.; BOHM, M. K. Oosorption in insects. **Biological Reviews**, cidade, v. 50, p. 373-396, 1975.
- BENELLI, G. *et al.* The impact of adult diet on parasitoid reproductive performance. **Journal of Pest Science**, cidade, v. 90, p. 807-823, 2017.
- BERTI-FILHO, E.; PACELLI, L. M. M. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga**. Natal: IFRN Editora, 2010.
- BOGGS, C. L. Reproductive allocation from reserves and income in butterfly species with differing adult diets. **Ecology**, cidade, v. 78, p. 181-191, 1997.
- BUZZI, Z. J. **Entomologia Didática**. 6. ed. Paraná: Editora UFPR, 2013.
- CANCINO, J.; RUIZ, L.; SIVINSKI, J.; GALVEZ, F. O.; ALUJA, M. Rearing of 5 hymenopterous larval prepupal (Braconidae, Figitidae) and three pupal (Diapriidae, Chalcidoidea, Eurytomidae) native parasitoids of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) on irradiated *A. ludens* larvae and pupae. **Biocontrol Science and Technology**, cidade, v. 19, p. 193-209, 2009.

CASAS, J. *et al.* Lifetime nutrient dynamics reveal simultaneous capital and income breeding in a parasitoid. **Ecology**, cidade, v. 86, p. 545-554, 2005.

CHEN, X.; STANSLY, P. A. Biology of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the citrus greening disease vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psylloidea): a mini review. **Florida entomologist**, cidade, v. 97, p. 1404-1413, 2014.

CLARKE, A. R.; HARRIS, C.; KAY, B. J.; MAINALI, B. P.; MCLAY, L. K.; STRUTT, F.; CUNNINGHAM, J.P. Opiine parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) and biological control of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Australia: Past, present and future. **Annals of Applied Biology**, cidade, v. 180, p. 44-72, 2022.

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

DIAS, N. P.; ZOTTI, M. J.; MONTOYA, P.; CARVALHO, I. R.; NAVA, D. E. Fruit fly management research: Uma revisão sistemática das táticas de monitoramento e controle no mundo. **Crop Protection**, cidade, v. 112, p. 187-200, 2018.

DING, H.; LAMB, R. J.; AMES, N. Inducible production of phenolic acids in wheat and antibiotic resistance to *Sitodiplosis mosellana*. **Journal of Chemical Ecology**, cidade, v. 26, n. p. 969-985, 2000.

DUAN, J. J.; MESSING, R. H.; Host specificity tests of *Dichasmimorpha kraussi* (Hymenoptera: Braconidae), a newly introduced opiine fruit fly parasitoid with four nontarget tephritids in Hawaii. **Biological Control**, cidade, v. 19, p. 28- 34, 2000.

EBEN, A. *et al.* Host species and host plant effects on preference and performance of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**, cidade, v. 29, p. 87-94, 2000.

FERNANDES, M. A. U.; ZUCCHI, R. A. Metodología de colecta de Tephritidae y Lonchaeidae frugívoros (Diptera: Tephritoidea) y sus parasitoides (Hymenoptera). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [s.l.], v. 28, p. 601-627, 1999.

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

FERNANDES, E. C. *et al.* Fertility life table and biology of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) in the larvae of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of Entomological Research**, cidade, v. 111, p. 1-8, 2020.

FLANDERS, S. E. Regulation of Ovulation and Egg Disposal in the Parasitic Hymenoptera¹. **The Canadian Entomologist**, cidade, v. 82, p. 134-140, 1950.

GARCIA, F. R. M.; OVRUSKI, S. M.; SUÁREZ, L.; CANCINO, J.; LIBURD, O. E. Biological Control of Tephritid Fruit Flies in the Americas and Hawaii: A Review of the Use of Parasitoids and Predators. **Insects**, cidade, v.11, p. 662, 2020.

