

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Programa de Pós Graduação em Fitossanidade**



**DISSERTAÇÃO**

**Técnicas de criação e biologia de *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) em *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)**

**Júlia Gabriela Aleixo Vieira**

Pelotas, 2019

**Júlia Gabriela Aleixo Vieira**

**Técnicas de criação e biologia de *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) em *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)**

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

Orientador: Prof. Dr. Daniel Bernardi

Coorientador: Dr. Dori Edson Nava

Prof. Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

Pelotas, 2019

Banca examinadora:

Prof. Dr. Daniel Bernardi

Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Edison Zefa

Doutor em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Moisés João Zotti

Doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas

Dr. Sandro Daniel Nörnberg

Doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas

## **Agradecimentos**

A minha avó, Maria do Carmo Passos Aleixo, por ter me criado e me ensinado os valores da vida, por ter sido muitas vezes mãe, pai e amiga. A minha mãe, Patrícia Andreia Passos Aleixo, por se orgulhar de mim e comemorar junto comigo a cada conquista. A minha dinda, Heniane Passos Aleixo, por todo o apoio e incentivo nos meus estudos.

A minha prima e irmã de coração, Luana Aleixo, por toda a amizade. A minha afilhada Helena Aleixo, por ter me ensinado o que é amor de verdade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel Bernardi, por ter me orientado em cada passo dado, por ter confiado e acreditado em mim. A equipe do Laboratório de Biologia de Insetos, pela parceria durante esses dois anos.

Ao meu coorientador, Dr. Dori Edson Nava, por ter me acolhido no laboratório e ajudado sempre quando preciso. A equipe do Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado, pela convivência diária, pelos cafés e risadas nos intervalos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Flávio Roberto Mello Garcia, por ter sempre me incentivado desde a graduação e por toda a ajuda durante esses anos.

À minha colega e amiga Alexandra Peter Krüger, por ter me ajudado durante todo o mestrado, por ter sido meu braço direito de todas as horas, nas boas e nas ruins. Aos demais amigos da sala 2 do laboratório, Tiago Scheunemann, Amanda Garcez e Maíra Chagas, sem vocês eu não teria chegado até aqui. Ao Hugo Julio por ter ajudado na condução dos experimentos.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Fitossanidade por todo o conhecimento repassado.

Aos colegas Jéssica Abreu, Joana Miotto, Márcio Ferreira por toda a parceria durante esses dois anos tanto nas aulas como nas horas livres. Em especial, a minha

colega e amiga Indyra Carvalho, pelos estudos para a seleção de doutorado e pelo apoio.

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

A Embrapa Clima Temperado pela infraestrutura e suporte para a condução dos experimentos.

A todos meus amigos que estiveram torcendo por mim, vocês moram no meu coração.

## Resumo

Vieira, Júlia Gabriela Aleixo Vieira. **Técnicas de criação e biologia de *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) em *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae).** 2019. 76f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Um dos principais problemas da produção de pequenos frutos nacional e mundial é a ocorrência da mosca da asa-manchada *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae), que está amplamente distribuída e causando elevadas perdas econômicas em diversas regiões brasileiras. Para evitar maiores danos, o uso de inseticidas químicos é comumente o mais utilizado para o manejo a campo. Embora eficiente, a maioria dos produtos químicos apresentam elevada toxicidade sobre inimigos naturais e proporcionam resíduos químicos dos frutos quando manejados de forma incorreta. Frente a necessidade de explorar novas alternativas de manejo de *D. suzukii*, foi verificado recentemente a ocorrência natural do endoparasitoide pupal *Trichopria anastrephae* Lima, 1940 (Hymenoptera: Diapriidae) no Estado do Rio Grande do Sul. Frente a potencialidade de uso deste inimigo natural na supressão populacional de *D. suzukii* e da falta de conhecimento do comportamento biológico sobre este hospedeiro, o presente estudo teve por objetivo: i) conhecer as informações biológicas que possam dar suporte para o desenvolvimento de uma técnica de criação massal de *T. anastrephae* em laboratório; ii) determinar os efeitos de diferentes temperaturas sobre as fases imaturas e adulta de *T. anastrephae* e iii) estudar a biologia e estimar a tabela de vida de fertilidade de *T. anastrephae* em pupários de *D. suzukii*. Mediante as avaliações, foram determinados que 15 pupários de *D. suzukii* com até 24 horas de idade são adequados para ocorrer as maiores taxas de parasitismo e porcentagem de insetos emergentes, quando expostos ao parasitismo por um período de 24 horas. Assim como, a alimentação a base de mel puro, solução aquosa de mel a 50 e 10% não afetaram o parasitismo, a razão sexual e longevidade de machos e fêmeas de *T. anastrephae*, contudo, foi determinado a utilização de mel puro por ocorrer menos contaminação por microrganismos. Em relação ao efeito de diferentes temperaturas sobre o desenvolvimento de *T. anastrephae*, foi verificado que temperaturas de 10 e 35°C afetaram negativamente o desenvolvimento das fases imaturas de *T. anastrephae*, porém, as temperaturas de 20 e 25°C foram consideradas ideais para ocorrer a maior multiplicação do parasitoide em laboratório, com as maiores longevidade (dias) de machos e fêmeas, número de descendentes produzidos e porcentagem de insetos emergidos. Com base nos valores de duração (dias) do ciclo biológico de *T. anastrephae*, foi verificado que o limite térmico inferior de desenvolvimento (T<sub>b</sub>) foi de 14,7 para machos e de 14,6 para fêmeas, proporcionando, uma constante térmica de (K) de 384,61 e 432,90 graus dias,

respectivamente. Em relação a tabela de vida de fertilidade, pupários de *D. suzukii* mantidos durante a fase imatura e adultos a temperatura de 20 e 25°C proporcionou o menor tempo de duração (T) entre gerações, as maiores taxas líquida de reprodução ( $R_0$ ). Os dados obtidos contribuem para o desenvolvimento de técnicas de criação de *T. anastrephae* sobre pupários de *D. suzukii* e também resultados acerca de como a temperatura afeta os parâmetros biológicos do parasitoide, contribuindo assim, para o desenvolvimento de programas de manejo para a mosca.

**Palavras-chave:** Endoparasitoide pupal; controle biológico; mosca-da-asa-manchada; tabela de vida de vida de fertilidade; exigências térmicas.

## Abstract

Vieira, Júlia Gabriela Aleixo. **Rearing techniques and biology of *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)**. 2019. 76p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

One of the main problems in the national and international production of small fruits is the occurrence of Spotted Wing Drosophila *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae), which is widely distributed and causing high economic losses in different Brazilian regions. In order to avoid bigger damages, the use of chemical insecticides is common in field management. Although efficient, most of the chemical products show high toxicity on natural enemies and result in chemical residues in fruits when used inappropriately. Due to the necessity of exploring new alternatives for *D. suzukii* management, the natural occurrence of the pupal endoparasitoid *Trichopria anastrephae* Lima, 1940 (Hymenoptera: Diapriidae) was reported in Rio Grande do Sul state. Due to the potential use of this natural enemy in the population suppression of *D. suzukii* and the lack of knowledge of biological behavior on this host, this study has as objectives: i) to know the biological information that can support the development of a massal rearing technique of *T. anastrephae* in laboratory; ii) to determine the effects of different temperatures on immature and adult stages of *T. anastrephae* and iii) to study the biology and to estimate the fertility life table of *T. anastrephae* in puparium of *D. suzukii*. Through evaluations, we determined that 15 puparium of *D. suzukii* with up to 24 hours old are adequate to result the highest parasitism rates and percentage of emerged insects, when exposed to parasitism for a period of 24 hours. Also, feeding on pure honey, aqueous solution of honey at 50 and 10% did not affect the parasitism, sexual ratio and longevity of males and females of *T. anastrephae*, however we determined the use of pure honey since there are lower contamination with microorganisms. Regarding the effect of different temperatures on the development of *T. anastrephae*, we verified that temperatures of 10 and 35°C negatively affected the development of immature stages of *T. anastrephae*, while the temperatures of 20 and 25°C were considered as ideal to occur the highest multiplication of the parasitoid in laboratory, with highest longevity (days) of males and females, number of descendants produced and percentage of emerged insects. Based on the duration (days) of the biological cycle of *T. anastrephae*, it was verified that the lower thermal limit of development (Tb) was 14.7 for males and 14.6 for females, providing a thermal constant (K) of 384.61 and 432.90 degrees days, respectively. In relation to the fertility life table, puparium of *D. suzukii* hold during the immature phase and adults at 20 and 25°C provided the shortest duration (T) between generations and the highest net reproduction rates (Ro). The data obtained contribute

to the development of *T. anastrephae* rearing techniques on puparium of *D. suzukii* and also show results on how temperature affects the biological parameters of the parasitoid, thus contributing to the development of management programs for the fly.

**Keywords:** Pupal endoparasitoid; biological control; Spotted Wing Drosophila; fertility life table; thermal requirements.

## Lista de figuras

### Artigo 1

- Figura 1** Razão sexual (A), porcentagem de emergência % (B), e ciclo biológico (dias) (C) de *T. anastrephae* em diferentes tempos de exposição (horas) de pupários de *D. sukii*..... 38
- Figura 2** Razão sexual (A), ciclo biológico (dias) (B), Porcentagem de parasitismo (%) (C) e número de descendentes (D) de *T. anastrephae* em diferentes quantidades de pupários de *D. sukii*.... 39
- Figura 3** Longevidade (dias) de fêmeas (A) e machos (B) de *T. anastrephae* alimentadas com diferentes concentrações de mel..... 40

### Artigo 2

- Figura 1** Curva de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *T. anastrephae* mantidos em diferentes temperaturas..... 66
- Figura 2** Razão sexual diária de *T. anastrephae* expostos à 20°C (linha pontilhada), 25°C (linha tracejada) e 30°C (linha sólida)..... 67
- Figura 3** Parasitismo diário (linha pontilhada) e parasitismo acumulado (linha sólida) por fêmea de *T. anastrephae* em pupários de *D. sukii* nas temperaturas de 20, 25 e 30°C..... 68
- Figura 4** Limiar térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ), constante térmica (K), curva e equação linear da velocidade de desenvolvimento ( $1/D$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do período ovo a adulto de machos (A) e fêmeas (B) de *T. anastrephae*..... 69

## Lista de tabelas

### Artigo 1

<b>Tabela 1</b>	Razão sexual, emergência (%) e duração de ciclo biológico (dias) (ovo a adulto) (Média $\pm$ Erro padrão) de <i>T. anastrephae</i> criados em pupários de <i>D. suzukii</i> com e sem chance de escolha.....	36
<b>Tabela 2</b>	Número médio ( $\pm$ Erro padrão) de pupários parasitados, número de descendentes e razão sexual de <i>T. anastrephae</i> criados em pupários de <i>D. suzukii</i> criados em diferentes dietas.....	37

### Artigo 2

<b>Tabela 1</b>	Número médio ( $\pm$ Erro padrão) de descendentes gerados por fêmea e razão sexual da progênie de <i>T. anastrephae</i> criados em pupários de <i>D. suzukii</i> em diferentes temperaturas.....	63
<b>Tabela 2</b>	Número médio ( $\pm$ Erro padrão) de emergência (%) e duração do ciclo biológico (ovo a adulto) (dias) de <i>T. anastrephae</i> criados em pupários de <i>D. suzukii</i> submetidos a diferentes temperaturas.....	64
<b>Tabela 3</b>	Parâmetros de tabela de vida de fertilidade de <i>T. anastrephae</i> criados em pupários de <i>D. suzukii</i> em diferentes temperaturas.....	65

## Sumário

1. Introdução.....	13
Bases para o desenvolvimento de técnicas de criação de <i>Trichopria anastrephae</i> (Hymenoptera: Diapriidae) em <i>Drosophila suzukii</i> (Diptera: Drosophilidae) .....	18
Resumo .....	19
Preferência de parasitismo de <i>T. anastrephae</i> pela idade de pupários de <i>D. suzukii</i> .....	22
Tempo de exposição de pupários de <i>D. suzukii</i> ao parasitismo. ....	23
Capacidade de parasitismo de <i>T. anastrephae</i> .....	24
Efeito do alimento sobre adultos de <i>T. anastrephae</i> .....	24
Análise estatística. ....	25
Resultados.....	26
Preferência de parasitismo de <i>T. anastrephae</i> pela idade de pupários de <i>D. suzukii</i> .....	26
Tempo de exposição de pupários de <i>D. suzukii</i> ao parasitismo. ....	26
Capacidade de parasitismo de <i>T. anastrephae</i> .....	27
Efeitos do alimento sobre adultos de <i>T. anastrephae</i> .....	27
Discussão .....	28
Referências citadas .....	32
Biologia, exigências térmicas e tabela de vida de fertilidade de <i>Trichopria anastrephae</i> (Hymenoptera: Diapriidae) em <i>Drosophila suzukii</i> (Diptera: Drosophilidae) sob diferentes temperaturas .....	42
Resumo .....	43
1 Introdução .....	44
2 Material e métodos.....	46
2.1 Criação de manutenção de <i>T. anastrephae</i> e <i>D. suzukii</i> .....	46
2.2 Efeito da temperatura sobre adultos de <i>T. anastrephae</i> .....	47
2.3 Exigências térmicas e tabela de vida de fertilidade de <i>T. anastrephae</i> .	48
2.5 Análise estatística.....	48
3 Resultados.....	49
3.1 Efeito da temperatura sobre adultos de <i>T. anastrephae</i> .....	49
3.2 Determinação de exigências térmicas de <i>T. anastrephae</i> .....	50

3.3 Tabela de vida de fertilidade.....	51
4 Discussão.....	52
Referências.....	56
5. Conclusões gerais .....	70
6. Referências .....	71

## 1. Introdução

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produtores de frutas, ficando apenas atrás da China e da Índia. Em 2017, o país produziu aproximadamente 40 milhões de toneladas de frutas frescas e exportou 900 mil toneladas para mais de 100 países (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). Apesar dos esforços despendidos para a obtenção de uma alta produção de frutas, alguns fatores limitantes podem levar a grandes perdas, como é o caso dos problemas fitossanitários causados principalmente por insetos. Estes podem ocasionar danos diretos e/ou indiretos depreciando o produto e reduzindo o valor comercial dos frutos, que podem ser rejeitados no mercado interno, assim como, podem impor restrições à exportação (PARRA et al., 2002).

A mosca-da-asa-manchada, *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) é nativa da Ásia, porém, já foi relatada em outros continentes, tais como a Europa (CALABRIA et al., 2012), América do Norte (CINI et al., 2012) e países da América Sul, como Brasil (DEPRÁ et al., 2014), Argentina (SANTADINO et al., 2015) e Uruguai (GONZÁLEZ; MARY; GÕNI, 2015). Além disso, possui probabilidade de ocorrência em países da Oceania e África (DOS SANTOS et al., 2017). No Brasil, foi relatada em 2014, onde rapidamente disseminou-se por diversos estados do país (ANDREAZZA et al., 2016; BITNER-MATHÉ; VICTORINO; FARIA, 2014; DEPRÁ et al., 2014; GEISLER et al., 2015; PAULA; LOPES; TIDON, 2014; VILELA; MORI, 2014).

A espécie apresenta elevada capacidade reprodutiva (ANDREAZZA et al. 2017; EMILJANOWICZ et al., 2014), polifagia (LEE et al., 2011) e também, um ciclo biológico curto (EMILJANOWICZ et al., 2014; SCHLESENER et al., 2018). Desde sua invasão nos países de ocorrência, vem causando sérios problemas à produção de pequenos frutos em diversos países, pois possui capacidade de atacar frutos exóticos e nativos, sendo que tais como amora (*Rubus* spp.), cereja (*Prunus* spp.), framboesa (*Rubus idaeus*), mirtilo (*Vaccinium myrtillus*), morango (*Fragaria* spp.), dentre outros (ASPLEN

et al., 2015; LEE et al., 2011; SANTOS, 2014a; SCHLESENER et al., 2015).

Os indivíduos dessa espécie possuem 2-3mm de comprimento, com olhos vermelhos e possuem coloração marrom-amarelada (DREVES et al., 2009). Os machos possuem pequenas manchas escuras no ápice das asas, além de apresentar uma linha de cerdas, denominada pente tarsal, presente no primeiro par de pernas (LIBURD; INGLESIAS, 2013). Enquanto que, as fêmeas possuem um ovipositor duplamente serreado, com vários dentes esclerotizados, que permite a deposição dos ovos no interior dos frutos (LIBURD; INGLESIAS, 2013).

Os danos diretos são ocasionados pelas fêmeas através da perfuração da superfície dos frutos para realizar a oviposição e pelo desenvolvimento das larvas no interior do mesmo (DREVES et al., 2009; BOLDA et al., 2010; RENKEMA et al., 2013). Os danos indiretos estão relacionados aos ferimentos provocados pela oviposição das fêmeas que permitem a entrada de fitopatógenos ampliando as perdas de produção (DREVES et al., 2009; BOLDA et al., 2010; RENKEMA et al., 2013), além de liberar voláteis que servem para atrair outras espécies de Nitidulidae e também outras moscas de Drosophilidae, como a mosca-do-figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae) (DREVES et al., 2009; RENKEMA et al., 2013; SANTOS et al., 2014b; BERNARDI et al., 2017).

No Brasil, ainda não existem produtos registrados para o controle da espécie (AGROFIT, 2018), fazendo com que em muitos casos os produtores utilizam produtos recomendados para outros cultivos de espécies de frutíferas (BRUCK et al., 2011; HAYE et al., 2016; ANDREAZZA et al., 2017c). Em países como o Japão (KAWASE et al., 2008) e nos Estados Unidos (BEERS et al., 2011; BRUCK et al., 2011), o manejo de *D. suzukii* é realizado, principalmente, através do controle químico, com destaque aos inseticidas fosforados, piretroides e espinosinas (HAYE et al., 2016; ANDREAZZA et al., 2017c). Embora eficientes, a utilização constante de inseticidas químicos podem causar contaminações ambientais e alimentares, além de prejudicar organismos benéficos como polinizadores e inimigos naturais (ROUBOS et al., 2014; ANDREAZZA et al., 2017c). Além disso, estudos recentes demonstram o desenvolvimento de resistência de *D. suzukii* a inseticidas comumente utilizados, como o spinosad (GRESS; ZALOM, 2018).

