

# DESENVOLVIMENTO DE *Fopius arisanus* POR DEMANDAS TÉRMICAS EM ÁREA APTA A *Bactrocera carambolae* NO ESTADO DO AMAPÁ

Data de submissão: 24/01/2023

Data de aceite: 01/03/2023

### Maria Conceição Peres Young Pessoa

Embrapa Meio Ambiente  
Jaguariúna, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/7609273004875279>

### Ricardo Adaime

Embrapa Amapá  
Macapá, Amapá  
<http://lattes.cnpq.br/7470289013873915>

### Maria Clara Huttenbergue

Bolsista Embrapa Meio Ambiente/  
Graduanda Ciências Biológicas  
PUCCampinas (período: janeiro a  
agosto/2021)  
Jaguariúna, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9544619266598149>

### Rafael Mingoti

Embrapa Territorial  
Campinas, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>

### Cristiane Ramos de Jesus

Embrapa Amapá  
Macapá, Amapá  
<http://lattes.cnpq.br/7128144851170964>

### Beatriz de Aguiar Giordano Paranhos

Embrapa Semiárido  
Petrolina, Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/6606136052148527>

### José Victor Torres Alves Costa

Superintendência Federal de Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento no Amapá  
Macapá, Amapá  
<http://lattes.cnpq.br/8127154694823949>

OBSERVAÇÃO: Publicação autorizada pelo DSV/SDA-MAPA em 13/12/2022 por Despacho Processo SEI n. 21000.050281/2018-59 SEI n. 25546903/ Atividade autorizada pelo DSV/SDA-MAPA em 23/04/2019 por Ofício n. 28/2019/CGPP/DSV/DAS/Mapa (Processo SEI n. 21000.050281/2018-59 SEI n. 7101489).

**RESUMO:** O parasitoide exótico *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) foi introduzido no Brasil em 2012, para o controle da mosca-da-carambola *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae). A literatura o indica como parasitoide ovopupal de *B. carambolae*, motivo pelo qual vem sendo estudado como estratégia de controle biológico dessa praga quarentenária presente (PQP) no Brasil. Zoneamento territorial de áreas brasileiras mais favoráveis ao desenvolvimento de *F. arisanus* e *B. carambolae* foi disponibilizado ao Mapa pela Embrapa. Essa informação

viabiliza aprofundamentos sobre o potencial desenvolvimento do parasitoide em condições climáticas dessas áreas aptas, no intuito de orientar liberações. Estimativas numéricas do desenvolvimento do ciclo de vida do parasitoide com base em suas demandas térmicas, considerando condições climáticas das áreas atacadas, disponibilizariam informações sobre as durações de suas fases de vida nessas condições. Demandas térmicas do parasitoide em *B. carambolae* ainda são indisponíveis, porém a literatura as apresentou em espécie hospedeira *Bactrocera dorsalis* Hendel, 1912 (Diptera: Tephritidae). Este trabalho apresenta estimativas numéricas do desenvolvimento de *F. arisanus* em condições climáticas do município de Macapá, Amapá, apto ao parasitoide e a *B. carambolae*. As mudanças de fases e o cálculo de graus-dias foram orientados pelas demandas térmicas de *F. arisanus* em *B. dorsalis*, com uso de calculadora de graus-dias da Universidade da Califórnia. Temperaturas máximas e mínimas médias mensais de Macapá foram obtidas das disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o período de pré-oviposição da fêmea do parasitoide em literatura. Três cenários foram avaliados separadamente: 1- julho a janeiro; 2- dezembro a junho; e 3- janeiro a dezembro. Como resultado, os dois primeiros cenários apresentaram sete gerações completas do parasitoide, com a 8ª geração em desenvolvimento na fase pupal no primeiro cenário e na ovo-larval no segundo. No terceiro cenário foram estimadas 12 gerações completas, com a 13ª em desenvolvimento na fase ovo-larval ao término do período.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estimativas; graus-dias; parasitoide; mosca-da-carambola; Brasil.

### DEVELOPMENT OF *Fopius arisanus* BY THERMAL REQUIREMENTS IN FAVORABLE AREAS TO *Bactrocera carambolae* IN STATE OF AMAPÁ

**ABSTRACT-** The exotic parasitoid *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) was introduced in Brazil in 2012 to control carambolae fruit fly *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae). Literature indicates it as an egg-pupae parasitoid of *B. carambolae*, reason why it has been studied as a biological control strategy for this absent quarantine pest (AQP) in Brazil. Territorial zoning map of Brazilian areas most favorable to the development of *F. arisanus* and *B. carambolae* was provided to Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (Mapa) by Embrapa. This information enables in-depth knowledge on the potential of parasitoid development under the climatic conditions of these favorable areas, aiming at guiding releases. Numerical estimates of the development of the parasitoid's life cycle based on its thermal requirements, considering climatic conditions of attacked areas, will provide information about the durations of its life phases under those conditions. Thermal requirements of the parasitoid on *B. carambolae* are not available yet; however, the literature presented them on the host specie *Bactrocera dorsalis* Hendel 1912 (Diptera: Tephritidae). The present work presents numerical estimates of the development of *Fopius arisanus* under climatic conditions of Macapá municipality, Amapá state (Brazil), which was favorable both to the parasitoid and to *Bactrocera carambolae*. Changes on phases and calculus of degree days were oriented by thermal requirements of *F. arisanus* on *B. dorsalis*, with the use of degree-days calculator of the University of California. Maximum and minimum monthly averages of temperatures from Macapá were obtained, from those recovered from National Meteorological Institute (INMET), and the pre-egg-laying period of parasitoid female from literature. Three scenarios were considered separately: 1- July to January; 2- December

to June; and 3- January to December. As a result, the two first scenarios presented seven completed generation of the parasitoid, with the 8th generation under development in pupa phase in the first scenario and in egg-larval phase in the second. In the third scenario, 12 completed generations were estimated, with the 13th under development in egg-larval phase at the end of the period.