- GIRON, D.; CASAS, J. Lipogenesis in an adult parasitic wasp. **Journal of Insect Physiology**, cidade, v. 49, p. 141-147, 2003.
- GODFRAY, H.; CHARLES, J. **Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology**. Princeton University Press, 1994.
- GUO, J. *et al.* Oosorption in the endoparasitoid, *Pteromalus puparum*. **Journal of Insect Science**, cidade, v. 11, p. 90, 2011.
- HAGEN, K. S., R. H.; DADD, J. R. The food of insects. In: HUFFAKER, C. B.; RABB, R. L. (org.). **Ecological Entomology**. John Wiley; Sons, 1984. p. 79-112.
- HARVEY, J. A. *et al.* Development of the solitary endoparasitoid *Microplitis demolitor*: host quality does not increase with host age and size. **Ecological Entomology**, cidade, v. 29, p. 35-43, 2004.
- HARVEY, J. A. *et al.* The effect of different dietary sugars and honey on longevity and fecundity in two hyperparasitoid wasps. **Journal of Insect Physiology**, cidade, v. 58, p. 816-823, 2012.
- HEIMPEL, G. E.; ROSENHEIM, J. A.; KATTARI, D. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. **Entomologia experimentalis et applicata**, cidade, v. 83, p. 305-315, 1997.
- HEIN, S.; DORN, S. The parasitoid of a fruit moth caterpillar utilizes fruit components as nutrient source to increase its longevity and fertility. **Biological Control**, cidade, v. 44, p. 341-348, 2008.
- HICKS, D. M. *et al.* Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. **PloS One**, cidade, v. 11, p. e0158117, 2016.
- HOGERVORST, P. A. M.; WÄCKERS, F. L.; ROMEIS, J. Detecting nutritional state and food source use in field-collected insects that synthesize honeydew oligosaccharides. **Functional Ecology**, cidade, v. 21, p. 936-946, 2007.
- HOUGARDY, E.; MILLS, N. J. Influence of host deprivation and egg expenditure on the patch and host-finding behavior of the parasitoid wasp *Mastrus ridibundus*. **Journal of insect behavior**, cidade, v. 20, p. 229-246, 2007.
- HU, H. Y.; CHEN, Z. Z.; DUAN, B. S.; ZHENG, J. T.; ZHANG, T. X. Efeitos da dieta e da idade das fêmeas na razão sexual da prole do parasitoide solitário *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera, Pteromalidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, cidade, v. 56, p. 259-262, 2012.
- HUANG, Z. *et al.* Parasitoids of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe* spp.: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, cidade, v. 25, p. 29983-29995, 2018.

HUGHES, J. P.; HARVEY, I. F.; HUBBARD, S. F. Host-searching behavior of *Venturia canescens* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae): Interference the effect of mature egg load and prior behavior. **Journal of Insect Behavior**, cidade, v. 07, p. 433-454, 1994.

IRVIN, N. A.; HODDLE, M. S. The effects of floral nectar, extrafloral nectar and hemipteran honeydew on the fitness of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Diaphorina citri*. **Biological Control**, cidade, v. 163, p. 104753, 2021.

IRVIN, N. A.; HODDLE, M. S. Egg maturation, oosorption, and wing wear in *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Biological Control**, cidade, v. 48, p. 125-132, 2009.

JERVIS, M. A.; KIDD, N. A. C. Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. **Biological Reviews**, cidade, v. 61, p. 395-434, 1986.

JERVIS, M. A. *et al.* Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. **Journal of natural history**, cidade, v. 27, p. 67-105, 1993.

JERVIS, M. A. *et al.* Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of 'ovigeny'. **Journal of Animal Ecology**, cidade, v. 70, p. 442-458, 2001.

JERVIS, A.; ELLERS, J.; HARVEY, J. H. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies mark. **Annual Review of Entomology**, cidade, v. 53, p. 361-385, 2008.

JIA, Y.; LIU, T. Dynamic host-feeding and oviposition behavior of an aphid parasitoid *Aphelinus asychis*. **Biological Control**, cidade, v. 63, p. 533-542, 2018.

KAPRANAS, A.; LUCK, R. F. Egg maturation, host feeding, and longevity in two *Metaphycus* parasitoids of soft scale insects. **Biological Control**, cidade, v. 47, p. 147-153, 2008.

LAGUADO, N. *et al.* Características físicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. **Revista da Faculdade de Agronomia (LUZ)**, cidade, v. 16, p. 382-397, 1999.

