

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade**



Dissertação

**Composição e tempo de oferta de dieta artificial para adultos de  
*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) visando  
sua criação massal**

**Lenir Caroline dos Santos Ruaro Graciano**

Pelotas, 2024

**Lenir Caroline dos Santos Ruaro Graciano**

**Composição e tempo de oferta de dieta artificial para adultos de  
*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) visando  
sua criação massal**

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

Orientador: Prof. Dr. Dori Edson Nava

Coorientador: Dr. Adalecio Kovaleski e Prof. Dr. Daniel Bernardi

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

G731c Graciano, Lenir Caroline dos Santos Ruaro

Composição e tempo de oferta de dieta artificial para adultos de  
*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) visando  
sua criação massal

[recurso eletrônico] / Lenir Caroline dos Santos Ruaro Graciano ; Dori  
Edson Nava, orientador ; Daniel Bernardi, Adalecio Kovaleski,  
coorientadores. — Pelotas, 2024.

79 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em  
Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade  
Federal de Pelotas, 2024.

1. Biologia. 2. Nutrição de insetos. 3. Dieta artificial. 4. Mosca-das-  
frutas. 5. Criação massal. I. Nava, Dori Edson, orient. II. Bernardi, Daniel,  
coorient. III. Kovaleski, Adalecio, coorient. IV. Título.

CDD 595.771

Lenir Caroline dos Santos Ruaro Graciano

Composição e tempo de oferta de dieta artificial para adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) visando sua criação massal

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

Data da Defesa: 24/06/2024

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Dori Edson Nava (orientador)  
Doutor em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,  
Universidade de São Paulo

---

Prof. Dr. Daniel Bernardi (coorientador)  
Doutor em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,  
Universidade de São Paulo

---

Prof. Dr. Adrise Medeiros Nunes  
Doutora em Fitossanidade pelo Programa de Pós-Graduação em  
Fitossanidade,  
Universidade Federal de Pelotas

---

Dra. Gabriela Inés Diez-Rodríguez  
Doutora em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,  
Universidade de São Paulo

Pelotas, 2024

## **Agradecimentos**

Primeiramente à Deus pai de infinita misericórdia, por me iluminar, disciplinar, dar discernimento e capacitação durante os momentos de maior desafio em minha jornada, me orientando e apresentando novas possibilidades e soluções. Muito obrigado Deus pela vida, pelos dons do Espírito Santo.

À minha mãe espiritual Nossa Senhora do Rosário de Fátima, pela sua constante presença no decorrer de todo o processo do mestrado, intercedendo fielmente por mim. Aos anjos e santos que supliquei auxílio e fui atendida, dedico minha imensa gratidão e fé.

Aos meus pais Joel Ruaro e Rosangela Ramos, por toda paciência, cuidado, esforços, sacrifícios, compreensão, ajuda financeira, amor e por não me deixarem desistir, pelo apoio e confiança depositado. Obrigada por acreditarem nos meus sonhos, por nunca largarem minhas mãos, pelo exemplo de pessoas que vocês são na minha vida, os amos infinitamente.

À toda minha família pai, mãe e irmão e amigo Leonardo Ruaro, e aos que estiveram acompanhando cada passo, especialmente minhas tias Maria Aparecida Ramos e Geni Ruaro, por seus apoios incondicionais.

Ao Programa de Pós-graduação em Fitossanidade (PPGFs) entre eles professores e colaboradores da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) minha sincera gratidão pela possibilidade de realizar meu mestrado, pelos recursos e condições para alcançar a conclusão deste curso.

Ao meu orientador, professor Dr. Dori Edson Nava, pelo acolhimento, apoio, dedicação e paciência desde o início do projeto, me impulsionando e incentivando durante todo mestrado, por sua atenção e atendimento todas as vezes que necessitei. Obrigada professor!

Ao meu coorientador, pesquisador Dr. Adalecio Kovaleski, que cedeu toda infraestrutura necessária para a realização deste estudo, pelas instruções e auxílio na orientação e condução do experimento. Especialmente agradeço por toda a trajetória que percorri desde a graduação e mestrado sob suas orientações, foram valiosas para meu crescimento pessoal e profissional. Obrigada!

Ao professor Dr. Daniel Bernardi, por toda ajuda, empatia, acolhimento, solidariedade e profissionalismo, por responder todas as dúvidas no decorrer do período e todo auxílio disponibilizado.

À Estação de Pesquisa da Embrapa Uva e Vinho, localizada em Vacaria, e a Embrapa Clima Temperado em Pelotas, agradeço pela disponibilização de suas instalações para a realização do experimento, bem como pela cooperação e dedicação dos seus colaboradores.

Aos meus queridos e importantíssimos colegas de pós-graduação Vanessa Cardoso, Jonathan Pereira, Jissela Gaiobor, Jaqueline Hagn e em particular Juliana Wegner uma pessoa de muita luz, que contribuiu grandiosamente em vários momentos, e se tornou uma amiga extraordinária. Agradeço a vocês pelo forte vínculo de amizade que criamos, companheirismo, auxílio e apoio nesta trajetória. À minha querida amiga Luane de Pereira, primeira pessoa que conheci e me senti em “casa” ao mudar para Pelotas, pelo nosso laço de amizade e por todo apoio.

Ao meu colega de laboratório Celestino Muraro, que ao longo dos últimos anos foi um amigo e impulsionador, pelo companheirismo e colaboração durante nossa jornada de trabalho. Aos colegas Larissa Antunes e Mateus Barboza, pelo nosso coleguismo, momentos de descontração, e amizade. Aos colegas “embrapianos” Guilherme Barbizan, Karen Rodrigues e Fernanda Duarte, pelo apoio, incentivo e boas lembranças, e a todos os colegas desse período de mestrado.

A todos colegas da Embrapa Uva e Vinho (EEFCT/ Vacaria) que de algum modo colaboraram neste processo: Dra. Andrea de Rossi, Dr. Gilmar Nachtigal, Dr. Luciano Gebler, Dr. Régis Sivori, Jorge Barbosa Pereira, Jocemar Borges, João Carlos Zantedeschi, Jurandir Morais, Clóvis Vanin de Melo, Tiago Pacheco, Ari Moraes, João Paulo Rodrigues, Cláudio Barros. Aos vigilantes, Marcos Antunes e Gilmar Santos e aos colaboradores do MAPA, Sergio Araldi e João Santos.

As minhas grandes incentivadoras Grasiela Fernandes e Júlia Maria Barros, por todo carinho, fé e credibilidade que depositaram em mim quando eu mesma não acreditava. Grandes amigas de vida, decido este trabalho a vocês.

Ao meu estimado grupo de Oração Água Viva, uma extensão de família que sempre estiveram torcendo e rezando pelo meu sucesso pessoal e carreira profissional.

As mulheres que foram grandes incentivadoras e inspiração Aline Padilha, Paloma Stupp, Danyelle Mauta e Paloma Della Giustina, pelas conversas, amizade, ajuda, empatia, e por todo ensinamento que me propuseram.

Ao Maurício Sangiogo e Taisa Dall Magro, foram elementares para a conclusão deste estudo, por todo auxílio nas dúvidas, toda disposição, paciência e apoio. Referências de conduta pessoal e profissional.

Aos meus amigos especialmente Elieser Reis, Wesley Hoffman, Marina Nery, Guilherme Barbizan, Guilherme Melo, Maurício Borges, Maclini Domingues e Larissa Weirich, que sempre me incentivaram e acreditaram que seria possível realizar esse sonho.

A CAPES pelo financiamento e concessão da bolsa.

A todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste projeto, muito obrigado!

“Não fui eu que ordenei a você?

**Seja forte e corajoso!**

Não se apavore nem desanime,  
pois o Senhor, o seu Deus, estará  
com você por onde você andar”.

Josué 1:9

## Resumo

GRACIANO, Lenir Caroline dos Santos Ruaro. **Composição e tempo de oferta de dieta artificial para adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) visando sua criação massal.** 2024. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) é uma das principais pragas da fruticultura brasileira. Métodos ecologicamente corretos como a técnica do inseto estéril (TIE) e o controle biológico (CB) são ferramentas alternativas para diminuir a dependência do uso de inseticidas químicos. Para implementação da TIE e do CB é necessário estabelecer criações em larga escala, para realizar as liberações dos insetos estéreis e dos parasitoides. Visando intensificar a produção de insetos em biofábricas, aperfeiçoando os processos e as técnicas de criação, este estudo teve como objetivo definir uma dieta alimentar e o seu tempo de oferta a adultos de *A. fraterculus* com a finalidade de aumentar a produção em larga escala, maximizar a capacidade reprodutiva dos insetos e reduzir custos. O trabalho foi realizado na Estação Experimental da Embrapa Uva e Vinho, em Vacaria/RS. Os experimentos foram realizados utilizando as dietas: D1 (Testemunha/padrão CENA) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D2 - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D3 - germe de trigo cru + açúcar cristal; D4 - germe de trigo cru; D5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D6 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS); e, D7 - açúcar cristal. Foram avaliados os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, fecundidade, viabilidade e a longevidade. Foi observado que adultos de *A. fraterculus* alimentados com a D1 (testemunha) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal e D5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal, foram mais fecundos com médias de (1.807,6 e 1.317,44 ovos) e apresentaram maior viabilidade média de (64,88 e 57,31%), respectivamente. O período de pré-oviposição foi de (7,72 e 8,32 dias) para D1 e D5, respectivamente. Os respectivos parâmetros abordados constituíram o experimento de tempo de oferta da alimentação. Assim, foram estabelecidos os tempos de oferta do alimento de 5, 10, 15 e 30 dias, utilizando-se as dietas: D1 (testemunha) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal e D2 - somente água e D3 - restrição de água e comida e D5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal. Foram avaliados a fecundidade e a fertilidade. As dietas D2 e D3 não propiciaram que os insetos sobrevivessem para coleta dos dados. Para a D1 aos 30 dias foi registrada uma fecundidade média de (571,58 ovos), sendo superior aos demais tempos. Para a D5 no geral propiciou as fêmeas para uma menor fecundidade, de modo que aos 15 dias registrou-se maior média (270,48 ovos). Para os valores de fertilidade foi registrado média próxima de (52%) aos 5 dias de oferta das dietas para D1. De um modo geral, a fertilidade aumentou até os 15 dias de retirada do alimento, atingindo valores médios de (80,67 e 58,07%) para as dietas D1 e D5, respectivamente. Para a data dos 30 dias de retirada do alimento e de avaliação observou-se que a

fertilidade diminuiu drasticamente para D5, indicando que as fêmeas atingiram a máxima fertilidade entre os 15 e 30 dias de longevidade. Conclui-se que o fornecimento da dieta padrão D1 composta por germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal no geral apresentou os melhores parâmetros biológico, superior as dietas que contem extrato de levedura também propiciam resultados satisfatórios e que a presença de açúcar aumenta a longevidade. No caso do tempo de oferecimento da dieta é importante que a mesma seja ofertada até o 15º dia de vida, quando ocorre um aumento da fecundidade para a dieta padrão/Cena. A obtenção destas informações contribui para aprimorar as técnicas de criação de *A. fraterculus* nas biofábricas.

Palavras-chave: biologia; nutrição de insetos; dieta artificial; mosca-das-frutas; criação massal.

## Abstract

GRACIANO, Lenir Caroline dos Santos Ruaro. Composition and time of supply of artificial diet for adults of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) aiming at their mass rearing. 2024. 79p. Dissertation (Master in Sciences) - Postgraduate Program in Plant Protection, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) is one of the main pests of Brazilian fruit production. Ecologically correct methods such as the sterile insect technique (TIE) and biological control (CB) are alternative tools to reduce the dependence on the use of chemical insecticides. To implement TIE and CB, it is necessary to establish large-scale rearing to carry out the release of sterile insects and parasitoids. Aiming to intensify insect production in biofactories, improving processes and breeding techniques, this study aimed to define a diet and its time of offering to adults of *A. fraterculus* in order to increase large-scale production, maximize the reproductive capacity of insects and reduce costs. The work was carried out at the Experimental Station of Embrapa Grape and Wine, in Vacaria/RS. The experiments were carried out using the following diets: D1 (Control/CENA standard) - raw wheat germ + yeast extract (BIONIS® YE NS) + crystal sugar; D2 - raw wheat germ + yeast extract (BIONIS® YE NS); D3 - raw wheat germ + crystal sugar; D4 - raw wheat germ; D5 - yeast extract (BIONIS® YE NS) + crystal sugar; D6 - yeast extract (BIONIS® YE NS); and, D7 - crystal sugar. The pre-oviposition, oviposition and post-oviposition periods, fecundity, viability and longevity were evaluated. It was observed that *A. fraterculus* adults fed with D1 (control) - raw wheat germ + yeast extract (BIONIS® YE NS) + crystal sugar and D5 - yeast extract (BIONIS® YE NS) + crystal sugar, were more fertile with averages of (1,807.6 and 1,317.44 eggs) and presented higher average viability of (64.88 and 57.31%), respectively. The pre-oviposition period was (7.72 and 8.32 days) for D1 and D5, respectively. The respective parameters addressed constituted the experiment of food supply time. Thus, food supply times of 5, 10, 15 and 30 days were established, using the following diets: D1 (control) - raw wheat germ + yeast extract (BIONIS® YE NS) + crystal sugar; D2 - only water; D3 - restriction of water and food; and D5 - yeast extract (BIONIS® YE NS) + crystal sugar. Fecundity and fertility were evaluated. Diets D2 and D3 did not allow the insects to survive for data collection. For D1, at 30 days, an average fecundity of (571.58 eggs) was recorded, being higher than the other times. For D5, in general, females had lower fecundity, so that at 15 days a higher average was recorded (270.48 eggs). For fertility values, an average close to (52%) was recorded at 5 days of supply of the diets for D1. In general, fertility increased up to 15 days after food withdrawal, reaching average values of (80.67 and 58.07%) for diets D1 and D5, respectively. For the date of 30 days after food withdrawal and evaluation, it was observed that fertility decreased drastically for D5, indicating that females reached maximum fertility between 15 and 30 days of longevity. It is concluded that the supply of the standard diet D1 composed of raw wheat germ + yeast extract (BIONIS® YE NS) + crystal sugar generally presented the best biological parameters, superior to diets containing yeast extract also providing satisfactory results and that the presence of sugar increases longevity.

In the case of the time of offering the diet, it is important that it is offered up to the 15th day of life, when an increase in fecundity occurs for the standard/Cena diet. Obtaining this information contributes to improving *A. fraterculus* breeding techniques in biofactories.

Keywords: biology; insect nutrition; artificial diet; fruit fly; mass creation.

## Lista de figuras

- Figura 1 Detalhes da metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus*. A) Coletores de ovos disposto sobre a gaiola dos adultos; B) Sala contendo as bandejas com dieta artificial para o desenvolvimento larval, sobre carrinhos de transporte; C) Gaiolas de criação dos adultos com abertura frontal para facilitar a manutenção e colocação de alimento e água em bandejas brancas e pistas de pouso aderidos na parte superior da gaiola para acomodação das moscas-das-frutas..... 37
- Figura 2 Representação das dietas artificiais utilizadas para alimentação de adultos de *Anastrepha fraterculus*..... 38
- Figura 3 Detalhes da metodologia utilizada para avaliação das dietas para casais de *Anastrepha fraterculus*. A) Gaiola contendo adultos da criação de manutenção; B) Gaiolas utilizadas para a acomodação dos casais, vista da parte superior; C) Base da gaiola dos casais contendo os recipientes com alimento e água..... 39
- Figura 4 Metodologia utilizada para confecção de “frutos artificiais” visando a oviposição de *Anastrepha fraterculus*. A) Mistura e cozimento dos ingredientes em um Becker; B) Colocação da mistura líquida nas fôrmas de plásticos e retirada da mesma após solidificação; C) fruto artificial envolto em filme plástico; D) Oferta dos frutos artificiais sobre as gaiolas para oviposição. 40
- Figura 5 Demonstração da avaliação de fecundidade e da fertilidade de *Anastrepha fraterculus*. A) Fêmea sobre o “fruto artificial”, após realização da oviposição (os círculos em vermelhos demonstram os ovos); B) Ovos colocados no “fruto artificial”; C) Imagem obtida no microscópio estereoscópico, indicando os ovos íntegros férteis, os íntegros inviáveis e os que deram origem a larvas com a presença apenas do córion..... 42
- Figura 6 Fecundidade média total (A) e fecundidade média diária (B) de *Anastrepha fraterculus* quando os adultos foram alimentados com diferentes dietas. Temperatura de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas..... 44
- Figura 7 Ritmo de postura de *Anastrepha fraterculus* quando os adultos foram alimentados em diferentes dietas. (A) Média do total de ovos, (B) Média diária de ovos. Temperatura de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas..... 45

Figura 8	Períodos de pré-oviposição (A), oviposição (B) e pós-oviposição (C) de <i>Anastrepha fraterculus</i> quando os adultos foram alimentados com diferentes dietas. Temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 horas.....	46
Figura 9	Viabilidade (%) de <i>Anastrepha fraterculus</i> quando adultos foram alimentados com diferentes dietas. Temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 horas.....	47
Figura 10	Curvas de sobrevivência para fêmeas (A) e machos (B) de <i>Anastrepha fraterculus</i> , alimentados na fase adulta com diferentes dietas. Temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 horas.....	48
Figura 11	Período de pré-oviposição de <i>Anastrepha fraterculus</i> alimentadas com as dietas D1 e D5. Temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 horas.....	49

## Lista de tabelas

Tabela 1	Fecundidade de <i>Anastrepha fraterculus</i> quando os adultos foram alimentados em diferentes dietas e tempo (dias) de oferta. Temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 horas.....	51
Tabela 2	Fertilidade de <i>Anastrepha fraterculus</i> quando os adultos foram alimentados em diferentes dietas e tempo de oferta. Temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 horas.....	53

## **Lista de abreviaturas e siglas**

ANOVA - Análise de Variância

CB - Controle Biológico

CENA/USP - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo

EEFCT - Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Food and Agriculture Organization

MIP - Manejo Integrado de Pragas

TIE - Técnica do Inseto Estéril

## Sumário

<b>1 Introdução.....</b>	<b>18</b>
<b>2 Revisão de literatura.....</b>	<b>22</b>
2.1 Importância da fruticultura.....	22
2.2 Importância das moscas-das-frutas.....	23
2.3 Bioecologia de <i>Anastrepha fraterculus</i> .....	24
2.4 Relação de hospedeiros e danos para moscas-das-frutas.....	26
2.5 Monitoramento e controle.....	26
2.5.1 Técnica do inseto estéril.....	27
2.5.2 Controle biológico.....	31
2.6 Criação de adultos de <i>A. fraterculus</i> visando suporte para programas de controle.....	33
<b>3 Metodologia.....</b>	<b>35</b>
3.1 Criação de manutenção.....	35
3.2 Definição da dieta para adultos de <i>A. fraterculus</i> .....	38
3.3 Definição do tempo de oferta da dieta para adultos de <i>A. fraterculus</i> .....	41
<b>4 Resultados.....</b>	<b>43</b>
4.1 Definição da dieta para adultos de <i>A. fraterculus</i> .....	43
4.2 Definição do tempo de oferta da dieta para adultos de <i>A. fraterculus</i> .....	49
<b>5 Discussão.....</b>	<b>53</b>
<b>6 Considerações finais.....</b>	<b>59</b>
<b>7 Referências.....</b>	<b>60</b>

## 1 Introdução

O Brasil tem conquistado cada vez mais espaço no mercado internacional de frutas, visto que o país se destaca como um dos principais produtores no âmbito global (BORNAL *et al.*, 2021). A fruticultura está presente na grande maioria dos Estados do Brasil, sendo responsável pela criação de uma quantidade significativa de postos de trabalho em todas as etapas do processo produtivo e em diferentes áreas de atuação (ÁLVARES; BAYMA, 2017).