**KEYWORDS:** estimates; degree-days; parasitoid; carambola fruit fly; Brazil.

## 1 | INTRODUÇÃO

A ocorrência da mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae), no Brasil foi reportada em 1996 e, desde então, esse inseto exótico polífago é listado como praga quarentenária presente (PQP) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Atualmente essa PQP encontra-se restrita a algumas áreas dos estados do Amapá (AP), Pará (PA) e Roraima (RR), sob ações oficiais do “Programa de Prevenção, Contenção, Supressão e Erradicação da praga *Bactrocera carambolae*” (BRASIL, 2018).

O parasitoide ovo-pupal *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) foi introduzido no Brasil em 2012 para o controle da mosca-da-carambola. Essa ação foi conduzida no âmbito do projeto “Introdução do parasitoide exótico *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil com vistas ao controle biológico de *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) – CBMC” (Embrapa SEG 03.09.06.025.00.00) da Embrapa Amapá, onde teve o parasitoide importado de material do Hawaii/EUA e quarentenado no Laboratório de Quarentena “Costa Lima” da Embrapa Meio Ambiente (Processo de importação: 21052.004662/2012-65; *Permit*: 264/2012). Desde 2015, esse parasitoide vem tendo sua biologia e potencial de parasitismo estudados mais intensamente em *B. carambolae* pela Embrapa Amapá, que demonstraram bons níveis de parasitismo nos estudos preliminares (44,8%) (FAVACHO, 2019 citando LIMA et al., 2017). Favacho (2019) também ressaltou a preferência desse potencial bioagente por ovos de *B. carambolae*.

Para contribuir com as estratégias do programa oficial de controle de *B. carambolae*, o projeto DefesaInsetos (Embrapa SEG n. 40.18.03.007.00.00) vem pesquisando e disponibilizando informações sobre *B. carambolae* e potenciais alternativas para seu controle, entre as quais o controle biológico por *F. arisanus*. Um zoneamento territorial brasileiro de áreas aptas ao melhor desenvolvimento de *F. arisanus* e de *B. carambolae* foi disponibilizado (PESSOA et al., 2019), como também vem sendo aprofundado, no intuito de indicar áreas nacionais com maiores chances de sucessos para liberações inundativas em campo e, assim, para o controle eficaz da praga em locais onde ela já esteja presente no país. Condições climáticas mensais específicas de locais atacados podem interferir na disponibilidade das fases de desenvolvimento de insetos-praga ou de seus potenciais agentes de controle biológico (PESSOA et al., 2022a,b,c; 2019, 2016; SILVEIRA NETO et al., 1976). Portanto, devem ser prospectadas também para uso do controle biológico por

*F. arisanus* com foco nas estratégias de manejo locais das áreas com a presença de *B. carambolae* no Brasil.

O conhecimento das demandas térmicas das fases do ciclo de vida de *F. arisanus* em *B. carambolae* contribuiriam para mais bem identificar períodos de maior disponibilidade de fases imaturas ou adultas desse parasitoide em condições de temperaturas médias dessas diferentes localidades. Assim, levantamentos de informações biológicas sobre o estabelecimento de colônias de *F. arisanus* em diferentes hospedeiros foram realizadas pelo Projeto DefesaInsetos, que constatou a inexistência de informação de demandas térmicas do ciclo de *F. arisanus* em *B. carambolae* em literatura técnica disponível (NANGA et al., 2021; FAVACHO, 2019; GROTH et al., 2017; WEI et al, 2017; RATTANAPUN, AMORNSAK e CLARKE, 2009; VARGAS et al. 2007; ZENIL et al., 2004; BAUTISTA et al., 2001; NEWELL e HARAMOTO, 1968; BESS e HARAMOTO, 1961).

Contudo, a partir desse conhecimento, foi observado que o parasitoide *F. arisanus* também vem sendo avaliado como um dos potenciais agentes de controle biológico de *Bactrocera dorsalis* (Hendel 1912) (Diptera: Tephritidae) em vários outros países (NANGA et al., 2021; WEI et al, 2017; ZHANG et al, 2010 citado por WEI et al., 2017; RATTANAPUN, AMORNSAK e CLARKE, 2009; VARGAS et al. 2007; NEWELL e HARAMOTO, 1968; BESS e HARAMOTO, 1961). As demandas térmicas de *F. arisanus* em *B. dorsalis*, calculadas em condição controlada de laboratório, com base em temperaturas variando de 5 em 5 °C na faixa de 15 a 35 °C, umidade relativa de 75% e fotoperíodo de 12h, por Zenil et al. (2004), estão disponíveis, assim como os períodos mais propícios ao início e pico da oviposição da fêmea de *F. arisanus*, identificados pelos mesmos autores, corroborando a faixa apresentada por Bautista et al. (2001), citando Ramadan et al (1992; 1994). Acrescenta-se ainda que *B. dorsalis* é praga quarentenária ausente (PQA) do Brasil e possui risco iminente de entrada no país com potencial para impactar vários cultivos agrícolas, motivo pelo qual foi uma das 20 PQA priorizadas em trabalho conjunto do Mapa e Embrapa (FIDELIS et al., 2018). O controle biológico clássico registrado na Polinésia Francesa, onde foram realizadas liberações inundativas de *F. arisanus* para o controle de fases imaturas de *B. dorsalis*, indicou níveis de parasitismo de 75,6%, enquanto que no Hawaii variaram de 36% a 95%, dependendo da fase e local onde se encontrava o hospedeiro-praga (VARGAS et al. 2007; NEWELL e HARAMOTO, 1968). Em condições controladas de laboratório foram reportados níveis de parasitismo variando de 83 a 94% (ZHANG et al., 2010 citado por WEI et al., 2017). Wei et al. (2017) também ressaltaram o baixo custo e a facilidade de criação de *F. arisanus*, além de que o mesmo pode ser mantido em várias espécies de hospedeiros de moscas-das-frutas, entre elas *Anastrepha obliqua* (Macquart), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann), *Ceratitis capitata* (Wiedemann) e *B. carambolae* (ZENIL et al., 2004). Assim sendo, na indisponibilidade de informações de demandas térmicas de *F. arisanus* em *B. carambolae* e sendo *B. dorsalis* um inseto-praga do mesmo gênero que essa PQP, as demandas térmicas de *B. dorsalis* já disponíveis em literatura contribuem para prospectar

o desenvolvimento de *F. arisanus* em áreas nacionais já atacadas por *B. carambolae*, em que o parasitoide também tenha seu desenvolvimento favorecido.