LASALLE, J.; WHARTON, R. A. The identity and recognition of African *Tetrastichus* species (Hymenoptera: Eulophidae) associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae). **African entomology**, cidade, v. 10, p. 297-304, 2002.

LEE, J. C.; HEIMPEL, G. E. Impact of flowering buckwheat on Lepidopteran cabbage pests and their parasitoids at two spatial scales. **Biological Control**, cidade, v. 34, p. 290-301, 2005.

LIU, W. *et al.* Contrasting patterns of ovarian development and oogenesis in two sympatric host-feeding parasitoids, *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). **Applied entomology and zoology**, cidade, v. 49, p. 305-314, 2014.

LUNDGREN, J. G. The pollen feeders. **Relationships of Natural Enemies and Non-Prey Foods**, cidade, v. 07, p. 87-116, 2009.

LUNDGREN, J. G.; WIEDENMANN, R. N. Nutritional suitability of corn pollen for the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Insect Physiology**, cidade, v. 50, p. 567-575, 2004.

MAGNARELLI, L. A. Diurnal nectar feeding of *Aedes cantator* and *A. sollicitans* (Diptera: Culicidae). **Environmental Entomology**, cidade, v. 8, p. 949-955, 1979.

MEIRELLES, A. P.; CARNEIRO, T. R.; FERNANDES, O. A. Efeito de diferentes fontes de carboidrato e da privação de alimento sobre aspectos biológicos de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, cidade, v. 53, p. 457-460, 2009.

MENG, E. *et al.* Effects of ovarian fluid, venom and egg surface characteristics of *Tetrastichus brontispae* (Hymenoptera: Eulophidae) on the immune response of *Octodonta nipae* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of insect physiology**, cidade, v. 109, p. 125-137, 2018.

MOHAMED, S. A.; RAMADAN, M. M.; EKESI, S. In and Out of Africa: Parasitoids Used for Biological Control of Fruit Flies. In: Organizadores do Livro (org.). **Fruit Fly Research and Development in Africa-Towards a Sustainable Management Strategy to Improve Horticulture**. Cidade: Editora, 2016. p. 325-368.

MOHAMED, S. A. *et al.* Acceptance and suitability of different host stages of *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) and seven other tephritid fruit fly species to *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae). **Biological Control**, cidade, v. 39, p. 262-271, 2006.

MOIROUX, J.; BOIVIN, G.; BRODEUR, J. Oviposition index increases with temperature in an aphid parasitoid: Is early reproduction better when it is hot?. **Journal of insect physiology**, cidade, v. 109, p. 157-162, 2018.

MOORE, P. J.; ATTISANO, A. Oosorption in response to poor food: complexity in the trade-off between reproduction and survival. **Ecology and Evolution**, cidade, v. 01, p. 37-45, 2011.

OLIVEIRA, M. L. *et al.* Hymenoptera in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. **PNUD**. Available at: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/96>. Access in, v. 1, n. 03, p. 2018, 2018.

OLSON, D. *et al.* Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp. **Physiological Entomology**, cidade, v. 25, p. 17-26, 2000.

OVRUSKI, S. M. *et al.* A review of hymenopterous parasitoid guilds attacking *Anastrepha* spp. and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). **7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance**. 2006. p. 113-125.