Dentro deste contexto, programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) têm incentivado o uso concomitante de métodos alternativos e menos agressivos ao meio ambiente (KOGAN, 1998; PARRA, 2002). Os parasitoides himenópteros são agentes

que atuam no controle biológico, contribuindo para a mortalidade de artrópodes-praga com importância econômica nos ecossistemas agrícolas e naturais (GIUNTI et al., 2015). Com isso, a estratégia de controle biológico pode ser economicamente viável, ambientalmente segura e também, pode ser empregada sinergicamente com outros métodos no manejo integrado de *D. suzukii* (GABARRA et al., 2014; GARCIA et al., 2017).

Dentre os principais inimigos naturais da *D. suzukii*, destacam-se os parasitoides larvais dos gêneros *Asobara* (Braconidae), *Leptopilina* e *Ganaspis* (Figitidae), e os pupais, dos gêneros *Pachycrepoideus* (Pteromalidae) e *Trichopria* (Diapriidae) (CHABERT et al., 2012; DAANE et al., 2016; NOMANO; MITSUI; KIMURA, 2015; ROSSI-STACCONI et al., 2015; WANG et al., 2016). Entretanto, devido a um número elevado de hemócitos em relação a outras espécies de *Drosophila*, a *D. suzukii* possui elevada capacidade de imunização e encapsulação de ovos depositados em sua hemocele por algumas espécies de parasitoides (KACSOH; SCHLENKE, 2012; POYET et al., 2013). Uma vez acionado o sistema imune do hospedeiro, o desenvolvimento do parasitoide é afetado, principalmente, para as espécies de parasitoides de larvas (CHABERT et al., 2012; KACSOH; SCHLENKE, 2012; POYET et al. 2013; WOLLMANN et al., 2016). Contudo, foi relatado que os parasitoides pupais, com destaque para o *Trichopria drosophilae* Perkins, 1910 (Hymenoptera: Diapriidae) e *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani, 1875) (Hymenoptera: Pteromalidae) apresentaram elevadas taxas de parasitismo sobre pupários de *D. suzukii* (CHABERT et al., 2012; GABARRA et al., 2014; ROSSI-STACCONI et al., 2015) e, principalmente, não é afetado pelo sistema imune do hospedeiro.

Devido à introdução recente de *D. suzukii* no Brasil, a exploração do controle biológico natural e aplicado da praga é pouco evidenciada. Contudo, com o recente registro do endoparasitoide pupal *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae) em frutos de morango (*Fragaria x ananassa*) e amora (*Rubus* spp.) infestados com *D. suzukii* (WOLLMANN et al., 2016; ANDREAZZA et al., 2016), ficou evidenciado a capacidade de exploração desta nova estratégia de manejo da praga. Essa espécie já foi encontrada parasitando pupas de diferentes espécies do gênero *Anastrepha* em diferentes estados brasileiros (AGUIAR-MENEZES et al., 2001; GARCIA; CORSEUIL, 2004; MARCHIORI; PENTEADO-DIAS, 2001; SILVA et al., 2003; CRUZ et al., 2011).

O parasitoide *T. anastrephae* é um micro-himenóptero de coloração preta, medindo de 2 a 4 mm de comprimento (ANDREAZZA et al., 2017b). Os machos caracterizam-se por apresentar antenas mais longas quando comparados com as fêmeas, que possuem antenas mais curtas e com clavas (ANDREAZZA et al., 2017b; COSTA LIMA, 1940). As fêmeas apresentam abdome maior e ovipositor, conferindo a capacidade de depositar os ovos no interior das pupas do hospedeiro (ANDREAZZA et al., 2017b; COSTA LIMA, 1940). A espécie é considerada generalista, com capacidade de desenvolver um único parasitoide por pupário do hospedeiro infectado (ANDREAZZA et al., 2017b; COSTA LIMA, 1940).

Frente a isso, estudos referentes a identificação, isolamento e a capacidade de multiplicação de parasitoides de pupários de *D. sukii* em laboratório é de suma importância para a definição de uma nova alternativa de manejo da praga a campo. Assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver técnicas de criação e determinar os parâmetros biológicos de imaturos e adultos de *T. anastrephae* utilizando pupários de *D. sukii* como hospedeiro e em diferentes temperaturas em laboratório.

**Artigo 1 – Journal of Economic Entomology**

Vieira et al.: Bases para o desenvolvimento de criação de *T. anastrephae* em *D. suzukii*

Júlia Gabriela Aleixo Vieira  
Universidade Federal de Pelotas  
96010-900, Pelotas/RS, Brasil  
E-mail: ju-aleixo@hotmail.com

Journal of Economic Entomology  
Controle Biológico

**Bases para o desenvolvimento de técnicas de criação de *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) em *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)**

Júlia Gabriela Aleixo Vieira<sup>1\*</sup>, Alexandra Peter Krüger<sup>1</sup>, Tiago Scheuneumann<sup>1</sup>, Maíra Chagas Morais<sup>2</sup>, Hugo Julio Speriogin<sup>2</sup>, Flávio Roberto Mello Garcia<sup>1</sup>, Dori Edson Nava<sup>1,3</sup>, Daniel Bernardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS 96010900, Brazil

<sup>2</sup> Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, RS 96010900, Brazil

<sup>3</sup> Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brazil

\*Corresponding author; E-mail: ju-aleixo@hotmail.com

**Resumo** - A mosca-da-asa-manchada, *Drosophila suzukii*, possui grande importância econômica para o cultivo de frutos de tegumento fino. O seu controle tem sido realizado comumente através do controle químico. Contudo, frente a necessidade de desenvolvimento de alternativas de manejo, mais seguras e ambientalmente corretas, destaca-se como potencial de uso o endoparasitoide pupal *Trichopria anastrephae*. No entanto, o principal obstáculo para o uso deste parasitoide é a falta de informações que possibilitem o desenvolvimento de técnicas de multiplicação massal. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo fornecer informações biológicas para serem utilizadas para a estruturação de um sistema de multiplicação de *T. anastrephae* utilizando como hospedeiro pupários de *D. suzukii*. Para tanto, foram determinados o efeito da idade dos pupários sobre o parasitismo (%) de *T. anastrephae*, tempo de exposição (horas), a densidade de pupários (número de pupários) para cada fêmea de *T. anastrephae* e o efeito de diferentes fontes alimentares (dieta) sobre a longevidade e a taxa de parasitismo. A partir dos dados obtidos, foi possível determinar que pupários com 12 horas de idade, na densidade de 15 pupários por fêmea expostos até 24 horas permitiu uma maior taxa de parasitismo e número de parasitoides emergidos por fêmeas de *T. anastrephae*. Assim como, machos e fêmeas de *T. anastrephae* alimentados com mel puro (100%) ou diluído a 50% em água foram mais longevos quando comparado com insetos que se alimentaram com mel a 10% ou ficaram sem a fonte alimentar ou receberam somente água.

**PALAVRAS-CHAVE:** endoparasitoide pupal, técnicas de criação, mosca-da-asa-manchada, controle biológico.

A mosca-da-asa-manchada, *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) é nativa da Ásia, entretanto, disseminou-se por outros continentes, como a Europa (Calabria et al. 2012, Dos Santos et al. 2017), América do Norte (Cini et al. 2012) e em diversos países da América do Sul (Deprá et al. 2014, González et al. 2015, Santadino et al. 2015, Andreatza et al. 2017), com potencial para a adaptação e estabelecimento na Oceania e África (Dos Santos et al. 2017). Essa espécie possui uma ampla gama de hospedeiros nativos e exóticos, atacando principalmente os cultivos de pequenos frutos, como *Rubus sellowii* (Rosaceae), *Fragaria x ananassa* (Rosaceae), *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae), *Prunus avium* (Rosaceae), *Rubus idaeus* (Rosaceae), entre outros (Dreves et al. 2009, Lee et al. 2011, Andreatza et al. 2017).

Os danos são ocasionados pelas fêmeas devido a presença de um ovipositor duplamente serrado, com dentes esclerotizados, que permite a inserção do mesmo nos frutos (Walsh et al. 2011, Cini et al. 2012). Posteriormente, os danos se intensificam pela alimentação das larvas no interior dos frutos, além de que, a punctura realizada para a deposição dos ovos, abre portas de entrada para infestações secundárias, acelerando o processo de deterioração dos frutos (Dreves et al. 2009, Bolda et al. 2010, Walsh et al. 2011).

Apesar de o controle químico ser o método mais utilizado em outros países onde a praga já está estabelecida, como no Japão (Kawase et al. 2008) e nos Estados Unidos (Beers et al. 2011, Bruck et al. 2011), um estudo recente relatou o desenvolvimento de resistência de *D. suzukii* a um inseticida a base de espinosinas comumente utilizado para seu manejo (Gress e Zalom 2018). Frente a necessidade de determinar métodos alternativos menos agressivos e ambientalmente seguros ao meio ambiente e aos seres vivos, o controle biológico de *D. suzukii* tem ganhado destaque no cenário mundial (Daane et al. 2016, Wang et al. 2016) e tem demonstrado potencial para o controle de *D. suzukii* (Chabert et al. 2012, Gabarra et al. 2014, Rossi-Stacconi et al. 2015, Daane et al. 2016, Wang et al. 2016).

No Brasil, os estudos relacionados ao controle biológico de *D. suzukii* ainda são limitados. Contudo, recentemente foi registrada a ocorrência do endoparasitoide pupal, *Trichopria anastrephae* Lima, 1940 (Hymenoptera: Diapriidae) parasitando pupários de *D. suzukii* em infestações de frutos de *Rubus* spp. e *Fragaria x ananassa* (Wollmann et al. 2016). A presença desses indivíduos nativos no campo é um indicativo de que a espécie já está adaptada ao meio ambiente (Cruz et al. 2011), podendo caracterizar-se como indivíduos promissores para o uso nos programas de controle biológico de *D. suzukii*. Visto a importância do *T. anastrephae* no manejo natural de *D. suzukii*, é necessário o desenvolvimento de técnicas de criação que permitam a multiplicação e liberação massal da espécie (Andreazza et al. 2017b), assim como, desenvolvido para outras espécies de parasitoides de moscas-das-frutas, como *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Figitidae) (Gonçalves et al. 2016) e *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae) (Poncio et al. 2018). Com isso, o presente estudo objetivou o desenvolvimento de uma técnica de criação de *T. anastrephae* em laboratório utilizando pupários de *D. suzukii* como hospedeiro.

## **Material e métodos**

**Criação e manutenção de *T. anastrephae* e *D. suzukii*.** As colônias de *D. suzukii* e *T. anastrephae* foram mantidas em salas climatizadas com temperatura de  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa do ar de  $70 \pm 10$  % e fotofase de 12 horas. A criação de *D. suzukii* foi conduzida conforme descrito por Schlesener et al. (2017). Para estabelecimento da colônia de *T. anastrephae* foram coletados frutos de *Rubus* spp. infestados por *D. suzukii* em pomar localizado em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil ( $31^{\circ}38'20''$ S e  $52^{\circ}30'43''$ O). Após a coleta, os frutos foram acondicionados em caixa térmica e encaminhados ao Laboratório de Biologia de Insetos, na Universidade Federal de Pelotas, onde foram individualizados em potes

plásticos (150 mL) com tampa perfurada (2 cm de diâmetro) coberto com tecido *voile*, contendo uma fina camada de vermiculita (1 cm), conforme descrito por Wollmann et al. (2016). Os frutos foram mantidos em sala climatizada com as mesmas condições descritas anteriormente.

Após a emergência dos parasitoides, alguns espécimes foram coletados para identificação de acordo com os caracteres taxonômicos estabelecidos por Costa Lima (1940), sendo alguns espécimes foram depositados na Coleção de Insetos Entomófagos “Oscar Monte” (Instituto Biológico, Campinas, SP, Brazil; curador: Valmir A. Costa). Outros espécimes foram colocados em gaiolas de criação confeccionadas por caixas plásticas (262 × 177 × 147 mm), com duas aberturas retangulares nas laterais (80 × 100 mm) e uma abertura retangular na tampa (155 × 50 mm), revestidas com tecido *voile*. Para a manutenção dos adultos de *T. anastrephae* foi fornecido solução aquosa de mel a 10% como alimento, ofertado em algodão embebido disposto sobre placa de acrílico (45 mm de diâmetro). Para a multiplicação dos parasitoides, pupários de *D. suzukii*, obtidos da criação de manutenção do laboratório foram utilizadas como hospedeiro. Os pupários foram expostos aos parasitoides sobre algodão umedecido com água destilada acondicionado no interior de placas de acrílico (45 mm de diâmetro), durante um período de 72 horas. Após o período de exposição, as placas contendo os pupários foram removidas e mantidas em gaiolas de emergência, com as mesmas dimensões supracitadas, onde permaneceram até a emergência dos novos adultos dos parasitoides. Os insetos foram criados por no mínimo três gerações sobre os pupários de *D. suzukii* antes da montagem dos bioensaios.

#### **Preferência de parasitismo de *T. anastrephae* pela idade de pupários de *D. suzukii*.**

Foram realizados testes com e sem chance de escolha. Para tanto, casais de *T. anastrephae* provenientes da criação de manutenção com até 24 h de idade, foram individualizados em

gaiolas de parasitismo formadas por copos plásticos (300 mL) invertidos na respectiva tampa e fechados na parte superior com tecido *voile* para evitar a fuga dos parasitoides e permitir aeração. Como fonte de alimento foi oferecido uma solução aquosa de mel na concentração de 10 % embebida em algodão, a qual foi disponibilizada em placas de plástico (2,2 cm de diâmetro × 0,7 cm de altura). O alimento foi trocado a cada 48 h para evitar a fermentação e a contaminação por microrganismos. Para o teste com chance de escolha, foram ofertados vinte pupários de *D. sukii* com idades de 12, 24, 48, 72 h para cada casal de *T. anastrephae*, os quais foram disponibilizados de forma equidistantes e em círculos no interior da gaiola. Para o teste sem chance de escolha, foram ofertados vinte pupários de mesma idade para cada fêmea de *T. anastrephae*. Os pupários foram colocados sobre algodão umedecido com água destilada, em placas de plástico (2,2 cm de diâmetro × 0,7 cm de altura). Para ambos os testes, os pupários foram ofertados por cinco dias consecutivos por um período de 24 h. Decorrido esse tempo de exposição, os pupários foram retirados e acondicionados em tubos de acrílico (2,5 cm de diâmetro × 4,5 cm de altura) fechados na parte superior pela respectiva tampa para a verificação da emergência de parasitoides ou moscas. As variáveis analisadas para ambos os testes foram a porcentagem (%) de emergência, calculada a partir da quantidade de parasitoides emergidos do número total de pupas ofertadas, a duração do ciclo de desenvolvimento dos parasitoides (ovo a adulto) (dias) e a razão sexual (rs), determinada através da equação:  $rs = \frac{\text{número de fêmeas}}{\text{número de fêmeas} + \text{número de machos}}$ . O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 repetições (casais) por tratamento com e sem chance de escolha.

**Tempo de exposição de pupários de *D. sukii* ao parasitismo.** Casais de até 24 h de idade de *T. anastrephae* foram individualizados em gaiolas de parasitismo contendo alimento constituído de mel a 10%. Para tanto, foram expostos ao parasitismo de *T.*

*anastrephae*, vinte pupários de *D. sukii* por períodos de 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas (tratamentos) utilizando-se a mesma metodologia descrita no teste que avaliou a preferência para parasitismo. As variáveis analisadas neste bioensaio foram número de descendentes, porcentagem de emergência (%), duração do ciclo de desenvolvimento (ovo a adulto) (dias) e a razão sexual (rs). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 repetições (casais) por tratamento.

**Capacidade de parasitismo de *T. anastrephae*.** Fêmeas de *T. anastrephae* com 24 horas de idade foram individualizadas em gaiolas de parasitismo contendo alimento a mel a 10% conforme descrito anteriormente. Os tratamentos foram compostos por 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 pupários de *D. sukii*. Os pupários foram expostos ao parasitismo por um período de 24 horas por cinco dias consecutivos. A forma de exposição, bem como o processo de retirada dos pupários após o período de exposição foram realizados conforme descrito no teste que avaliou a preferência de parasitismo. As variáveis analisadas neste bioensaio foram a duração do ciclo de desenvolvimento dos parasitoides (ovo a adulto) (dias), o número de pupas parasitadas, o número de indivíduos gerados (progênie) e a razão sexual da progênie. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 repetições (casais) por tratamento.

**Efeito do alimento sobre adultos de *T. anastrephae*.** Casais de até 24 horas foram individualizados em gaiolas de parasitismo conforme descrito no teste que avaliou a preferência para parasitismo. Foram testados os seguintes tratamentos (dietas): D1) sem alimento e água (controle 1); D2) sem água (controle 2); D3) solução aquosa de mel na concentração de 10%; D4) solução aquosa de mel na concentração de 50% e D5) mel puro (100%). Desde a formação dos casais até a morte das fêmeas, diariamente, foram oferecidas

vinte pupários de *D. sukuzii* por fêmea com um tempo de exposição de 24 h. Os procedimentos de exposição dos pupários e processo de manutenção após a exposição às fêmeas e retirada foram realizados conforme descrito no teste que avaliou a preferência para parasitismo. Para evitar a fermentação e contaminação por microrganismos, o alimento foi trocado a cada 48 horas. As variáveis analisadas foram a longevidade (dias) dos parasitoides, o número de pupas parasitadas, o número de indivíduos gerados (progênie), a razão sexual (rs) da progênie. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 20 repetições (casais) por tratamento.