Este trabalho teve por objetivo apresentar estimativas numéricas do desenvolvimento do parasitoide *F. arisanus* em condições climáticas do município de Macapá, estado do Amapá, que é apto ao parasitoide *F. arisanus* e à espécie *B. carambolae*, com base em demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Dados de temperaturas máximas e mínimas mensais médias do município de Macapá foram obtidas a partir de dados climáticos recuperados do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As temperaturas recuperadas foram disponibilizadas em planilha Microsoft Excel e reorganizadas para viabilizar os cálculos dos valores de T<sub>min</sub> e T<sub>max</sub> mensais médios e o gráfico anual correspondente para Macapá. A partir da análise desse gráfico foram identificados os três períodos considerados para a avaliação, separadamente, do desenvolvimento do bioagente *F. arisanus* em três cenários: a) julho a janeiro; b) dezembro a junho; e c) janeiro a dezembro.

Pela indisponibilidade em literatura de dados de demandas térmicas do ciclo de vida do parasitoide *F. arisanus* em *B. carambolae*, foram utilizadas suas demandas térmicas das fases imaturas em *B. dorsalis*, obtidas por Nanga et al. (2021), ou seja: a) fase ovo-larval: limiar térmico inferior de 8°C e soma térmica de 175,4 graus-dias; e fase pupal: limiar térmico inferior de 7,81°C e soma térmica de 222,2 graus-dias. O cálculo dos graus-dias foi realizado separadamente para cada fase, com base nas suas respectivas demandas térmicas, e nas T<sub>max</sub> e T<sub>min</sub> médias mensais obtidas para Macapá, fazendo uso de calculadora da Universidade da Califórnia (UNIVERSITY OF CALIFORNIA-DAVIS, 2022). O período considerado para a pré-oviposição da fêmea de *F. arisanus* foi de 9 dias (ZENIL et al., 2004); também dentro da faixa apresentada por Bautista, Harris & Vargas (2001). Os tempos (em dias) necessários ao desenvolvimento das fases ovo-larval e pupal de *F. arisanus* foram determinados, assim como a duração das fases imatura completa (ovo-pupa) e de ovo até a ocorrência da fêmea ativa do parasitoide, por geração ocorrida dentro do período avaliado. Essas informações, organizadas em planilhas Excel, viabilizaram a elaboração de estatísticas básicas para as durações das fases completas do parasitoide em cada período avaliado.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### A) Avaliação das condições térmicas do município de Macapá, AP

As condições térmicas obtidas e consideradas para o município de Macapá foram apresentadas (**Figura 1**). Dois períodos diferenciados, principalmente no relacionado à

Tmax média, foram observados: período de dezembro a julho e período de junho a janeiro. Desse modo, além da análise do período anual (janeiro a dezembro) os dois períodos supracitados foram também considerados como cenários de avaliação do desenvolvimento do parasitoide.

As Tmax e Tmin mensais médias registradas para o período de janeiro a dezembro neste município foram determinadas, a saber: Tmax=  $31,4 \pm 1,2$  °C e Tmin=  $23,7 \pm 0,2$  °C. Durante o ano, o valor mais elevado de Tmin média ( $24,0$  °C) ocorreu nos meses de outubro e de novembro, enquanto o maior valor de Tmax média ( $32,9$  °C) foi notado nos meses de setembro e novembro.

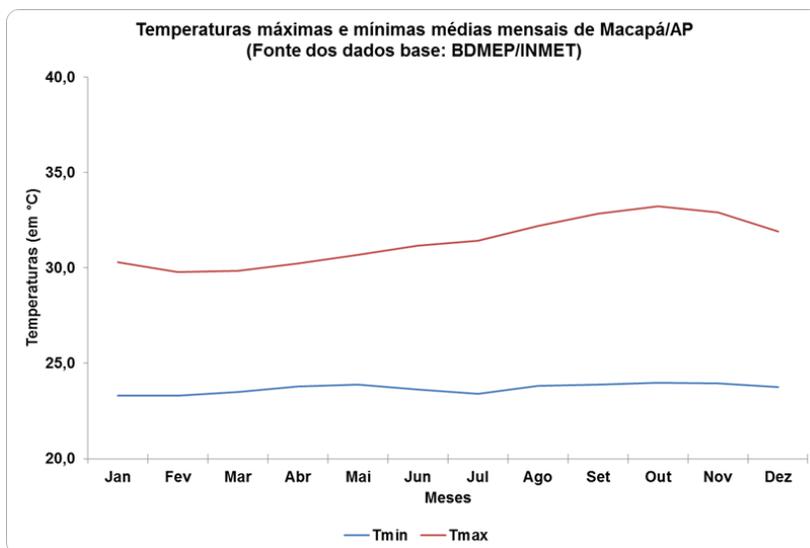


Figura 1. Temperaturas máxima e mínima médias mensais do município de Macapá/AP

De forma geral, no período de julho a janeiro constatou-se a maior Tmax mensal média ( $32,1 \pm 1,0$  °C), com registro de Tmin mensal média de  $23,7 \pm 0,27$  °C no mesmo período. Nele, o menor valor da Tmax ocorreu em janeiro ( $30,3$  °C), enquanto seu maior valor deu-se em setembro e novembro ( $32,9$ °C). Ainda no período de julho a janeiro, notaram-se amplitudes térmicas variando de  $7,0$  a  $9,3$  °C (média de  $8,4 \pm 0,8$  °C), com as mais elevadas ocorrendo de setembro a novembro. Por sua vez, no período de dezembro a junho registram-se os maiores decréscimos nas Tmax, que no período registraram média de  $30,6 \pm 0,76$  °C para Tmax e  $23,6 \pm 0,2$ °C para Tmin. Nesse período, a Tmin variou de  $23,3$  °C (janeiro e fevereiro) a  $23,9$  °C (maio), enquanto a Tmax variou de  $29,8$  (fevereiro) a  $31,9$  (dezembro). Entretanto, observando-se as amplitudes térmicas mensais médias também do período de dezembro a junho, observaram-se variações de  $6,4$  °C (março e abril) a  $8,2$  °C (dezembro), com a amplitude média do período de  $7,0 \pm 0,7$  °C. As maiores

amplitudes no período foram observadas em dezembro (8,2 °C), junho (7,5 °C) e janeiro (7,0 °C), enquanto as menores foram registradas de fevereiro a abril, com variação de 6,4 a 6,5 °C.