- OZKAN, C. Effect of food, light and host instar on the egg load of the synovigenic endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Journal of Pest Science**, cidade, v. 80, p. 79-83, 2007.
- PAN, M. *et al.* The influence of feeding and host deprivation on egg load and reproduction of an aphid parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae). **Applied Entomology and Zoology**, cidade, v. 52, p. 255-263, 2017.
- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. 2. Ed. Brasília, DF. EMBRAPA, 2013. p. 91-175.
- PAPAJ, D. R. Ovarian dynamics and host use. **Annual Review of Entomology**, cidade, v. 45, p. 423-448, 2000.
- PARANHOS, B. J. *et al.* Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, e26037, 2019.
- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FRERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: Terminologia, p.1-13. In: PARRA, J. R. P. (org.). **Controle biológico no Brasil**. Cidade: Editora, 2002. p. inicial-final do artigo.
- PEMBERTON, C. E.; WILLARD, H. F. A contribution to the biology of fruit-fly parasites in Hawaii. **Journal of Agricultural Research**, cidade, v. 15, p. 419-465, 1918.
- PEREZ-STAPLES, D. *et al.* Potential for pre-release diet supplements to increase the sexual performance and longevity of male Queensland fruit flies. **Agricultural and forest entomology**, cidade, v. 10, p. 255-262, 2008.
- PICCIAU, L.; ALMA, A.; FERRACINI, C. Effect of different feeding sources on lifespan and fecundity in the biocontrol agent *Torymus sinensis*. **Biological Control**, cidade, v. 134, p. 45-52, 2019.
- PIÑEYRO, N. G.; PEREIRA, F. F.; BORGES, F. L. G.; ROSSONI, C.; SILVA, A. S.; KASSAB, S. O. Multiplicar *Tetrastichus Howard* (Hymenoptera: Eulophidae) en la oruga de la seda afecta su biología? **Acta Biológica Colombiana**, cidade, v. 21, p. 189-193, 2016.
- PRATISSOLI, D. *et al.* Efeito da disponibilidade de hospedeiro e de alimento nas características biológicas de *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, cidade, v. 48, p. 101-104, 2004.
- PURCELL, M. F. *et al.* Influence of guava ripening on parasitism of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), by *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and other parasitoids. **Biological Control**, cidade, v. 4, p. 396-403, 1994.
- PURCELL, M. F.; VAN, A. N.; BATCHELOR, M. A. Bionomics of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae): an endoparasitoid of tephritid fruit flies. **Environmental Entomology**, cidade, v. 25, p. 198-206, 1996.
- QUICKE, D. **Parasitic wasps**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

RAMADAN, M. M.; WONG, T. T. Biological observations on *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae), a gregarious endoparasitoid of the Mediterranean fruit fly and the Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Hawaiian Entomological Society**, cidade, v. 30, p. 59-62, 1990.

RIDDICK, E. W. Influence of honey and maternal age on egg load of lab-cultured *Cotesia marginiventris*. **Biological Control**, cidade, v. 52, p. 613-618, 2007.

RIDDICK, E. W. Egg load and body size of lab-cultured *Cotesia marginiventris*. **Biological Control**, cidade, v. 51, p. 603-610, 2006.

RIVERO, A.; CASAS, J. Incorporating physiology into parasitoid behavioral ecology: the allocation of nutritional resources. **Researches on Population Ecology**, cidade, v. 41, p. 39-45, 1999.

RIVERO-LYNCH, A. P.; GODFRAY, H. C. J. The dynamics of egg production, oviposition and resorption in a parasitoid wasp. **Functional Ecology**, cidade, v. 11, p. 184-188, 1997.

SHENG; X. Z. *et al.* Effect of six sugars on the longevity, Oviposition performance and nutrition accumulation in an endoparasitoid, *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, cidade, v. 22, p. 263-268, 2019.

SILVA, B. K. A.; SILVA, H. M.; FERNANDES, E. C.; COSTA, V. A.; ARAUJO, E. L. Pupal parasitoids associated with *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in a semiarid environment in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, cidade, v. 64, p. 1-6, 2020.

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

SLANSKY JUNIOR, F.; SCRIBER, J. M. Food consumption and utilization. In: KERKUT, G. A.; GILBERT, L. I. (org.). **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**, cidade, v. 9, p. 87-163, 1985.

SOUZA, A. R. *et al.* Hymenopteran Parasitoids Associated with Frugivorous Larvae in a Brazilian Caatinga-Cerrado Ecotone. **Environmental Entomology**, cidade, v. 41, p. 233-237, 2012.

SUN, J. *et al.* Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of agricultural and food chemistry**, cidade, v. 50, p. 7449-7454, 2002.

STUHL, C. *et al.* Longevity of multiple species of tephritid (Diptera) fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) provided exotic and sympatric-fruit based diets. **Journal of Insect Physiology**, cidade, v. 57, p. 1463-1470, 2011.

TAIRA, T. L. *et al.* Fruit flies (Diptera, Tephritidae) and their parasitoids on cultivated and wild hosts in the Cerrado-Pantanal ecotone in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, cidade, v. 57, p. 300–308, 2013.