Dentre os gargalos que contribuem para perdas na produção e dificultam o aumento das exportações, está a presença das moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), sendo consideradas pragas de grande relevância para a fruticultura (SCOLARI *et al.*, 2021). As moscas-das-frutas constituem um complexo de espécies e são consideradas um dos maiores desafios fitossanitários nas áreas de cultivo de frutas das regiões tropical e subtropical, com cerca de 5.000 espécies descritas, podendo infestar mais de 400 tipos de plantas hospedeiras (NORRBOM; KORYTKOWSKI, 2012; CONTRERAS-MIRANDA *et al.*, 2023). Muitas espécies de tefritídeos são cosmopolitas, sendo fortemente relacionados com a presença de hospedeiros e as atividades humanas, comportamentos esses que são favorecidos também pelas mudanças climáticas (TROMBIK *et al.*, 2023).

Em diversos países, a relevância econômica de espécies do complexo de moscas-das-frutas é significativa e representa uma preocupação central para a biossegurança e a vigilância fitossanitária, especialmente para os gêneros *Ceratitis*, *Anastrepha*, *Bactrocera* e *Rhagoletis* (YAZID *et al.*, 2020). A disseminação de espécies de tefritídeos importantes para a economia nas regiões de cultivo de frutas podem causar perdas na produção e comercialização das frutas, além de prejudicar a certificação de áreas livres ou com baixa incidência de pragas (LOUZEIRO *et al.*, 2021).

Dentre as principais espécies que causam perda na região Neotropical destaca-se *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae), sendo no Brasil, uma das pragas de maior importância para frutíferas de clima temperado e subtropical (NAVA; BOTTON, 2010). Trata-se de uma espécie polífaga e sua presença está diretamente ligada à disponibilidade de

hospedeiros nativos que garantam sua sobrevivência ao longo do ano e são fonte de multiplicação e dispersão para os pomares (ARIOLI *et al.*, 2018).

Dentre as várias plantas hospedeiras de *Anastrepha fraterculus*, uma das principais frutíferas atacadas é a macieira (*Malus domestica* Borkh., Rosaceae), que possui grande relevância econômica para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (PETRI *et al.*, 2019). Atualmente, a presença de *A. fraterculus* nos pomares de macieira corresponde a 90% das espécies de moscas-das-frutas capturadas na região sul brasileira (BORTOLI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017; RAMOS *et al.*, 2019). As infestações iniciam quando as fêmeas realizam oviposição nos frutos com cerca de 20 mm de diâmetro, embora não haja desenvolvimento larval, os frutos ficam deformados e comprometidos para o consumo (SUGAYAMA *et al.*, 1997; NUNES *et al.*, 2015). No caso da maçã, apenas os frutos maduros propiciam o crescimento das larvas (DELGADO *et al.*, 2022).

Controlar as populações de mosca-das-frutas é dificultoso, devido ao fato que as larvas estão protegidas no interior dos frutos e após completarem o desenvolvimento do terceiro instar, as mesmas saem dos frutos e passam para o estágio pupal no solo, ficando protegidas das aplicações de inseticidas (HEVE *et al.*, 2016). Após a emergência, os adultos buscam por alimento para satisfazer sua nutrição e completarem o desenvolvimento reprodutivo, garantindo assim, a copula e a oviposição (BIANCHERI *et al.*, 2022).

Atualmente, as estratégias de manejo integrado de pragas (MIP) visam controlar tefritídeos por meio de práticas mais sustentáveis para reduzir os impactos negativos frequentemente ligados à utilização de inseticidas químicos (MONTEIRO; NISHIMURA; MONTEIRO, 2021). Identificar e contabilizar a quantidade de adultos de *A. fraterculus* nos pomares são atividades essenciais para a adoção de medidas de controle no MIP (ALUJA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2022). Com o objetivo de reduzir os prejuízos, os agricultores realizam o controle de *A. fraterculus* utilizando defensivos agrícolas, geralmente os pertencentes ao grupo dos organofosforados de uso restrito, como fosmete e fenitrothion, aplicados em área total ou em determinados pontos do pomar a partir do uso de iscas tóxicas, constituídas de um inseticida e um atrativo alimentar (BOTTON *et al.*, 2016; RAGA; GALDINO, 2018; STUPP *et al.*, 2021).

Diversas estratégias são utilizadas para combater a mosca-das-frutas, como o uso de produtos químicos, a aplicação da técnica do inseto estéril (TIE) e o controle biológico (CB) por meio de parasitoides (JAHNKE *et al.*, 2021). A abordagem da TIE como estratégia de controle, consiste na liberação de insetos estéreis para diminuir a capacidade reprodutiva de populações selvagens da mesma espécie (KNIPLING, 1955).

Devido à grande demanda da pomicultura da região, pesquisadores e demais atores do setor implementaram o programa MOSCASUL em Vacaria, no estado do Rio Grande do Sul (MASTRANGELO *et al.*, 2018). O programa MOSCASUL foi proposto com a finalidade de suprimir populações de *A. fraterculus* através da TIE e do uso do CB com utilização de parasitoides (MASTRANGELO *et al.*, 2021; KOVALESKI; MASTRANGELO, 2021). Este programa é coordenado pela Embrapa Uva e Vinho e foi delineado um centro específico para criações de *A. fraterculus* em escala massal, com propósito de liberar moscas estéreis. No programa também participam a Embrapa Clima Temperado de Pelotas/RS com suporte de criação de parasitoides e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP), em Piracicaba/SP onde ocorre a irradiação de *A. fraterculus* (KOVALESKI, 2016). A vista disso, o desenvolvimento e a implementação do programa MOSCASUL é fundamental para que se estabeleça uma nova estratégia de controle da mosca-das-frutas sul-americana e consolidar o MIP na fruticultura de clima temperado.

Para a implantação dos programas voltados para a TIE, as biofábricas devem atender requisitos técnicos para manter criações em laboratório em dieta artificial. Durante os últimos anos, diversos países da América Latina, incluindo o Brasil, a Argentina, a Colômbia e Peru, dedicaram esforços para domesticar e estabelecer diretrizes para a criação massal de *A. fraterculus* em biofábricas (ALAMA, 1999; BUENA; DUEÑAS, 1999; ORTIZ, 1999; SALLES, 1999; MORELLI *et al.*, 2012). Desta forma, a alimentação dos adultos é requisito fundamental para que a mosca-das-frutas-sul-americana possa expressar sua longevidade e fecundidade e assim garantir a eficiência da TIE (PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2021; GOANE *et al.*, 2022).

Pesquisas realizadas indicam que manter a presença regular de proteínas na alimentação de adultos é fundamental para os processos fisiológicos

relacionados a reprodução (PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2008). Os adultos das moscas-das-frutas, sobretudo as fêmeas, necessitam de proteínas e açúcar para completar o desenvolvimento reprodutivo e assim gerar indivíduos férteis (RAGA; SATO, 2005; NUNES *et al.*, 2020).

Alguns estudos relacionados ao papel dos nutrientes na alimentação, demonstraram a importância da levedura de cerveja hidrolisada como componente da dieta ofertada para que as fêmeas sejam fecundas (GOANE *et al.*, 2019). Em estudo realizado por Taylor *et al.* (2013), ficou demonstrado que as fêmeas de *Bactrocera tryoni* (Froggatt, 1897) (Diptera: Tephritidae), alimentadas com levedura hidrolisada apresentaram um bom desenvolvimento dos ovários, glândulas acessórias e acúmulo de gordura ao redor das espermatecas, enquanto as fêmeas que foram alimentadas somente com açúcar e água apresentaram um desenvolvimento insuficiente nos tecidos reprodutivos.

Pesquisas acerca da importância da alimentação no metabolismo de adultos são escassas, porém foi comprovado que uma dieta deficiente afeta a reprodução, levando as fêmeas de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) interromperem a oviposição e direcionarem os nutrientes para a manutenção de outros tecidos (ROMANYUKHA *et al.*, 2004, GOANE *et al.*, 2022). Para *A. fraterculus* diversos estudos visando estabelecer uma dieta para adultos foram realizados, até a formulação da dieta padrão utilizada atualmente em criações que é constituída por açúcar refinado, gérmen de trigo e levedura de cerveja hidrolisada, na proporção de 3:1:1, respectivamente (NUNES *et al.*, 2013).

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a composição e tempo da dieta ofertada para adultos de *Anastrepha fraterculus*, visando maximizar a capacidade reprodutiva das criações, reduzir possíveis custos de produção mediante a necessidade da utilização dos ingredientes que compõem a dieta, e aumentar a produção em larga escala. Buscando contribuir cientificamente com biofabricas de produção massal de *A. fraterculus*, além de identificar a exigência do período ideal de alimentação quanto a produtividade. Neste trabalho, foi avaliada a dieta padrão para adultos de Nunes *et al.* (2013), comparando cada ingrediente de forma isolada ou combinada e analisando

determinados parâmetros biológicos ao longo do período reprodutivo de *A. fraterculus*. Após definidos quais dos tratamentos ofertados conferiram melhores resultados, foi realizado um estudo em relação ao tempo de oferta necessário para alimentação dos adultos.

## **2 Revisão de literatura**

### **2.1 Importância da fruticultura**

A agricultura foi fundamental para a evolução da humanidade desde os primórdios e mantém-se relevante até os dias atuais (WIJERATHNA-YAPA; PATHIRANA, 2022). Porém, a mesma enfrenta obstáculos relacionados às mudanças no clima, a escassez de água, ao aumento dos gastos de produção e na diminuição do número de trabalhadores rurais no decorrer das últimas décadas (JUNG *et al.*, 2021). Pressupõe-se que até 2030, a população mundial alcance 8,5 bilhões de pessoas, um aumento de 34% em relação à população atual (UMESHA; MANUKUMAR; CHANDRASEKHAR, 2018). Segundo um relatório com dados fornecidos pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), será necessário aumentar em 70% a produção de alimentos até 2050 para suprir a necessidade global, sendo que desse valor total, 8% deverá ser proveniente do Brasil (FAO, 2009). Todavia, o aumento do consumo de alimentos devido ao crescimento da renda *per capita* está se tornando um fator cada vez mais significativo na demanda por alimentos (FUKASE; MARTIN, 2020).

Neste contexto, a fruticultura desempenha um papel crucial na alimentação humana, já que sua qualidade impacta diretamente nas escolhas dos consumidores (ERGÜN, 2021). O Brasil destaca-se como um dos principais produtores globais de frutas devido à sua ampla diversidade, ocupando a terceira posição de maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás apenas da China e da Índia (DE MELO *et al.*, 2021). A produção brasileira de frutos se concentra predominantemente no mercado interno, mas também na exportação de frutas frescas e processamento de sucos, sendo produzidos em larga escala: laranja, banana, uva, maçã, abacaxi, manga, limão, melancia, mamão e goiaba (ABRAFRUTAS, 2023).

Além da produção de frutas tropicais em território nacional, a produção de frutas de clima temperado tem aumentado significativamente no Brasil, principalmente devido à adaptabilidade das espécies exóticas a diferentes condições de cultivo (RODRIGUES *et al.*, 2013; DE OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2021). Porém, alguns insetos-praga, como as moscas-das-frutas são responsáveis por uma significativa redução na produtividade das plantações (DIAS *et al.*, 2018). Os desafios decorrentes da agricultura atual têm impulsionado a busca por soluções inovadoras e sustentáveis no controle integrado de pragas, visando a supressão ou até mesmo a erradicação (ISMAN, 2019).

## 2.2 Importância das moscas-das-frutas

A família Tephritidae possui mais de 5.000 espécies agrupadas em 500 diferentes gêneros, tornando-a numerosa entre os insetos (SCOLARI *et al.*, 2021). Cerca de 1.500 espécies possuem como hospedeiros frutas, sendo que mais de 250 possuem relevância econômica (LI *et al.*, 2013). Nesta família, os gêneros com maior impacto e ampla distribuição mundial são *Anastrepha* Schiner (1868) (Diptera: Tephritidae), *Bactrocera* Macquart (1835) (Diptera: Tephritidae), *Ceratitis* Macleay (1829) (Diptera: Tephritidae), *Dacus* Fabricius (1805) (Diptera: Tephritidae) e *Rhagoletis* Loew (1862) (Diptera: Tephritidae) (QIN *et al.*, 2015; JAHNKE *et al.*, 2021).

O dano das moscas-das-frutas chega a acarretar perdas de 120 milhões de dólares anuais para o Brasil e mais de dois bilhões de dólares para a fruticultura em escala global (MOSCAMED, 2012). Dessa forma, como consequências os danos resultam em grandes prejuízos financeiros, fazendo com que os frutos infestados se tornem impróprios para consumo e impedindo a exportação devido as restrições severas de quarentena (ONO; HEE; JIANG, 2021). Nos países onde estão presentes as principais espécies de importância econômica, são investidos milhões de dólares anualmente no seu combate, impondo sanções comerciais aos exportadores e interessados em produtos vegetais para garantir tratamentos antes da exportação (YAZID *et al.*, 2020). No mercado agrícola brasileiro várias espécies de moscas-das-frutas se tornaram

um problema econômico, assumindo *status* de praga primária na agricultura do setor frutícola do país, sendo responsáveis por danos diretos nos frutos e diminuição na produtividade (SOARES *et al.*, 2020).

Os desafios fitossanitários, provocados por moscas-das-frutas como *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*, estão entre as principais responsáveis pela queda na qualidade das frutas produzidas no Brasil (BOTTON *et al.*, 2016; MORAIS *et al.*, 2021). Na região Neotropical, o gênero *Anastrepha* se destaca por sua maior relevância econômica (NORRBOM *et al.*, 1999; GALLI *et al.*, 2019). Deste gênero cinco espécies são consideradas de importância econômica no Brasil: *A. fraterculus*, *A. obliqua* (Macquart, 1835) (Diptera: Tephritidae), *A. serpentina* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae), *A. striata* (Schiner, 1868) (Diptera: Tephritidae) e *A. grandis* (Macquart, 1846) (Diptera: Tephritidae) (SUGAYAMA; MALAVASI, 2000). Dentre estas, *A. fraterculus* é a espécie mais importante (MALAVASI *et al.*, 2000; WALDER *et al.*, 2014), sendo encontrada nas Américas Central e do Sul e de maneira restrita nos Estados Unidos (RAMOS *et al.*, 2019).

O conjunto de espécies crípticas de *Anastrepha fraterculus* possui atualmente um total de 34 morfotipos catalogados (NORRBOM *et al.*, 2012; CONGRAINS *et al.*, 2021). No entanto, a vinculação do complexo críptico destes insetos somado a extensiva distribuição continental, compreende alternadas condições de adaptabilidade geográficas e ecológicas onde se tem registro de ocorrência da praga (PREZOTTO *et al.*, 2019). Destes morfotipos de *A. fraterculus*, o sp. 1, caracterizada por possuir em sua estrutura um cariótipo formado por cinco pares autossomos acrocêntricos e um par de cromossomos sexuais e está presente na região produtora de maçã brasileira (GIARDINI *et al.*, 2020).

### **2.3 Bioecologia de *Anastrepha fraterculus***

Os adultos de *A. fraterculus* apresentam coloração amarelo-castanha e nas asas possuem faixas características (S e V) (KOVALESKI; RIBEIRO, 2002). Medem aproximadamente 7 mm de extensão e 16 mm de envergadura (NAVA;

BOTTON, 2010). A fêmea possui uma estrutura cilíndrica no final do abdômen, chamada de ovipositor, que é responsável por perfurar e depositar ovos nos frutos (ZART; FERNANDES; BOTTON, 2009). Possuem metamorfose completa: ovo, larva, pupa e adulto (NAVA; BOTTON, 2010). Geralmente as fêmeas depositam um ovo por postura, embora possam colocar até quatro ovos por postura (RAGA; GALDINO, 2017).

A expectativa de vida de *A. fraterculus* pode variar de 128,7 a 55,5 dias em temperaturas entre 15 e 25°C, respectivamente (NAVA; BOTTON, 2010). Os aspectos biológicos mais importantes da espécie são: período de pré-oviposição varia de 7 a 14 dias; período de oviposição pode durar de 46 a 62 dias (sendo possível uma fecundidade de até 40 ovos por dia por fêmea, com média de 25,2 ovos por dia, podendo uma fêmea depositar até 979 ovos ao longo de sua vida); o período embrionário dura de 1 a 3 dias; a fase larval tem duração variável de 10 a 14 dias e o período pupal varia de 11 a 21 dias (MACHADO *et al.*, 1995; SALLES, 1993; 2000; VERA *et al.*, 2007; CLADERA *et al.*, 2014; KOVALESKI; MASTRANGELO, 2021). A emergência ocorre num intervalo que varia entre 38,6 a 13,5 dias em temperaturas relativas a 17,5 e 30°C, respectivamente (NAVA; BOTTON, 2010).

Na natureza os machos de *A. fraterculus* se agrupam em áreas de corte chamadas de *leks*, nos quais são emitidos feromônios para a atração das fêmeas (MALAVASI *et al.*, 1983; SEGURA *et al.*, 2007; GOANE *et al.*, 2023). Uma vez que a fêmea esteja pronta, ocorre o acasalamento (NAVA; BOTTON, 2010). O comportamento de oviposição, envolve diversas condições fisiológicas da fêmea (motivação), que podem mudar de acordo com a idade, desenvolvimento sexual, acasalamento, estado de nutrição e funcionamento dos ovários, sendo esses fatores internos que impactam as escolhas da fêmea ao selecionar um fruto hospedeiro (BROWNE, 1993; JOACHIM-BRAVO *et al.*, 2001; ALUJA; MANGAN, 2008; MIGANI *et al.*, 2014; DIAS *et al.*, 2023). Geralmente os acasalamentos ocorrem nas primeiras 2 ou 3 horas após o amanhecer, entre 06:00 e 07:00 horas e finaliza antes das 11:00 horas (MALAVASI *et al.*, 1983; BACHMANN *et al.*, 2015), podendo durar de 60 a 80 minutos (SALLES, 1998; NAVA; BOTTON, 2010).

## 2.4 Relação de hospedeiros e danos para moscas-das-frutas

Esta espécie desempenha um papel crucial na restrição do comércio internacional de frutas (GROVÉ *et al.*, 2019). No setor da maçã, uma das principais frutas produzidas nacionalmente, nas áreas de cultivo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, são encontradas apenas as espécies pertencentes ao gênero *Anastrepha*, sendo *A. fraterculus* a principal espécie (NORA; HICKEL, 2006; KLESENER *et al.*, 2016; STUPP *et al.*, 2020). Portanto, o monitoramento desta praga se tornou imprescindível, uma vez que as táticas de controle como iscas tóxicas e captura em massal focam principalmente na redução da população de insetos adultos nos pomares (ROSA *et al.*, 2017; GOANE *et al.*, 2023). *A. fraterculus* apresenta hábito polífago e pode atacar diversas Rosaceae, como macieiras, pessegueiros (*Prunus persica* (L.) Batsch) e nespereiras (*Eriobotrya japonica* Lindl.), com predileção por frutos de plantas nativas (ROSA *et al.*, 2017). Alimentam-se de aproximadamente de 114 espécies botânicas, pertencentes a diferentes famílias: 33% de Myrtaceae, 11% Rosaceae, 9% Rutaceae e 6% Annonaceae (ZUCCHI, 2008; ARAUJO *et al.*, 2019).

Entre os danos causados por *A. fraterculus* em seus variados hospedeiros frutíferos e vegetais, na cultura da maçã podem iniciar durante o estágio de formação frutos quando as fêmeas iniciam a oviposição (NUNES *et al.*, 2013). Uma elevada incidência de ovos não eclodidos e galerias malformadas nos primeiros estágios de desenvolvimento são observados, especialmente em frutos imaturos (SUGAYAMA *et al.*, 1997). Segundo Kovaleski *et al.* (1999), as macieiras não são os hospedeiros favoritos de *A. fraterculus*, sendo que os ovos são depositados nos frutos já a partir do início da frutificação, quando há uma grande migração de fêmeas da mata para o pomar. Porém, quando os frutos estão próximos a maturação são mais propícios para a infestação e o desenvolvimento larval (RAMOS *et al.*, 2019).