Desse modo, as estimativas numéricas dos tempos de desenvolvimentos de *F. arisanus* para Macapá consideraram as Tmax e Tmin mensais em cenários avaliando os três períodos supracitados, cujos resultados são apresentados a seguir.

## B) Cenários avaliados de desenvolvimento de *F. arisanus* em Macapá

### B1) Desenvolvimento de *F. arisanus* no período de julho a janeiro

No período de 1º de julho a 31 de janeiro foram estimadas até sete gerações completas de *F. arisanus* (ovo a ovo) em *B. carambolae*, considerando as demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e condições climáticas de Macapá/AP (Figura 2).

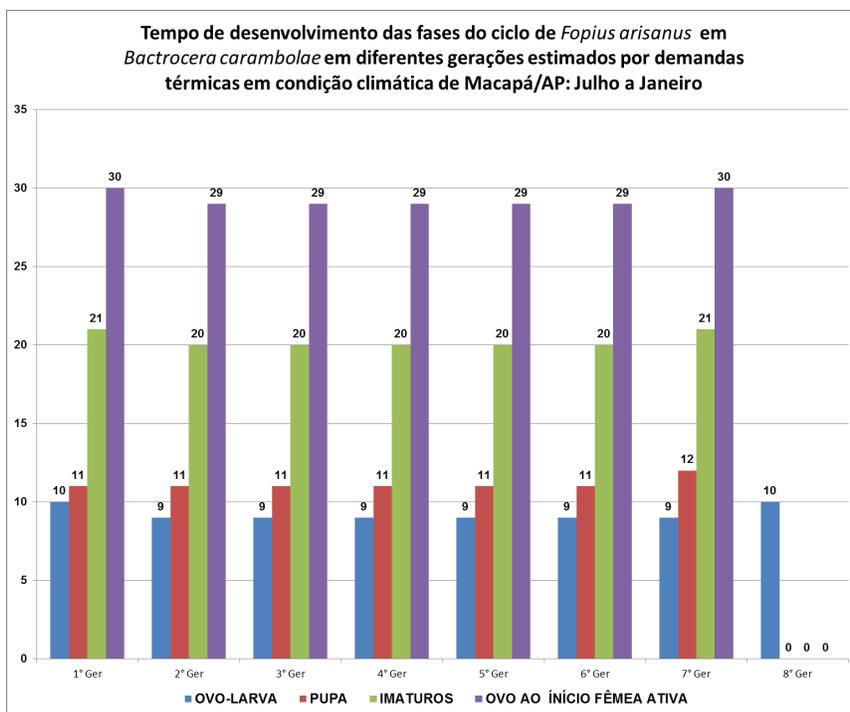


Figura 2. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *B. dorsalis*, em condição térmica do município de Macapá/AP, com início do ciclo de vida em julho

Ao final do período avaliado neste cenário, notou-se a presença da 8ª geração em desenvolvimento, apresentando sua fase ovo-larval completa (Figura 3), com pupas recém-formadas (com 12,6 GD).

Com base nas fases de desenvolvimento completas de *F. arisanus* nas gerações obtidas, estimaram-se as seguintes durações médias para as fases: a) ovo-larval:  $9,3 \pm 0,5$  dias (variando de 9 a 10 dias); b) pupal:  $11,1 \pm 0,4$  dias (variando de 11 a 12 dias); c) imatura completa:  $20,3 \pm 0,5$  dias (variando de 20 a 21 dias); e d) ovo até início da fêmea ativa:  $29,3 \pm 0,5$  dias (variando de 29 a 30 dias).

Neste cenário, as 1ª e 7ª gerações apresentaram os maiores tempos de desenvolvimento de imaturos (21 dias), influenciadas pela maior duração ovo-larval da 1ª geração (10 dias, ocorrida no mês de julho) e pelo maior desenvolvimento pupal da 7ª geração (12 dias, ocorrida no mês de janeiro). Estas, por sua vez, deram-se nos meses de menores amplitudes térmicas obtidas no período avaliado,  $8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, com  $8,4 \pm 0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  de amplitude térmica média no período.

Desse modo, as maiores amplitudes térmicas favoreceram o maior tempo de desenvolvimento do parasitoide *F. arisanus* nas gerações sinalizadas. Os períodos de disponibilidade de fases imaturas, por geração de *F. arisanus* ocorrida durante julho a janeiro, foram determinados e apresentados (Figura 3).