TENHUMBERG, B.; SIEKMANN, G.; KELLER, M. A. Optimal time allocation in parasitic wasps searching for hosts and food. **Oikos**, cidade, v. 113, p. 121-131, 2006.

THOMPSON, W. R. *et al.* **A Catalogue of the Parasites and Predators of Insect Pests.** Section 1. Parasite Host Catalogue. Part 1. Parasites of the Arachnida and Coleoptera, 1943.

THOMPSON, S. N.; HAGEN, K. S. Nutrition of entomophagous insects and other arthropods. In: **Handbook of biological control.** Academic Press, p. 594-652, 1999.

UENO, T.; UENO, K. The effects of host-feeding on synovigenic egg development in an endoparasitic wasp, *Itoplectis naranyae*. **Journal of Insect Science**, cidade, v. 07, p. 46, 2007.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, cidade, v. 57, p. 1–20, 2012.

VAN HANDEL, E.; HAEGER, J. S.; HANSEN, C. W. The sugars of some Florida nectars. **American Journal of Botany**, cidade, v. 59, p. 1030-1032, 1972.

VARGAS, E. L. *et al.* Searching and parasitism of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) by *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). **Acta Biológica Colombiana**, cidade, v. 18, p. 259-264, 2013.

WANG, X.; MESSING, R. H. Egg maturation in the parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae): do host-associated stimuli promote ovarian development? **Annals Entomological Society of America**, cidade, v. 96, p. 571-578, 2003.

WANG, W. *et al.* Effects of five naturally occurring sugars on the longevity, oogenesis, and nutrient accumulation pattern in adult females of the synovigenic parasitoid *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). **Neotropical entomology**, cidade, v. 43, p. 564-573, 2014.

WANG, X.; RAMADAN, M. M. ; GUERRIERI, E.; MESSING, R. H.; JOHNSON, M. W.; DAANE, K. M.; HOELMER, K. A. Early-acting competitive superiority in opiine parasitoids of fruit flies (Diptera: Tephritidae): Implications for biological control of invasive tephritid pests. **Biological Control**, cidade, v. 162, p. 104-725, 2021.

WANG, X.; APARICIO, E. M. Reproductive traits of *Ontsira mellipes* (Hymenoptera: Braconidae), a North American parasitoid, as a novel biological control agent for exotic *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae). **Journal of Economic Entomology**, cidade, v. 113, p. 2112-2119, 2020.

WHARTON, R. A.; GILSTRAP, F. E. Key to and status of opiine braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis* and *Dacus* sl (Diptera: Tephritidae). **Annals** [...]. Entomological Society of America, cidade, v. 76, p. 721-742, 1983.

WHARTON, R. A.; YODER, M. J. **Parasitoids of Fruit-Infesting Tephritidae**. Disponível em: <http://paroffit.org>. Acesso em: 30 jan. 2022.

WHEELER, D. The role of nourishment in oogenesis. **Annual Review of Entomology**, cidade, v. 41, p. 407-431, 1996.

WU, H.; MENG, L.; LI, B. Effects of feeding frequency and sugar concentrations on lifetime reproductive success of *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, cidade, v. 45, p. 353-359, 2008.

WYATT, G. R. The biochemistry of sugars and polysaccharides in insects. In: **Advances in insect physiology**, cidade, v. 04, p. 287-360, 1967.

ZAMEK, A. L. *et al.* Carbohydrate diet and reproductive performance of a fruit fly parasitoid, *Diachasmimorpha tryoni*. **Journal of Insect Science**, v. 13, p. 74, 2013.

ZHANG, G.; ZIMMERMANN, O.; HASSAN, S. A. Pollen as a source of food for egg parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol Science and Technology**, cidade, v. 14, p. 201-209, 2004.

ZHONG, L. *et al.* Ovarian development and oogenesis in *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Environmental Entomology**, cidade, v. 38, p. 154-158, 2016.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. **Fruit flies in Brazil** - Hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitis>. Acesso em: 02 ago. 2021.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. **Fruit flies in Brazil *Anastrepha* species their host plants and parasitoids**. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha>. Acesso em: 02 jan. 2022.