## 2.5 Monitoramento e controle

O monitoramento da mosca-das-frutas sul-americana baseia-se na utilização de atrativos alimentares (ROSA *et al.*, 2017). As armadilhas do modelo McPhail são utilizadas para o monitoramento de *A. fraterculus* em pomares

(BORTOLI *et al.*, 2016), juntamente com o suco de uva integral diluído a 25% (KOVLESKI; RIBEIRO, 2002), além de proteína hidrolisada (CONTRERAS-MIRANDA *et al.*, 2021). Os adultos começam a migrar das áreas nativas para os pomares de macieira em novembro, durante os desbastes das cachopas da macieira e seguem atacando até o período da colheita (TEIXEIRA *et al.*, 2011); ou seja, durante a fase inicial de crescimento dos frutos entre os meses de novembro até começo de janeiro (STUPP *et al.*, 2020). Posteriormente, são utilizadas iscas tóxicas a partir de proteína hidrolisada proveniente de fontes vegetais, animais e leveduras (SCOZ *et al.*, 2006; ARIOLI *et al.*, 2018).

O controle químico deve-se iniciar quando a infestação atingir a média de captura 0,5 moscas/armadilha/dia ou 3,5 moscas/armadilha/semana, sendo necessário uma intervenção química, através da pulverização nas áreas de plantação (KOVLESKI; RIBEIRO, 2002; BOTTON *et al.*, 2016). De modo geral, além dos organofosforados são utilizados também inseticidas sintéticos, como piretróides, espinosinas, que são aplicados em toda a área (BOTTON *et al.*, 2016).

O controle da praga em programas de manejo integrado se limita a estratégias de inseticidas químicos ou armadilhas para captura de adultos, o que impulsionou a criação de abordagens especializadas e sustentáveis, como a Técnica do Inseto Estéril (TIE) que visam a preservação do meio ambiente (SALGUEIRO *et al.*, 2020). Em 1937, o entomologista Edward Knippling desenvolveu a técnica para combater a mosca-varejeira, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae), que estava prejudicando gravemente a criação de gado nos Estados Unidos (DIAS; GARCIA, 2014). No entanto, a estratégia só obteve êxito no combate a essa praga em 1955 (MALAVASI; ZUCCHI, 2000; DIAS; GARCIA, 2014).

### **2.5.1 Técnica do Inseto Estéril**

A TIE é um método de controle ecologicamente correto, que envolve a produção em larga escala (massal) do inseto alvo, seguida de sua irradiação e liberação no ambiente (KNIPLING, 1955; REYES-HERNÁNDEZ *et al.*, 2021). A técnica demanda uma produção em larga escala da praga alvo e a delimitação

geográfica da área de liberação (SUCKLING *et al.*, 2016). Tem sido utilizado globalmente para a supressão e a erradicação de diversas pragas, incluindo diferentes espécies de moscas, mosquitos, mariposas e besouros (BAKRI *et al.*, 2019; PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2021).

No decorrer dos anos 60, foi iniciado um amplo processo de pesquisa e desenvolvimento no centro laboratorial da FAO/IAEA em Seibersdorf, Áustria, com o objetivo de criar o TIE para a mosca-do-mediterrâneo e outras espécies de moscas frutíferas (KLASSEN *et al.*, 1994; KLASSEN; CURTIS; HENDRICH, 2021). Conforme Kapranas *et al.* (2022) para ser efetivo e viável economicamente os programas de TIE dependem de um processo adequado quanto a reprodução massal em dietas artificiais em laboratório, linhagem apropriada, produzir sincronicamente muitos insetos e estar assegurado que eles tenham um bom desempenho no ambiente natural (sobrevivendo até atingirem a maturidade sexual, tendo mobilidade suficiente para encontrar comida, abrigo ou parceiros, e se proteger de predadores). Entender a biologia, ecologia e comportamento das moscas-das-frutas, bem como os impactos da domesticação, reprodução em larga escala, manejo e esterilização de pragas específicas, possibilita aprimorar e aperfeiçoar o custo, a eficácia e a eficiência da técnica (DEUTSCHER *et al.*, 2019).

O principal objetivo da TIE é controlar as populações selvagens de uma determinada praga, através da liberação inundativa de insetos esterilizados, e que competirão pelo acasalamento com os insetos selvagens produzindo desta forma descendentes inférteis (VREYSEN *et al.*, 2006). Os ovos provenientes de uma fêmea selvagem acasalada com um macho estéril não se desenvolvem (DUARTE *et al.*, 2021). Geralmente as linhagens submetidas a radiação, são oriundas de cepas bissexuais, ou seja, o procedimento esterilizante ocorre para machos e fêmeas (GIUSTINA *et al.*, 2021). Atualmente, algumas espécies de tefritídeos podem ser sexadas geneticamente (GSSs) pela diferenciação da coloração dos pupários (PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2021). A técnica autocida é considerada uma alternativa sustentável, o que levou à sua aceitação em diversos países ao redor do mundo (ENKERLIN, 2005; SHELLY; MCINNIS, 2016). Dessa forma, a capacidade de reprodução das populações de insetos é

limitada, resultando em uma diminuição da quantidade de pragas ao longo do tempo (ADNAN *et al.*, 2018).

As populações, especialmente os machos criados em dieta artificial em laboratório que passaram pela exposição ionizante, devem ser capazes de competir igualmente com machos selvagens na busca por acasalamento com fêmeas selvagens (BELLIARD *et al.*, 2022). Usualmente os procedimentos metodológicos para esterilização são através de raios-X, e-beam e radiação gama, que produzem mutações nos óvulos e espermatozoides, sendo letais nas células reprodutivas transformando os insetos na fase pupal em adultos estéreis (ROBINSON, 2002). Em geral a radiação ionizante para populações de tefritídeos ocorre na fase de pupa com emissão de radioisótopos  $^{60}\text{Co}$  ou aceleradores de partículas (GIUSTINA *et al.*, 2021). Logo, é necessária uma produção massal de pupas de *A. fraterculus* para serem expostas ao processo de esterilização (ENKERLIN, 2005; JAHNKE *et al.*, 2021). Para esterilização desta espécie é necessária uma quantidade de 70 Gy administrada dois dias antes da emergência que irá provocar a esterilidade masculina e feminina, e garante a qualidade do inseto (KRÜGER *et al.*, 2021).

A eficácia da TIE depende da rápida maturação sexual dos machos libertados, da competição vigorosa com os machos selvagens pela reprodução com as fêmeas selvagens e da sua capacidade de sobreviver o bastante para exercer pressão constante sobre as populações selvagens (PEREZ-STAPLES *et al.*, 2008). Recomenda-se um período pré-reprodutivo para machos, com no mínimo seis dias antes da liberação nas áreas estabelecidas (OROZCO-DÁVILA *et al.*, 2015; REYES-HERNÁNDEZ *et al.*, 2021).

Hoje em dia, o TIE é amplamente utilizado no controle das moscas da família Tephritidae (KLASSEN *et al.*, 2021). Com isso algumas biofabricas são capazes de produzir moscas-das-frutas em grandes quantidades, podendo criar milhares de milhões de insetos machos estéreis semanalmente (PEREIRA *et al.*, 2013). Alguns exemplos de países são citados no livro de DYCK; HENDRICHS; ROBINSON (2021) em “Sterile Insect Technique”, no capítulo de KLASSEN *et al.* (2021) “History of the Sterile Insect Technique” como ferramenta complementar de MIP em programas de supressão de espécies de moscas-das-

frutas, sendo eles: mosca-do-mediterrâneo (*C. capitata*) (Costa Rica, Israel, África do Sul, Brasil, Espanha, Croácia, Marrocos), mosca-da-fruta-mexicana (*A. ludens*) (México) (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae), mosca-da-fruta-oriental (*Bactrocera dorsalis*) (Handel 1912) (Diptera: Tephritidae) e a mosca da goiabeira (*Bactrocera correcta*) (Bezzi, 1916) (Diptera: Tephritidae) (Tailândia). Contudo, em pelo menos 32 países foram realizados esforços para suprimir ou erradicar espécies de moscas-das-frutas (KLASSEN *et al.*, 1994; HENDRICHS, 2001; ENKERLIN, 2021; KLASSEN *et al.*, 2021).

Na região Neotropical, atualmente, oito países possuem instalações de TIE, os países e espécies produzidos são: Argentina (*C. capitata*), Brasil (*Aedes aegyptii* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) e (*C. capitata*), Chile [*C. capitata*, *Lobesia botrana* (Dennis; Schiffermuller, 1775) (Lepidoptera: Tortricidae)], Costa Rica (*C. capitata*), Guatemala [*Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) e *C. capitata*], México (*A. ludens*, *A. obliqua*, *C. capitata*), Panamá [*Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae)], Peru (*A. fraterculus*, *C. capitata*) (BAKRI *et al.*, 2019; PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2021).

A abordagem de TIE tem sido um modelo amplamente utilizado devido ao sucesso após a erradicação da *C. capitata* no México, programa esse iniciado em 1982 (ENKERLIN *et al.*, 2015). Num todo, a região Neotropical constitui oito países com biofabricas para atender as atividades de supressão e erradicação de populações de moscas-das frutas (PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2021). No Brasil, em 2005 iniciou-se a implementação da Biofabricas Moscamed, com objetivo de controlar de *C. capitata* na região produtora de frutas do Vale do São Francisco (PARANHOS *et al.*, 2009).

Na região sul do Brasil, em meados de 2013 foi apresentado pela primeira vez o projeto-piloto MOSCASUL (KOVALESKI; MASTRANGELO, 2021). Que por sua vez, faz parte do Arranjo Moscafrut e tem como objetivo promover estudos voltados para *A. fraterculus*, por ser uma praga significativa em plantações de maçã e pêssago (KOVALESKI; PARANHOS, 2016). Localizado na Embrapa Uva e Vinho - Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado em Vacaria/RS, o Laboratório MOSCASUL busca criar novas estratégias relacionadas ao uso da TIE e do controle biológico, captura em

massa, atrativos e ainda estudos voltados para feromônios que repelem a postura de ovos (KOVALESKI, 2016). O projeto-piloto conta com o apoio do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) Piracicaba/ SP na esterilização das moscas (KOVALESKI; MASTRANGELO, 2021). Por fim, buscar alternativas para reduzir as despesas relacionadas a criação de moscas adultas e, ao mesmo tempo, maximizar a capacidade reprodutiva delas é fundamental para aprimorar a eficiência dos procedimentos de controle da TIE (TEAL *et al.*, 2004).

Para obter em condições de laboratório criações de insetos de larga escala, são requeridos métodos que estimulem uma elevada prole em abundância e com baixo custo (WALDER *et al.*, 2014). As condições nutricionais dos insetos desempenham um aspecto amplamente significativo na capacidade dos adultos, para machos em atrair as fêmeas na busca por acasalamento (BRAGA-SOBRINHO *et al.*, 2009).

### **2.5.2 Controle biológico**

Diante das limitações no uso de produtos fitossanitários, devido ao uso restrito dos inseticidas do grupo dos organofosforados com ação sistêmica, o setor está procurando por novas alternativas (NAVA, 2019; DIAS *et al.*, 2022). O uso de parasitoides no controle biológico de moscas-das-frutas pode exercer um papel diferenciado, não somente pelo fato de muitos parasitoides atacarem ovos e larvas de moscas-da-fruta, mas também pela capacidade de se reproduzirem em ambientes não agrícolas onde o emprego de inseticidas são limitados (MONTROYA *et al.*, 2000; ALUJA *et al.*, 2014; MONTROYA *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2021). A utilização de inimigos naturais tem sido realizada principalmente por meio da produção em larga escala e liberações aumentativas para controlar as populações de pragas a curto prazo (MONTROYA *et al.*, 2017).

No Brasil várias espécies de himenópteros pertencentes às famílias Braconidae, Figitidae, Pteromalidae e Diapriidae atuam como parasitoides de moscas-das-frutas, sendo as duas primeiras as mais importantes, especialmente em função da diversidade de espécies (CANAL; ZUCCHI 2000; OVRUSKI *et al.*, 2000; PARANHOS *et al.*, 2023). Atualmente, no país são registradas 29 espécies

diferentes, porém é possível que haja uma quantidade maior, já que diversas de parasitoides himenópteros ainda não foram identificados (PARANHOS *et al.*, 2023).

Em 1994, *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmed, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) foi importada dos Estados Unidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, com a finalidade de analisar a eficácia e o desempenho nos pomares do Nordeste brasileiro (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002; PARANHOS *et al.*, 2023). Trata-se de uma espécie generalista, atacando diversos tefritídeos, como espécies *Anastrepha*, *Ceratites* e *Bactrocera* (PARANHOS *et al.*, 2019). Também foram introduzidos outros parasitoides, sendo o *Tetrastichus giffardianus* (Silvestri, 1915) (Hymenoptera: Eulophidae) (AUTUORI, 1938; PONCIO *et al.*, 2018), e recentemente, *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) (PARANHOS *et al.*, 2013; PONCIO *et al.*, 2018).

O parasitoide *D. longicaudata* é amplamente empregado em todo mundo devido à sua capacidade de reprodução em uma criação massal, facilidade de manejo em laboratório e adaptação a diferentes espécies de moscas-das-frutas que causam prejuízos econômicos (CAMARGOS *et al.*, 2017). Hospedeiros das espécies *A. fraterculus* e *C. capitata* são parasitadas com eficiência por *D. longicaudata* (SÁ *et al.*, 2018; PARANHOS *et al.*, 2023). O programa MOSCASUL pretende incorporar a produção massal das espécies de *D. longicaudata* e *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (Hymenoptera: Braconidae) as suas atividades na biofábrica (KOVALESKI; MASTRANGELO, 2021). Para a espécie *D. areolatus*, estudos recentes demonstram que este parasitoide tem potencial para ser utilizado em programas de controle biológico, por meios naturais ou aplicados, contanto que sejam realizados aprimoramentos nas técnicas de criação para aumentar os níveis de viabilidade das colônias, pois apresenta capacidade para parasitar variados hospedeiros (RABELO *et al.*, 2020).

Embora a quantidade de estudos sobre controle biológico tenha crescido, em termos gerais, essa técnica ainda corresponde a uma parcela inferior a 1% de todas as estratégias de controle empregadas na agricultura (GRIFFITHS *et al.*, 2008; PARANHOS *et al.*, 2019). Isto porque as variações na eficácia e nas

divergências perante a previsibilidade entre as diversas estratégias podem influenciar de maneira significativa o nível de risco que os produtores rurais estão sujeitos, sendo necessário considerar esses fatores ao calcular os custos e benefícios (GRIFFITHS *et al.*, 2008). Portanto, o uso da TIE aliado ao controle biológico, é altamente vantajoso como estratégia de controle ecologicamente correto (PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2021).

## **2.6 Criação de adultos de *A. fraterculus* visando suporte para programas de controle**

A domesticação de insetos em laboratório tem como objetivo suprir a necessidade de insetos para a realização de experimentos e para garantir o sucesso dos programas de controle biológico e da TIE (KNIPLING, 1979; HENDRICHS *et al.*, 2007; PARREÑO *et al.*, 2014). Alterações na diversidade genética ao longo do processo de adaptação em laboratório podem resultar em protocolos mais eficazes de monitoramento da qualidade para as linhagens industriais desta praga (CLADERA *et al.*, 2014).

A dieta alimentar exerce um impacto significativo na capacidade reprodutiva e expectativa de vida em indivíduos de diversas espécies de moscas-das-frutas (PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2007). O alimento ofertado na fase adulta impacta significativamente a capacidade dos machos de competir pela copula e, principalmente, na reprodução das fêmeas com a produção de ovos viáveis (BRAGA SOBRINHO *et al.*, 2009). Os tefritídeos emergem com o sistema reprodutivo em desenvolvimento e precisam buscar nutrientes essenciais para alcançar a maturidade reprodutiva (FLETCHER, 1987; DREW; YUVAL, 2000; TAYLOR *et al.*, 2013). As fêmeas precisam se alimentar de proteínas para que os ovários se desenvolvam plenamente em um período de 7 a 30 dias após sua emergência, dependendo da temperatura, quando estão aptas para a copula (MARCHIORI, 2021). Assim, é necessário que as fêmeas se alimentem de substâncias ricas em proteínas e açúcares, quais podem ser encontradas na natureza em frutos maduros (ZART; FERNANDES; BOTTON, 2009).

Pesquisas realizadas por Braga Sobrinho *et al.* (2006) sobre dietas para a reprodução em larga escala de adultos de *A. fraterculus*, demonstraram que a

melhor dieta para adultos foi uma mistura de proteína de milho hidrolisada, fermento enzimático hidrolisado e açúcar cristalizado em uma proporção de 3:1:3, respectivamente. Ao analisar fontes de dietas para adultos de *A. fraterculus* Nunes *et al.* (2013) verificaram que as dietas à base de fermento de cerveja + mel na proporção de 2:1, respectivamente, e açúcar orgânico + extrato de fermento + gérmen de trigo cru na proporção de 3:1:1, respectivamente, foram as mais apropriadas, com reflexos positivos na fecundidade e na longevidade.

Braga Sobrinho *et al.* (2009) demonstraram que a proteína de soja não apresentou bons resultados, sendo significativamente inferior às outras proteínas avaliadas. Goane *et al.* (2019) verificaram que a adição de germe de trigo na dieta de adultos garantiu resultados melhores quanto a fecundidade independentemente da levedura. Disponibilizar germe de trigo em dietas de adultos fornece vitaminas (A, E e complexo B) e lipídios (CHANG *et al.*, 2001). O germe de trigo disponibiliza aminoácidos que auxiliam no processo de oviposição, conforme demonstrado para *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830) (Diptera: Drosophilidae) (GRANDISON *et al.*, 2009; GOANE *et al.*, 2019). A relação da ingestão de proteínas para algumas espécies de tefritídeos pode influenciar na longevidade (PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2008). Assim, o aumento da expectativa de vida, geralmente tem sido relacionado com a redução de proteínas na dieta e com a importância que esse nutriente tem na dieta do organismo (OVIDO *et al.*, 2011). Porém, a depender da espécie pode variar essa condição, para *A. serpentina*, observou-se que o acesso da mosca com a proteína a prolongou a longevidade (JÁCOME *et al.*, 1999; PÉREZ-STAPLES *et al.*, 2008).

Muitas biofábricas utilizam levedura hidrolisada (*Saccharomyces cerevisiae*) (Meyen ex E.C. Hansen, 1883) importada como principal fonte de proteína na alimentação dos adultos, o que gera custos elevados na produção dos insetos (MORELLI *et al.*, 2012). Porém, Silva Neto *et al.* (2012), concluíram que a levedura BIONIS YE NS® (Biorigin, Lençóis Paulista, São Paulo) demonstrou resultados satisfatórios em termos de longevidade de ambos os sexos quando comparados a insetos criados com proteína hidrolisada importada. Meats *et al.* (2004) durante o processo de domesticação de *Bactrocera tryoni* (Froggatt, 1897) (Diptera: Tephritidae) ao longo das gerações constataram que

as fêmeas que ingeriram levedura são mais fecundas. Goane *et al.* (2019) ao ofertar uma alimentação somente à base levedura de cerveja, observaram uma menor fecundidade, embora o mesmo seja indispensável para a fertilidade. Para *Dacus tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) sendo essa espécie um subgênero de *Bactrocera tryoni*, a proteína de levedura hidrolisada é essencial para a produção das fêmeas, mas não tem efeito sobre a reprodução dos machos (DREW, 1987; TAYLOR *et al.*, 2013).