*Fopius arisanus* em condição climática de Macapá/AP – infestação iniciada em julho com gerações acompanhadas até janeiro

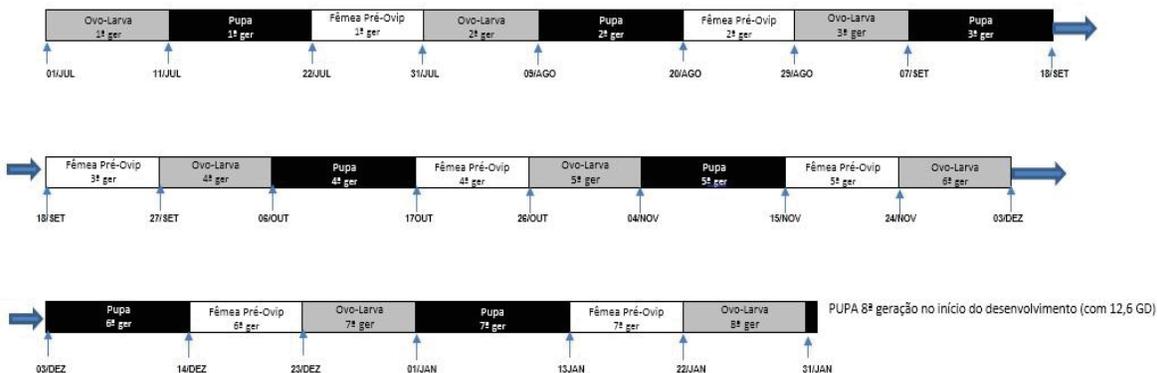


Figura 3. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em Macapá/AP considerando o período de julho a janeiro

### B2) Desenvolvimento de *F. arisanus* no período de dezembro a junho

No período de 1º de dezembro a 30 de junho foram estimadas até sete gerações completas de *F. arisanus* (ovo a ovo) em *B. carambolae*, considerando as demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e condições climáticas de Macapá/AP (Figura 4).

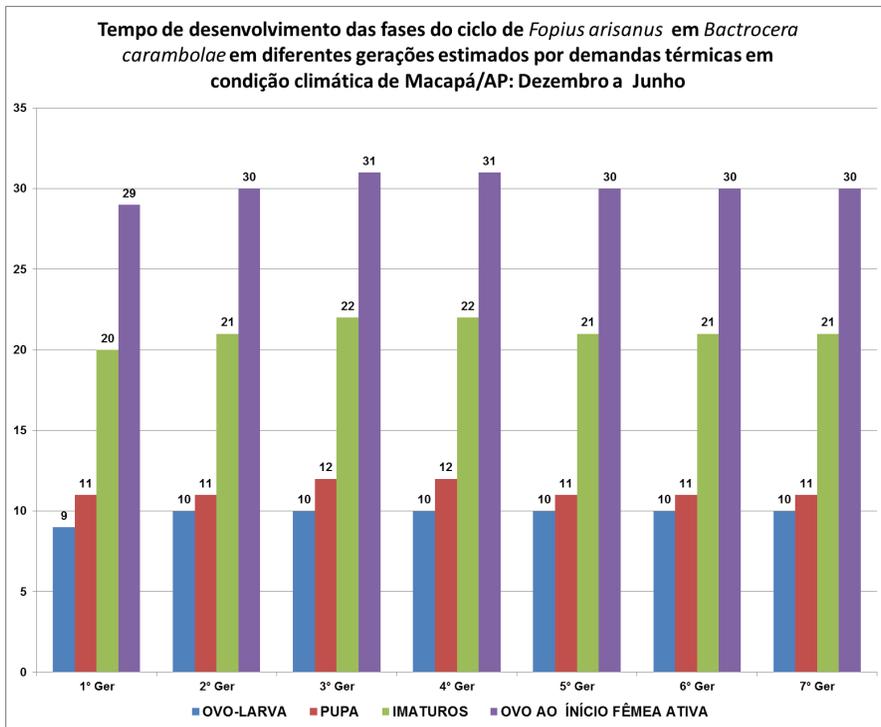


Figura 4. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *B. dorsalis*, em condição térmica do município de Macapá/AP com início do ciclo de vida em dezembro

Considerando as fases de desenvolvimento de *F. arisanus*, as seguintes durações médias foram obtidas para as fases: a) ovo-larval:  $9,9 \pm 0,4$  dias (variando de 9 a 10 dias); b) pupal:  $11,3 \pm 0,5$  dias (variando de 11 a 12 dias); c) imatura completa:  $21,1 \pm 0,7$  dias (variando de 20 a 22 dias); e d) ovo até início da fêmea ativa:  $30,1 \pm 0,7$  dias (variando de 29 a 31 dias).

Os maiores tempos de imaturos foram observados para as terceira e quarta gerações, influenciados pelas maiores durações da fase pupal, ocorridas respectivamente de 8 a 19 de fevereiro e de 11 a 22 de março, quando observados os menores valores de amplitudes térmicas do período,  $6,4$  e  $6,5$  °C, amplitude térmica média do período de  $7,0 \pm 0,6$  °C.

Os períodos de disponibilidade de fases imaturas, por geração de *F. arisanus* ocorrida durante dezembro a junho, foram determinados e apresentados (Figura 5). Desse modo, ao final de junho as estimativas indicaram que o parasitoide apresentaria condições térmicas locais para encontrar-se na sua 8ª geração, em início de desenvolvimento da fase ovo-larval (com 1 dia ou  $19,4$  GD acumulados) (Figura 5).

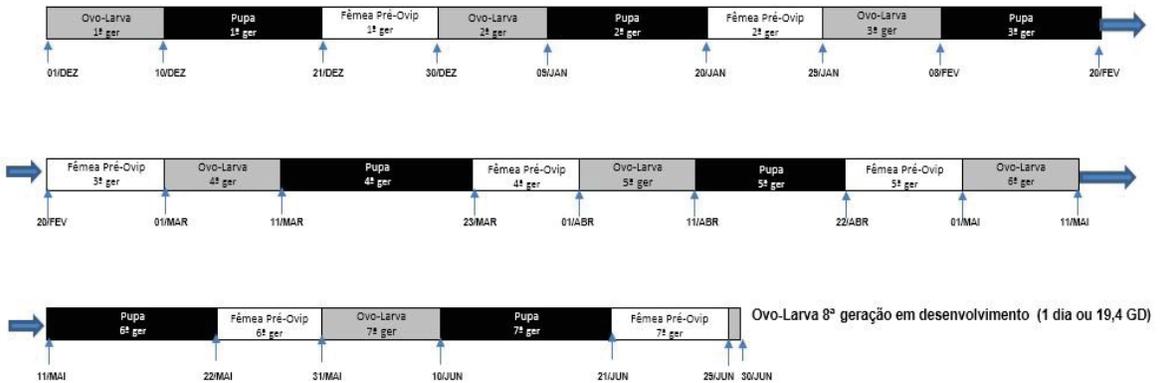


Figura 5. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em Macapá/AP considerando o período de dezembro a junho

### B3) Desenvolvimento de *F. arisanus* no período de janeiro a dezembro

Pelo observado no cenário do período de 1º de janeiro a 31 de dezembro, as estimativas numéricas realizadas indicaram condições térmicas de Macapá para a ocorrência de até 12 gerações completas de *F. arisanus* (ovo a ovo) em *B. carambolae*, considerando as demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* (Figura 6).