**Análise estatística.** Os dados de parasitismo e número de descendentes foram verificados quanto a normalidade e homoscedasticidade dos resíduos verificadas através dos testes de Shapiro Wilk e Batlett, respectivamente. Subsequentemente, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ). Depois de confirmada a significância estatística, o efeito da idade do hospedeiro sobre os parâmetros de razão sexual e porcentagem de emergência foram verificados através do teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Os dados dos bioensaios de tempo de exposição de pupários e determinação da capacidade de parasitismo foram avaliados através de modelos de regressão, e quando o ajuste não ocorreu, as médias foram comparadas através dos intervalos de confiança a 95%. Os dados de pupários parasitados, progênie gerada e razão sexual, obtidos no bioensaio de fontes alimentares, não atenderam os pressupostos de normalidade e homoscedasticidade, e então foram submetidos ao teste Kruskal-Wallis e comparadas pelo teste de Dunn. A longevidade de machos e fêmeas no bioensaio de fontes alimentares foram avaliadas através das curvas de sobrevivência no estimador de Kaplan-Meier, e subsequentemente comparadas entre si usando o teste log-rank. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Development Core Team 2011).

## Resultados

**Preferência de parasitismo de *T. anastrephae* pela idade de pupários de *D. sukii*.** No teste com chance de escolha, a idade dos pupários não afetou na razão sexual ( $F= 0,07$ ; g.l.= 3;  $p =0,79$ ), na porcentagem de emergência ( $F=1,08$ ; g.l.=3;  $p=0,31$ ) e na duração do ciclo biológico (ovo a adulto) (dias) dos parasitoides ( $F= 0,83$ ; g.l. =3;  $p=0,37$ ) (Tabela 1). Em contraste, no teste sem chance de escolha tanto a razão sexual ( $F= 4,99$ ; g.l; =3;  $p =0,03$ ) quanto a porcentagem de emergência ( $F =7,10$ ; g.l.=3;  $p =0,01$ ) foram afetadas pela idade dos pupários (Tabela 1). A maior razão sexual foi observada em pupários com idade de 12 h de idade ( $r_s = 0,76$ ), diferindo das demais idades (Tabela 1). Para a variável porcentagem de emergência, foi verificado que pupários com 72 h de idade apresentaram a menor taxa de indivíduos emergidos (53,70) sendo inferior que os pupários com 12 h (66,80). Porém, ambos tratamentos não diferiram da porcentagem de parasitismo de pupários com 24 (58,40) e 48 h (60,50) (Tabela 1).

**Tempo de exposição de pupários de *D. sukii* ao parasitismo.** Não foi possível ajustar um modelo matemático para a razão sexual, e nenhum dos tratamentos diferiu entre si (Figura 1A). Entretanto, para a porcentagem de parasitoides emergidos, foi verificado um aumento exponencialmente de acordo com o aumento do tempo de exposição dos pupários de *D. sukii* aos parasitoides ( $F= 439,19$ ; g.l. =5;  $p <0,0001$ ; Figura 1B), sendo que, no tempo de exposição de 24 h foi obtido o maior número de insetos emergidos. Para o ciclo biológico (ovo a adulto) foi verificado que pupários de *D. sukii* expostos por 24 h apresentou um menor período de desenvolvimento (17,39 dias) (Figura 1C), sendo inferior aos demais tempos de exposição 2 (18,42 dias), 4 (18,39 dias) ou 6 h (18,19 dias) (Figura 1C).

**Capacidade de parasitismo de *T. anastrephae*.** Não foi possível ajustar um modelo matemático para a razão sexual e o período de desenvolvimento (Figura 2A; 2B). Contudo, foi possível observar que quando foram ofertados cinco pupários de *D. suzukii* por fêmea de *T. anastrephae* houve um aumento significativo na duração do ciclo biológico (ovo-adulto) de *T. anastrephae* (19,85 dias), quando comparado com as quantidades de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 pupários (Figura 2B). Em relação à porcentagem de parasitismo, foi observado que houve um decréscimo significativo ( $F = 369,99$ ; g.l. = 6;  $p < 0,0001$ ) na taxa de parasitismo de acordo com o aumento da quantidade de pupários ofertados as fêmeas de *T. anastrephae* (Figura 2C). Contudo, nas quantidades de 5, 10, e 15 pupários por fêmea de *T. anastrephae* não ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na taxa de parasitismo (Figura 2C). Em contraste, o número de descendentes aumentou significativamente ( $F = 1997,60$ ; g.l. = 6;  $p < 0,0001$ ) de acordo com o aumento da quantidade de pupários oferecidos (Figura 2D).

**Efeitos do alimento sobre adultos de *T. anastrephae*.** A dieta ofertada aos parasitoides afetou significativamente o número médio de pupários parasitados ( $\chi^2 = 61,95$ ; g.l. = 4;  $p < 0,0001$ ), progênie gerada ( $\chi^2 = 63,70$ ; g.l. = 4;  $p < 0,0001$ ) e a razão sexual ( $\chi^2 = 19,27$ ; g.l. = 4,  $p < 0,0001$ ) (Tabela 2). Contudo, a quantidade de mel oferecida (10%, 50% e mel puro) não afetou a taxa de parasitismo ( $\approx 129$  pupários parasitados), número de descendentes ( $\approx 109$  descendentes) e razão sexual ( $\approx 0,39$ ) (Tabela 2). Por outro lado, insetos que não receberam alimento e água apresentaram as menores taxas de parasitismo, número de descendentes e razão sexual (Tabela 2). Entretanto, a dieta mel puro (40,40 dias) e 50% (35,45 dias) proporcionaram a maior longevidade de fêmeas ( $\chi^2 = 162$ ; g.l. = 4,  $p < 0,0001$ ) quando comparado com os demais tratamentos mel 10% (31,65 dias), controle 2 (16,05 dias) e controle 1 (3,20 dias) (Figura 3A). Em contraste, os machos obtiveram maior longevidade ( $\chi^2 = 129$ ; g.l. = 4;  $p < 0,0001$ ) na concentração de 50% (47,55 dias) quando comparados a 10%

(40,65 dias) e a 100% (43,30 dias) (Figura 3B). Os machos que obtiveram apenas a oferta de água obtiveram uma longevidade intermediária (13,50 dias). Enquanto que, os que não foram alimentados (mel e água) apresentaram uma baixa longevidade média de 3,20 e 4,40 dias, respectivamente (Figuras 3A e 3B).

## Discussão

O sucesso de programas de controle biológico de insetos com status de praga depende da disponibilidade de técnicas de criação em larga escala de parasitoides e seus hospedeiros, bem como do conhecimento de suas interações biológicas (Nakajima et al. 2012). Com isso, estudos como este contribuem para o desenvolvimento de uma técnica de criação e multiplicação de *T. anastrephae* em laboratório para liberações visando o controle de *D. suzukii*.

No primeiro bioensaio, os resultados obtidos demonstram que, em teste com chance de escolha *T. anastrephae* não obteve preferência pela idade do pupário de *D. suzukii*. Em um estudo realizado com o parasitoide *Trichopria drosophilae* (Perkins, 1910) (Diptera: Drosophilidae), foi observado que não houve diferença no parasitismo em pupários de *D. suzukii* de diferentes idades, assim como, não afetou o desenvolvimento do parasitoide, em testes com chance de escolha (Wang et al. 2016). Contudo, Harvey (2001), verificaram que mudanças morfológicas e fisiológicas do hospedeiro podem influenciar o tamanho corporal, fecundidade, longevidade, eficiência de forrageio, taxa de desenvolvimento, razão sexual e a sobrevivência da prole dos parasitoides. Assim como, durante o estágio pupal, os tecidos sofrem histólise dos tecidos internos, a formação dos órgãos internos do adulto e a esclerotização dos apêndices. Devido a isso, os pupários mais jovens podem oferecer nutrição de melhor qualidade e facilidade na penetração do ovipositor da fêmea, onde a mesma deposita seus ovos na hemolinfa do hospedeiro, impedindo seu desenvolvimento (Wang e Liu

2002, Rossi Stacconi et al. 2015).

Os pupários de *D. suzukii* com 12 h de idade proporcionaram uma maior proporção de fêmeas de *T. anastrephae*. Isso pode estar relacionado com a capacidade dos parasitoides em determinar o sexo de seus descendentes na oviposição, de acordo à qualidade do hospedeiro (Tang et al. 2015). Geralmente, o aumento de idade do hospedeiro pode causar a diminuição da qualidade nutricional, afetando a escolha do hospedeiro e o parasitismo (Pereira et al. 2009, Zhao et al. 2013). Assim como, com 72 horas, é possível verificar o desenvolvimento avançado da mosca no interior do pupário, uma vez que o período pupal de *D. suzukii* é de aproximadamente cinco dias (Tochen et al. 2014). Este fato, proporcionou que, pupários de *D. suzukii* com 72 h de idade houvesse uma menor taxa de parasitismo quando comparado com pupários novos (12 h). Contudo, devido a pupários de 12 e 24 h de idade não diferirem significativamente em a porcentagem de emergência, razão sexual e a duração do ciclo biológico de *T. anastrephae*, podemos caracterizar que pupários com até 24 h de idade são considerados ideais para a oferta as fêmeas de *T. anastrephae*, para facilitar a sincronia do parasitoide e hospedeiro nos bioensaios, e também a multiplicação da espécie.

Foi observado neste estudo, que quando fornecido a maior quantidade de pupários de *D. suzukii* houve maior número de descendentes, porém, a porcentagem de parasitismo diminuiu. Resultados similares a este já foram encontrados em outros estudos realizados acerca da densidade de hospedeiros ao parasitoide, onde obtiveram os mesmos resultados em relação ao número de descendentes e a porcentagem de parasitismo, como verificado com o parasitoide *Spalangia endius* Walker, 1839 (Hymenoptera: Pteromalidae) em pupas de duas espécies de moscas-das-frutas, *Bactrocera correcta* (Bezzi) (Diptera: Tephritidae) e *Bactrocera dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae) (Kitthawee et al. 2004) e em larvas de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) quando submetidas ao parasitismo de *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligeti, 1911) (Hymenoptera: Braconidae) (Poncio et al.

2018). O estudo realizado por Kaçar et al. (2017) com o ectoparasitoide *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani, 1875) (Hymenoptera: Pteromalidae) e o endoparasitoide *T. drosophilae* demonstraram um aumento na quantidade de pupários de *D. suzukii* parasitados quando a densidade do mesmo era mais alta. Porém, *P. vindemmiae* esgotou todos os ovos maduros após um dia de oferta de alta densidade de hospedeiros, por ser capaz de produzir cerca de 20 ovos de cada vez, enquanto que, *T. drosophilae* produz em média de 40 a 60 ovos maduros (Kaçar et al. 2017). Os autores observaram que *T. drosophilae* depositou apenas 50% dos ovos maduros, o que pode ter sido limitado pelo tempo de exposição dos hospedeiros (Kaçar et al. 2017). Por fim, o número de ovos depositados por *T. anastrephae* pode ser determinado por outros fatores, como o período de exposição.

Para a determinação do número de hospedeiros a serem ofertados ao parasitismo, é importante que este seja consistente com o número máximo de parasitismo, a fim de evitar desperdício de material e minimizar o tempo de trabalho (Poncio et al. 2018). Frente a isso, foi determinada à utilização de quinze pupários de *D. suzukii* ofertados para cada fêmea de *T. anastrephae*, visto que, proporciona cerca de 60% de parasitismo e aproxima-se do máximo de pupários parasitados em todos os tratamentos.

Em relação ao efeito do alimento sobre *T. anastrephae* o único parâmetro que foi afetado pelo alimento foi a longevidade, onde fêmeas obtiveram maior longevidade a mel puro e a solução de mel de 50% e machos em solução de 50%. Os parasitoides podem ser afetados pela alimentação, principalmente sobre fatores como longevidade, fecundidade, e também a eficiência na localização de seus hospedeiros (Wackers 2003, Harvey et al. 2012, Tena et al. 2015). Contudo, em alguns casos, diferentes quantidades de açúcar podem variar na qualidade nutricional para os parasitoides, sendo que alguns podem ampliar a vida útil ou até serem tóxicos (Harvey et al. 2012).

Apesar do alimento influenciar na longevidade dos adultos, é possível observar que as

diferentes concentrações de mel ofertadas (mel puro, 50 e 10%) não afetaram o parasitismo, apenas aqueles que não haviam nenhuma fonte de açúcar. Embora, mel a 50% tenha obtido uma alta longevidade de adultos, Gonçalves et al. (2016) observaram alguns problemas relacionados a oferta de mel dissolvido em água, como por exemplo, perda de água rápida e contaminação por microrganismos causando pela fermentação do substrato, sendo necessário a reposição de alimento diariamente. Pelo fato que o parasitismo de *T. anastrephae* não foi afetado pela concentração de mel oferecida e que a longevidade de fêmeas não diferiu entre mel puro e 50%, determinamos que mel puro pode propiciar o desenvolvimento e parasitismo adequado a esta espécie.

A razão sexual registrada para as concentrações de 10%, 50% e mel puro foram baixas. Porém, como foram levados em consideração a longevidade dos adultos, em certo ponto da vida de *T. anastrephae*, ocorreu a emergência apenas de indivíduos machos. Essa distorção sexual a favor de machos nos tratamentos onde havia alimento pode estar relacionada ao tipo de reprodução da espécie, que permite a oviposição mesmo sem fertilização, originando apenas machos. A reprodução partenogênica mais comum entre espécies parasitoides é do tipo arrenótoca, onde fêmeas são originadas em ovos fertilizados (diploides) e machos de ovos não fertilizados (haploides) (Comins e Wellings, 1985).

Para o desenvolvimento de programas de controle biológico, o principal obstáculo é o desenvolvimento de um sistema de criação que permita a produção massal de indivíduos. Contudo, frente os resultados obtidos no presente estudo, foi verificado mediante as variáveis analisadas (número de descendentes, razão sexual, porcentagem de parasitismo ou emergência e longevidade), sugerem a utilização de pupários de *D. suzukii* com até 24 h de idade, expostos ao parasitismo por até 24 horas em uma proporção de 15 pupários por fêmea e com fornecimento de mel puro ou dissolvido em até 50% como fonte de alimento. Os resultados obtidos em nosso estudo fornecem uma importante base biológica para o

desenvolvimento de uma técnica de criação de *T. anastrephae* a fim de delinear, conhecer e avançar os estudos de criação massal e interação do parasitoide e hospedeiro para os futuros programas de controle biológico de *D. suzukii*.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPQ).

### Referências citadas

- Andreazza F., D. Bernardi, R.S.S. Dos Santos, F.R.M. Garcia, E.E. Oliveira, M. Botton and D.E. Nava. 2017.** *Drosophila suzukii* in Southern Neotropical region: Current status and futures perspectives. *Neotrop. Entomol.* 46: 591–605.
- Andreazza, F.; D. Bernardi, D.E. Nava, M. Botton and V.A. Costa. 2017b.** Inimiga parasitada. *Cultivar HF*,102: 20-23.
- Beers E.H., R.A. Steenwyk, P.W. Shearer, W.W. Coates, J.A. Grant. 2011.** Developing *Drosophila suzukii* management programs for sweet cherry in the western United States. *Pest. Manag. Sci.* 67: 1386-1395.
- Bolda, M.P., R.E. Goodhue and F.G. Zalom. 2010.** Spotted Wing *Drosophila*: Potential economic impact of a newly established pest. *Agric. Resour. Econom. Update* 13: 5–8.
- Bruck, D.J., M. Bolda, Tanigoshi, L., J. Klick, J. Kleiber, J. DeFrancesco, B. Gerdeman and H. Splitler. 2011.** Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. *Pest. Manag. Sci.* 67: 1375-1385.
- Burrack, H. J., J.P. Smith, D. Pfeiffer, G. Koehler and J. Laforest. 2012.** Using volunteer-base networks to track *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) an invasive pest of fruit crops. *J. Integr. Pest. Manag.* 3: 1-5.
- Calabria, G., J. Máca, G. Bächli, L. Serra and M. Pascual. 2012.** First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *J. Appl. Entomol.* 136: 139–147.
- Chabert, S., R. Allemand, M. Poyet, P. Eslin and P. Gibert. 2012.** Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. *Biol. Control*, 63: 40-47.