No trabalho de Liedo *et al.* (2013) ao avaliar a longevidade de *A. ludens* e *A. obliqua* alimentados apenas com açúcar, evidenciou maiores taxas de mortalidade para machos de *A. ludens* a partir de 30 dias. Para fêmeas de *A. obliqua* foi verificado maiores taxas de mortalidade após 40 dias de vida adulta, e para machos posteriores aos 37 a 40 dias. Os autores mencionam que a ingestão exclusiva de açúcar resultou em baixas taxas de mortalidade em moscas jovens, mas em moscas mais velhas acima de 40 dias de idade as taxas de mortalidade foram maiores, sobretudo quando comparadas com as que se alimentaram de dietas ricas em fermento. Demonstrando assim, que uma alimentação concentrada em proteínas é fundamental para garantir a saúde reprodutiva tanto das fêmeas quanto dos machos de moscas-das-frutas (OVIEDO *et al.*, 2011).

### **3 Metodologia**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Agrícola da Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado (EEFCT) da Embrapa Uva e Vinho, localizada na BR 285 – Km 115, em Vacaria/RS. Foram utilizadas salas climatizadas com temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas. Os insetos foram obtidos de uma colônia de *A. fraterculus* estabelecida em dieta artificial.

#### **3.1 Criação de manutenção**

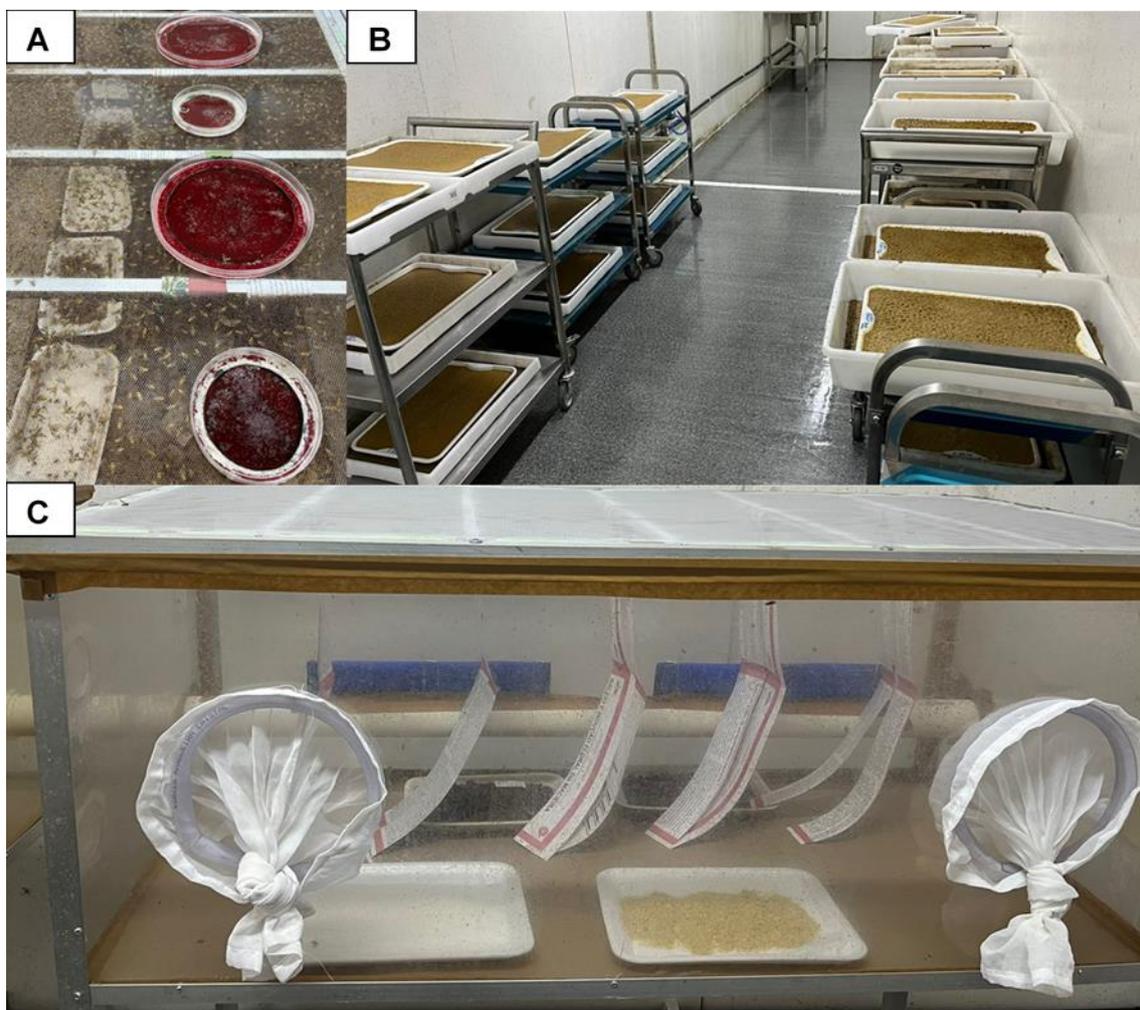
Os insetos utilizados nos experimentos tiveram origem de uma população formada em 2010, a partir da coleta de frutas infestadas de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) e goiaba-serrana (*Acca sellowiana* (O. Berg)

Burret, Myrtaceae) coletadas na área experimental da EEFCT no município de Vacaria/RS. Após o estabelecimento da colônia, anualmente foram acrescentados insetos selvagens, provenientes especialmente de guabiroba para a manter a variabilidade genética da população, alimentados em laboratório com dieta artificial há 14 anos.

Os adultos de *A. fraterculus* foram armazenados em gaiolas plásticas (50 cm largura x 1 m comprimento x 40 cm de altura). Os insetos passaram a ser pré-condicionados de forma adaptativa a uma dieta artificial composta por germe de trigo cru, extrato de levedura de cerveja e açúcar ao longo das gerações manuseadas em laboratório. Também foi oferecido de forma individual açúcar e água. Diariamente eram disponibilizados coletores adaptados para o recolhimento dos ovos. Esses coletores foram preparados a partir de moldes de placa de Petri em plástico de ambos tamanhos (90 x 15mm), das quais foram removidos os fundos das placas, sendo substituídos por um tecido do tipo Oxford de coloração vermelha, servindo de substrato para oviposição, sendo colado com adesivo selante a base de silicone acético preto (Figura 1A). Os coletores foram colocados sobre as gaiolas dos adultos no período das 8h da manhã e retirados ao final da tarde às 16h30min.

Posteriormente, os ovos foram recolhidos e passaram por um processo de areação em Becker de 500mL contendo água filtrada por meio de um equipamento de banho-maria em temperatura de  $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por um período de 48 horas. Em seguida, os ovos foram transferidos para papel filtro e depositados em bandejas plásticas (33 cm de largura x 47,5 cm de comprimento) contendo dieta artificial para larvas. A dieta artificial foi elaborada a partir de 150 g de farinha de cenoura liofilizada sem glúten (Brewcell<sup>®</sup>), 2 g de Nipagin<sup>®</sup> (metilparahidroxibenzoato), 2,5 g de benzoato de sódio, 8 g de ácido cítrico, 70 g de levedura de cerveja (Liscel<sup>®</sup>) e 770 mL de água filtrada (Figura 1B) (MITCHELL *et al.*, 1965; GIUSTINA *et al.*, 2021).

**Figura 1.** Detalhes da metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus*. A) Coletores de ovos disposto sobre a gaiola dos adultos; B) Sala contendo as bandejas com dieta artificial para o desenvolvimento larval, sobre carrinhos de transporte; C) Gaiolas de criação dos adultos com abertura frontal para facilitar a manutenção e colocação de alimento e água em bandejas brancas e pistas de pouso aderidos na parte superior da gaiola para acomodação das moscas-das-frutas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Após 10 dias de inoculação, as larvas em terceiro instar foram retiradas da dieta artificial por meio de peneiramento e acomodadas em bandejas plásticas (21,5 cm de largura x 21,5 cm de comprimento x 7,3 cm de altura), contendo uma camada de 3 cm de vermiculita textura fina umedecida ( $\pm 60\%$  de UR) cobrindo os pupários para prevenir a desidratação. Próximo da emergência, procedeu-se a separação dos pupários da vermiculita, sendo os mesmos acondicionados em bandejas de isopor rasas de poliestireno (18 cm de largura x 23,5 cm de comprimento x 1,6 cm de altura), colocadas nas gaiolas (50 cm largura x 1 m comprimento x 40 cm de altura) para a emergência. Nas gaiolas também foram

disponibilizados água destilada *ad libitum* e dieta formulada para adultos composta de germe de trigo, extrato de levedura (BIONIS® YE NS) e açúcar cristal na proporção de 3:1:1, respectivamente, em bandejas de isopor rasas de poliestireno (18 cm de largura x 23,5 cm de comprimento x 1,6 cm de altura) (NUNES *et al.*, 2013).

### 3.2 Definição da dieta para adultos de *A. fraterculus*

Foram testadas sete dietas, a partir de variações da dieta Padrão CENA, a constar: Dieta 1 (dieta padrão Cena - Testemunha) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; Dieta 2 - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS); Dieta 3 - germe de trigo cru + açúcar cristal; Dieta 4 - germe de trigo cru; Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; Dieta 6 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS); Dieta 7 - açúcar cristal (Figura 2).

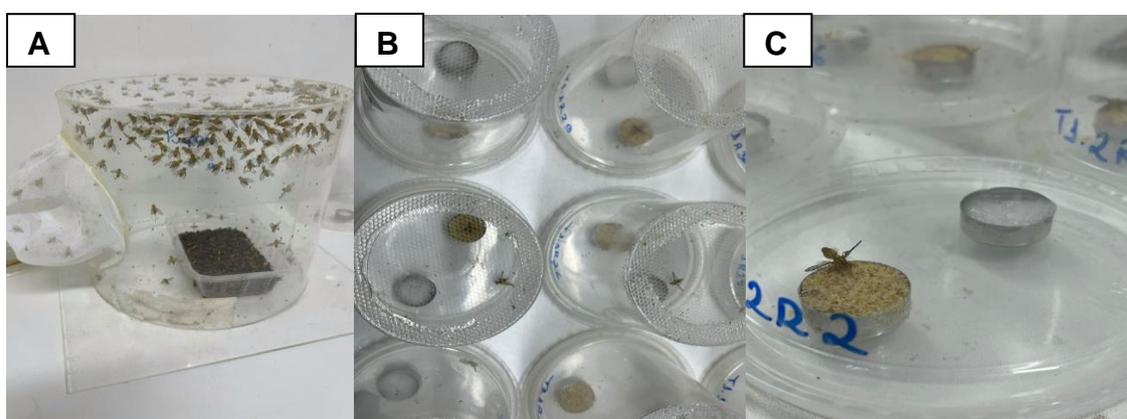
**Figura 2.** Representação das dietas artificiais utilizadas para alimentação de adultos de *Anastrepha fraterculus*.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Foram individualizados 25 casais de até 24h após a emergência. Os casais foram acondicionados em gaiolas confeccionadas de copos plástico transparente de 500 mL, nos quais a base foi removida e substituída por um tecido *voile*. Para cada casal foi fornecido 1g da dieta em pequenos recipientes de 20 mm de diâmetro e água embebida em algodão, disponibilizada em um segundo recipiente de mesmo tamanho (Figura 3).

**Figura 3.** Detalhes da metodologia utilizada para avaliação das dietas para casais de *Anastrepha fraterculus*. A) Gaiola contendo adultos da criação de manutenção; B) Gaiolas utilizadas para a acomodação dos casais, vista da parte superior; C) Base da gaiola dos casais contendo os recipientes com alimento e água.



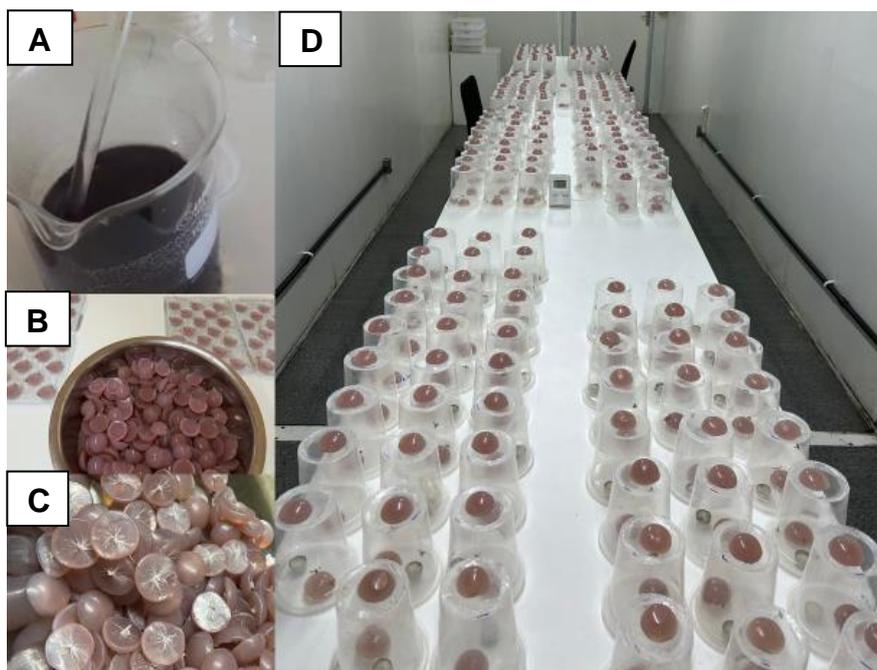
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: períodos (dias) de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, fecundidade total diária e média, viabilidade dos ovos (%) e longevidade de machos e fêmeas (dias). Diariamente foi registrado a quantidade de ovos e a mortalidade. Os valores relativos à viabilidade foram obtidos da segunda postura de cada fêmea, determinada após a eclosão (72 horas), sendo as avaliações realizadas com o auxílio de um microscópico estereoscópio.

Para avaliação da oviposição foram confeccionados frutos artificiais conforme metodologia de Salles (1992). Desta forma, utilizou-se 75 mL de suco de amora, 3,5 g de ágar, 0,4 g de Nipagin<sup>®</sup> (metilparahidroxibenzoato) e 350 mL de água destilada. Porém, neste estudo ao invés de utilizar suco de amora, foi

utilizado suco de uva concentrado que é mais facilmente adquirido na região. O preparo consistiu na mistura dos ingredientes e no aquecimento dos mesmos até atingir a fervura (Figura 4A). Em seguida, a mistura foi distribuída em bandejas plásticas contendo células no formato oval, imitando um fruto (Figura 4B) e após solidificar, cada “fruto” foi revestido com um filme plástico (Parafilm®) para impedir que os adultos de *A. fraterculus* se alimentassem do material gelatinoso (Figura 4C). Os “frutos artificiais” foram colocados nas gaiolas dos casais a partir do sexto dia e substituídos, diariamente (Figura 4D). Foi necessário realizar a troca de todos os alimentos aos 32º e 68º dia de experimento, pois o alimento estava decompondo pela umidade da sala e pela própria salivação das moscas.

**Figura 4.** Metodologia utilizada para confecção de “frutos artificiais” visando a oviposição de *Anastrepha fraterculus*. A) Mistura e cozimento dos ingredientes em um Becker; B) Colocação da mistura líquida nas fôrmas de plásticos e retirada da mesma após solidificação; C) fruto artificial envolto em filme plástico; D) Oferta dos frutos artificiais sobre as gaiolas para oviposição.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 7 tratamentos (dietas) e 25 repetições (casais). Para análise estatística, primeiramente foi realizada uma análise descritiva das variáveis resposta

(mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, desvio padrão e erro padrão da média). Posteriormente, foram analisados os pressupostos da ANOVA (modelo linear), especificamente a normalidade dos resíduos, pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias dos resíduos, pelo teste de Bartlett.

As variáveis viabilidade, longevidade de fêmeas e machos, atenderam aos pressupostos da ANOVA, sendo submetidos, portanto, a ANOVA por modelos lineares. Por outro lado, as variáveis fecundidade total, fecundidade diária, período de oviposição, período de pré-oviposição e período de pós-oviposição não atenderam aos pressupostos da ANOVA, sendo realizada análise da ANOVA por meio de modelos lineares generalizados, com distribuição de Poisson. Havendo efeito significativo na ANOVA, os tratamentos foram comparados através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A determinação da escolha dos tratamentos para o segundo experimento, foi definida pelos parâmetros de fecundidade total, pré-oviposição e viabilidade, pelo teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.

A partir dos dados de longevidade dos tratamentos, foi feita a análise de sobrevivência, pelo teste de Kaplan-Meier, e elaboração de curvas de sobrevivência. Para comparação entre tratamentos, foi realizado teste de comparação de Log-Rank. Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico "R" versão R 4.1.0 (R Development Core Team 2021).

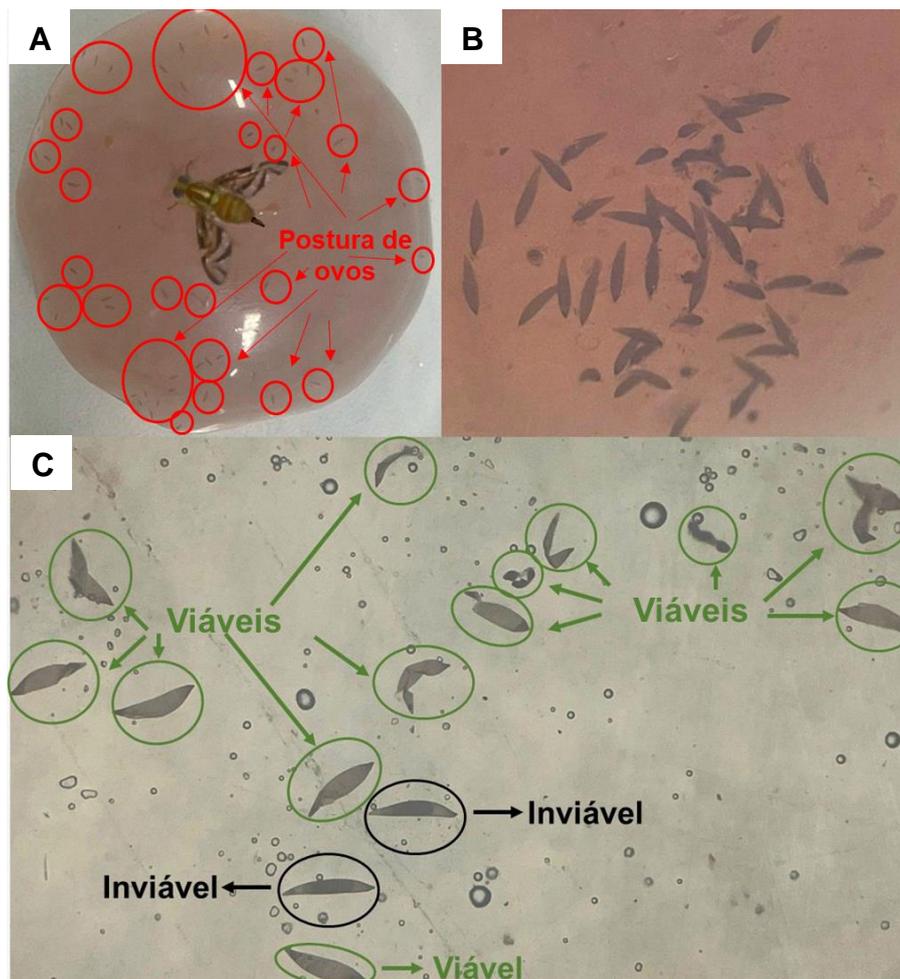
### **3.3 Definição do tempo de oferta da dieta para adultos de *A. fraterculus***

A partir da definição da(s) melhor(es) dietas obtidas no experimento descrito no item 3.2 foi determinado o tempo necessário para alimentação dos adultos. Para tal, foram utilizadas as Dietas 1 (testemunha) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; Dieta 2 - somente água; Dieta 3 - restrição de dieta e água; Dieta 5 (selecionada pelos resultados do experimento 3.2) - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal.