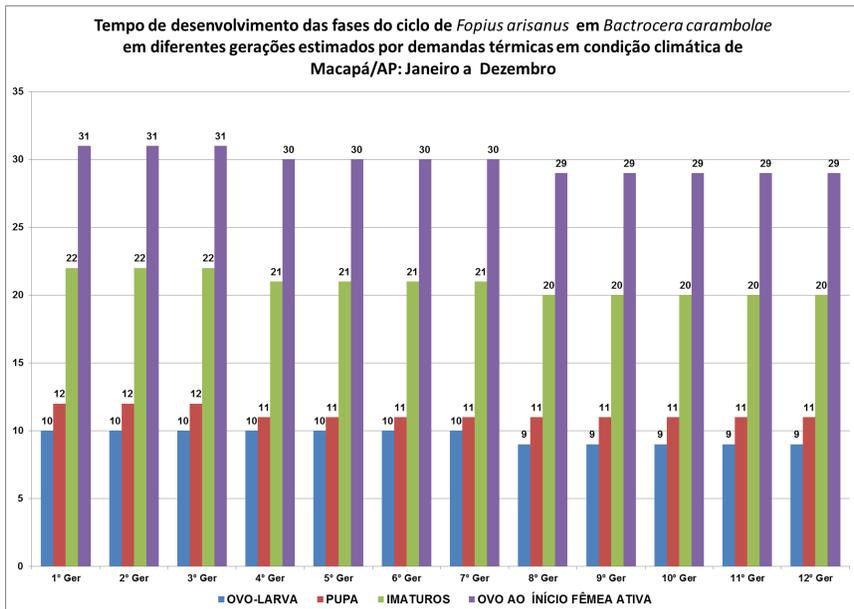


Figura 6. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *B. dorsalis*, em condição térmica do município de Macapá/AP com início do ciclo de vida em janeiro

Os períodos de disponibilidade das fases imaturas de *F. arisanus*, por geração ocorrida neste cenário, foram determinados e apresentados (**Figura 7**). Observou-se que ao final de dezembro o parasitoide apresentou a fase ovo-larval de sua 13ª geração em desenvolvimento (com 7 dias ou 138,95 GD acumulados).

Considerando as fases de desenvolvimento completas dos imaturos, as seguintes durações médias foram obtidas para as fases: a) ovo-larval:  $9,6 \pm 0,5$  dias (variando de 9 a 10 dias); b) pupal:  $11,3 \pm 0,5$  dias (variando de 11 a 12 dias); c) imatura completa:  $20,8 \pm 0,8$  dias (variando de 20 a 22 dias); e d) ovo até início da fêmea ativa:  $29,8 \pm 0,8$  dias (variando de 29 a 31 dias).

Os maiores tempos de imaturos foram observados da primeira a terceira gerações, influenciados pelas maiores durações das fases ovo-larval (10 dias) e pupal (12 dias), quando comparadas às demais gerações. Portanto, as fases imaturas das três primeiras gerações, desenvolvidas de 1º janeiro até 25 de março, sofreram influências dos menores valores de amplitudes térmicas mensais, cuja média foi de  $6,6 \pm 0,3$  °C (variando de 6,4 a 7,0 °C) e, portanto, inferior à média da amplitude do período de dezembro a janeiro, que foi de  $7,7 \pm 1,1$  °C (variando de 6,4 a 9,3 °C).

*Fopius arisanus* em condição climática de Macapá/AP – infestação iniciada em janeiro com gerações acompanhadas até dezembro

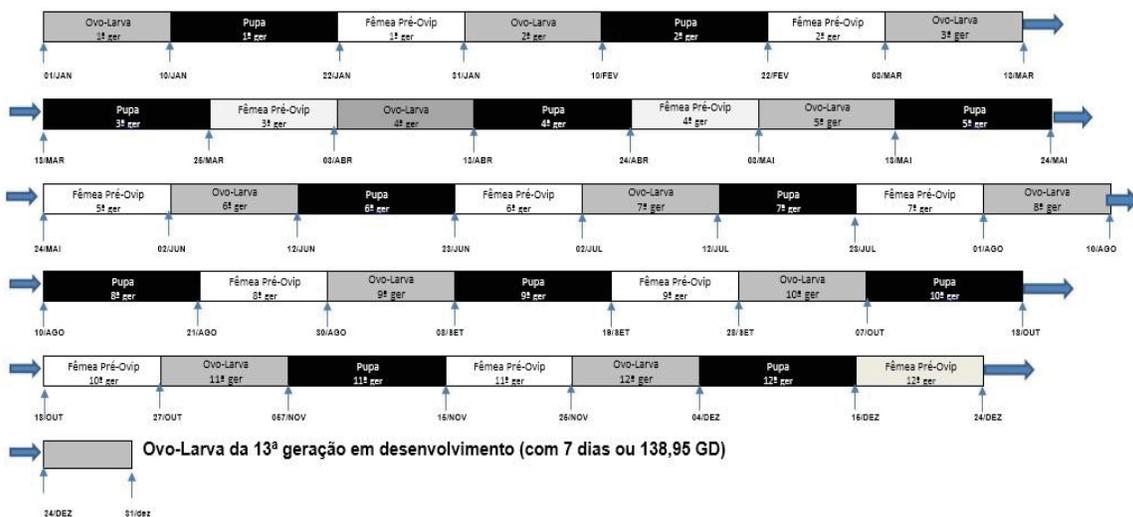


Figura 7. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em Macapá/AP considerando o período de janeiro a dezembro