- Cini, A., C. Ioriatti and G. Anfora. 2012.** A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bull. Insectol.* 65: 149-160.
- Comins, H.N. and P.W. Wellings. 1985.** Density-related parasitoid sex-ratio: Influence on host-parasitoid Dynamics. *J. Anim. Ecol.* 54: 583-594.
- Costa Lima, A. 1940.** Alguns parasitos de moscas das frutas. *An. Acad. Bras. Cien.* 12: 17-20.
- Cruz, P.P.; A.S. Neutzling and F. R. M. Garcia. 2011.** Primeiro registro de *Trichopria anastrephae*, parasitoide de moscas-das-frutas, no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 41: 1297-1299.
- Daane, K.M., X.G. Wang, A. Biondi, B. Miller, J.C. Miller, H. Riedl, P.W. Shearer, E. Guerrieri, M. Giorgini, M. Buffington, K.V. Achterberg, Y. Song, T. Kang, H. Yi, C. Jung, D.W. Lee, B.K. Chung, K.A. Hoelmer and V.M. Walton. 2016.** First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. *J. Pest. Sci.* 89: 823-835.
- Deprá, M., J.L. Poppe, H.J. Schmitz, D.C. Toni and V.L.S. Valente. 2014.** The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South american continent. *J. Pest. Sci.* 87: 379–383.
- Dos Santos, L.A., F.M. Mendes, A.P. Krüger, M.L. Blauth, M.S. Gottschalk and F.R.M. Garcia. 2017.** Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *PLoS One*, 12: e0174318.
- Dreves, A. J., V. Walton and G. Fisher.** A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon: Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura). OSU Extension Service, Corvallis, Oct. 2009. Disponível em: <<http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/13090>>. Acesso em: 27 nov. 2018.
- Gabarra, R., J. Riudavets, G.A. Rodríguez, P.J. Villar and J. Arno. 2014.** Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. *Biocontrol*, 60: 331-339.
- Gonçalves, R. S., F. Andreazza, H. Lisbôa, A.D. Grützmacher, R.A. Valgas, R. Manica-Berto, S.D. Nörnberng and D.E. Nava. 2016.** Basis for the development of a rearing technique of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae) in *Anastrepha fraterculus* (Tephritidae: Diptera). *J. Econ. Entomol.* 109: 1094-1101.
- González, G., A.L. Mary and B. Goñi. 2015.** *Drosophila suzukii* (Matsumura) found in Uruguay. *Dros. Info. Serv.* 98:103–107.
- Gress, B. E. and F.G. Zalom. 2018.** Identification and risk assessment of spinosad resistance in a California population of *Drosophila suzukii*. *Pest Manag Sci.*

- Harvey, J. A. 2001.** Dynamic effects of parasitism by an endoparasitoid wasp on the development of two host species: implications for host quality and parasitoid fitness. *Ecol. Entomol.* 25: 267–278.
- Harvey, J.A., J. Cloutier, B. Visser, J. Ellers, F.L. Wäckers and R. Gols, 2012.** The effect of different dietary sugars and honey on longevity and fecundity in two hyperparasitoid wasps. *J. Insect. Physiol.* 58: 816–823.
- Kaçar, G., X.G. Wang, A. Biondi and K.M. Daane. 2017.** Linear functional response by two pupal *Drosophila* parasitoids foraging within single or multiple patch environments. *PLoS One.* 12: 1–17.
- Kawase, S., K. Uchino, M. Yasuda and S. Motoori. 2008.** Netting control of cherry *Drosophila suzukii* injurious to blueberry. *Bull. Chiba. Prefect. Agric. Res. Cent.* 7: 9-15.
- Kitthawee, S., K. Sriplang, W.Y. Brockelman, and V. Baimai. 2004.** Laboratory evaluation of density relationships of the parasitoid, *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae), with two species of tephritid fruit fly pupal hosts in Thailand. *Science Asia.* 30: 391–397.
- Lee, J.C., D.J. Bruck, H. Curry, D. Edwards, D.R. Haviland, R.A. Van Steenwyk and B.M. Yorgey. 2011.** The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Pest. Manag. Sci.* 67: 1358–1367.
- Nakajima, Y., R. Nakagawa and K. Fujisaki. 2012.** Interactions between the winter cherry bug *Acanthocoris sordidus* (Hemiptera: Coreidae) and its egg parasitic wasps. *Appl. Entomol. Zool.* 47: 35–44.
- Pereira, F.F., J.C. Zanuncio, J.E. Serrão, H.N. Oliveira, K. Fávero and E.L.V. Grance. 2009.** Progenie de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) de diferentes idades. *Neotrop. Entomol.* 38: 660–664.
- Poncio, S., A.M. Nunes, R.D.S. Gonçalves, H. Lisboa, R. Manica-Berto, M.S. Garcia and Nava, D. E. 2018.** Strategies for establishing a rearing technique for the fruit fly parasitoid: *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.* 111: 1087-1095.
- R Development Core Team, 2011.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org>.
- Rossi Stacconi, M.V.R., M. Buffington, K.M. Daane, D.T. Dalton, A. Grassi, G. Kaçar, B. Miller, J.C. Miller, N. Baser, C. Ioriatti, V.M. Walton, N.G. Wiman, X. Wang and G. Anfora. 2015.** Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking *Drosophila suzukii* in newly invaded areas. *Biol. Control.* 84: 28–35.

- Santadino, M.V., M.B. Riquelme Virgala, M.A. Ansa, M. Bruno, G. Di Silvestro and E.G. Lunazzi. 2015.** Primer registro de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) asociado al cultivo de arándanos (*Vaccinium* spp.) de Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 74: 183–185.
- Schlesener, D.C.H., J. Wollmann, A.P. Krüger, L.N. Martins, F.C.S. Geisler and F.R.M. Garcia. 2017.** Rearing method for *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) on artificial culture media. Dro. Info. Serv. 100, 185-189.
- Tang, L. De, X.C. Ji, Y. Han, B.L. Fu and K. Liu. 2015.** Parasitism, emergence, and development of *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae) in pupae of different ages of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). J. Insect Sci. 15: 4–8.
- Tena, A., A. Pekas, D. Cano, F.L. Wäckers and A. Urbaneja. 2015.** Sugar provisioning maximizes the biocontrol service of parasitoids. J. App. Ecol. 52: 795-804.
- Tochen, S., D.T. Dalton, N. Wiman, C. Hamm, P.W. Shearer and V.M. Walton. 2014.** Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. Environ. Entomol. 43: 501-510.
- Zhao, H. Y., L. Zeng, Y.J. Xu, Y.Y. Lu and G. Liang. 2013.** Effects of host age on the parasitism of *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), an ectoparasitic pupal parasitoid of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). Fla. Entomol. 96: 451-457.
- Wäckers, F.L. 2003.** The effect of food supplements on parasitoid-host dynamics. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii (ed. R.G. Van Driesche), pp. 226–231. US Department of Agriculture, Forest Service, Morgantown, WV.
- Walsh, D.B., M.P. Bolda, R.E. Goodhue, A.J. Dreves, J. Lee, D.J. Bruck, V.M. Walton, S.D. O’Neal and F.G. Zalom. 2011.** *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. J. Integ. Pest. Mgmt. 2:1-7.
- Wang, X and S. Liu. 2002.** Effects of host age on the performance of *Diadromus collaris* (Hymenoptera : Ichneumonidae), a pupal parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). BioControl. 47: 293–307.
- Wang, X.G., G. Kaçar, A. Biondi and K.M. Daane. 2016.** Life-history and host preference of *Trichopria drosophilae*, a pupal parasitoid of spotted wing drosophila. BioControl. 61: 387–397.
- Wollmann, J., D.C.H Schlesener, M.S. Ferreira and F.R.M. Garcia. 2016.** Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. Dro. Info. Serv. 99: 38-42.

**Tabela 1.** Razão sexual, emergência (%) e duração de ciclo biológico (dias) (ovo a adulto) (Média ± Erro padrão) de *T. anastrephae* criados em pupários de *D. sukukii* com e sem chance de escolha.

Teste	Parâmetro biológico	Idade dos pupários (h)			
		12 h	24 h	48 h	72 h
Com chance de escolha	Razão sexual <sup>ns</sup>	0,61 ± 0,26	0,57 ± 0,28	0,58 ± 0,32	0,63 ± 0,27
	Emergência (%) <sup>ns</sup>	28,60 ± 10,71	32,70 ± 8,96	26,10 ± 10,59	26,50±10,44
	Ciclo biológico <sup>ns</sup>	16,33 ± 0,38	16,32 ± 0,47	16,57 ± 0,86	16,50±0,56
Sem chance de escolha	Razão sexual	0,76 ± 0,23 a	0,58 ± 0,24 ab	0,46 ± 0,18 b	0,50 ± 0,16 ab
	Emergência (%)	66,80 ± 8,98 a	58,40 ± 10,78 ab	60,50 ± 7,28 ab	53,70 ± 9,46 b
	Ciclo biológico <sup>NS</sup>	16,32 ± 0,54	15,55 ± 0,30	15,64 ± 0,45	15,92 ± 0,52

<sup>a</sup>Valores representam médias ±EP. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

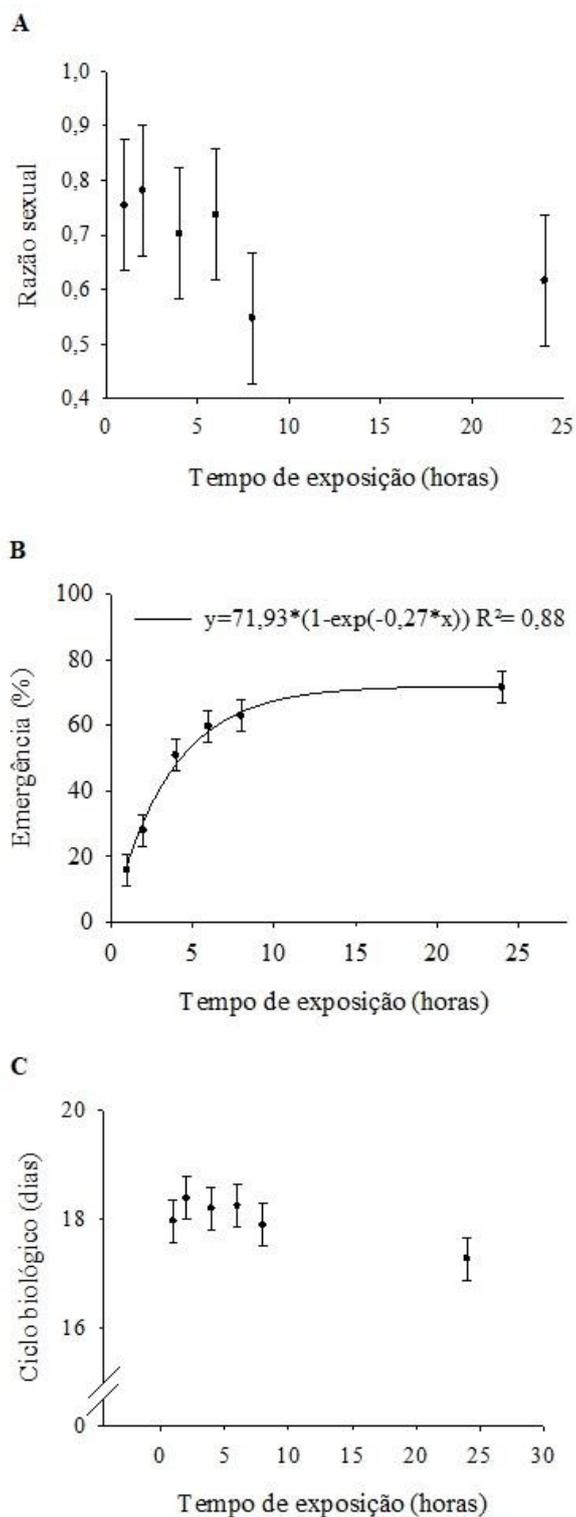
<sup>ns</sup>. não significativo

**Tabela 2.** Número médio ( $\pm$  Erro padrão) de pupários parasitados, número de descendentes e razão sexual de *T. anastrephae* criados em pupários de *D. suzukii* criados em diferentes dietas.

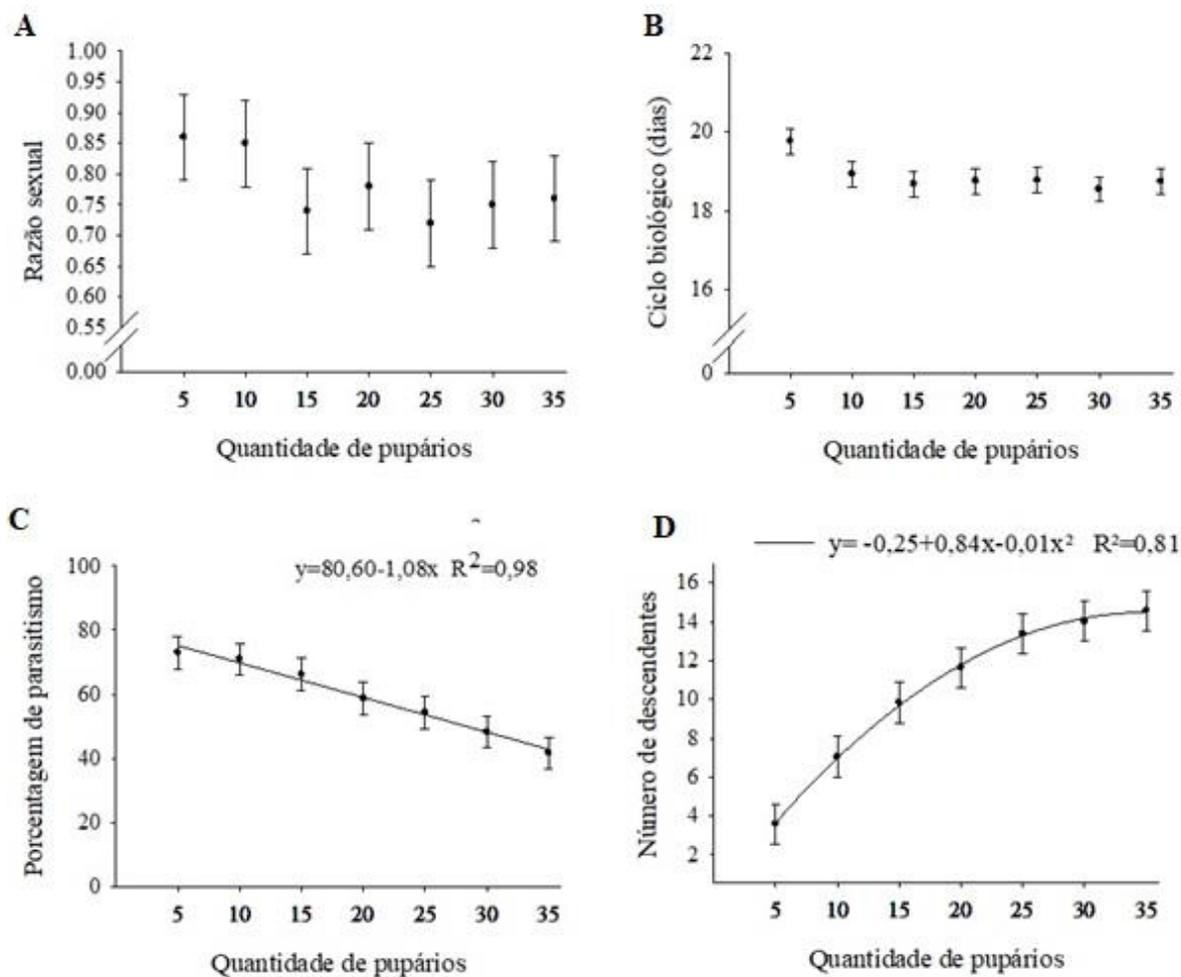
Tratamentos	Pupários parasitados	Número de descendentes	Razão sexual
Controle 1	8,85 $\pm$ 5,14 c	7,70 $\pm$ 4,57 c	0,69 $\pm$ 0,26 a
Controle 2	98,37 $\pm$ 25,23 b	79,47 $\pm$ 21,28 b	0,50 $\pm$ 0,20 ab
Mel 10%	136,45 $\pm$ 23,68 a	111,75 $\pm$ 21,21 a	0,40 $\pm$ 0,26 b
Mel 50%	137,35 $\pm$ 31,90 a	117,05 $\pm$ 27,52 a	0,39 $\pm$ 0,16 b
Mel puro	129,05 $\pm$ 31,85 a	109,53 $\pm$ 28,83 a	0,42 $\pm$ 0,23 b

<sup>a</sup>Valores representam médias  $\pm$  erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

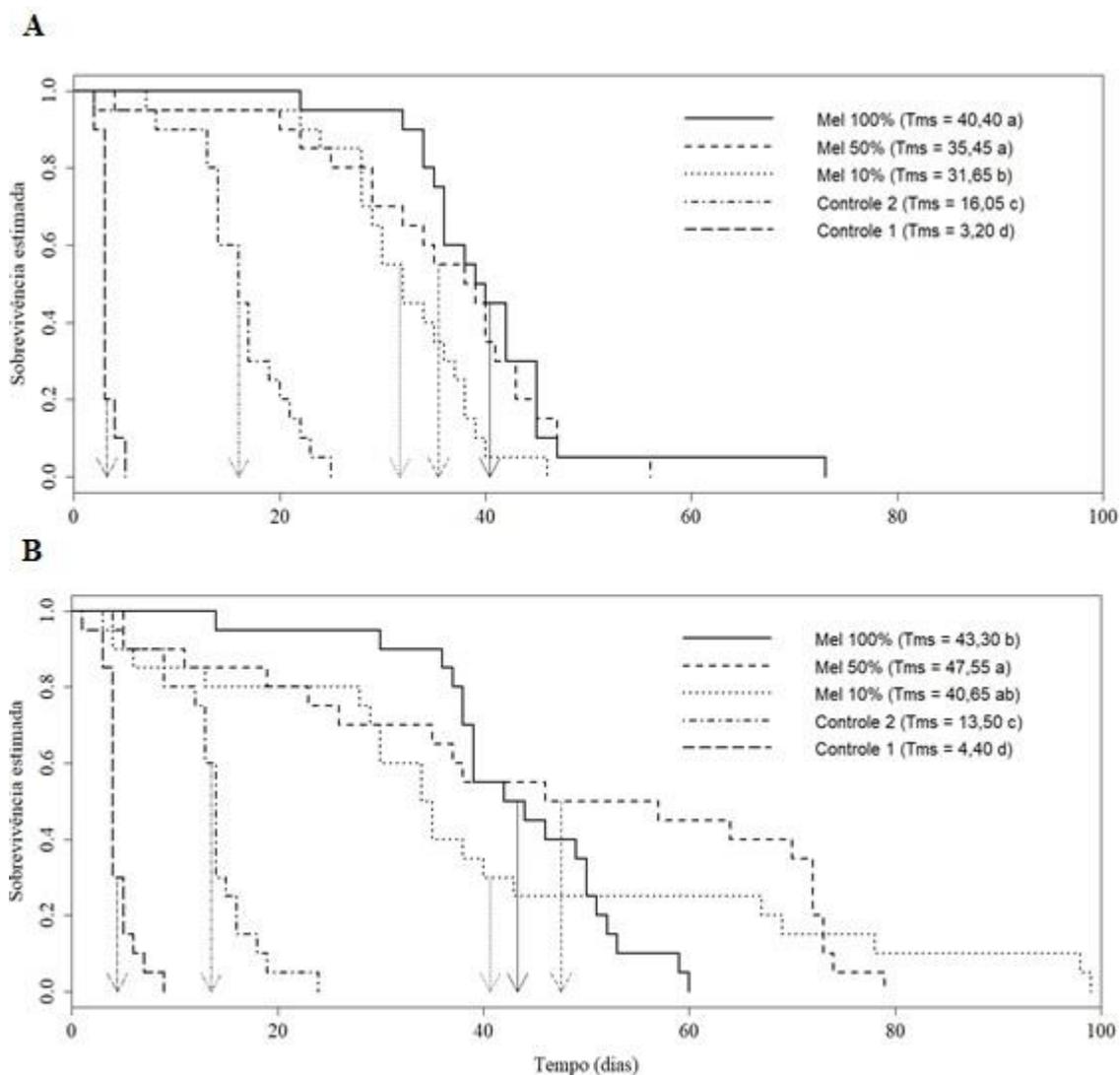
<sup>1</sup>Controle 1 (sem comida e sem alimento) e controle 2 (sem alimento).