Foram utilizados 25 casais, sendo a metodologia empregada para avaliação dos parâmetros biológicos, a mesma descrita no experimento descrito no item 3.2. Para cada tratamento (dietas) foram estipulados diferentes períodos de oferta do alimento, sendo de 5, 10, 15 e 30 dias. Ao término de cada período, o alimento foi retirado. Os parâmetros biológicos avaliados foram a fecundidade

média e total até 35 dias (amostragem coletada entre 2 a 3 dias) e a fertilidade onde foi realizada a contagem de todos os ovos produzidos em cada material amostral. As avaliações da fertilidade foram realizadas com os ovos coletados nos tempos de 5, 10, 15 e 30 dias, sendo contados todos os ovos em cada amostra. Para a avaliação do número de ovos colocados nos frutos artificiais fecundidade e da fertilidade utilizou-se um microscópio estereoscópio, conforme (Figura 5). Foram considerados ovos viáveis aqueles com córion rompido na parte anterior por onde as larvas eclodiram, e inviáveis aqueles que não houve rompimento do córion com aspecto leitoso, não havendo larvas eclodidas dos ovos.

**Figura 5.** Demonstração da avaliação de fecundidade e da fertilidade de *Anastrepha fraterculus*. A) Fêmea sobre o “fruto artificial”, após realização da oviposição (os círculos em vermelhos demonstram os ovos); B) Ovos colocados no “fruto artificial”; C) Imagem obtida no microscópio estereoscópico, indicando os ovos íntegros férteis, os íntegros inviáveis e os que deram origem a larvas com a presença apenas do córion.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, sendo os fatores: tratamentos (4 dietas) e tempo de retirada do alimento (4 tempos). Foram avaliadas as variáveis e período de pré-oviposição, fecundidade e fertilidade.

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva das variáveis resposta (mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, desvio padrão e erro padrão da média) e em seguida foram analisados os pressupostos da ANOVA (modelo linear), especificamente a normalidade dos resíduos, pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias dos resíduos, pelo teste de Bartlett. Todas variáveis (fecundidade total, período de pré-oviposição e viabilidade) não atenderam aos pressupostos da ANOVA, sendo realizada análise da ANOVA por meio de modelos lineares generalizados, com distribuição de Poisson.

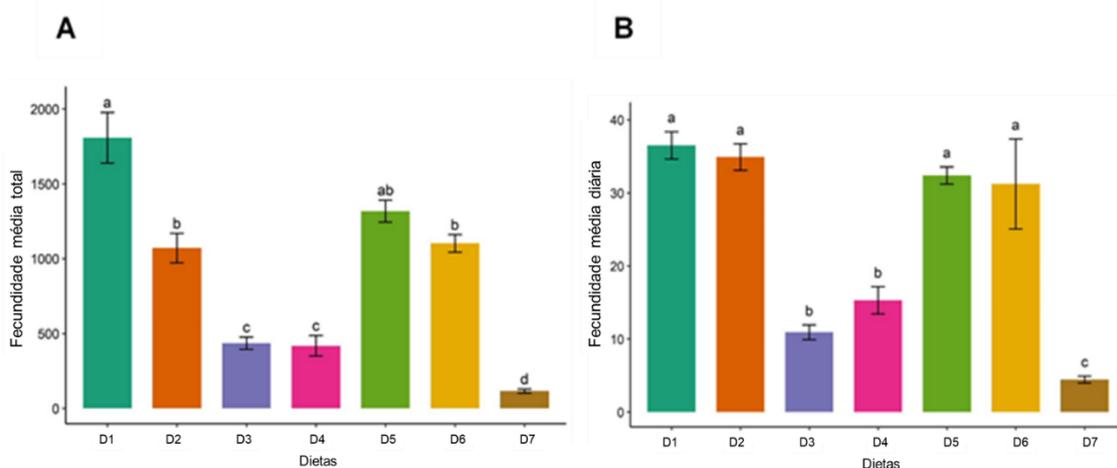
Sendo verificado efeito significativo na ANOVA, os tratamentos foram comparados através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico "R" versão R 4.1.0 (R Development Core Team 2021).

## **4 Resultados**

### **4.1 Definição da dieta para adultos de *A. fraterculus***

A fecundidade média total e a fecundidade média diária foram influenciadas pela dieta utilizada para alimentação dos adultos de *A. fraterculus* (Figura 6). Para a fecundidade média total as dietas D1 e D5 não diferiram significativamente entre si, sendo que a D5 não diferiu das D2 e D6. As menores fecundidades foram registradas para a D3, D4 e D7 ( $P = <0,001$ ,  $gl = 6$ ,  $F = 66,57$ ) (Figura 6A). No caso da fecundidade média diária, os tratamentos D1, D2, D5 e D6 apresentaram a maior fecundidade diferindo significativamente das demais dietas ( $P = <0,001$ ,  $gl = 6$ ,  $F = 103,97$ ) (Figura 6B).

**Figura 6.** Fecundidade média total (A) e fecundidade média diária (B) de *Anastrepha fraterculus* quando os adultos foram alimentados com diferentes dietas. Temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas.



D1= Dieta 1 (Testemunha dieta padrão Cena) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D2= Dieta 2 - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D3= Dieta 3 - germe de trigo cru + açúcar cristal; D4= Dieta 4 - germe de trigo cru; D5= Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D6= Dieta 6 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D7= Dieta 7 - açúcar cristal. Barras com erro padrão da média.

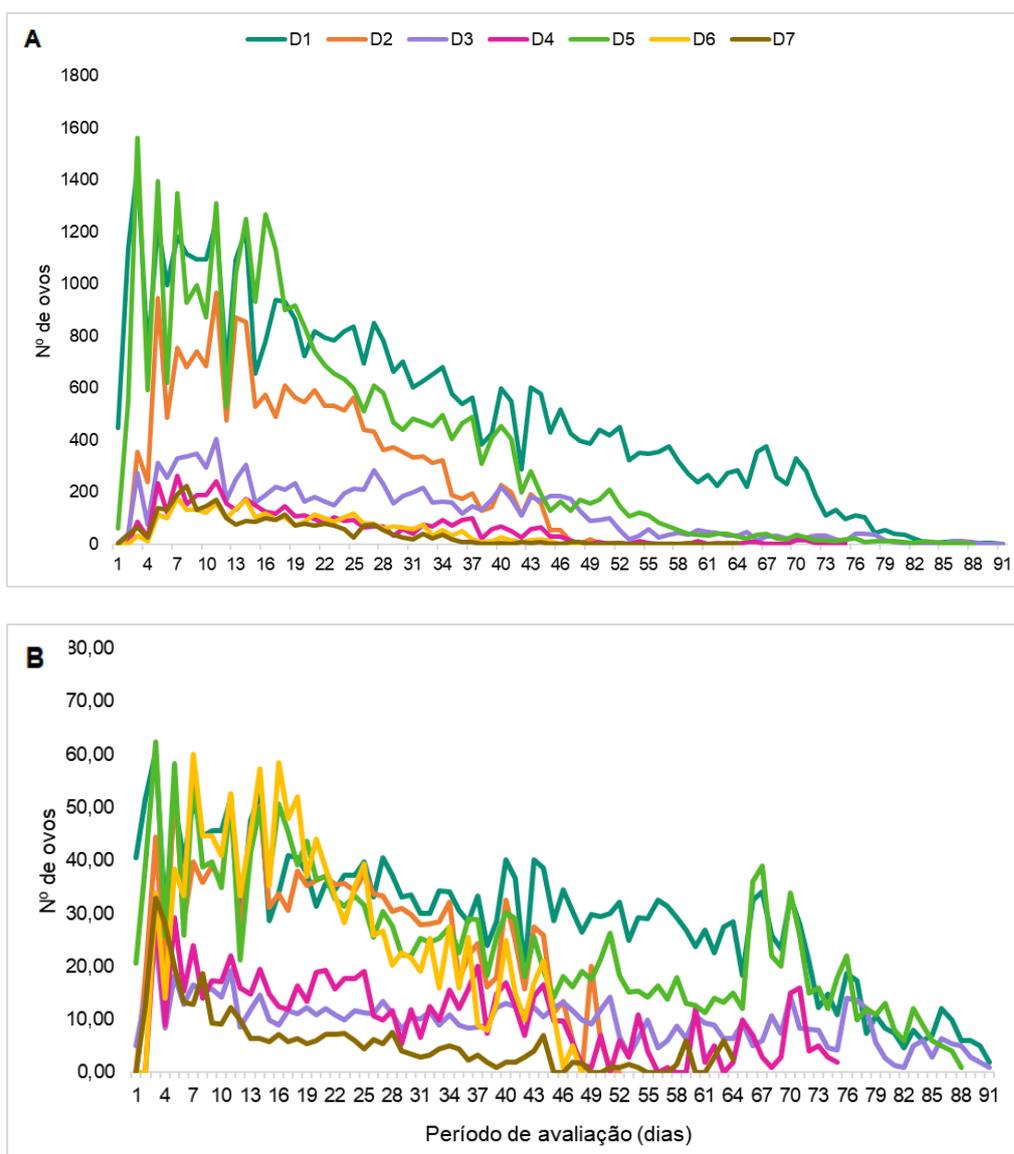
Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o ritmo de postura, observou-se que o maior período de oviposição ocorreu nos primeiros 30 dias para todas as dietas artificiais, sendo mais nítido quando se observa os tratamentos para a fecundidade média total (Figura 7A) do que a fecundidade média diária, que tendeu a ser mais uniforme ao longo do tempo, uma vez que levou em consideração a longevidade das fêmeas (Figura 7B). As dietas 1 [germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal], dieta 5 [extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal] e dieta 2 [germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS)] que propiciaram a maior oviposição de *A. fraterculus* foram as que apresentaram os maiores picos de oviposição. Também foi observado que as dietas que apresentaram os menores picos de oviposição foram as que propiciaram os menores períodos de postura.

Em relação ao período de pré-oviposição (Figura 8A), a dieta D7 apresentou maior valor médio, não diferindo significativamente da dieta D6. As dietas que proporcionaram o menor período de pré-oviposição foram D1 e D5 ( $P = <0,001$ ,  $gl = 6$ ,  $F = 31,05$ ). Para o período de oviposição, foi constatado que a dieta D1 (dieta testemunha) apresentou o maior valor médio (52,52 dias), não diferindo de D3 (42,72 dias) e D5 (42,92 dias), porém diferindo dos demais

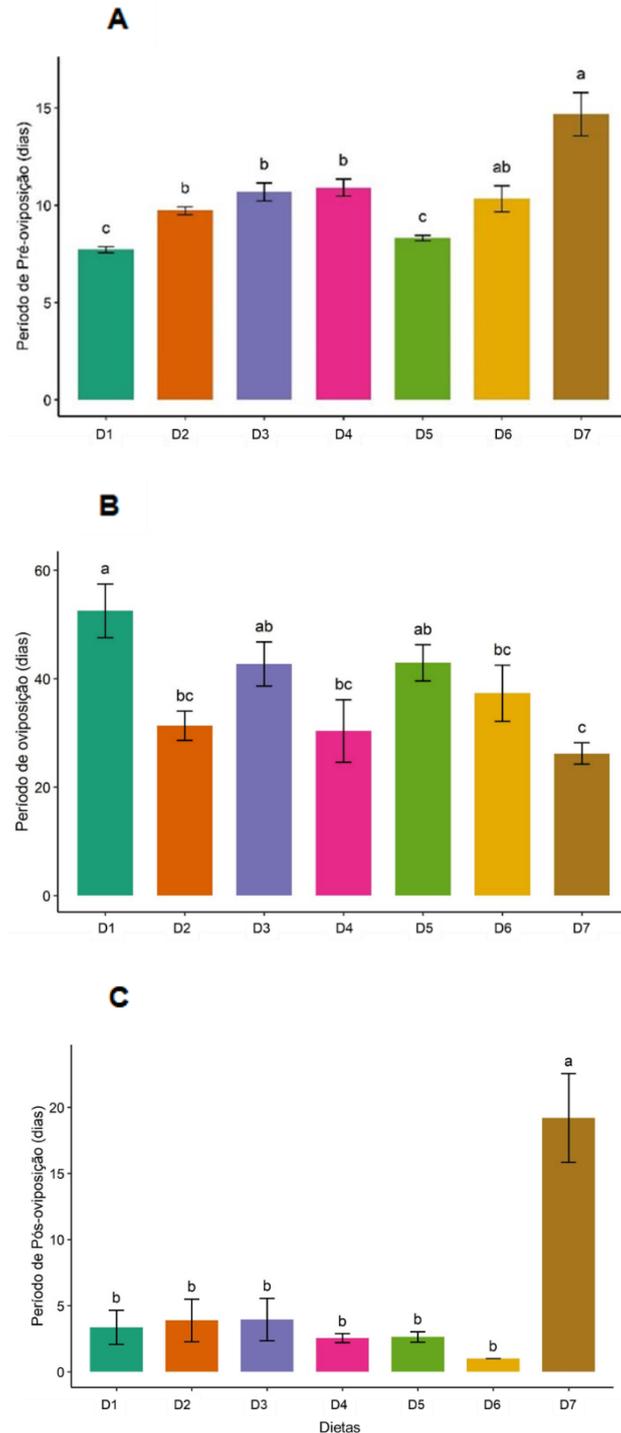
tratamentos ( $P = <0,001$ ,  $gl = 6$ ,  $F = 6,47$ ) (Figura 8B). O menor valor médio desta variável foi observado no tratamento D7 (açúcar cristal) (26,2 dias), que por sua vez não diferiu das dietas D2 (31,33 dias), D4 (30,36 dias) e D6 (37,33 dias). Já a variável período de pós-oviposição (Figura 8C), foi registrado que o tratamento D7 apresentou a maior média (19,2 dias), diferindo significativamente dos demais tratamentos ( $P = <0,001$ ,  $gl = 6$ ,  $F = 10,26$ ).

**Figura 7.** Ritmo de postura de *Anastrepha fraterculus* quando os adultos foram alimentados em diferentes dietas. (A) Média do total de ovos, (B) Média diária de ovos. Temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas.



D1= Dieta 1 (Testemunha dieta padrão Cena) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D2= Dieta 2 - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D3= Dieta 3 - germe de trigo cru + açúcar cristal; D4= Dieta 4 - germe de trigo cru; D5= Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D6= Dieta 6 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D7= Dieta 7 - açúcar cristal.

**Figura 8.** Períodos de pré-oviposição (A), oviposição (B) e pós-oviposição (C) de *Anastrepha fraterculus* quando os adultos foram alimentados com diferentes dietas. Temperatura de 25 ± 2°C, umidade relativa do ar de 70 ± 10% e fotoperíodo de 12:12 horas.

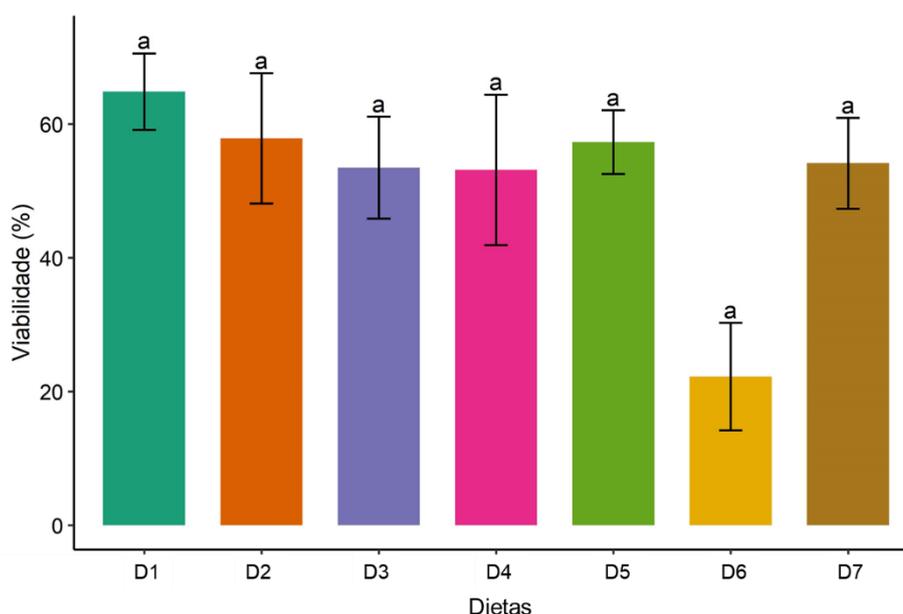


D1= Dieta 1 (Testemunha dieta padrão Cena) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D2= Dieta 2 - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D3= Dieta 3 - germe de trigo cru + açúcar cristal; D4= Dieta 4 - germe de trigo cru; D5= Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D6= Dieta 6 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D7= Dieta 7 - açúcar cristal. Barras com erro padrão da média.

Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável viabilidade de ovos (%) não foi detectado diferença significativa entre as diferentes dietas testadas ( $P = <0,030$ ,  $gl = 6$ ,  $F = 1,22$ ), sendo os valores variáveis de (65 a 22%) registrado para as dieta D1 [germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal] e a dieta D6 [extrato de levedura (BIONIS® YE NS)], respectivamente (Figura 9).

**Figura 9.** Viabilidade (%) de *Anastrepha fraterculus* quando adultos foram alimentados com diferentes dietas. Temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas.

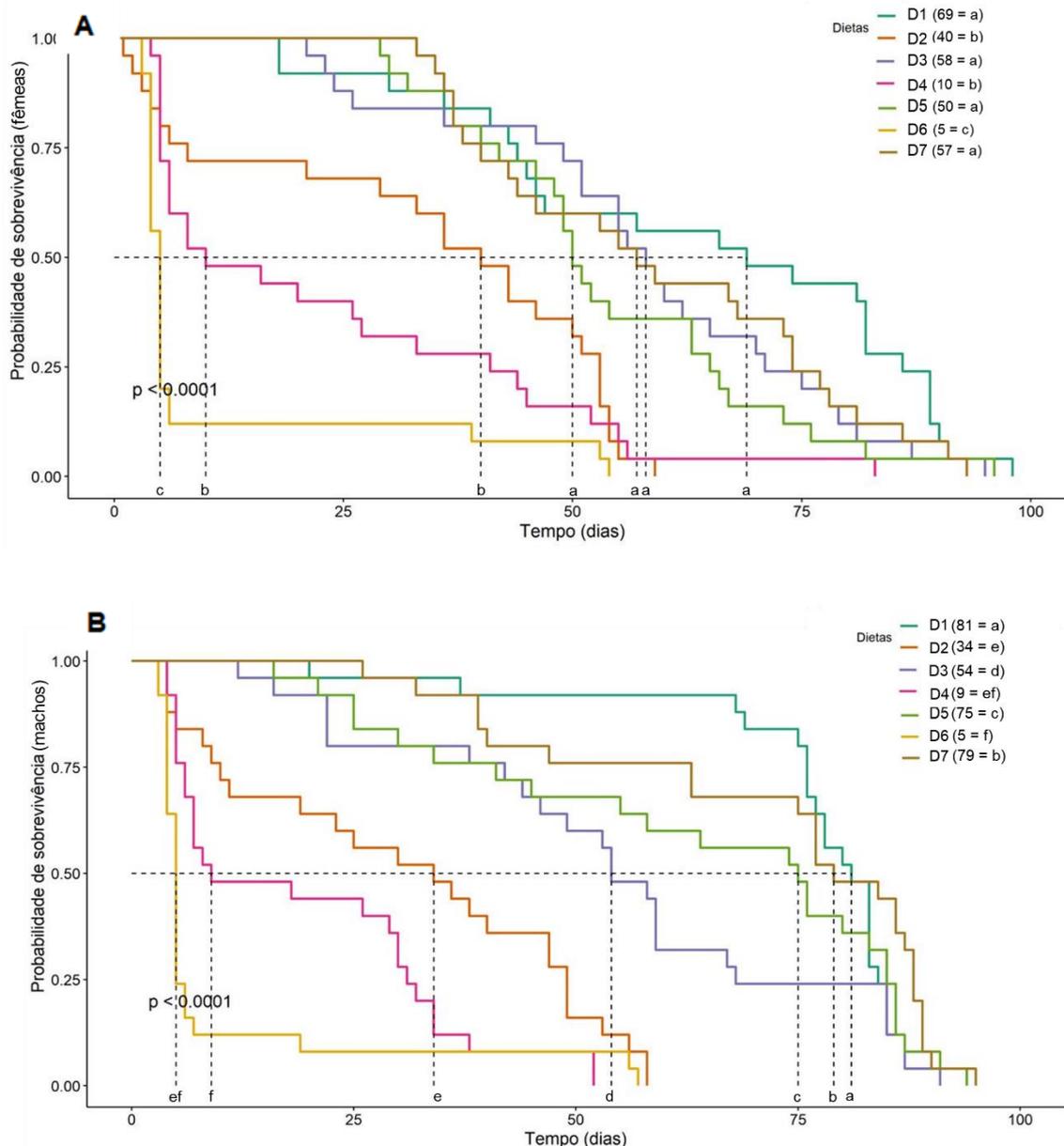


D1= Dieta 1 (Testemunha dieta padrão Cena) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D2= Dieta 2 - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D3= Dieta 3 - germe de trigo cru + açúcar cristal; D4= Dieta 4 - germe de trigo cru; D5= Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D6= Dieta 6 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D7= Dieta 7 - açúcar cristal. Barras com erro padrão da média.

Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto a análise de sobrevivência das fêmeas (Figura 10A), os tratamentos constituídos pelas dietas D1, D3, D5 e D7, com a maior longevidade. Já para machos (Figura 10B), o tratamento D1 proporcionou a maior longevidade, seguido dos tratamentos D3, D5 e D7.

**Figura 10.** Curvas de sobrevivência para fêmeas (A) e machos (B) de *Anastrepha fraterculus*, alimentados na fase adulta com diferentes dietas. Temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas.



D1= Dieta 1 (Testemunha dieta padrão Cena) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D2= Dieta 2 - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D3= Dieta 3 - germe de trigo cru + açúcar cristal; D4= Dieta 4 - germe de trigo cru; D5= Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D6= Dieta 6 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS); D7= Dieta 7 - açúcar cristal. Barras com erro padrão da média.

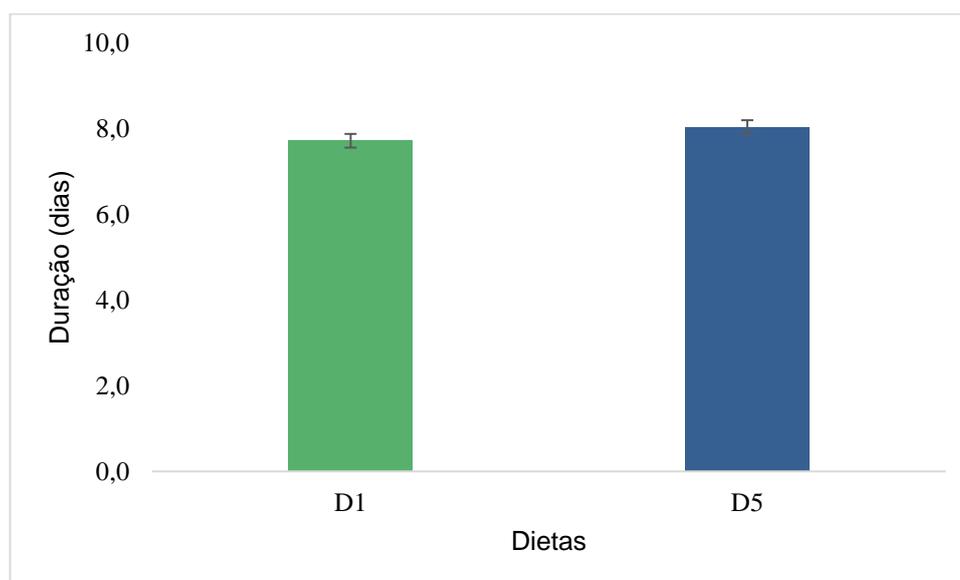
Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 4.2 Definição do tempo de oferta da dieta para adultos de *A. fraterculus*

Dos tratamentos utilizados para definir o tempo de oferta do alimento aos adultos de *A. fraterculus* observou-se que nos tratamentos D2 e D3 houve mortalidade total nos primeiros dias de formação dos casais, tal fato interferiu na obtenção de dados para as três variáveis analisadas, período de pré-oviposição, fecundidade e fertilidade e desta forma, as análises foram realizadas somente com os tratamentos dos D1 e D5 (Tabelas 1 e 2).

O período de pré-oviposição foi de (7,72 dias) para D1 e de (8,04 dias) para a D5, sem diferir significativamente entre si (Figura 11).

**Figura 11.** Período de pré-oviposição de *Anastrepha fraterculus* alimentadas com as dietas D1 e D5. Temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas.



D1= Dieta 1 (Testemunha dieta padrão Cena) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal; D5= Dieta 5 extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal.

Barras com erro padrão da média.

Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação a fecundidade (Tabela 1) quanto aos tempos de oferta das dietas, verificou-se que na avaliação aos 5 dias de retirada do alimento, não foi observada diferença estatística entre os tempos e aos tratamentos, exceto para D5 quanto a oferta com retirada aos 30 dias que diferiu dos demais em dias do mesmo tratamento e entre dietas. Na avaliação aos 10 dias de retirada do alimento, para o tratamento D1 ambos tempos demonstram diferir estatisticamente, sendo que o melhor tempo foi aos 15 dias de retirada do alimento. Para o tratamento D5 apenas o tempo de avaliação aos 5 dias apresentou diferença estatística demonstrando menor fecundidade. Já entre tratamentos verificou-se diferença estatística para D5 aos 5 dias e aos 15 dias.

Na avaliação aos 15 dias de retirada do alimento, D1 diferiu para os tempos 5 dias com a menor fecundidade observada e 10 dias, e os melhores tempos observados para 15 dias e 30 dias. Na D5 apenas aos 5 dias houve diferença entre os tempos. Entre tratamentos D1 e D5 aos 10 dias e D1 e D5 aos 30 dias diferiram entre as dietas ofertadas. Na avaliação aos 30 dias de retirada do alimento, para D1 os tempos de oferta 5 dias e 10 dias não diferiram entre si, sendo observada menor fecundidade, diferindo dos demais tempos, sendo que aos 30 dias observou-se melhores resultados. Para D5 somente aos 5 dias detectou-se menor diferença estatística entre os tempos de oferta. Para a avaliação entre dietas não houve diferença para os tratamentos, exceto para D5 aos 30 dias apresentando menor fecundidade média.

**Tabela 1.** Fecundidade de *Anastrepha fraterculus* quando os adultos foram alimentados em diferentes dietas e tempo (dias) de oferta. Temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas.

	<b>Tempo de oferta (dias)</b>			
	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
<b>Avaliação correspondente aos 5 dias</b>				
<b>D1</b>	61,28 (7,06) Aa (0 - 130) [25]	59,64 (6,62) Aa (0 - 103) [25]	54,6 (7,75) Aa (0 - 142) [25]	35,84 (6,66) Aa (0 - 120) [25]
<b>D5</b>	50,64 (5,76) Aa (0 - 101) [25]	52,96 (7,05) Aa (0 - 130) [25]	41,68 (7,24) Aa (0 - 110) [25]	12,12 (4,06) Bb (0 - 64) [25]
<b>Avaliação correspondente aos 10 dias</b>				
<b>D1</b>	128,8 (5,86) Ca (63 - 188) [25]	203,36 (6,89) Ba (113 - 283) [25]	289,44 (10,59) Aa (160 - 389) [25]	235,08 (9,89) Ba (100 - 334) [25]
<b>D5</b>	96,04 (7,46) Bb (39 - 201) [25]	213,96 (10,26) Aa (102 - 307) [25]	203,84 (10,59) Ab (104 - 300) [25]	219,44 (14,32) Aa (67 - 369) [25]
<b>Avaliação correspondente aos 15 dias</b>				
<b>D1</b>	81,8 (3,73) Ca (43 - 122) [25]	152,2 (5,13) Bb (111 - 207) [25]	336,12 (13,75) Aa (206 - 456) [25]	372,96 (20,3) Aa (29 - 551) [24]
<b>D5</b>	94,16 (7,23) Ba (0 - 191) [25]	221,6 (16,84) Aa (118 - 389) [25]	270,48 (23,58) Aa (0 - 430) [25]	261,72 (21,51) Ab (135 - 523) [25]
<b>Avaliação correspondente aos 30 dias</b>				
<b>D1</b>	33,52 (5,17) Ca (0 - 98) [25]	75,12 (10,78) Ca (0 - 223) [25]	178,8 (15,88) Ba (0 - 363) [25]	571,58 (27,76) Aa (137 - 735) [24]
<b>D5</b>	42,56 (6,73) Ba (0 - 112) [25]	112,08 (13,69) Aa (0 - 236) [25]	114,76 (20,88) Aa (0 - 328) [25]	201,58 (56,29) Ab (0 - 724) [24]
<b>P (Trat*Per.)</b> <0,001***				
<b>F (Trat*Per.)</b> 23,9				

D1= Dieta 1 (testemunha) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal;  
D5= Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal.

<sup>1</sup>Erro padrão da média.

<sup>2</sup>Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*\*Teste de significância da ANOVA, significativo a 0,1% de probabilidade de erro.

<sup>ns</sup>Teste de significância da ANOVA, não significativo a 5% de probabilidade de erro.

Valores entre parêntese indicam o intervalo de variação.

Valores entre colchetes representa o número de repetições.

Na Tabela 2 a avaliação da fertilidade de *A. fraterculus* para adultos, as dietas D1 e D5 até os 5 dias registram valores de 51,86% e 44,64%, sendo observada diferença significativa entre as dietas. Para a avaliação da fertilidade relacionada a oferta de alimento até os 10 dias foi observado que não houve diferença significativa entre os valores para as duas dietas avaliadas. Porém, na dieta D5 houve diferença para os tempos 5 dias, onde aos 10 dias a fertilidade foi relativamente superior. Assim, observou-se que a fertilidade registrada para fêmeas que receberam alimento até os 10 dias comparada com a fertilidade de fêmeas que receberam alimento até os 5 dias aumentou significativamente para as duas dietas avaliadas.

Os resultados registrados para a avaliação da fertilidade das fêmeas que receberam dieta até os 15 dias demonstraram que para D1 o melhor tempo foi aos 15 dias com 80,67% qual não diferindo estatisticamente do tempo 5 dias, mas diferiu do tempo 10 dias, entretanto o tempo 5 dias não diferiu significativamente do tempo de avaliação aos 10 dias. Para D5 não houve diferença entre os tempos avaliados, e entre dietas D1 e D5 não diferiram estatisticamente. Para a última avaliação de fertilidade realizada com fêmeas que receberam alimento até os 30 dias, verificou-se que os valores registrados diminuiriam consideravelmente para todas as dietas, sendo mais acentuadas na D5. Porém, não foi verificada diferença significativa para os tempos de avaliação dos tratamentos, nem sequer para as dietas 1 e 5, inclusive para o tempo 30 dias onde D1 registrou 69,73% e D5 25,08% não apresentou diferença estatística (Tabela 2).

**Tabela 2.** Fertilidade de *Anastrepha fraterculus* quando os adultos foram alimentados em diferentes dietas e tempo de oferta. Temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas.

	Tempo de oferta (dias)			
	5	10	15	30
<b>D1</b>	51,86 (6,85) a (11,7 - 96,4) [17]			
<b>D5</b>	44,64 (7,13) b (11,1 - 95,3) [21]			
<b>Avaliação correspondente aos 10</b>				
<b>D1</b>	65,02 (4,51) Aa (24,3 - 92) [19]	68,66 (6,33) Aa (19,2 - 100) [22]	78,04 (3,21) Aa (52,9 - 98,8) [25]	84,91 (2,48) Aa (57,3 - 100) [25]
<b>D5</b>	47,75 (5,05) Ba (15,6 - 93,2) [19]	82,59 (4,86) Aa (12,5 - 96,7) [17]	64,99 (5,51) Aba (14,5 - 98,4) [23]	81,05 (5,15) Aa (11,6 - 99) [23]
<b>Avaliação correspondente aos 15</b>				
<b>D1</b>	68,53 (4,6) Aba (24 - 100) [22]	55,49 (4,86) Ba (14 - 84,7) [23]	80,67 (3,26) Aa (43,8 - 98,1) [22]	75,75 (3,9) Aba (23,5 - 98,1) [25]
<b>D5</b>	61,83 (6,58) Aa (15,4 - 100) [19]	71,59 (5,15) Aa (15 - 98,1) [22]	58,07 (6,82) Aa (3,1 - 98,1) [20]	75,65 (7,35) Aa (10,2 - 100) [13]
<b>Avaliação correspondente aos 15</b>				
<b>D1</b>	81,67 (7,37) Aa (50 - 100) [7]	69,22 (6,82) Aa (42,9 - 100) [9]	44,35 (7,8) Aa (10 - 90) [13]	69,73 (6,57) Aa (20,7 - 95,8) [14]
<b>D5</b>	52,76 (12,91) Aa (14,3 - 100) [7]	52,5 (9,39) Aa (18,5 - 88,2) [9]	34,36 (13,2) Aa (16 - 100) [6]	25,08 (10,54) Aa (14,3 - 46,2) [3]
<b>P (Trat*Per.)</b>	0,0018			
<b>F (Trat*Per.)</b>	5,09**			

D1= Dieta 1 (testemunha) - germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal;

D5= Dieta 5 - extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal;

<sup>1</sup>Erro padrão da média.

<sup>2</sup>Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*\*Teste de significância da ANOVA, significativo a 0,1% de probabilidade de erro.

<sup>ns</sup>Teste de significância da ANOVA, não significativo a 5% de probabilidade de erro.

Valores entre parêntese indicam o intervalo de variação.

Valores entre colchetes representa o número de repetições.

## 5 Discussão

As dietas testadas a partir da dieta Padrão/Cena cuja composição foi a combinação dos ingredientes, germen de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE MF e YE NS) + açúcar refinado na proporção de 3:1:1, respectivamente (Nunes *et al.*, 2013), propiciou a obtenção de diferentes parâmetros biológicos relacionados a reprodução de adultos de *A. fraterculus*, com valores variáveis. De todas as combinações avaliadas as dietas que mais

se aproximaram da dieta Padrão/Cena foram as que possuíam na sua constituição extrato de levedura. Segundo Aceituno-Medina; Hernández (2020) as características funcionais dos componentes das dietas artificiais estão relacionadas às exigências nutricionais dos insetos, ou seja, à nutrição.

Provavelmente, o extrato de levedura contém as proteínas/aminoácidos essenciais para o crescimento e reprodução de *A. fraterculus*. O melhor desempenho reprodutivo de *A. fraterculus* nas dietas D1, D2, D5 e D6 contendo extrato de levedura pode ser observado para a fecundidade média total e para a fecundidade média diária (Figura 6A e B). Além disso, a adição do germe de trigo e do açúcar, melhora a qualidade nutricional das dietas. Goane *et al.* (2018), ao avaliar a fecundidade de *A. fraterculus* num período de 12 dias, obtiveram resultados médios de (139,7 ovos) para fêmeas alimentadas com levedura hidrolisada e (170,1 ovos) para aquelas alimentadas com extrato de levedura e (29,3 ovos) para fêmeas que utilizaram levedura de cerveja, ambas combinadas com sacarose. Ao combinar as respectivas leveduras com germe de trigo, observaram um aumento significativo para aquelas alimentadas com a adição de germe de trigo (145,8 ovos), enquanto que sem a adição germe de trigo a fecundidade foi de (10,3 ovos/fêmea). O trabalho realizado por Nunes *et al.* (2013) com a dieta Padrão/Cena, seguindo o mesmo protocolo de contagem diária de ovos até a morte das fêmeas, registrou uma fecundidade média total de (449,32 ovos), valor esse inferior ao observado neste experimento, no entanto a produção média diária foi de (30,17 ovos), sendo próximo deste trabalho, observado na Figura 6B.

Em estudos realizados para as espécies *Anastrepha ludens* e *Anastrepha obliqua*, foi demonstrado por resultados um aumento na produção de ovos para fêmeas que consumiram uma dieta rica em açúcar e proteína, quando comparado com aquelas alimentadas somente com açúcar (ALUJA *et al.*, 2001a; TEAL *et al.*, 2013). O consumo de proteínas aumenta a capacidade reprodutiva das fêmeas e a fertilidade dos machos da espécie *A. ludens*, por outro lado, uma alimentação rica em carboidratos pode favorecer a sobrevivência de ambos os sexos em comparação com uma dieta com alto teor de proteínas (D'AVILA, 1995; JACOME *et al.*, 1995; ALUJA *et al.*, 2001b).

O ritmo de oviposição levando-se em consideração a média do total de ovos e a média diária está mais concentrado nos primários 20 dias para todos

os tratamentos, decrescendo até aos 91 dias quando foram obtidos os últimos ovos. Esse comportamento indica que para a produção em larga escala em biofábricas, provavelmente, deve ser explorado até os 20-30 dias quando o custo/benéfico é vantajoso. Na pesquisa de Zart *et al.* (2010), verificou-se para *A. fraterculus* que ao 15º dia houve maior número de perfurações por baga de uva de mesa (36,7 perfurações), sendo também registrado nesse momento o maior número de ovos por fêmea (9,97 ovos). Este resultado pode ser correlacionado aos encontrados neste estudo, pela proximidade de dias de maior perfuração com o observado de maior ritmo de postura verificado aos 18 dias.

A duração média do período de pré-oviposição para fêmeas alimentadas com as diferentes dietas foi variável e de uma maneira geral ficou entre 7 e 10 dias, com exceção do resultado registrado na dieta D7 que foi constituída de açúcar. Assim como observado para a fecundidade, as dietas compostas com levedura apresentaram menor período de pré-oviposição, indicando que a dieta atendeu as exigências nutricionais para a maturação do aparelho reprodutivo. Essa constatação pode ser comprovada no trabalho de Canale *et al.* (2015) ao observarem o desempenho de fêmeas de *C. capitata*, alimentadas com os tratamentos: dieta líquida sem proteínas; dieta líquida com médio teor de proteína (10:1, açúcar: hidrolisado de levedura; e dieta líquida com alto teor de proteína (2:1, açúcar: hidrolisado de levedura), ao analisarem o período de pré-oviposição encontraram prolongamento do período e número de ovos reduzidos para fêmeas privadas de proteína quando comparadas com as outras dietas, indicando que fonte de proteína é essencial para ambos os sexos quanto ao desempenho reprodutivo. Valores próximos do período de pré-oviposição de *A. fraterculus* foram registrados por Nunes *et al.* (2013) (10,95 dias) e González *et al.* (1971) (9 dias), utilizando diferentes fontes proteicas.

A duração do período de oviposição também foi um reflexo da disponibilidade de levedura (proteína) nas dietas (Figura 8B) e coincide com as dietas que ofereceram a maior fecundidade. Nunes *et al.* (2013), para *A. fraterculus* obteve maior período médio de oviposição para a dieta levedura de cerveja + mel (2:1) com (15,27 dias) e para a dieta padrão obteve (13,27 dias). González *et al.* (1971) observaram que *A. fraterculus* alimentada com a dieta à base de açúcar e extrato de soja (4:1, respectivamente) teve um período médio de oviposição de 20 dias.

Para o período de pós-oviposição observou-se que a dieta D7, proporcionou a maior duração, fato este, provavelmente relacionado a baixa quantidade de ovos colocados.