#### B4) Comentário geral sobre os resultados obtidos nos cenários avaliados

Em todos os cenários avaliados, as durações das fases ovo-larval e pupal obtidas foram menores que as apontadas por Favacho (2019) em condição de laboratório, de 12,88

dias e de 14, 99 dias, respectivamente. Entretanto, as durações das fases imaturas totais estiveram compatíveis com o limite superior da faixa relatada por Favacho (2019), citando Zenil et al. (2004) e Manouski et al. (2011), que indicou emergência das pupas após 18 a 20 dias da oviposição.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das estimativas realizadas foram constatadas as influências das amplitudes térmicas locais de Macapá nas durações das fases imaturas de *F. arisanus* locais. Os períodos de maior disponibilidade de fases de desenvolvimento do parasitóide foram identificados para os cenários avaliados e disponibilizados, para apoiar as ações de manejo integrado local de *B. carambolae* com foco no uso de *F. arisanus* como agente de controle biológico.

## REFERÊNCIAS

- APPIAH, E. F.; EKESI, S.; SALIFU, D.; AFREH-NUAMAH, K.; OBENG-OFORI, D.; KHAMIS, F.; MOHAMED, S. A. Effect of temperature on immature development and longevity of two introduced opine parasitoids on *Bactrocera invadens*. **Journal of Applied Entomology**, 2013, 10p.
- BAUTISTA, R. C.; HARRIS, E. J.; VARGAS, R. I.; The fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*: reproductive attributes of pre-released females and the use of added sugar as a potential food supplement in the field. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 101: 247 – 255, 2001. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43204250/The\\_fruit\\_fly\\_parasitoid\\_Fopius\\_arisanus20160229-8986-ww9trh-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666036577&Signature=EL-kAoiovLYHZPue4lenMArPGGzshHtWeAOa3DO~g6G9SVryZFFVBMah2t60UmKs1~J5OfEOXajkWjHqoP3eYc0zNbZiQwyVgXjCse6xYf2hty6tjY6GKCBR1Bab~t0aZxNt8jIKverplPSc5O2S4BdsSHXKw5NDVFvEB2XEpmennRe1GylupjooWIRv vQA81MBCKWYDITSprZol2OfdQ3xm~z9PxbASEsVu1H62SEozzOphVYNT1ZySbxB2d0AStEnDa7IGW7gLXpEY4TTlonMvbhWIOYWPLrcSQYJCe6eyf9UK~yt~guGbLFJFFcqqqiMN4yOgf3LlfCJKitbcw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43204250/The_fruit_fly_parasitoid_Fopius_arisanus20160229-8986-ww9trh-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666036577&Signature=EL-kAoiovLYHZPue4lenMArPGGzshHtWeAOa3DO~g6G9SVryZFFVBMah2t60UmKs1~J5OfEOXajkWjHqoP3eYc0zNbZiQwyVgXjCse6xYf2hty6tjY6GKCBR1Bab~t0aZxNt8jIKverplPSc5O2S4BdsSHXKw5NDVFvEB2XEpmennRe1GylupjooWIRv vQA81MBCKWYDITSprZol2OfdQ3xm~z9PxbASEsVu1H62SEozzOphVYNT1ZySbxB2d0AStEnDa7IGW7gLXpEY4TTlonMvbhWIOYWPLrcSQYJCe6eyf9UK~yt~guGbLFJFFcqqqiMN4yOgf3LlfCJKitbcw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- BESS, H.A., et al., 1950. Progress and Status of Two Recently Introduced Parasites of the Oriental Fruit Fly, *Dacus dorsalis* in Hawaii. **Proc. Hawaiian Entomol. Soc.**, 14(1): 29-33.
- BESS, H.A.; HARAMOTO, F. H. **Contributions to biology and ecology of the Oriental Fruit Fly, *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae) in Hawaii**, HAWAII AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION, UNIVERSIIY OF HAWAII, Technical bulletin n.44 , June 1961. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/32298025.pdf>, Acessado em: 15 dez. 2020.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Instrução normativa n.38, de 1 de outubro de 2018. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 out. 2018. Seção 1. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/43461167/do1-2018-10-02-instrucao-normativa-n-38-de-1-de-outubro-de-2018-43461024](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/43461167/do1-2018-10-02-instrucao-normativa-n-38-de-1-de-outubro-de-2018-43461024), Acessado em: 15 dez. 2019.
- CASTILHO, A. P.; PASINATO, J.; SANTOS, J. E. V. dos; COSTA, A. e S. da; NAVA, D. E.; JESUS, C. R. de; ADAIME, R. Biology of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) on four hosts. Sociedade Entomológica do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 63, 2019.

FAVACHO, S. C. **Aspectos biológicos do parasitoide *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) em *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae)**. Macapá, AP: PPG Biodiversidade Tropical/Universidade Federal do Amapá, 2019. 41p. (Dissertação). Disponível em: <https://www2.unifap.br/ppgbio/files/2020/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Sebasti%C3%A3o-Chaves-Favacho.pdf> , Acessado em: 21 ago. 2020.

GROTH, M. Z. **Bioecologia do parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) em mosca das frutas**, 2016. 72f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.

JESUS-BARROS, C. R. de; SILVA, R. A. da; LIMA, A. L.; BARIANI, A.; BOTTON, M.; PARANHOS, B. A. J. Avanços nas pesquisas sobre a mosca-da-carambola no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 26.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 9., 2016, Maceió. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 46.