**Figura 1.** Razão sexual (A), porcentagem de emergência % (B) e ciclo biológico (dias) (C) de *T. anastrephae* em diferentes tempos de exposição (horas) de pupários de *D. sukuzii*. (As barras verticais representam os intervalos de confiança a 95%).



**Figura 2.** Razão sexual (A), ciclo biológico (dias) (B), Porcentagem de parasitismo (%) (C) e número de descendentes (D) de *T. anastrephae* em diferentes quantidades de pupários de *D. suzukii*. (As barras verticais representam os intervalos de confiança a 95%)



**Figura 3.** Longevidade (dias) de fêmeas (A) e machos (B) de *T. anastrephae* alimentadas com diferentes concentrações de mel. As setas indicam o tempo médio de sobrevivência (Tms). As médias seguidas de diferentes letras diferem estatisticamente entre si.

## **Artigo 2 - Biological Control**

**Biologia, exigências térmicas e tabela de vida de fertilidade de *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) em *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) sob diferentes temperaturas**

Júlia Gabriela Aleixo Vieira<sup>1\*</sup>, Alexandra Peter Krüger<sup>1</sup>, Tiago Scheuneumann<sup>1</sup>, Amanda Montandon Garcez<sup>2</sup>, Máira Chagas Morais<sup>3</sup>, Flávio Roberto Mello Garcia<sup>1</sup>, Dori Edson Nava<sup>1,4</sup>, Daniel Bernardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, 96010900, Brasil; <sup>2</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, 97900-000, Brasil; <sup>3</sup> Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, 96010900, Brasil; <sup>4</sup> Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, 96010-971, Brasil

\*Corresponding author; E-mail: ju-aleixo@hotmail.com

**Resumo** O endoparasitoide pupal *Trichopria anastrephae* Lima, 1940 encontrado recentemente parasitando pupários de *Drosophila suzukii* (Matsumura) no Brasil e vem demonstrando alto potencial de uso para o controle biológico natural e aplicado de *D. suzukii*. Devido à ocorrência de *D. suzukii* em várias regiões e sob diversas condições climáticas, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes temperaturas no desenvolvimento biológico de *T. anastrephae* e determinar as exigências térmicas e a tabela de vida de fertilidade de *T. anastrephae* em pupários de *D. suzukii*. No laboratório, pupários de *D. suzukii* (até 24 h) foram submetidos ao parasitismo de *T. anastrephae* durante 24 horas. Posteriormente, os pupários foram acondicionados em recipientes plásticos (50 mL) (dez pupários/ recipiente) e acondicionados em câmaras nas temperaturas 10, 15, 20, 25, 30 e 35°C  $\pm$  1 ° C, Umidade Relativa de 70  $\pm$  10% e fotofase de 12 h para verificar o efeito da temperatura sobre o período biológico (ovo a adulto). Para verificar o efeito da temperatura sobre a fase adulta, adultos de *T. anastrephae* (24 horas) foram acondicionados em gaiolas plásticas (300 mL) (1 casal por gaiola) e mantidos a temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C. O maior número de número de descendentes foi observado a 20 (177,20) e 25°C (159,20). No entanto, as maiores razões sexuais foram registradas a 35° (0,63) e 30°C (0,46). Nas temperaturas de 10 e 35°C não houve desenvolvimento embrionário e imaturo de *T. anastrephae*. O período ovo-adulto foi inversamente proporcional à temperatura, variando de 45,13 (15°C) a 17,01 dias (30°C). Mediante o desenvolvimento do ciclo biológico (ovo a adulto), o limiar térmico inferior (T<sub>b</sub>) foi de 14,7 para machos e 14,6 para fêmeas a uma constante térmica (K) de 384,61 e 432,90, respectivamente. Com base na tabela de vida de fertilidade, pupários de *D. suzukii* mantidos durante a fase imatura e adultos nas temperaturas de 20 e 25°C proporcionaram o menor tempo de duração (T) entre gerações, as maiores taxas líquida de reprodução (R<sub>0</sub>).

**Palavras-chave** temperatura, endoparasitoide pupal, controle biológico, mosca-da-asa-manchada, tabela de vida de fertilidade.

## 1 Introdução

A mosca-da-asa-manchada, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) é uma praga que possui grande importância econômica para a fruticultura (Lee et al., 2011; Burrack et al., 2013). A espécie é originária da Ásia, porém, disseminou-se por outros países da Europa (Calabria et al., 2012; Dos Santos et al. 2017), América do Norte (Cini et al., 2012) e por países de América do Sul (Deprá et al., 2014; González et al., 2015; Santadino et al., 2015). A elevada capacidade de estabelecimento em diferentes condições ambientais está associada com a elevada polifagia (Dreves et al., 2009; Lee et al., 2011; Burrack et al., 2013; Andreatza et al., 2017) e plasticidade fenotípica de larvas e adultos (Shearer et al., 2016). Estes fatores proporcionaram a espécie rápida adaptação em diferentes locais em um curto espaço de tempo.

Frente a necessidade de desenvolver alternativas de manejo da praga para a substituição ou diminuição pela dependência da aplicação de inseticidas químicos, estratégia mais utilizada para o manejo da praga no campo (Kawase et al., 2008; Gress e Zalom, 2018), o controle biológico surge como uma ferramenta promissora para o manejo de *D. suzukii* (Chabert et al., 2012; Gabarra et al., 2015; Rossi-Stacconi et al., 2015; Daane et al., 2016). Embora estudos demonstraram a ocorrência de diversas espécies de parasitoides em *D. suzukii*, como *Asobara tabida* Nees (Hymenoptera: Braconidae), *Leptopilina heterotoma* (Thomson) e *Leptopilina bouvardi* (Barbotin et al.) (Hymenoptera: Eucoilidae), *Trichopria drosophilae* Perkins, (Hymenoptera: Diapriidae), *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae), foi verificado que espécies que parasitam larvas de *D. suzukii* possuem baixas taxas de parasitismo em função da elevada resposta imune do hospedeiro na fase larval, através da encapsulação dos ovos depositados pelo parasitoide (Chabert et al., 2012; Kacsoh e Schlenke, 2012; Poyet et al., 2013). Em contraste, este fenômeno não ocorre com espécies que apresentam capacidade de parasitar pupários de *D. suzukii*, como por

exemplo, espécies do gênero *Trichopria* (Chabert et al., 2012; Rossi-Stacconi et al., 2015).

No Brasil, o endoparasitoide pupal *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae) foi relatado parasitando pupários da praga em condições de campo na região Sul do Brasil (Wollmann et al., 2016; Andreazza et al., 2017). A utilização de parasitoides nativos para o controle de pragas é bastante vantajoso, visto que, os mesmos já encontram-se estabelecidos e adaptados as condições do ambiente (Gonçalves et al., 2014; Gonçalves et al., 2016; Poncio et al., 2016; Poncio et al., 2018). Porém, a alta adaptabilidade e potencial biótipo da praga a diferentes condições ambientais (Andreazza et al., 2016; Hamby et al., 2016; Andreazza et al., 2017), pode dificultar o desempenho de inimigos naturais devido as condições térmicas desfavoráveis para distribuição, dinâmica populacional, adaptação, sobrevivência e reprodução da espécie (Romo e Tylianakis, 2013; Khaliq et al., 2014; Colinet et al., 2015), acarretando em insucessos em futuros programas de controle biológico da praga. Sendo assim, o conhecimento das condições térmicas para o desenvolvimento de *T. anastrephae* é importante para definir modelos de ocorrência de insetos-praga e inimigos naturais no meio ambiente e delinear as melhores estratégias de manejo em situação de campo (Haddad et al., 1999; Wang et al., 2018).

Desta forma, estudos das exigências térmicas de *T. anastrephae* em *D. suzukii* podem fornecer informações sobre a capacidade adaptativa dos insetos em diferentes condições térmicas. Estes fatores podem ajudar na definição de estratégias de criação e multiplicação dos parasitoides em laboratório visando a produção massal do inseto para os programas de controle biológico de *D. suzukii*. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi estudar a biologia e determinar as exigências térmicas de *T. anastrephae* em pupários de *D. suzukii* em diferentes temperaturas.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Criação de manutenção de *T. anastrephae* e *D. suzukii*

As criações de ambas espécies foram mantidas em salas climatizadas com temperatura de  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa do ar de  $70 \pm 10$  % e fotofase de 12 horas. A criação de *D. suzukii* foi conduzida em dieta artificial a base de farinha de milho, levedura e açúcar, conforme recomendada por Schlesener et al. (2018), seguindo metodologia proposta por Schlesener et al. (2017). Para estabelecer a criação de *T. anastrephae* foram coletados frutos de amora, *Rubus* spp. infestados por *D. suzukii*. Os frutos foram coletados em um pomar comercial localizado em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil ( $31^{\circ}38'20''$ S e  $52^{\circ}30'43''$ O). Posteriormente, os frutos foram levados para o Laboratório de Biologia de Insetos, localizado na Universidade Federal de Pelotas, onde os mesmos foram acondicionados em potes plásticos (150mL) com tampa contendo um orifício coberto com tecido *voile* sobre uma fina camada de vermiculita (1 cm), de acordo com Wollmann et al. (2016). Os frutos permaneceram em salas climatizadas até a emergência de moscas ou parasitoides. Após a emergência dos parasitoides, alguns indivíduos foram enviados para a identificação para o taxonomista Valmir Antonio Costa, no Instituto Biológico, Campinas/SP, Brasil, onde os mesmos foram identificados de acordo com os caracteres taxonômicos estabelecidos por Costa Lima (1940). Os demais indivíduos coletados foram acondicionados em gaiolas plásticas (262 mm de comprimento  $\times$  177 mm de largura  $\times$  147 mm de altura), com duas aberturas retangulares nas laterais (80  $\times$  100 mm) e uma abertura retangular na tampa (155  $\times$  50 mm), cobertas com *tecido voile* para ocorrer a aeração. Após a emergência, os insetos foram alimentados com solução de mel a 10%, o qual foi ofertado em algodão embebido colocados sobre uma placa de acrílico (4,5 cm de diâmetro) e trocado a cada dois dias para evitar a fermentação. Posteriormente, foram ofertados por 72 horas pupários de *D. suzukii* sobre as mesmas placas de acrílico (aproximadamente 200 pupários por dia), sobre uma camada de algodão hidrófilo umedecido afim de multiplicar a espécie. Decorrido esse

tempo de parasitismo, os pupários foram retirados e acondicionados no interior de gaiolas plásticas conforme descrito anteriormente para a emergência dos insetos.

## **2.2 Efeito da temperatura sobre adultos de *T. anastrephae***

Indivíduos de *T. anastrephae* de até 24 horas de idade foram individualizados em casais em gaiolas de parasitismo formadas por copos plásticos (300 mL) invertidos na respectiva tampa e fechados na parte superior com tecido *voile* para evitar a fuga dos parasitoides e ocorrer a aeração. Os insetos foram mantidos em câmaras climatizadas a temperatura constante de 20, 25, 30 e 35°C, umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas. Os parasitoides foram alimentados com mel puro fornecido em pequenas placas de plástico (1,0 cm de diâmetro  $\times$  0,7 cm de altura), as quais eram trocadas duas vezes na semana para evitar a fermentação do alimento. Diariamente, até a morte das fêmeas, foram ofertados vinte pupários de *D. sukii* com idade de até 24 horas, acondicionados sobre um algodão umedecido disposto em uma placa de plástico (2,2 cm de diâmetro). Decorrido 24 horas de exposição os pupários foram retirados e acondicionados em tubos de acrílico (2,5 cm de diâmetro  $\times$  4,5 cm de altura) até a emergência de moscas/parasitoides. Após a emergência, os parasitoides foram contados e separados por sexos, e as pupas intactas foram dissecadas com auxílio de uma pinça e um estereomicroscópio, para determinar a presença do parasitoide. Os parâmetros biológicos avaliados foram: longevidade (dias) de machos e fêmeas, número total de descendentes produzidos, taxa de parasitismo diário, taxa de parasitismo acumulado e razão sexual (rs) da média e diária da progênie de *T. anastrephae*. O número de descendentes foi obtido pela equação: ND = número de machos + fêmeas. A razão sexual (rs) foi determinada utilizando a equação:  $rs = (\text{número de fêmeas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$ . O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (20, 25, 30 e 35°C), cada um contendo 20 repetições

(casais de *T. anastrephae*).

### **2.3 Exigências térmicas e tabela de vida de fertilidade de *T. anastrephae***

Foram utilizadas seis temperaturas (tratamentos): 10, 15, 20, 25, 30 e 25°C, umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas. Primeiramente, os pupários de *D. suzukii* foram expostos ao parasitismo de *T. anastrephae* (em uma densidade de vinte pupários/casal) em gaiolas de parasitismo (262 mm de comprimento  $\times$  177 mm de largura  $\times$  147 mm de altura) com duas aberturas retangulares nas laterais (80  $\times$  100 mm) e uma abertura retangular na tampa (155  $\times$  50 mm), revestidas com tecido voile. Após 24 horas de exposição ao parasitismo, 200 pupários previamente parasitados foram separados e acondicionados em tubos de acrílico (2,5 cm de diâmetro  $\times$  4,5 cm de altura) (10 pupários por tubo) e fechados na parte superior com a respectiva tampa, e acondicionados nas temperaturas supracitadas, permanecendo até a emergência dos adultos. Próximo da emergência dos parasitoides e dos possíveis adultos de *D. suzukii* foram realizadas avaliações diárias para registrar a data de emergência do *T. anastrephae*. Os pupários intactos que não foi observado a emergência de insetos (moscas ou parasitoides) foram dissecados com auxílio de pinça para verificar a presença de parasitoides. As variáveis analisadas foram: i) a duração do ciclo biológico (ovo a adulto) (dias); ii) a emergência (%) de *T. anastrephae* e iii) a razão sexual (rs). A porcentagem de emergência foi calculada mediante a equação:  $E = [(\text{número de parasitoides emergidos} / \text{quantidade de pupários ofertados}) \times 100]$  e a razão sexual (rs) pela equação:  $rs = (\text{número de fêmeas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$ . O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 20 repetições (tubos de acrílico) por temperatura com 10 pupários parasitados por tubo, totalizando 200 pupários por temperatura.

### **2.5 Análise estatística**

Os dados de número total de descendentes, emergência (%), duração do ciclo

biológico (ovo a adulto) (dias) de machos e fêmeas e razão sexual (rs) em diferentes temperaturas foram verificados quanto a normalidade e homoscedasticidade dos resíduos foram verificadas através dos testes de Shapiro Wilk e Batlett, respectivamente. Como os dados não atenderam os pressupostos de normalidade e homoscedasticidade, foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e comparadas pelo teste de Dunn. Para a duração do período ovo a adulto, se a significância estatística ocorreu, os efeitos da temperatura foram avaliados por modelos de regressão ( $P < 0,05$ ) representados pelas equações:  $y = bx^2 + ax + y_0$ , onde  $y$  = resposta variável;  $y_0$  = variável de resposta correspondente ao ponto mínimo da curva;  $a$  = valor máximo estimado para a variável resposta;  $b$  = inclinação da curva; e  $x$  = temperatura (SAS Institute 2011). As diferenças entre os tratamentos foram determinados a um nível de significância de  $\alpha = 0,05$  SAS<sup>®</sup> (SAS Institute 2011). A partir da duração média dos períodos de desenvolvimento ovo-adulto de *T. anastrephae* nas diferentes temperaturas, estimou-se o limiar térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ), pelo método da hipérbole (SAS Institute, 2011). Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram estimados pelo método Jackknife usando a programação Lifetable. SAS (Maia et al. 2000) e as médias comparados pelo teste  $t$  bilateral ( $P \leq 0.05$ ) pelo software SAS<sup>®</sup> (SAS Institute 2011). A longevidade de fêmeas e machos foi avaliada através das curvas de sobrevivência no estimador de Kaplan-Meier, e subsequentemente comparadas entre si usando o teste de log-rank, utilizando o software R (R Development Core Team, 2011).

### **3 Resultados**

#### **3.1 Efeito da temperatura sobre adultos de *T. anastrephae***

A temperatura afetou significativamente a longevidade de fêmeas ( $F = 131$ ; g.l. = 3;  $P < 0,001$ ) e machos ( $F = 124$ ; g.l. = 3;  $P < 0,001$ ) (Figura 1A e 1B). A maior sobrevivência foi obtida em adultos de *T. anastrephae* mantidos a 20°C (fêmeas 62,05 dias e machos de 59,10

dias), sendo superior aos insetos mantidos a temperatura de 25°C (fêmeas 38,70 dias e machos 40,60 dias) e 30°C (fêmeas 25,40 dias e machos 27,40 dias) (Figura 1A e 1B). Entretanto, insetos acondicionados a temperatura de 35°C foram os menos longevos (fêmeas 4,90 dias e os machos 4,40 dias) (Figura 1A e 1B).