Apesar de não ter sido registrado diferença significativa no parâmetro viabilidade, verifica-se uma grande diferença numérica entre o maior valor registrado na dieta D1 (64,88%) e o menor valor registrado na dieta D6 (22,25%). De uma maneira geral, os valores de fertilidade estão abaixo do que se preconiza que deve ser acima de 80%, como os registrado por Nunes *et al.* (2013). Uma das possíveis razões da baixa viabilidade de ovos obtida no experimento, foi à elevada mortalidade na fase pós-embriônica, qual pode ter sido influenciada por diversos fatores. Também pode-se referir ao fato que as gerações do laboratório estavam por muito tempo realizando a oviposição nos coletores conforme a (Figura 1A), assim, quando inserimos os frutos artificiais no fundo da gaiola como substrato de oviposição, é possível que essa alteração tenha causado uma baixa viabilidade. Outra hipótese é que os casais vinham se multiplicando durante algumas gerações, e perderam características de variabilidade genética, que consequentemente traria maiores probabilidades de resistência genética. As causas são desconhecidas para essa condição, mas a variabilidade genética pode ser uma razão plausível neste contexto.

A longevidade de fêmeas e machos também foi influenciada pela dieta. Para as fêmeas as maiores longevidades foram registradas nas dietas que possuíam açúcar. Esta tendência também foi registrada para a longevidade dos machos, entretanto este grupo de dietas com açúcar diferiu significativamente entre si. É importante destacar que o açúcar parece estar relacionado ao armazenamento de energia, mas não diretamente na produção de ovos. A oferta de extrato de levedura como fonte nutricional exclusiva para adultos não demonstrou boa resposta quanto a longevidade, visto que houve uma alta taxa de mortalidade logo no início do experimento. Um exemplo disso é na longevidade de adultos que podem ser drasticamente afetados quando forçados a ingerir levedura hidrolisada em uma solução pura como alimento, maximizando as taxas de mortalidade (LEE *et al.*, 2008; OVIEDO *et al.*, 2011). González *et al.* (1971) verificaram que para adultos alimentados com uma combinação de açúcar e proteína de soja (4:1) a longevidade média de (67,3 dias), atingindo um máximo de 127 dias para machos e 85 dias para fêmeas, valores superiores aos

encontrados neste experimento. Oviedo *et al.* (2011) sugerem que a longevidade é reduzida quando o consumo principal é de proteínas, ao passo que o aumento no consumo de carboidratos está associado a um aumento na longevidade da mosca. Segundo Salles (2000), a longevidade dos adultos das moscas-das-frutas na natureza pode ser influenciada pela chance de infestação dos hospedeiros.

Em relação aos parâmetros biológicos avaliados em função do tempo de oferta do (item 4.2), observou-se que o período médio de pré-oviposição não diferiu entre as duas dietas avaliadas aos 10 dias (Figura 8A). Em relação a fecundidade observou-se que na avaliação aos 5 dias correspondente aos 5 dias de retirada, apenas D5 aos 30 dias difere dos tempos e dos tratamentos entre si. Na avaliação aos 10 dias, a maior fecundidade observada foi para D1 no tempo 15 dias diferindo entre os tempos e diferindo estatisticamente de D5 aos 15 dias, e na avaliação correspondente a D1 5 dias difere entre dietas. Logo, a D5 difere entre tempos somente para a avaliação aos 5 dias.

Na Tabela 1 a avaliação aos 15 dias, os tempos de oferta 15 dias e 30 dias para D1 e D5 resultaram em melhores fecundidades, ainda que D5 aos 30 dias defira significativamente de D1. Para a avaliação aos 30 dias, as maiores fecundidades observadas foram no tempo 30 dias para D1 e D5, no entanto houve diferença significativa para D5. De modo geral, D1 propiciou uma maior quantidade de ovos do que a D5. Este resultado indica que a dieta padrão/Cena continua sendo a melhor dieta formulada para adultos de *A. fraterculus*, conforme relatado por Nunes *et al.* (2013). Em relação ao tempo de retirada do alimento, observa-se que quanto mais tempo o alimento fica disponível, maior é a quantidade de ovos produzidos. De acordo com Aluja *et al.* (2001a) o efeito do estresse alimentar para fêmeas de *A. obliqua* de diferentes idades quanto a produção de ovos é verificada somente para fêmeas adequadamente nutridas, pois fêmeas sob estresse alimentar praticamente não apresentam produção de ovos em nenhuma densidade.

Para a fertilidade, observa-se que a manutenção do alimento até os 15 dias é importante para aumentar a fertilidade inicial, que foi próxima de D1 aos 5 dias (51,86%) e D5 (44,64%) e aos 15 dias aumentando para D1 (80,67%) e D5 (58,07%) (Tabela 2). No caso da manutenção da dieta até os 30 dias foi registrado para D1 69,73% e para D5 25,08%. Isto indica que a longevidade das

fêmeas que influênciam a fecundidade e a fertilidade das criações de laboratório, assim pressupõem-se que o tempo ideal de manutenção deve ficar entre os 15 e 30 dias.

Estes resultados obtidos de casais expostos a diferentes tempos de restrição alimentar dentro de programas de TIE, são dados importantes que corroboram tanto para oferta de alimento dentro de uma criação massal em laboratório, quanto para observar os possíveis comportamentos de insetos estéreis liberados na natureza. Por exemplo, para machos inférteis que não conseguem se alimentar a campo um dia após as liberações, mesmo que alguns consigam sobreviver, não contribuem mais para o programa de controle, pois não conseguem atrair uma parceira no acasalamento (KASPI; YUVAL, 2000). Pérez-Staples *et al.* (2008), ao fornecer para adultos recém emergidos sacarose granulada e água para machos estéreis de *B. tryoni*, e como fonte de proteína hidrolisado de levedura como tratamento ofertado na pré-liberação, concluiu que o tratamento dietético ofertado entre 24 a 48 horas pode aumentar o desempenho geral dos machos, quando comparado com machos sem acesso a proteína pós-teneral, pois é o protocolo utilizado sem dieta pré-liberação, sendo que em 24 horas de acesso ao hidrolisado de levedura obteve-se resultados de aumento no desempenho dos machos, e com 48 horas de acesso foi verificada vantagens adicionais. Pois, em condições de campo aqueles machos que foram alimentados com proteína antes da liberação, caso não encontrem alimento na natureza, possuem chances de sobrevivência por maior período maior (KASPI; YUVAL, 2000).

A relação com os resultados encontrados no item 4.2 deste estudo, está ligado com o tempo de oferta de alimento como por exemplo foi verificado para *C. capitata* em mantidos com dietas ricas em proteínas por 5 dias e posteriormente restringindo o acesso à fonte de proteína, supostamente o desgaste metabólico pela falta de dieta acelera a mortalidade (KASPI; YUVAL, 2000). Assim, este estudo pode verificar que os padrões de fertilidade e fecundidade são influenciados pela nutrição oferta aos adultos, bem como pode demonstrar variação biológica pela disponibilidade de tempo de fornecimento do alimento.

## 6 Considerações finais

Conclui-se que este trabalho contribuiu para aperfeiçoar as técnicas de criação da mosca-das-frutas-sul-americana *A. fraterculus*, por meio da adequação da dieta ofertada para os adultos.

Atualmente, para suprir as necessidades nutricionais de adultos de *A. fraterculus*, a dieta utilizada é a desenvolvida por Nunes *et al.* (2013), denominada de padrão/Cena e constituída por germe de trigo cru + extrato de levedura (BIONIS® YE NS) + açúcar cristal. Esta dieta propicia um bom desenvolvimento, mas apresenta um custo razoável na produção de *A. fraterculus* devido aos valores dos ingredientes importados que compõem a dieta como o germe de trigo, onde é agregado custo em consequência do frete e taxas internacionais. Porém, neste trabalho utilizou-se ingredientes nacionais que os tornam mais acessíveis economicamente para uma produção em larga escala. Além disto, a dieta é ofertada durante todo o período de vida dos adultos, o que pode gerar também custos desnecessários.

Neste trabalho observou-se a necessidade de todos os ingredientes, já que a dieta padrão propiciou o melhor desenvolvimento biológico dos adultos. No caso das dietas avaliadas que possuem extrato de levedura, propiciaram um bom desenvolvimento, mas a presença do germe de trigo e do açúcar também são importantes para conferir melhores aspectos nutricionais e físicos.

Outra informação relevante alcançada neste estudo, foi a observação do comportamento da espécie em relação ao tempo de oferta da dieta e a resposta biológica da restrição alimentar, identificando que as dietas avaliadas e retiradas aos 15 e 30 dias obtiveram as maiores taxas de fertilidade, embora a manutenção da dieta padrão até os 30 dias possa ser interessante já que ocorrem as maiores fecundidades durante todo o período. Visto que estes resultados têm impactos significativos na produção em larga escala de moscas-das-frutas para a TIE ou para o desenvolvimento de agentes de controle biológico.

## 7 Referências bibliográficas

ABRAFRUTAS. **Quais são as frutas mais produzidas no Brasil?** 2023. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2023/04/quais-sao-as-frutas-mais-produzidas-no-brasil/>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ACEITUNO-MEDINA, M.; HERNÁNDEZ, E. Dietas artificiales: evolución, retos y tendencias, pp. 421–448. *In*: MONTOYA, P.; TOLEDO, J.; HERNANDEZ, E. (Eds.). **Moscas de la fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo**. S y G editores, México, 2020.

ADNAN, S. M.; MENDEZ, V.; MORELLI, R.; AKTER, H.; FARHANA, I.; TAYLOR, P. W. Dietary methoprene supplement promotes early sexual maturation of male Queensland fruit fly *Bactrocera tryoni*. **Journal of Pest Science**, v. 91, p. 1441-1454, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1017-6>

ALAMA D. Ensayos para determinar niveles de oviposición de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) sobre fruta y dispositivos artificiales. *In*: **Proceedings of a workshop organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture**. IAEA-TECDOC-1064; p. 79-83, 1999.

ALUJA, M. Bionomics and management of *Anastrepha*. **Annual Review of Entomology**, v. 39, n. 1, p. 155-178, 1994.

ALUJA, M.; DIAZ-FLEISCHER, F.; PAPAJ, D. R.; LAGUNES, G.; SIVINSKI, J. Effects of age, diet, female density, and the host resource on egg load in *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 47, n. 9, p. 975-988, 2001a.

ALUJA, M.; JACOME, I.; MACÍAS-ORDÓÑEZ, R. Effect of adult nutrition on male sexual performance in four neotropical fruit fly species of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 14, p. 759-775, 2001b. <https://doi.org/10.1023/A:1013037400676>

ALUJA, M.; MANGAN, R. L. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 473-502, 2008.

ALUJA, M.; ORDANO, M.; GUILLÉN, L.; RULL, J. Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for areawide management. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 3, p. 823-836, 2012. <https://doi.org/10.1603/EC11353>

ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; VAN DRIESCHE, R.; ANZURES-DADDA, A.; GUILLÉN, L. Pest management through tropical tree conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 831-853, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0636-3>

ALVARES, V. D. S.; BAYMA, M. Evolução na produção de frutas na Amazônia. **Jornal dia de campo**, 2017. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1068962>; <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=34129&acao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 02 fev. 2024.

ARAUJO, E. S.; MONTEIRO, L. B.; MONTEIRO, R. S.; NISHIMURA, G.; FRANCK, P.; LAVIGNE, C. Impact of native forest remnants and wild host plants on the abundance of the South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* in Brazilian apple orchards. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 275, p. 93-99, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.007>

ARIOLI, C. J.; BOTTON, M.; MACHOTA JUNIOR, R.; NUNES, M. Z.; ROSA, J. M. D. Novas ferramentas para monitoramento e controle massal de moscas-das-frutas. **Synergismus Scyentifica**, v. 13, n. 1, p. 15-20, 2018. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1091678>

AUTUORI, M. Notas sobre a introdução e multiplicação do parasita *Tetrastichus giffardianus* (Silvestri) no Brasil. **O Biológico**, São Paulo, v.4, n.4, p.128-129, 1938.

BACHMANN, G. E.; SEGURA, D. F.; DEVESCOVI, F.; JUÁREZ, M. L.; RUIZ, M. J.; VERA, M. T.; CLADERA, J. L.; TEAL, P. E. A.; FERNÁNDEZ, P. C. Male sexual behavior and pheromone emission is enhanced by exposure to guava fruit volatiles in *Anastrepha fraterculus*. **PLoS One**, v. 10, n. 4, p. e0124250, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124250>

BAKRI, A.; ENKERLIN, W.; PEREIRA, R.; HENDRICH, J.; BUSTOS-GRIFFIN, E.; HALLMAN, G. J. Tephritid-Related Databases: TWD, IDIDAS, IDCT, DIR-SIT. *In: Area-Wide Management of Fruit Fly Pests*. CRC Press, 2019. p. 369-385.

BELLIARD, S. A.; FERNANDEZ, P. C.; VERA, M. T.; SEGURA, D. F. Timing of exposure and nutritional status affect male response to guava volatiles, a known courtship enhancer of *Anastrepha fraterculus*. **Journal of Pest Science**, v. 95, n. 1, p. 279-290, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01397-w>

BIANCHERI, M. J. B.; SUÁREZ, L.; KIRSCHBAUM, D. S.; GARCIA, F. R. M.; FUNES, C. F.; OVRUSKI, S. M. Natural parasitism influences biological control strategies against both global invasive pests *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), and the Neotropical-native pest *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Environmental Entomology**, v. 51, n. 6, p. 1120-1135, 2022. <https://doi.org/10.1093/ee/nvac085>

BORNAL, D. R.; SILVESTRINI, M. M.; PIO, L. A. S.; COSTA, A. C.; PECHE, P. M.; RAMOS, M. C. P. Brazilian position in the international fresh fruit trade network. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, p. e-021, 2021. <https://doi.org/10.1590/0100-29452021021>

BORTOLI, L. C.; MACHOTA, R.; GARCIA, F. R. M.; BOTTON, M. Evaluation of food lures for fruit flies (Diptera: Tephritidae) captured in a citrus orchard of the Serra Gaúcha. **The Florida Entomologist**, v. 99, n. 3, p. 381-384, 2016. <https://doi.org/10.1653/024.099.0307>

BOTTON, M.; ARIOLI, C.J.; MACHOTA JÚNIOR, R.; NUNES, M.Z.; ROSA, J. M. Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: situação atual e perspectivas de controle através do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. **Agropecuária Catarinense**, v.29, p.103-108, 2016.

BRAGA SOBRINHO, R. B.; CACERES, C.; ISLAM, A.; WORNOPYORN, V.; ENKERLIN, W. Improving mass rearing technology for South American fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 310-316, 2006.

BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; MESQUITA, A. L. M.; ARAÚJO, K. L. B. Desenvolvimento de dietas para a criação massal de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa**, 33, 12–14, 2009.

BROWNE, L. B. Physiologically induced changes in resource-oriented behavior. **Annual Review of Entomology**, v. 38, n. 1, p. 1-23, 1993.

BUENA, L. D.; DUEÑAS, R. G. Avances sobre la cria artificial de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) en Colombia. *In: Proceedings of a workshop organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture*. IAEA-TECDOC-1064; p. 85-94, 1999.

CAMARGOS, M. G.; COSTA, M. D. L. Z.; MIRANDA, E. D. S. Custos variáveis de produção de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) para controle de moscas-das-frutas. **Revista Ipecege**, v. 3, n. 2, p. 9-25, 2017. <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.2.9>

CANAL D. N. A.; ZUCCHI, R. A. Parasitóides - Braconidae. *In: MALAVASI A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto, Holos Editora, pp. 119-126, (2000).

CANALE, A.; GENNARI, G.; LEONI, V.; MESSING, R. H.; BENELLI, G. Impact of a long-lasting adult liquid diet on female reproductive performance in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 18, n. 2, p. 263-265, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2015.03.002>

CARVALHO, R. S.; NASCIMENTO, A. S. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas. *In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, p. 65-179, 2002.

CHANG, C. L.; ALBRECHT, C.; EL-SHALL, S. S.; KURASHIMA, R. Adult reproductive capacity of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on a chemically defined diet. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, n. 5, p. 702-706, 2001. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2001\)094\[0702:ARCOCC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0702:ARCOCC]2.0.CO;2)

CLADERA, J. L.; VILARDI, J. C.; JURI, M.; PAULIN, L. E.; GIARDINI, M. C.; GOMEZ CENDRA, P. V.; SEGURA, D. F.; LANZAVECCHIA, S. B. Genetics and biology of *Anastrepha fraterculus*: research supporting the use of the sterile insect technique (SIT) to control this pest in Argentina. **BMC Genetics**, v. 15, p. 1-14, 2014. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-15-S2-S12>

CONGRAINS, C.; ZUCCHI, R. A.; DE BRITO, R. A Phylogenomic approach reveals strong signatures of introgression in the rapid diversification of neotropical true fruit flies (*Anastrepha*: Tephritidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 162, p. 107200, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2021.107200>

CONTRERAS-MIRANDA, J. A.; PIOVESAN, B.; BERNARDI, D.; NAVA, D. E. Search hours for food attractant by *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) adults in guava orchards. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, p. e20201880, 2023. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320201880>

CONTRERAS-MIRANDA, J. A.; PIOVESAN, B.; BUENO, B.; BERNARDI, D.; BOTTON, M.; NAVA, D. E. Use of Preservatives in Vegetable Protein-Based Food Attractants for Monitoring *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Peach Orchards. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 476-483, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00852-8>

D'AVILA, A. B. **Estúdio de alguns parâmetros demográficos da Mosca Mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens* (Loew) y su relacion con diferentes dietas**. B. Sc. (Thesis), Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, Mexico. 1995.

DE MELO, A. M.; ALMEIDA, F. L. C.; DE MELO CAVALCANTE, A. M.; IKEDA, M.; BARBI, R. C. T.; COSTA, B. P.; RIBANI, R. H. *Garcinia brasiliensis* fruits and its by-products: Antioxidant activity, health effects and future food industry trends-A bibliometric review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 112, p. 325-335, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.005>

DE OLIVEIRA JUNIOR, M. A.; DOCEMA, M. L.; DA SILVA, M. S. A. C.; DE SOUZA, M. W. R. Perfil do consumo e conhecimento sobre fruteiras nativas e exóticas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e579101321377-e579101321377, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21377>

DELGADO, S.; CALVO, M. V.; DUARTE, F.; BORGES, A.; SCATONI, I. B. Food attractants for mass trapping of fruit flies (Diptera: Tephritidae) and its selectivity

for beneficial arthropods. **The Florida Entomologist**, v. 105, n. 3, p. 185-193, 2022. <https://doi.org/10.1653/024.105.0302>

DEUTSCHER, A. T.; CHAPMAN, T. A.; SHUTTLEWORTH, L. A.; RIEGLER, M.; REYNOLDS, O. L. Tephritid-microbial interactions to enhance fruit fly performance in sterile insect technique programs. **BMC microbiology**, v. 19, p. 1-14, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1650-0>

DIAS, N. P.; GARCIA, F. R. M. Fundamentos da técnica do inseto estéril (TIE) para o controle de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). Divulgação técnica. **Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 1, p. 58-62, 2014.

DIAS, N. P.; MONTOYA, P.; NAVA, D. E. A 30-year systematic review reveals success in tephritid fruit fly biological control research. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 170, p. 1-15, 2022

DIAS, N. P.; ZOTTI, M. J.; MONTOYA, P.; CARVALHO, I. R.; NAVA, D. E. Fruit fly management research: A systematic review of monitoring and control tactics in the world. **Crop Protection**, v. 112, p. 187-200, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.019>

DIAS, V. S.; BRAVO, I. S. J.; PARANHOS, B. A. G. Comportamento das moscas-das-frutas. In: ZUCCHI, R. A.; MALAVASI, A.; ADAIME, R.; NAVA, D. E. (Eds.). **Moscas-das-frutas no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Piracicaba: Fealq, 2023. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1162262>>. Acesso em: 25 mar. 2024.