LIMA, A. L.; JESUS-BARROS, C. R.; BARIANI, A.; ALMEIDA, R. P.; ADAIME, R. Potencial de uso de *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) para o controle de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae) no Brasil. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 15., 2017, Ribeirão Preto, SP. Os novos desafios do controle. [Ribeirão Preto]: SEB; Unesp, 2017. **SICONBIOL, Anais...** Resumo 484-261. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165748/1/CPAF-AP-2017-Potencial-de-uso-Fopius-arisanus.pdf>

MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PESSOA, M. C. P. Y.; SIQUEIRA, C. DE. A.; PARANHOS, B. A. G.; JESUS, C. R. de. **Zoneamentos territoriais mensais de áreas brasileiras favoráveis a um maior desenvolvimento de *Bactrocera dorsalis***. Campinas: Embrapa Territorial, 2022. 53 p. (Embrapa Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/232955/1/6014.pdf>, Acessado em: 31 out. 2022.

NANGA, S. N.; KEKEUNOU, S.; FOTSO KUATE, A.; FIABOE, K. K. M.; DONGMO KENFAK, A.; TONNANG, H. E.; GNANVOSSOU, D.; DJIÉTO-LORDON, C.; HANNA, R. **Temperature-dependent phenology of the parasitoid *Fopius arisanus* on the host *Bactrocera dorsalis***. **Journal of Thermal Biology** 100 (2021) 103031. 11p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456521001996> , Acessado em: 31 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; PARANHOS, B. A. J.; MARINHO-PRADO, J. S.; RAMOS, G. G. *Ganaspis brasiliensis* como alternativa de biocontrole de *Drosophila suzukii* no Brasil. II. Estimativas de desenvolvimento por demandas térmicas. In: TULLIO, L. (org.). **Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas**. Ponta Grossa: Atena, 2022a. p. 129-148. (Capítulo 10). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143817/1/Pessoa-Ganaspis-brasiliensis-2022.pdf> , Acessado em: 31 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; MORIYA, L. M.; PIVA, P. L. B. de; DIOGO, M. de S. Estimativas do desenvolvimento de *Amblyopelta nitida* por demandas térmicas em área de macadâmia de São Paulo. In: OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; GALVÃO, L. B. (orgs) **Entomologia: Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2022b, p.1-13. (Capítulo 1). Disponível em: <https://cdn.atenaeditora.com.br/documentos/ebook/202210/nxbh1KuGuoqFFhQgxYnTuUQAslp2f6QRbv6C2zfG.pdf>, Acessado em: 31 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; MORIYA, L. M.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PIVA, P. L. B. de. S. *Scirtothrips dorsalis* e prospecção de seu desenvolvimento em condição térmica de Dois Córregos, SP. In: OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; GALVÃO, L. B. (orgs) **Entomologia: Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2022c, p. 71-89. (Capítulo 5). Disponível em: <https://cdn.atenaeditora.com.br/documentos/ebook/202210/nxbh1KuGuoqFFhQgxYnTuUQAslp2f6QRbv6C2zfG.pdf> , Acessado em: 31 out. 2022

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; SA, L. A. N. de; PARANHOS, B. A. J.; VALLE, L. B. do; LOVISI FILHO, E.; BERALDO, G. N.; FARIAS, A. R. Áreas aptas ao parasitoide exótico *Fopius arisanus* e a *Bactrocera carambolae* considerando seis hospedeiros no Brasil. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 16., 2019, Londrina. Controle biológico: da academia ao campo, rumo à sustentabilidade - **Anais...** Londrina: Sociedade Entomológica do Brasil: Embrapa Soja: Universidade Estadual de Londrina, 2019. p. 455. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/210651/1/Areas-aptas-ao-parasitoide-2019.pdf> , Acessado em: 31 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; PRADO, J. S. M.; MINGOTI, R.; LOVISI FILHO, E.; SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; SILVA FILHO, P. P. da; SA, L. A. N. de; PRADO, S. de S.; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Estimativas de potencial adaptação de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Praga Quarentenária A2) - Estudo de caso para dois perímetros irrigados do Vale do Rio São Francisco**, Campinas, SP: Embrapa Gestão Territorial, 2016, 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161389/1/20161202-NotaTecnica-9.pdf> Acessado em: 31 out. 2022.

SCHUTZE, M.; MAHMOOD, K.; PAVASOVIC, A.; BO, W.; NEWMAN, J.; CLARKE, A. R.; KROSCH, M. N.; CAMERON, S. L. One and the same: integrative taxonomic evidence that *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) is the same species as the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*. **Syst. Entomol.** 40: 472–86.2015.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA-NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ceres, 1976. 419 p.

SUSANTO, A.; FARADILLA, M. G.; SUMEKAR, Y.; YUDISTIRA, D.H.; MURDITA, W.; PERMANA, A. D.; DJAYA, L.; PUTRI, S. N. S. Effect of various depth of pupation on adult emergence of interspecific hybrid of *Bactrocera carambolae* and *Bactrocera dorsalis*. **Research Square**, November 12<sup>th</sup>, 2021. pg. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1049439/v1>

UNIVERSITY OF CALIFORNIA- DAVIS. UC-IPM. **Statewide integrated pest management program** - Weather, models, & degree-days, California, USA: University of California (UC)-Davis/Agriculture and Natural Resources (ANR). 2012. Disponível em: <http://ipm.ucdavis.edu/WEATHER/index.html> , Acessado em: janeiro /2022.

VARGAS, R. I.; LEBLANC, L.; PUTOA, R.; EITAM, A. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and classical biological control releases of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on economically important fruit flies in French Polynesia. **Journal of Economic Entomology**, v.100, n.3, June 2007, pp 670- 679.

WEI, D.; DOU, W.; JIANG, M.; WANG, J. Oriental Fruit Fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel). 2017. pp. 267-283 (Chapter 15) IN: WAN, F. et al. (Eds.). **Biological Invasions and Its Management in China**, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology 11, DOI 10.1007/978-94-024-0948-2\_15.

ZENIL, M.; LIEDO, P.; WILLIAMS, T.; VALLE, J.; CANCINO, J.; MONTOYA, P. Reproductive biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratititis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, 29 (2004). 169 – 178p. Disponível em: [http://trevorwilliams.info/zenil\\_fopius\\_2004.pdf](http://trevorwilliams.info/zenil_fopius_2004.pdf), Acessado em: março/2021.