A exposição dos adultos as diferentes temperaturas afetou significativamente o número total de descendentes produzidos ( $\chi^2=62,35$ ; g.l. =3,  $P < 0,001$ ) e a razão sexual da progênie ( $\chi^2=11,17$ ; g.l. =3;  $P = 0,0109$ ) (Tabela 1). Foi possível observar que as temperaturas de 20 °C (177,20) e 25°C (159,20) obtiveram maior número de descendentes, quando comparados aos valores obtidos dos indivíduos expostos a temperatura de 30°C (aproximadamente 118,15) (Tabela 1). Em contraste, insetos mantidos a temperatura de 35°C apresentaram baixo número de descendentes (1,35) (Tabela 1). Contudo, nas temperaturas de 35 (0,63) e 30°C (0,46) foi verificada uma maior razão sexual ( $\chi^2=11,17$ ; g.l =3;  $p = 0,0109$ ), sendo superior estatisticamente ( $P < 0,05$ ) aos insetos mantidos a 25 (0,34) e 20°C (0,26) (Tabela 1). Da mesma forma, foi observado uma maior razão sexual diária nos primeiros dias de vida das fêmeas progenitoras nas temperaturas de 20, 25 e 30°C, diminuindo conforme a idade das fêmeas aumentava (Figura 2).

Em relação ao parasitismo diário e acumulado, fêmeas de *T. anastrephae* apresentaram as maiores taxas de parasitismo em pupários de *D. sukii* quando acondicionados à temperaturas de 20°C, seguidos de 25°C (Figura 3). Contudo, houve um decréscimo no parasitismo diário com o aumento da idade da fêmea nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C (Figura 3).

### **3.2 Determinação de exigências térmicas de *T. anastrephae***

A exposição de pupários de *D. sukii* parasitados a diferentes temperaturas afetou a emergência dos parasitoides ( $\chi^2=91,95$ ; g.l.=5;  $P < 0,001$ ) (Tabela 2). A porcentagem de

emergência de *T. anastrephae* nas temperaturas de 25°C (73,00), 20°C (56,00) e 15°C (52,50) foi superior estatisticamente ( $P < 0,05$ ) dos pupários que ficaram expostos a temperatura de 30°C (10,50) (Tabela 2). Nas temperaturas a 10 e 35°C não houve emergência de parasitoides indicando que este deve ser o limite mínimo e máximo tolerável para o desenvolvimento de parasitoides (Tabela 2). Em relação a razão sexual, pupários acondicionados as temperaturas de 15, 20, 25 e 30°C não diferiram significativamente entre si ( $\chi^2 = 7,35$ ; g.l.=3;  $P = 0,0616$ ) ( $r_s \approx 0,75$ ) (Tabela 2). A duração média do ciclo biológico (ovo-adulto) de *T. anastrephae* mostrou relação inversamente significante com o aumento da temperatura, tanto para insetos machos (Figura 4A) e fêmeas (Figura 4B), mostrando que, aproximadamente 95% da redução do tempo de desenvolvimento é explicado pelo aumento da temperatura para macho ( $R_2 = 0,95$ ) e fêmea ( $R_2 = 0,94$ ) (Figura 2). De acordo com a duração média do período de ovo a adulto de *T. anastrephae* nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30°C foi determinado que o limite térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) foi de 14,7 para machos (Figura 4A) e de 14,6 para fêmeas (Figura 4B) quando multiplicados em pupários de *D. sukii*, respondendo a uma constante térmica de (K) de 384,61 e 432,90 graus dias, respectivamente (Figura 4).

### 3.3 Tabela de vida de fertilidade

As diferentes temperaturas afetaram negativamente os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *T. anastrephae* em pupários de *D. sukii*. Isso se refletiu no tempo médio entre gerações (T), o qual foi significativamente ( $P < 0,05$ ) maior em parasitoides expostos em temperatura de 15°C (T = 45,13 dias), quando comparados com temperaturas de 20°C (T = 25,28 dias), 25 °C (T = 19,12 dias) e 30°C (T = 17,01 dias) (Tabela 3). Em relação a taxa líquida de reprodução ( $R_o$ ) em fêmeas que darão fêmeas foi maior para insetos submetidos à 20°C ( $R_o = 75,17$ ) e 25°C graus ( $R_o = 71,10$ ), sendo superiores a temperatura de 15°C ( $R_o = 13,79$ ) e 30°C (68,72) (Tabela 3). Além disso, o desenvolvimento de *T. anastrephae* na

temperatura de 15°C afetou significativamente ( $P < 0,05$ ) a taxa intrínseca de crescimento ( $r_m$ ), indicando redução de aproximadamente 77% na capacidade de aumento populacional do parasitoide quando comparado com as temperaturas de 25 e 30°C (Tabela 3). Embora positiva, o crescimento populacional diário ( $\lambda$ ) de *T. anastrephae* foi menor na temperatura 15°C quando comparado com as demais temperaturas avaliadas (Tabela 3).

#### 4 Discussão

As informações obtidas neste estudo demonstraram que a temperatura influenciou os parâmetros biológicos tanto na fase imatura quanto na fase adulta de *T. anastrephae* em pupários de *D. sukii*. Frente a essas informações é possível estimar e compreender como os parâmetros de crescimento populacional (período de desenvolvimento, parasitismo, razão sexual e emergência de adultos) podem afetar abundância e dinâmica populacional de *T. anastrephae* no campo, bem como, o equilíbrio entre parasitoide e hospedeiro (Hasan et al., 2009; Amiresmaeili et al., 2018).

A longevidade de fêmeas e machos de *T. anastrephae* foi inversamente relacionada com a temperatura em que os adultos foram expostos. Enquanto que, indivíduos expostos a 20°C foram mais longevos, a sobrevivência dos insetos expostos a 35°C foi bastante reduzida. Amiresmaeili et al. (2018) obtiveram resultados similares a este, onde indivíduos de *Trichopria drosophila* Perkins (Hymenoptera: Diapriidae) expostos à 35°C sobreviveram aproximadamente uma semana. Entretanto, foi verificada ausência de produção de progênie a 35°C (Amiresmaeili et al., 2018), enquanto que no nosso estudo, apesar de baixo, houve a presença de parasitismo. De modo geral, o baixo parasitismo de *T. anastrephae* em temperaturas elevadas não deve ser uma ameaça ao seu desempenho no controle populacional de *D. sukii*, visto que a praga também apresenta menor atividade em temperaturas superiores a 30°C (Kinjo et al., 2014; Tochen et al., 2014).

Quanto ao parasitismo e capacidade de *T. anastrephae* em gerar descendentes, a melhor performance dos parasitoides foi observada nas temperaturas de 20° e 25°C, respectivamente. Esses resultados se assemelham a estudos realizados com outra espécie do gênero *T. drosophilae* em pupários de *D. sukii* (Rossi-Stacconi et al., 2017; Amiresmaeili et al., 2018; Wang et al., 2018). Novamente, é possível observar a sincronia do perfil térmico de *T. anastrephae* e de *D. sukii*, visto que a temperatura ótima para reprodução de *D. sukii* é 22,9°C (Ryan et al., 2016).

Adultos expostos a temperatura de 35°C resultaram na maior razão sexual da progênie. Isso se deve ao fato da produção de fêmeas por *T. anastrephae* ser maior nos primeiros dias de vida (Figura 2), e os parasitoides mantidos em 35°C tiveram uma longevidade curta. A diminuição da produção de fêmeas ao longo da vida dos progenitores pode estar relacionado com uma menor atividade sexual dos mesmos e o esgotamento dos estoques de esperma armazenado na espermateca da fêmea, visto que, a maioria das espécies de parasitoides podem se reproduzir partenogenicamente, de forma arrenótoca, originando apenas machos (Comins e Wellings, 1985).

Em estudos relacionados aos efeitos da idade da fêmea no parasitismo foi verificado que parasitoides mais jovens são mais fecundos que os mais velhos, sendo que a idade do parasitoide pode afetar sua capacidade de parasitar seu hospedeiro (Amalin et al., 2005), fato observado em nosso estudo. Resultados similares foram observados por *T. drosophilae* em pupários de *D. sukii*, onde o parasitoide iniciou a oviposição dentro de dois dias após a emergência e o número de descendentes produzidos diminuiu com o aumento da idade dos parasitoides (Wang et al., 2016). Esses autores destacam que as fêmeas de *T. drosophilae* emergiram com alta carga de ovos maduros (47,6 ovos por fêmea), sendo que o número de ovos maduros aumentam até a fêmea atingir 4 dias de idade (Wang et al., 2016). De forma prática, esses dados são de suma importância para as liberações massais no campo, visto que,

é necessário que o nível de parasitismo elevado logo após a liberação, uma vez que, o período pupal de *D. suzukii* é de aproximadamente cinco dias (Tochen et al., 2014).

Não houve desenvolvimento de imaturos de *T. anastrephae* expostos as temperaturas extremas testadas (10°C e 35°C). Em estudo realizado com *T. drosophilae*, foi observado efeitos negativos proporcionado por temperaturas extremas (baixas e altas) sobre o desenvolvimento do parasitoide, onde a exposição a temperatura de 12,6°C resultou na emergência de apenas três indivíduos (Wang et al., 2018), evidenciando a sensibilidade do estágio imaturo dos parasitoides a temperaturas baixas. Além disso, enquanto os parasitoides foram afetados em completar seu desenvolvimento a 35°C, houve desenvolvimento de imaturos de *T. anastrephae* a 30°C, porém, com uma baixa porcentagem de emergência. Em contraste, Rossi-Stacconi et al. (2017) observaram que a população de *T. drosophilae* coletada no norte da Itália conseguiu se desenvolver a 30 e 35°C, enquanto que, Wang et al. (2018) relataram que a população californiana de *T. drosophilae* não se desenvolve acima de 29,6°C. As diferenças obtidas na tolerância de temperatura podem ocorrer pela adaptação da espécie às condições locais, visto que, encontram-se em ambientes geograficamente diferentes (Wang et al., 2018).

No campo, os insetos podem sobreviver a essas condições térmicas (baixas e altas), já que temperaturas extremas por longos períodos são raras e, geralmente, ocorrem durante o dia (Haddad et al., 1999). Esse fator, juntamente, com o desenvolvimento pré-imaginal do parasitoide dentro do hospedeiro e, possivelmente, dentro da fruta, faz com que os indivíduos tenha uma proteção contra essas temperaturas extremas, consideradas baixas ou altas ao desenvolvimento biológico.

A temperatura base ( $T_b$ ) de *T. anastrephae* foi maior que o encontrado para outros parasitoides que atacam pupários de *D. suzukii*. Como no estudo realizado por Wang et al. (2018) onde foi realizado as exigências térmicas de *T. drosophilae* e de duas populações do

parasitoide pupal *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae), com base nas temperaturas testadas (12, 16, 20, 24, 28, 30 e 31°C). A partir dos dados obtidos estimou-se a temperatura base de 10,1 para *T. drosophilae* e 11,1 e 11,0 para a população da Califórnia e de Oregon de *P. vindemmiae*, respectivamente (Wang et al., 2018).

Embora, os valores de Tb foram observados no laboratório, esta informação permite fazer inferências para diferentes locais e condições climáticas, dado que *D. sukii* tem sua ocorrência relatada em diferentes regiões brasileiras (Bitner-Mathé et al., 2014; Deprá et al., 2014; Paula et al., 2014; Vilela e Mori, 2014; Geisler et al., 2015; Andreazza et al., 2016;). Entretanto, é possível que em algumas regiões do sul do Brasil, o *T. anastrephae* apresente dificuldades de sobrevivência durante o inverno (junho a agosto) devido às baixas temperaturas e, principalmente, pela redução de *D. sukii* no campo. Contudo, a presença de *D. sukii* em hospedeiros alternativos, pode favorecer a permanência da população natural de *T. anastrephae* no campo, mesmo em baixas densidades. Assim como, os valores de Tb (aproximadamente 14,7 °C) estão dentro da faixa de desenvolvimento biológico do hospedeiro *D. sukii* (Tochen et al., 2014). A sincronia do desenvolvimento biológico entre parasitoides e hospedeiros sob as mesmas condições térmicas pode proporcionar efeitos positivos no aumento da dinâmica populacional de parasitoides em condições de campo e gerar resultados satisfatório de manejo (Wang et al., 2018).

Com base na tabela de vida de fertilidade, as temperaturas mais favoráveis para a reprodução de *T. anastrephae* se encontram na faixa de 20-25°C. Para os demais parâmetros avaliados, a temperatura mais favorável é 25°C, demonstrando ser a temperatura ideal para o estabelecimento de criações em laboratório, visando a multiplicação do parasitoide, assim como, verificado para *T. drosophilae* e *P. vindemmiae* (Stacconi et al., 2017). Porém, com base nas razões infinitesimal de aumento e finita de aumento, *T. anastrephae* possui a capacidade de se estabelecer e aumentar sua população mesmo a 30°C, demonstrando

potencial de uso para o controle biológico em regiões de clima mais quentes, como, a região sudeste do Brasil, onde também tem a ocorrência de *D. suzukii* (Andreazza et al., 2016).

As informações obtidas nesse estudo demonstram o efeito da temperatura em parâmetros biológicos de imaturos e adultos de *T. anastrephae*. Além de auxiliar na multiplicação e escalonamento da produção dos insetos em laboratórios, as observações fornecem informações importantes para o delineamento de estratégias para futuras liberações e implementações de programas de controle biológico aplicado de *D. suzukii* em escala a nível regional utilizando o *T. anastrephae*.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPQ).

### **Referências**

- Amalin, D.M., Pena, J.E., Duncan, R.E., 2005. Effects of host age, female parasitoid age, and host plant on parasitism of *Ceratogramma etiennei* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Florida Entomol. 88, 77–82. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2005\)088\[0077:EOHAFP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2005)088[0077:EOHAFP]2.0.CO;2)
- Amiresmaeili, N.A., Ucker, C.J., Avoldelli, S.S., Upi, D.L., 2018. Understanding *Trichopria drosophilae* performance in laboratory conditions. Bull. Insect. 71, 251-256.
- Andreazza, F., Haddi, K., Oliveira, E.E., Ferreira, J.A.M., 2016. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais State, a main strawberry production region in Brazil. Fla. Entomol. 99, 1-3. <https://doi.org/10.1653/024.099.0439>
- Andreazza, F., Bernardi, D., Nava, D.E., Botton, M., Costa, V.A., 2017. Inimiga parasitada. Cultivar HF. 102, 20-23.

- Bitner-Mathé, B.C., Victorino, J., Faria, F.S., 2014. *Drosophila suzukii* has been found in tropical Atlantic rainforest in southeastern Brazil. *Dro. Info. Serv.* 97, 136-137.
- Burrack, H.J., Fernandez, G.E., Spivey, T., Kraus, D.A., 2013. Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumara (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. *Pest Manag. Sci.* 69, 1173–1180. <https://doi.org/10.1002/ps.3489>
- Calabria, G., Máca, J., Bächli, G., Serra, L., Pascual, M., 2012. First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *J. Appl. Entomol.* 136, 139–147. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01583.x>
- Cini, A., Ioriatti, C., Anfora, G., 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bull. Insectology* 65, 149–160. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmu030>
- Chabert, S., Allemand, R., Poyet, M., Eslin, P., Gibert, P., 2012. Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. *Biol. Control* 63, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.05.005>
- Colinet, H., Sinclair, B.J., Vernon, P., Renault, D., 2015. Insects in Fluctuating Thermal Environments. *Annu. Rev. Entomol.* 60, 123–140. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021017>
- Comins, H.N. and Wellings, P.W., 1985. Density-related parasitoid sex-ratio: Influence on host-parasitoid Dynamics. *J. Anim. Ecol.* 54, 583-594. <https://doi.org/10.2307/4500>
- Costa Lima, A., 1940. Alguns parasitos de moscas das frutas. *An. Acad. Bras. Cien.* 12, 17-20.
- Daane, K.M., Wang, X.G., Biondi, A., Miller, B., Miller, J.C., Riedl, H., Shearer, P.W., Guerrieri, E., Giorgini, M., Buffington, M., van Achterberg, K., Song, Y., Kang, T., Yi, H., Jung, C., Lee, D.W., Chung, B.K., Hoelmer, K.A., Walton, V.M., 2016. First

- exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. *J. Pest Sci.* 89, 823–835. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0740-0>
- Deprá, M., Poppe, J.L., Schmitz, H.J., De Toni, D.C., Valente, V.L.S., 2014. The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. *J. Pest Sci.* 87, 379–383. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0591-5>
- Dos Santos, L.A., Mendes, M.F., Krüger, A.P., Blauth, M.L., Gottschalk, M.S.; Garcia, F.R.M., 2017. Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *PLoS One.* 12, e0174318. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174318>
- Dreves, A. J., V. Walton, G. Fisher. A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon: Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura). OSU Extension Service, Corvallis, Oct. 2009. Disponível em: <<http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/13090>>. Acesso em: 27 nov. 2018.
- Gabarra, R., Riudavets, J., Rodríguez, G.A., Pujade-Villar, J., Arnó, J., 2015. Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. *BioControl* 60, 331–339. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9646-z>
- Geisler, F.C.S., Santos, J., Holdefer, D.R., Garcia, F.R.M., 2015. Primeiro registro de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) para o estado do Paraná, Brasil e de novos hospedeiros. *Revista de Ciências Ambientais.* 9, 125-129.
- Gonçalves, R.S., Nava, D.E., Andreazza, F., Lisbôa, H., Nunes, A.M., Grützmacher, A.D., Valgas, R.A., Maia, A.H.N., Pazianotto, R.A.A., 2014. Effect of Constant Temperatures on the Biology, Life Table, and Thermal Requirements of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae), a Parasitoid of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Environ. Entomol.* 43, 491–500. <https://doi.org/10.1603/EN130727>
- Gonçalves, R.S., Andreazza, F., Lisbôa, H., Grützmacher, A.D., Valgas, R.A., Manica-Berto, R., Nörnberg, S.D., Nava, D.E., 2016. Basis for the development of a rearing technique

- of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae) in *Anastrepha fraterculus* (Tephritidae: Diptera). J. Econ. Entomol. 109, 1094–1101.  
<https://doi.org/10.1093/jee/tow069>
- González, G., Mary A.L., Goñi B., 2015. *Drosophila suzukii* (Matsumura) found in Uruguay. Dros Info Serv 98,103–107.
- Gress, B. E., Zalom, F.G., 2018. Identification and risk assessment of spinosad resistance in a California population of *Drosophila suzukii*. Pest management science. Aceito: doi: 10.1002/ps.5240
- Haddad, M.L., Parra, J.R.P., Moraes, R.C.B., 1999. Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos. Piracicaba, FEALQ, 29p.
- Hamby, K.A., E. Bellamy, D., Chiu, J.C., Lee, J.C., Walton, V.M., Wiman, N.G., York, R.M., Biondi, A., 2016. Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 89, 605–619.  
<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0756-5>
- Hasan, M., Uddin, R., Khan, A.R., 2009. Effects of host density, host age, temperature and gamma irradiation on the mass production of *Nesolynx thymus* (Hymenoptera: Eulophidae), an endoparasitoid of Uzi fly, *Exorista sorbillans* (Diptera: Tachinidae) Biocontrol. Sci. Techn. 19, 243-259. <https://doi.org/10.1080/09583150902790319>
- Kacsoh, B.Z., Schlenke, T.A., 2012. High hemocyte load is associated with increased resistance against parasitoids in *Drosophila suzukii*, a relative of *D. melanogaster*. PLoS One. 7, 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034721>
- Khaliq, A., Javed, M., Sohail, M., Sagheer, M., 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. J. Entomol. Zool. Stud. 2, 1-7.

- Kinjo, H., Kunimi, Y., 2014. Effects of temperature on the reproduction and development of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) 49, 297–304.  
<https://doi.org/10.1007/s13355-014-0249-z>
- Lee, J.C., Bruck, D.J., Dreves, A.J., Ioriatti, C., Vogt, H., Baufeld, P., 2011. In Focus: Spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. *Pest Manag. Sci.* 67, 1349–1351. <https://doi.org/10.1002/ps.2271>
- Maia A. H. N., Luiz A. J. B., Campanhola C. 2000. Statistical inference on associated fertility life parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93, 511-518. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511>
- Paula, M.A., Lopes, P.H.S., Tidon, R., 2014. First record of *Drosophila suzukii* in the Brazilian savanna. *Dro. Info. Serv.* 97, 113-115.
- Poncio, S., Nunes, A.M., Gonc, R.S., Lisboa, H., Garcia, M.S., 2016. Biology of *Doryctobracon brasiliensis* at different temperatures: development of life table and determining thermal requirements. *J. Appl. Entomol.* 140,775–785.  
<https://doi.org/10.1111/jen.12308>
- Poncio, S., Nunes, A.M., Gonçalves, R.D.S., Lisboa, H., Manica-Berto, R., Garcia, M.S., Nava, D.E., 2018. Strategies for establishing a rearing technique for the fruit fly parasitoid: *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.* 111, 1087–1095. <https://doi.org/10.1093/jee/toy0587>
- Poyet, M., Havard, S., Prevost, G., Chabrerie, O., Doury, G., Gibert, P., Eslin, P., 2013. Resistance of *Drosophila suzukii* to the larval parasitoids *Leptopilina heterotoma* and *Asobara japonica* is related to haemocyte load. *Physiol. Entomol.* 38, 45–53.  
<https://doi.org/10.1111/phen.12002>
- R Development Core Team, 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0. URL

<http://www.R-project.org>.

Romo, C.M., Tylianakis, J.M., 2013. Elevated Temperature and Drought Interact to Reduce Parasitoid Effectiveness in Suppressing Hosts. *PLoS One*. 8, e58136.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058136>

Rossi-Stacconi, M.V., Buffington, M., Daane, K.M., Dalton, D.T., Grassi, A., Kaçar, G., Miller, B., Miller, J.C., Baser, N., Ioriatti, C., Walton, V.M., Wiman, N.G., Wang, X., Anfora, G., 2015. Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking *Drosophila suzukii* in newly invaded areas. *Biol. Control*. 84, 28–35.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.02.003>

Rossi-Stacconi, M.V., Panel, A., Baser, N., Ioriatti, C., Pantezzi, T., Anfora, G., 2017.

Comparative life history traits of indigenous Italian parasitoids of *Drosophila suzukii* and their effectiveness at different temperatures. *BioControl*. 112, 20-27.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.06.003>

Ryan, G.D., Emiljanowicz, L., Wilkinson, F., Kornya, M., Newman, J.A., 2016. Thermal tolerances of the spotted-wing drosophila *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 109, 746–752. <https://doi.org/10.1093/jee/tow006>

Santadino, M.V., Riquelme Virgala, M.B., Ansa, M.A., Bruno, M., Di Silvestro, G., Lunazzi, E.G., 2015. Primer registro de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) asociado al cultivo de arándanos (*Vaccinium* spp.) de Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 74,183–185.

SAS Institute (2011) *Statistical Analysis System: Getting Started with the SAS Learning*.

SAS Institute, Cary, NC, USA.

Schlesener, D.C.H., Wollmann, J., Krüger, A.P., Martins, L.N., Geisler, C.S., Garcia, F.R.M., 2017. Rearing method for *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) on artificial culture media. *Dro. Info. Serv.* 100, 185-189.

- Schlesener, D.C.H, Wollmann, J., Krüger, A.P., Nunes, A.M., Bernardi, D., Garcia, F.R.M., 2018. Biology and fertility life table of *Drosophila suzukii* on artificial diets. Entomol. Exp. Appl. 1–5. <https://doi.org/10.1111/eea.12736>
- Shearer, P.W., West, J.D., Walton, V.M., Brown, P.H., Svetec, N., Chiu, J.C., 2016. Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. BMC Ecol. 16, 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12898-016-0070-3>
- Tochen, S., Dalton, D.T., Wiman, N., Hamm, C., Shearer, P.W., Walton, V.M., 2014. Temperature-Related Development and Population Parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on Cherry and Blueberry. Environ. Entomol. 43, 501–510. <https://doi.org/10.1603/EN13200>
- Vilela, R.C., Mori, L., 2014. The invasive spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) has been found in the city of São Paulo (Brazil). Rev. Bras. Entomol. 58, 371-375. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262014000400004>
- Wang, X.G., Serrato, M.A., Son, Y., Walton, V.M., Hogg, B.N., Daane, K.M., 2018. Thermal Performance of Two Indigenous Pupal Parasitoids Attacking the Invasive *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environ. Entomol. 47, 764–772. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy053>
- Wollmann, J., Schlesener, D.C.H., Ferreira, M.S., Garcia, F.R.M., 2016. Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. Dros. Inf. Serv. 99, 38-42.

**Tabela 1.** Número médio ( $\pm$  Erro padrão) de descendentes gerados por fêmea e razão sexual da progênie de *T. anastrephae* criados em pupários de *D. sukii* em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Número total de descendentes	Razão sexual
20	177,20 $\pm$ 21,18 a	0,26 $\pm$ 0,21 b
25	159,20 $\pm$ 28,26 a	0,34 $\pm$ 0,21 b
30	118,15 $\pm$ 35,56 b	0,46 $\pm$ 0,16 ab
35	1,35 $\pm$ 1,56 c	0,63 $\pm$ 0,38 a

<sup>a</sup>Valores representam médias  $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Dunn ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2.** Número médio ( $\pm$  Erro padrão) de emergência (%) e duração do ciclo biológico (ovo a adulto) (dias) de *T. anastrephae* criados em pupários de *D. suzukii* submetidos a diferentes temperaturas.

Temperaturas (°C)	Emergência (%) <sup>a</sup>	Ciclo biológico (dias) <sup>a</sup>	
		Machos	Fêmeas
10	0,00 $\pm$ 0,00 b	-	-
15	52,50 $\pm$ 20,49 a	43,13 $\pm$ 1,54 a	47,90 $\pm$ 2,72 a
20	56,00 $\pm$ 25,62 a	23,68 $\pm$ 1,69 b	26,51 $\pm$ 1,49 b
25	73,00 $\pm$ 18,38 a	18,02 $\pm$ 1,19 c	20,40 $\pm$ 1,25 c
30	10,50 $\pm$ 14,68 b	16,67 $\pm$ 0,58 c	18,05 $\pm$ 0,99 d
35	0,00 $\pm$ 0,00 b	-	-

<sup>a</sup>Valores representam médias  $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Dunn ( $P < 0,05$ ).

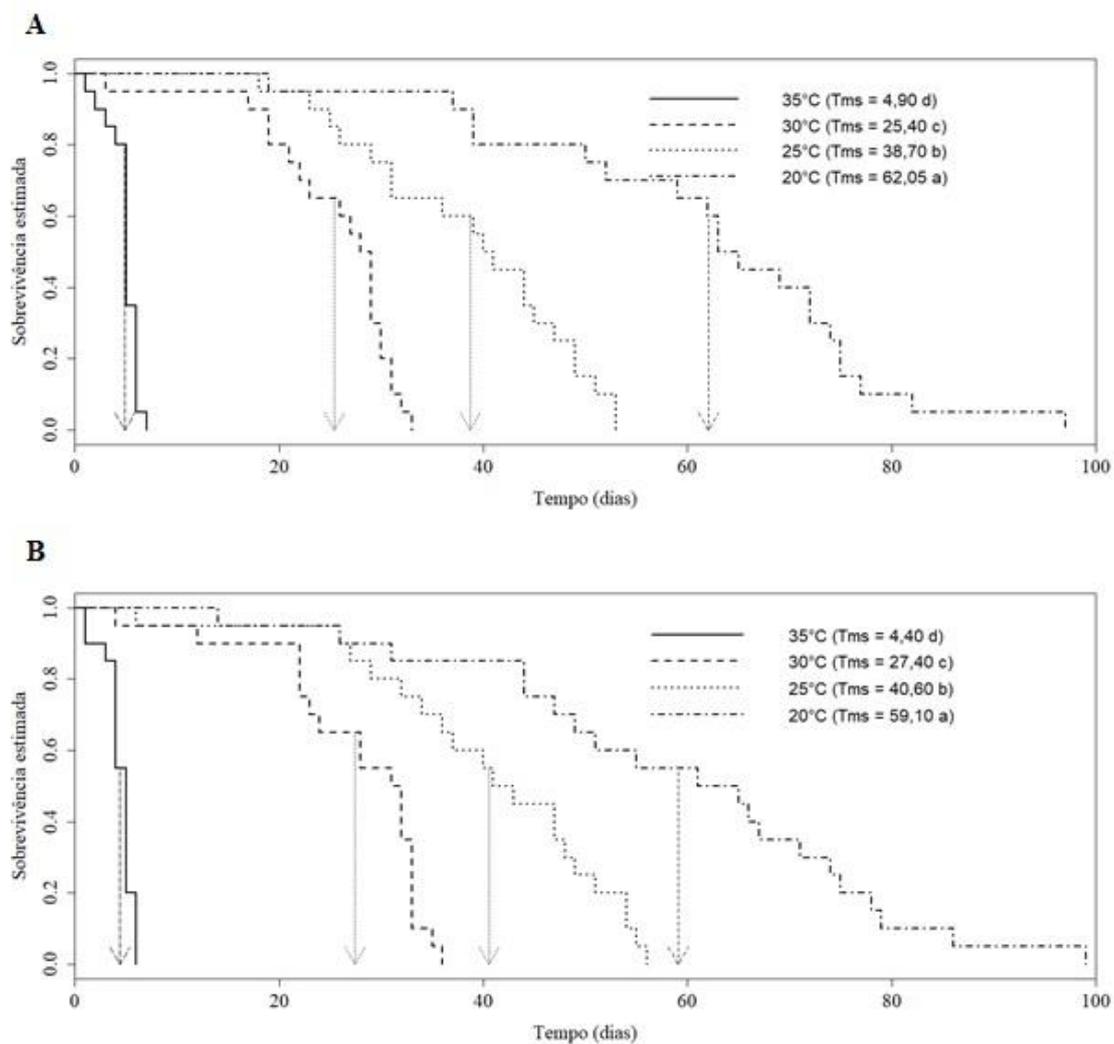
**Tabela 3.** Parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *T. anastrephae* criados em pupários de *D. sukii* em diferentes temperaturas.

Temperatura °C	T (dias)	$R_o(\text{♀} / \text{♀})$	$r_m(\text{♀} / \text{♀} \cdot \text{day})$	$\lambda$
15	45,13 ± 0,44c	13,79 ± 1,18c	0,058 ± 0,001c	1,056 ± 0,017c
20	25,58 ± 0,38b	75,17 ± 3,14a	0,169 ± 0,005b	1,184 ± 0,001b
25	19,12 ± 0,14a	71,10 ± 2,14a	0,223 ± 0,002a	1,249 ± 0,007a
30	17,01 ± 0,12a	68,72 ± 1,18b	0,248 ± 0,002a	1,281 ± 0,002a

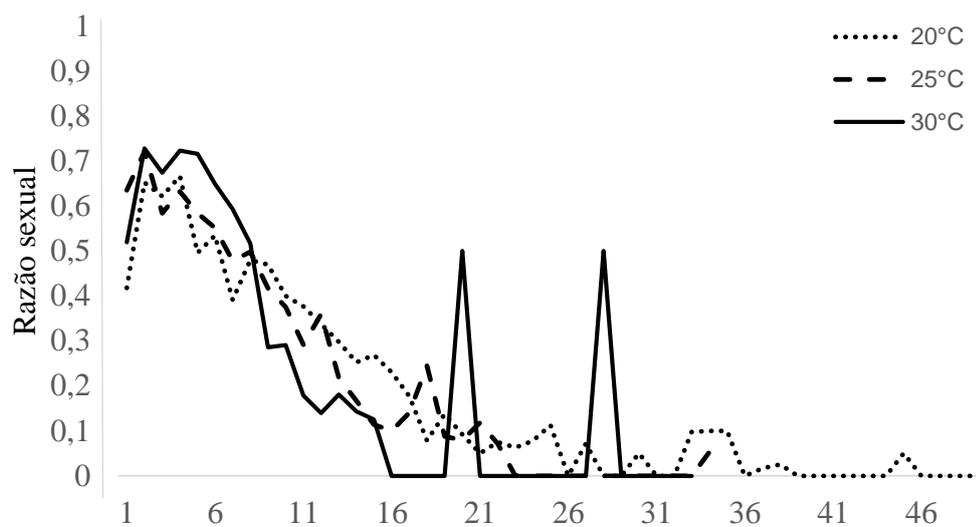
T = Tempo da duração entre gerações;  $R_o$  = taxa líquida de reprodução,  $r_m$  = Razão infinitesimal de aumento e  $\lambda$  = Razão finita de aumento. Valores representam a média ± EP obtidos a partir do método de Jackknife através do programa SAS.

Para cada parâmetro avaliado, valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $P > 0,05$ ).

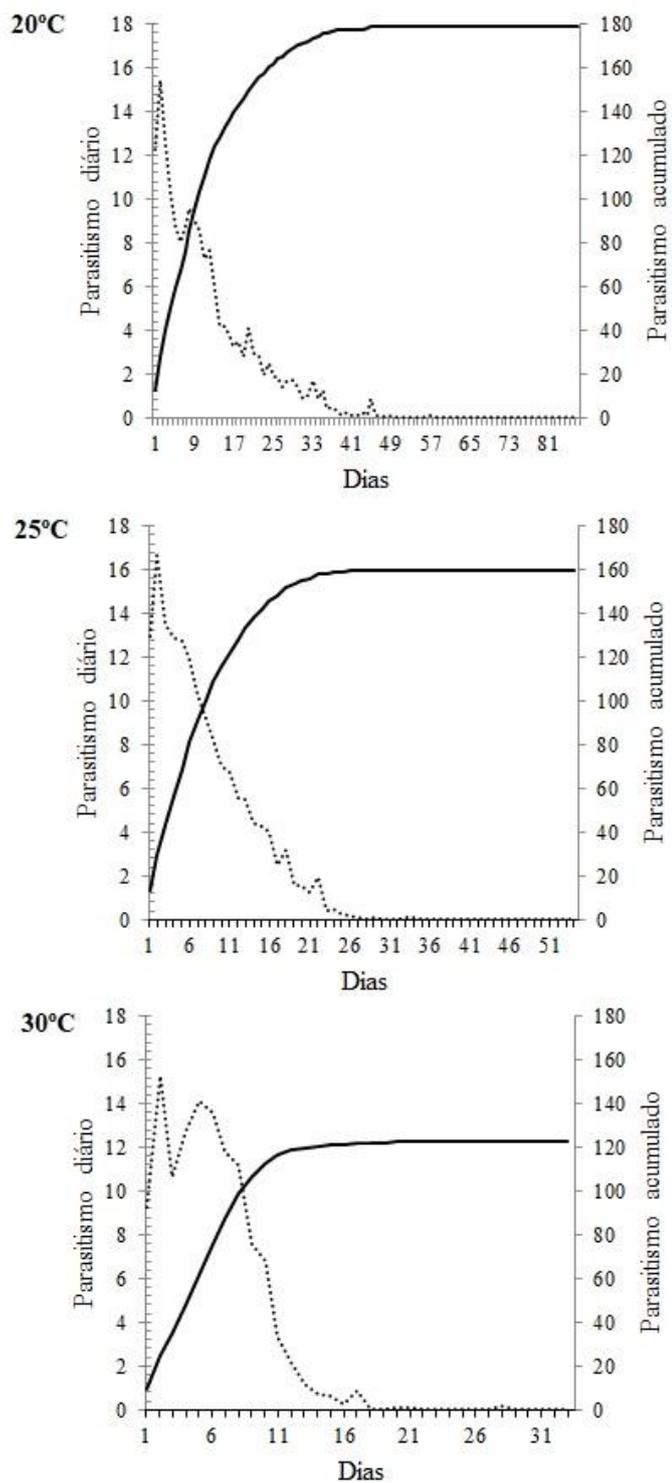
\*Temperaturas de 10 e 35



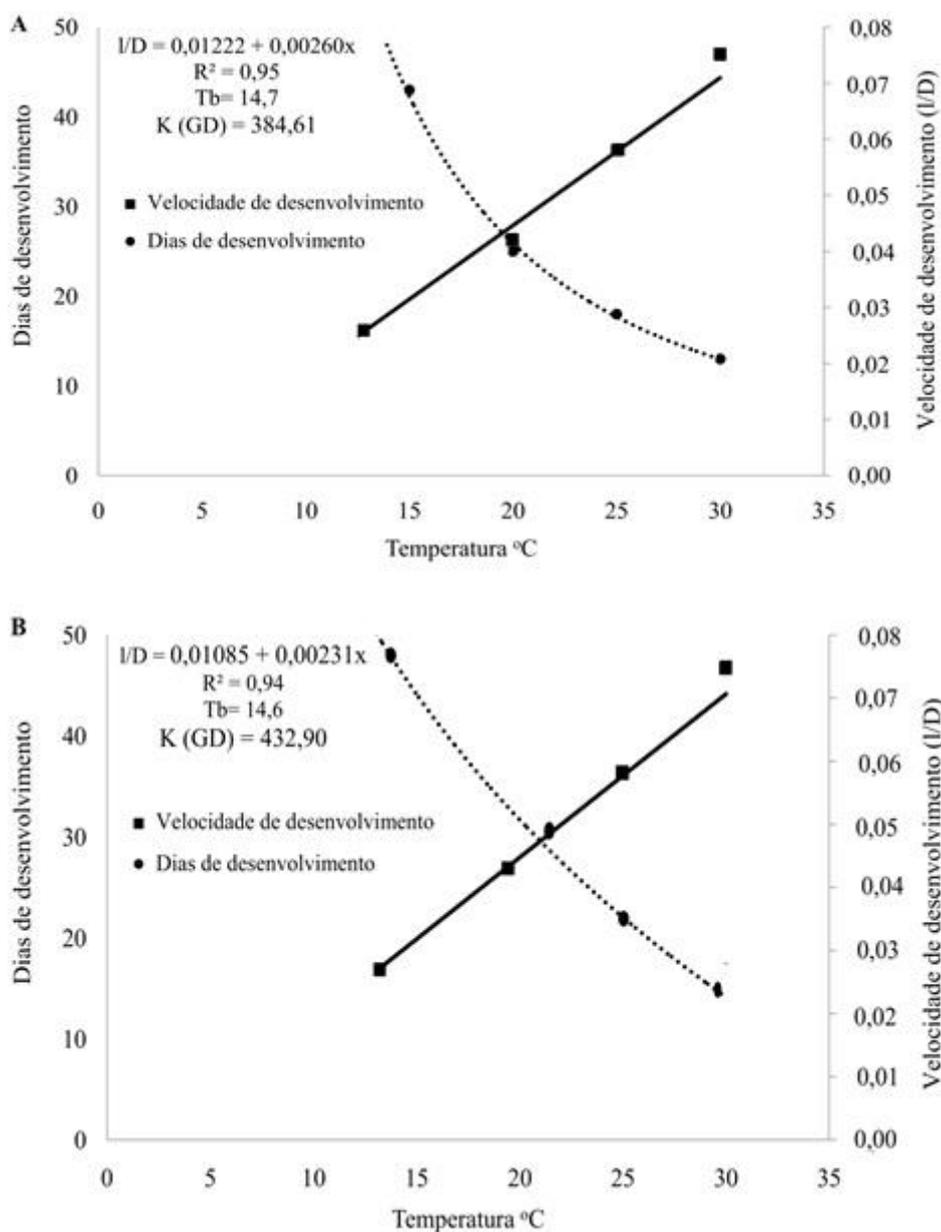
**Figura 1.** Curva de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *T. anastrephae* mantidos em diferentes temperaturas. As setas indicam o tempo médio de sobrevivência (Tms). As médias seguidas de diferentes letras diferem estatisticamente entre si.



**Figura 2.** Razão sexual diária de *T. anastrephae* expostos à 20°C (linha pontilhada), 25°C (linha tracejada) e 30°C (linha sólida).



**Figura 3.** Parasitismo diário (linha pontilhada) e parasitismo acumulado (linha sólida) por fêmea de *T. anastrephae* em pupários de *D. sukii* nas temperaturas de 20, 25 e 30°C.



**Figura 4.** Limiar térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ), constante térmica ( $K$ ), curva e equação linear da velocidade de desenvolvimento ( $1/D$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do período ovo a adulto de machos (A) e fêmeas (B) de *T. anastrephae*.

## 5. Conclusões gerais

- Os pupários de *D. sukii* possibilitam desenvolvimento adequado do parasitoide *T. anastrephae*;
- Pupários de *D. sukii* com até 24 horas de idade são considerados ideais para o desenvolvimento biológico de *T. anastrephae*;
- O tempo de exposição de pupários de *D. sukii* por 24 horas aumentou a porcentagem de emergência de parasitoides;
- A quantidade de 15 pupários de *D. sukii* por fêmea de *T. anastrephae* proporcionou adequada porcentagem de parasitismo e aproximou-se do número médio de pupários parasitados;
- O fornecimento de mel puro e solução aquosa a 50% são adequados para a alimentação de *T. anastrephae*;
- As temperaturas de 20 e 25°C são consideradas ideais para a criação e multiplicação de *T. anastrephae* em laboratório.
- Temperatura de 10 e 35°C não proporcionaram desenvolvimento da fase imatura de *T. anastrephae*;
- A razão sexual foi afetada pela longevidade dos adultos, proporcionando maior número de fêmeas no início da vida;
- O limite inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) foi de 14,7 para machos e de 14,6 para fêmeas, respondendo a uma constante térmica de (K) de 384,61 e 432,90 graus dias.
- As temperaturas de 20° e 25°C proporcionaram os melhores valores de tabela de vida de fertilidade.

## Referências

AGROFIT. 2018. Sistema de Agrotóxico Fitossanitário. 2015. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 15 dez. 2018.

AGUIAR-MENEZES, E.L.; MENEZES, E.B.; SILVA, P.S.; BITTAR, A.C.; CASSINO, P.C.R. Native hymenopteran parasitoids associated with *Anastrepha* spp (Diptera: Tephritidae) in Seropédica City, Rio de Janeiro, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 84, n.4, p. 706-711, 2001.

ANDREAZZA, F.; HADDI, K.; OLIVEIRA, E.E.; FERREIRA, J.A.M. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais State, a main strawberry production region in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, n.4, p. 1-3, 2016.

ANDREAZZA, F.; BERNARDI, D.; NAVA, D.E.; BOTTON, M.; COSTA, V.A. Inimiga parasitada. **Cultivar HF**, v. 102, p. 20-23, 2017b.

ANDREAZZA, F.; BERNARDI, D.; BARONIO, C.A.; PASINATO, J.; NAVA, D.E.; BOTTON, M. Toxicities and effects of insecticidal toxic baits to control *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). **Pest Management Science**, v.73, p.146-152, 2017c.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 21 p.

ASPLEN, M.K.; ANFORA, G.; BIONDI, A.; CHOI, D.S.; CHU, D.; DAANE, K.M.; GIBERT, P.; GUTIERREZ, A.P.; HOELMER, K.A.; HUTCHISON, W.D.; ISAACS, R.; JIANG, Z.L.; KÁRPARTI, Z.; KIMURA, M.T.; PASCUAL, M.; PHILIPS, C.R.; PLNTAMP, C.; PONTI, L.; VÉTEK, G.; VOGT, H.; WALTON, V.M.; YU, Y.; ZAPPALA, L.; DESNEUX, N. Invasion biology of spotted wing *Drosophila suzukii*: a global perspective and future priorities. **Journal Pest Science**, v. 88, p. 469–494, 2015.

BEERS, E.H.; STEENWYK, R.A.; SHEARER, P.W.; COATES, W.W.; GRANT, J.A. Developing *Drosophila suzukii* management programs for sweet cherry in the western United States. **Pest Management Science**, v. 67, p. 1386-1395, 2011.

BERNARDI, D.; ANDREAZZA, F.; BOTTON, M.; BARONIO, C.A.; NAVA, D.E. Susceptibility and interactions of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in damaging strawberry. **Neotropical Entomology**, v. 4, n. 6, p. 1-7,

2017.

BITNER-MATHÉ, B.C.; VICTORINO, J.; FARIA, F.S. *Drosophila suzukii* has been found in tropical Atlantic rainforest in southeastern Brazil. **Drosophila Information Service**, v. 97, p. 136–137, 2014.

BOLDA, M. P.; GOODHUE, R. E.; ZALOM, F. G. Spotted wing drosophila: potential economic impact of newly established pest. **Agricultural and Resource Economics Update**, Califórnia, v. 13, n. 3, p. 5–8, 2010.

BRUCK, D.J.; BOLDA, M.; TANIGOSHI, L.; KLICK, J.; KLEIBER, J.; DEFRANCESCO, J.; GERDEMAN, B.; SPITLER, H. Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. **Pest Management Science**, v. 67, p. 1375-1385.

BURRACK, H. J.; SMITH, J. P.; PFEIFFER, D.; KOEHLER, G.; LAFOREST, J. Using volunteer-base networks to track *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) an invasive pest of fruit crops. **Journal Integrate Pest Management**, v.3, p. 1-5, 2012.

CHABERT, S.; ALLEMAND, R.; POYET, M.; ESLIN, P.; GIBERT, P. Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. **Biological Control**, v. 63, p. 40-47, 2012.

CINI, A.; IORIATTI, C.; ANFORA, G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. **Bulletin of Insectology**, v.65, n.1, p.149-160, 2012.

COSTA LIMA, A. Alguns parasitos de moscas de frutas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.12, n.1, p.17-20, 1940.

CRUZ, P.P.; NEUTZLING, A.S.; GARCIA, F.R.M. First Record of *Trichopria anastrephae*, parasitoid of fruit flies, in the Rio Grande do Sul State, Brazil. **Ciência Rural**, 2011.

DAANE, K.M.; WANH, X.G.; BIONDI, A.; MILLER, B.; MILLER, J.C.; RIEDL, H.; SHEARER, P.W.; GUERRIERI, E.; GIORGINI, M.; BUFFINGTON, M.; ACHTERBERG, K.V.; SONG, Y.; KANG, T.; YI, H.; JUNG, C.; LEE, D.W.; CHUNG, B.K.; HOELMER, K.A.; WALTON, V.M. First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. **Journal of Pest Science**, p. 1-13, 2016.

DEPRÁ, M.; POPPE, J.L.; SCHMITZ, H.J.; DE TONI, D.C.; VALENTE, V.L.S. The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. **Journal of Pest Science**, v. 87, n. 3, p. 379-383, 2014.

DOS SANTOS, L.A.; MENDES, M.F.; KRÜGER, A.P.; BLAUTT, M.L.; GOTTSCHALK, M.S.; GARCIA, F.R.M. Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). **Plos One**, 12, p. e0174318, 2017

DREVES, A. J.; WALTON, V.; FISHER, G. A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon. Spotted Wing *Drosophila*: *Drosophila suzukii* (Matsumura). EM 8991 October 2009. Oregon State University, Extension Service, 2009.

EMILJANOWICZ, L.M.; RYAN, G.D.; LANGILLE, A.; NEWMAN, J. Development reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on Artificial Diet. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, p. 1392–1398, 2014.

GABARRA, R.; RIUDAVETS, J.; RODRÍGUEZ, G.A.; VILLAR, P.J.; ARNO, J. Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. **Biocontrol**, p. 1-9, 2014.

GARCIA, F.R.M.; CORSEUIL, E. Native hymenopteran parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Santa Catarina state, Brazil. **Florida Entomological Society**, v. 87, n. 4, p. 517-521, 2004.

GARCIA, F.R.M.; WOLLMAN, J.; KRÜGER, A.P.; SCHLESENER, D.C.H.; TEIXEIRA, C.M. 2017. **Biological control of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): State of the art and prospects**, pp.1-27. In Davenport L. (ed), *Biological control: Methods, applications and challenges*, Nova Science Publishers, New York, United States of America.

GEISLER, F.C.S.; SANTOS, J.; HOLDEFER, D.R.; GARCIA, F.R.M. Primeiro registro de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) para o estado do Paraná, Brasil e de novos hospedeiros. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 125-129, 2015.

GIUNTI, G.; CANALE, A.; MESSING, R.H.; DONATI, E.; STEFANINI, C.; MICHAUD, J.P.; BENELLI, G.; Parasitoids learning: Current knowledge and implications for biological control. **Biological control**, v. 90, p. 208-219, 2015.

GONZÁLEZ, G.; MARY, A.L.; GÖNI, B. *Drosophila suzukii* (Matsumura) found in Uruguay. **Drosophila Information Service**, v. 98, p. 103–107, 2015.

GRESS, B. E.; ZALOM, F. G. Identification and risk assessment of spinosad resistance in a California population of *Drosophila suzukii*. **Pest management science**, 2018.

HAYE, T.; GIROD, P.; CUTHBERTSON, A.G.S.; WANG, X.G.; DAANE, K.M.; HOELMER, K.A.; BAROFFIO, C.; ZHANG, J.P.; DESNEUX, N. Current SWD IPM tactics and their practical implementation in fruit crops across different regions around the world. *Journal Pest Science*, v. 89, p. 643-651, 2016.

KAWASE, S.; UCHINO, K.; YASUDA, M.; MOTOORI, S. Netting control of cherry *Drosophila suzukii* injurious to blueberry. **Bull. Chiba. Prefect. Agric. Res. Cent**, v. 7, p. 9-15, 2008.

LEE, J. C.; BRUCK, D. J.; CURRY, H.; EDWARDS, D.; HAVILAND, D. R.; VAN STEENWYK R. A.; YORGEY, B. M. The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. **Pest management science**, v. 67, n. 11, p. 1358-1367, 2011.

LIBURD, O. E.; INGLESIAS, L. E. Spotted Wing Drosophila: Pest Management Recommendations for Southeastern Blueberries. University of Florida. IFAS Extension. ENY-869, 2013.

KACSOH, B.Z.; SCHLENKE, T,A. High hemocyte load is associated with increased resistance against parasitoids in *Drosophila suzukii* a relative of *D. melanogaster*. **Plos one**, v. 7, n. 4, p. 1-16, 2012.

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

MARCHIORI, C.H.; PENTEADO-DIAS, A,M. *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) parasitóide de Diptera, coletadas em área de mata nativa e pastagem em Itumbiara, Goiás, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 68, n. 1, p. 123-124, 2001.

NOMANO, F.Y.; MITSUI, H.; KIMURA, M.T. Capacity of Japanese *Asobara* species (Hymenoptera; Braconidae) to parasitize a fruit pest *Drosophila suzukii* (Diptera; Drosophilidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 139, p. 105-113, 2015.

PARRA, J.R.; BORELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle Biológico: Terminologia, In: **Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**, p. 1-15, 2002.

PAULA, M.A.; LOPES, P.H.S.; TIDON, R. First record of *Drosophila suzukii* in the Brazilian savanna. **Drosophila Information Service**, v. 97, p. 113–115, 2014.

POYET, M.; HAVARD, S.; PREVOST, G.; CHABRERIE, O.; DOURY, G.; GIBERT, P.; ESLIN, P. Resistance of *Drosophila suzukii* to the larval parasitoids *Leptopilina heterotoma* and *Asobara japonica* is related to haemocyte load. **Physiological Entomology**, v. 38, p. 45-53, 2013.

RENKEMA, J.M.; MILLER, M.; FRASER, H.; LÉGARÉ, J. PH.; HALLETT, R. H. First records of *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) from commercial fruit fields in Ontario and Quebec, Canada. **JESO**, v. 144, 2013.

ROUBOS, C.R.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; ISAACS, R. Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. **Biological Control**, v. 75, p. 28-38, 2014.

SANTOS, R. S. S. dos. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morangueiro no Brasil. **Resumo**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, 2014a.

SANTOS, R. S. S. dos. Ocorrência de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morango no Brasil. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 4p. 2014b. **(Comunicado Técnico 159)**

SANTADINO, M.V., M.B. RIQUELME VIRGALA, M.B.; ANSA, M.A.; BRUNO, M.; DI SILVESTRO, G.; LUNAZZI, E.G. Primer registro de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) asociado al cultivo de arándanos (*Vaccinium* spp.) de Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 74, p.183–185, 2015.

SCHLESENER, D.C.H.; WOLMANN, J.; NUNES, A.M.; CORDEIRO, J.; GOTTSCHALK, M.S.; GARCIA, F.R.M. *Drosophila suzukii*: nova praga para a a fruticultura brasileira. **Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 1, p. 45-51, 2015.

SCHLESENER, D.C.H.; WOLLMAN, J.; KRÜGER, A.P.; NUNES, A.M.; BERNARDI, D.; GARCIA, F.R.M. Biology and fertility life table of *Drosophila suzukii* on artificial diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, p. 1-5, 2018.

SILVA, C.G.; MARCHIORI, C.H.; FONSECA, A.R.; TORRES, L.C. Himenópteros parasitóides de larvas de *Anastrepha* spp. em frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) na região de Divinópolis, Minas Gerais, Brasil. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1264-1267, 2003.

ROSSI-STACCONI, M.V.R.; BUFFINGTON, M.; DAANE, K.M.; DALTON, D.T.; GRASSI, A.; KAÇAR, G.; MILLER, B.; MILLER, J.C.; BASER, N.; IORIATTI, C.; WALTON, V.M. WIMAN, N.G.; WANG, X., ANFORA, G. Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking *Drosophila suzukii* in newly invaded area. **Biological Control**, v. 84, p. 28-35, 2015.

VILELA, R.C.; MORI, L. The invasive spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) has been found in the city of São Paulo (Brazil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, p. 371–375, 2014.

WALSH, D. B.; BOLDA, M. P.; GOODHUE, R. E.; DREVES, A. J.; LEE, J. C.; BRUCK, D. J.; WALTON, V. M.; O'NEAL S. D.; ZALOM F. G. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2011.

WANG, X.G.; KAÇAR, G.; BIONDI, A.; DAANE, K.M. Life-history and host preference of *Trichopria drosophilidae* a pupal parasitoid of spotted wing drosophila. **BioControl**, p. 1-11, 2016.

WOLLMANN, J.; SCHLESENER, D.C.H.; FERREIRA, M.S.; GARCIA, F.R.M. Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. **Drosophila Information Service**, v. 99, p. 38-42, 2016.