DREW, R. A. I. Behavioural strategies of fruit flies of the genus *Dacus* (Diptera: Tephritidae) significant in mating and host-plant relationships. **Bulletin of Entomological Research**, 77.1, 73-81, 1987. <https://doi.org/10.1017/S000748530001155X>

DREW, R. A. I.; YUVAL, B. The evolution of fruit fly feeding behavior. In: ALUJA, M.; NORRBOM, A. L. (Eds.). **Fruit flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior**. CRC Press, Boca Raton, 731–749, 2000.

DUARTE, F.; CALVO, V.; DELGADO, S.; GARCIA, F. R.; SCATONI, I. Spatio-temporal distribution of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) captures and their relationship with fruit infestation in farms with a diversity of hosts. **The Florida Entomologist**, v. 104, n. 4, p. 297-306, 2021. <https://doi.org/10.1653/024.104.0407>

DYCK, V. A.; HENDRICHS, J.; ROBINSON, A. S. Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management. **CRC Press**, Boca Raton, p. 1216, 2021.

ENKERLIN, W. R. Impact of fruit fly control programmes using the sterile insect technique. pp. 979–1006. In: DYCK, V. A.; HENDRICHS, J.; ROBINSON, A. S.

(Eds.) **Sterile insect technique: principles and practice in Area-Wide Integrated Pest Management**. CRC Press, Boca Raton, p. 1216, 2021.

ENKERLIN, W. R. Impact of fruit fly control programmes using the sterile insect technique. pp. 651-676. *In*: DYCK, V. A.; HENDRICH, J.; ROBINSON, A. (Eds.). **Sterile insect technique: principles and practice in Area-Wide Integrated Pest Management**. Springer. Dordrecht, Netherlands. 787 p, 2005.

ENKERLIN, W.; GUTIÉRREZ-RUELAS, J. M.; CORTES, A. V.; ROLDAN, E. C.; MIDGARDEN, D.; LIRA, E.; LÓPEZ, J. L. Z.; HENDRICH, J.; LIEDO, P.; ARRIAGA, F. J. T. Area freedom in Mexico from Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): a review of over 30 years of a successful containment program using an integrated area-wide SIT approach. **The Florida Entomologist**, v. 98, n. 2, p. 665-681, 2015.

ERGÜN, Z. Determination of biochemical contents of fresh, oven-dried, and sun-dried peels and pulps of five apple cultivars (Amasya, Braeburn, Golden Delicious, Granny Smith, and Starking). **Journal of Food Quality**, v. 2021, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9916694>

FLETCHER, B. S. The biology of Dacine fruit flies. **Annual Review of Entomology**. v. 32, n. 1, p. 115-144, 1987.

**Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Relatório sobre: “Como alimentar o mundo em 2050” (documento em inglês), 2009. Disponível em:  
<[https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050\\_Global\\_Agriculture.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf)>. Acesso: 08 fev. 2024

FUKASE, E.; MARTIN, W. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. **World Development**, v. 132, p. 104954, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104954>

GALLI, J. A.; MICHELOTTO, M. D.; CARREGA, W. C.; FISCHER, I. H. Attractive lures for fruit flies in an organic guava orchard. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, 2019. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000682018>

GARCIA, F. R.; RICALDE, M. P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. **Insects**, v. 4, n. 1, p. 55-70, 2012. <https://doi.org/10.3390/insects4010055>

GIARDINI, M. C.; NIEVES, M.; SCANNAPIECO, A. C.; CONTE, C. A.; MILLA, F. H.; SCHAPOVALOFF, M. E.; FRISOLO, M. S.; REMIS, M. I.; CLADERA, J. L.; LANZAVECCHIA, S. B. Geographic distribution of sex chromosome polymorphism in *Anastrepha fraterculus* sp. 1 from Argentina. **BMC Genetics**, v. 21, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12863-020-00944-1>

GIUSTINA, P. D.; MASTRANGELO, T.; AHMAD, S.; MASCARIN, G.; CACERES, C. Determining the sterilization doses under hypoxia for the novel black pupae

genetic sexing strain of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Insects**, v. 12, n. 4, p. 308, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12040308>

GOANE, L.; CARRIZO, B. N.; RUIZ, M. J.; BACHMANN, G. E.; MILLA, F. H.; SEGURA, D. F.; KUZMICH, D.; WALSE, S.; VERA, M. T. Behavioural and electrophysiological response of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) to a  $\gamma$ -lactone synthetic semiochemical. **Insects**, v. 14, n. 2, p. 206, 2023. <https://doi.org/10.3390/insects14020206>

GOANE, L.; PEREYRA, P. M.; CASTRO, F.; RUIZ, M. J.; JUÁREZ, M. L.; SEGURA, D. F.; VERA, M. T. Yeast derivatives and wheat germ in the adult diet modulates fecundity in a tephritid pest. **Bulletin of Entomological Research**, v. 109, n. 2, p. 178-190, 2019. <https://doi:10.1017/S0007485318000305>

GOANE, L.; SALGUEIRO, J.; PEREYRA, P. M.; ARCE, O. E.; RUIZ, M. J.; NUSSENBAUM, A. L.; SEGURA, D. F.; VERA, M. T. Antibiotic treatment reduces fecundity and nutrient content in females of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in a diet dependent way. **Journal of Insect Physiology**, v. 139, p. 104396, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2022.104396>

GONZÁLEZ J.B.; VARGAS C.V.; JARA B.P. Estudios sobre la aplicación de la técnica de machos estériles en el control de la mosca sudamericana de la fruta, *Anastrepha fraterculus* (Wied). **Revista Peruana de Entomología**, v.14, n.1, p.66-86, 1971.

GRANDISON, R. C.; PIPER, M. D.; PARTRIDGE, L. Amino-acid imbalance explains extension of lifespan by dietary restriction in *Drosophila*. **Nature**, v. 462, n. 7276, p. 1061-1064, 2009.

GRIFFITHS, G. J. K.; HOLLAND, J. M.; BAILEY, A.; THOMAS, M. B. Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control. **Biological Control**, v.45, p.200-209, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.09.002>

GROVÉ, T.; DE JAGER, K.; THELEDI, M. L. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) and *Thaumatotibia leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) associated with fruit of the family Myrtaceae Juss. in South Africa. **Crop Protection**, v. 116, p. 24-32, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.10.008>

HENDRICHS, J. The sterile insect technique world wide, pp. 25–53. In: **Proceedings, Seminar, Madeira Med: Sterile Insect Technique as an Environmentally Friendly and Effective Insect Control System**. Madeira Regional Direction of Agriculture, 2001.

HENDRICHS, J.; PEREIRA, R.; VREYSEN, M. J. Area-Wide Integrated Pest Management: development and field application. **CRC Press**, 2021.

HENDRICHS, M. A.; WORNOAYPORN, V.; KATSOYANNOS, B.; HENDRICHS, J. Quality control method to measure predator evasion in wild and mass-reared Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). **The Florida Entomologist**, v. 90,

n. 1, p. 64-70, 2007. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[64:QCMTMP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[64:QCMTMP]2.0.CO;2)

HEVE, W. K.; EL-BORAI, F. E.; CARRILLO, D.; DUNCAN, L. W. Biological control potential of entomopathogenic nematodes for management of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* Loew (Tephritidae). **Pest Management Science**, v. 6, p.1220-1228, 2016. <https://doi.org/10.1002/ps.4447>

ISMAN, M. B. Challenges of pest management in the twenty first century: new tools and strategies to combat old and new foes alike. **Frontiers in Agronomy**, v. 1, p. 2, 2019. <https://doi.org/10.3389/fagro.2019.00002>

JACOME, I.; ALUJA, M.; LIEDO, P. Impact of adult diet on demographic and population parameters of the tropical fruit fly *Anastrepha serpentina* (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 89, p. 165-175, 1999.

JACOME, I.; ALUJA, M.; LIEDO, P.; NESTEL, D. The influence of adult diet and age on lipid reserves in the tropical fruit fly *Anastrepha serpentina* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 41, n. 12, p. 1079-1086, 1995.

JAHNKE, S. M.; GEBBERS, R.; ZANOTTA, D. C.; INTREB, J. Differences in optical properties of males and females pupae of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 47, n. 1, 2021. <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.8945>

JOACHIM-BRAVO, I. S.; FERNANDES, O. A.; BORTOLI, S. A.; ZUCOLOTO, F. S. Oviposition preference hierarchy in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): influence of female age and experience. **Iheringia. Série Zoologia**, p. 93-100, 2001.

JUNG, J., MAEDA, M.; CHANG, A.; BHANDARI, M.; ASHAPURE, A.; LANDIVAR-BOWLES, J. The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 70, p. 15-22, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.09.003>

KAPRANAS, A.; COLLATZ, J.; MICHAELAKIS, A.; MILONAS, P. Review of the role of sterile insect technique within biologically-based pest control—An appraisal of existing regulatory frameworks. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 170, n. 5, p. 385-393, 2022. <https://doi.org/10.1111/eea.13155>

KASPI, R.; YUVAL, B. Post-teneral protein feeding improves sexual competitiveness but reduces longevity of mass-reared sterile male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Annals of The Entomological Society of America**, v. 93, n. 4, p. 949-955, 2000.

KLASSEN, W. LINDQUIST, D. A.; BUYCKX, E. J. Overview of the joint FAO/IAEA Division's involvement in fruit fly sterile insect technique programs. *In*: CALKINS, C. O.; KLASSEN, W. LIEDO, P. (Eds.). **Fruit Flies and the Sterile Insect Technique**, pp. 3-26. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1994.

KLASSEN, W.; CURTIS, C. F.; HENDRICH, J. History of the sterile insect technique. *In*: DYCK, V. A.; HENDRICH, J.; ROBINSON, A. S. **Sterile insect technique: principles and practice in Area-Wide Integrated Pest Management**. CRC Press, Boca Raton, p. 1-44, 2021.

KLESENER, D. F.; DE OLIVEIRA MENEZES, J. R. A.; DOS SANTOS, R. S. S. Ocorrência e flutuação populacional de insetos-praga em pomares de macieira da região norte do Paraná. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 115, n. 2, p. 201-208, 2016.

KNIPLING, E. F. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. **Journal of Economic Entomology**, v. 48, n. 4, p. 459-462, 1955

KNIPLING, E. F. The basic principles of insect population suppression and management. **United States Department of Agriculture**, 1979.

KOVALESKI, A. Laboratório Moscasul: uma estrutura modular para o desenvolvimento de alternativas de manejo da mosca-das-frutas *Anastrepha fraterculus*. **Agapomi**, n. 268, p. 12, set. 2016.

KOVALESKI, A.; MASTRANGELO, T. MOSCASUL programme: first steps of a pilot project to suppress the South American fruit fly in southern Brazil. *In*: **Area-Wide Integrated Pest Management**. CRC Press, 2021. p. 215-230.

KOVALESKI, A.; PARANHOS, B. A. A organização da pesquisa em moscas-das-frutas na Embrapa e o Projeto Moscasul. **Anais XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia; IX Congresso Latino-americano de Entomologia**, 2016.

KOVALESKI, A.; RIBEIRO, L.G. Manejo de pragas na produção integrada de maçã. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica**, v. 34, p. 8, 2002.

KOVALESKI, A.; SUGAYAMA, R. L. E.; MALAVASI, A. Movement of *Anastrepha fraterculus* from native breeding sites into apple orchards in Southern Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 91, n. 3, p. 459-465, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1999.00514.x>

KRÜGER, A. P.; FERREIRA, M. S.; MARTINS, L. N.; TEIXEIRA, C. M.; SCHLESENER, D. C.; DEPRA, M.; GARCIA, F. R. Impact of gamma radiation dose on sterility and quality parameters of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, p. e20190249, 2021. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190249>

LEE, K. P.; SIMPSON, S. J.; CLISSOLD, F. J.; BROOKS, R.; BALLARD, J. W. O.; TAYLOR, P. W.; SORAN, N.; RAUBENHEIMER, D. Lifespan and reproduction in *Drosophila*: new insights from nutritional geometry. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 7, p. 2498-2503, 2008.

LI, Z.; JIANG, F.; MA, X.; FANG, Y.; SUN, Z.; QIN, Y.; WANG, Q. Review on prevention and control techniques of Tephritidae invasion. **Plant Quarantine**, v. 27, n. 2, p. 1-10, 2013.

LIEDO, P.; OROZCO, D.; CRUZ-LÓPEZ, L.; QUINTERO, J. L.; BECERRA-PÉREZ, C.; DEL REFUGIO HERNÁNDEZ, M.; OROPEZA, A.; TOLEDO, J. Effect of post-teneral diets on the performance of sterile *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* fruit flies. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 49-60, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01568.x>

LOUZEIRO, L. R. F.; DE SOUZA-FILHO, M. F.; RAGA, A.; GISLOTI, L. J. Incidence of frugivorous flies (Tephritidae and Lonchaeidae), fruit losses and the dispersal of flies through the transportation of fresh fruit. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 24, n. 1, p. 50-60, 2021.

MACHADO, A. E.; SALLES, L. A.; LOECK, A. E. Exigências térmicas de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) e estimativa do número de gerações anuais em Pelotas, RS. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 3, p. 573-578, 1995.

MACHADO, A. E.; SALLES, L. A.; LOECK, A. E. Exigências térmicas de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) e estimativa do número de gerações anuais em Pelotas, RS. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 3, p. 573-578, 1995.

MALAVASI, A. J. S.; ZUCCHI, R. A. Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil. Conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: **Holos**, p.320, 2000.

MALAVASI, A.; MORGANTE, J. S.; PROKOPY, R. J. Distribution and activities of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) flies on host and nonhost trees. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 76, n. 2, p. 286-292, 1983.

MALAVASI, A.; MORGANTE, J. S.; PROKOPY, R. J. PROKOPY, RONALD J. Distribution and activities of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) flies on host and nonhost trees. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 76, n. 2, p. 286-292, 1983.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Fruit Flies of Economic Importance in Brazil: Basic and Applied Knowledge**. Holos, Ribeirão Preto, SP, Brazil. Biogeography. p. 93-98, 2000.

MARCHIORI, C. H. Study of the ecology of the Tephritidae family (Insecta: Diptera). **Open Access Research Journal of Life Sciences**, 2021. <https://doi.org/10.53022/oarjls.2021.2.1.0136>

MARTINS, J. C. **Aspectos biológicos de *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae) em dieta artificial sob diferentes condições de laboratório**. 1986. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo.

MASTRANGELO, T.; KOVALESKI, A.; BOTTEON, V.; SCOPEL, W.; COSTA, M. D. L. Z. Optimization of the sterilizing doses and overflooding ratios for the South American fruit fly. **PLoS One**, v. 13, n. 7, p. e0201026, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201026>

MASTRANGELO, T.; KOVALESKI, A.; MASET, B.; COSTA, M. D. L. Z.; BARROS, C.; LOPES, L. A.; CACERES, C. Improvement of the mass-rearing protocols for the south american fruit fly for application of the Sterile Insect Technique. **Insects**, v. 12, n. 7, p. 622, 2021.

MEATS, A.; HOLMES, H. M.; KELLY, G. L. Laboratory adaptation of *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae) decreases mating age and increases protein consumption and number of eggs produced per milligram of protein. **Bulletin of Entomological Research**, v. 94, n. 6, p. 517-524, 2004.

MIGANI, V.; EKESI, S.; HOFFMEISTER, T. S. Physiology vs. environment: what drives oviposition decisions in mango fruit flies (*Bactrocera invadens* and *Ceratitidis cosyra*)? **Journal of Applied Entomology**, v. 138, n. 6, p. 395-402, 2014.

MITCHELL, S.; TANAKA, N.; STEINER, L. F. Methods of Mass Culturing Melon Flies and Oriental and Mediterranean Fruit Flies. **United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service**; ARS: Hilo, HI, USA, pp. 33–104, 1965.

MONTEIRO, L. B.; NISHIMURA, G.; MONTEIRO, R. S. Natural parasitism in fruit fly (Diptera: Tephritidae) and interaction with wild hosts surrounding apple orchards adjacent to Atlantic Forest fragments in Paraná State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e250505, 2021. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.250505>

MONTOYA, P.; LIEDO, P.; BENREY, B.; CANCINO, J.; BARRERA, J. F.; SIVINSKI, J.; ALUJA, M. Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v. 18, n. 3, p. 216-224, 2000.

MONTOYA, P.; LOPEZ, P.; CRUZ, J.; LOPEZ, F.; CADENA, C.; CANCINO, J.; LIEDO, P. Effect of *Diachasmimorpha longicaudata* releases on the native parasitoid guild attacking *Anastrepha* spp. larvae in disturbed zones of Chiapas, Mexico. **BioControl**, v. 62, p. 581-593, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9826-8>

MORAIS, M. C.; RAKES, M.; PADILHA, A. C.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E.; BERNARDI, O.; BERNARDI, D. Susceptibility of Brazilian populations of *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae), and *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 3, p. 1291-1297, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab050>

MORELLI, R.; COSTA, K. Z.; FAGIONI, K. M.; COSTA, M. D. L. Z.; NASCIMENTO, A. S. D.; PIMENTEL, R. M. D. A.; WALDER, J. M. M. New protein sources in adults diet for mass-rearing of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, p. 827-833, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000600004>

MOSCAMED. Linhas de ação Bahia: Biofábrica Moscamed Brasil, 2012. Disponível em: <<http://moscamed.org.br/linhas-de-acao>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

NAVA, D. E. Perspectivas do sistema de manejo integrado de mosca das frutas: um caminho para o desenvolvimento sustentável da fruticultura no Brasil. V Congresso Brasileiro de Fitossanidade, p. 5. **Anais do Congresso Brasileiro de Fitossanidade (Desafios e Avanços da Fitossanidade)**, Curitiba/PR: CONBRAFF 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211309/1/Dori-760-1835-1-SM.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2024.

NAVA, D. E.; BOTTON, M. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitidis capitata* em pessegueiro. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 29, (**Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315**), 2010.

NORA, I.; HICKEL, E. R. Pragas da macieira. **A cultura da macieira**, Epagri: Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária 463-525, 2006.

NORRBOM, A. L.; KORYTKOWSKI, C. A. New species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae), with a key for the species of the megacantha clade. **Zootaxa**, v. 3478, p. 510-552, 2012.

NORRBOM, A. L.; KORYTKOWSKI, C. A.; ZUCCHI, R. A.; URAMOTO, K.; VENABLE, G. L.; MCCORMICK, J.; DALLWITZ, M. J. *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys. In: DALLWITZ, M.; PAINE, T.; ZURCHER, E. (Eds.). **INTKEY for Windows**. Version, v. 5, 2012.

NORRBOM, A. L.; ZUCCHI, R. A.; HERNÁNDEZ-ORTIZ, V. Phylogeny of the genera *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini) based on morphology. In: **Fruit Flies (Tephritidae)**. CRC Press, p. 317-360. 1999.

NUNES, A. M.; COSTA, K. Z.; FAGGIONI, K. M.; COSTA, M. D. L. Z.; GONÇALVES, R. D. S.; WALDER, J. M. M.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E. Dietas artificiais para a criação de larvas e adultos da mosca-das-frutas sul-americana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1309-1314, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000001>

NUNES, M. Z.; BERNARDI, D.; BARONIO, C. A.; PASINATO, J.; BALDIN, M.; BOTTON, M. A laboratory bioassay method to assess the use of toxic bait on *Anastrepha fraterculus* (Weidemann 1830). **Neotropical Entomology**, v. 49, p. 124-130, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00728-y>

NUNES, M. Z.; BOFF, M. I. C.; DOS SANTOS, R. S.; FRANCO, C. R.; WILLE, P. E.; DA ROSA, J. M.; DO AMARANTE, C. V. Damage and development of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in fruits of two pear cultivars. **Agrociencia**, v. 19, n. 2, p. 42-48, 2015.

ONO, H.; HEE, A. K. W.; JIANG, H. Recent advancements in studies on chemosensory mechanisms underlying detection of semiochemicals in Dacini fruit flies of economic importance (Diptera: Tephritidae). **Insects**, v. 12, n. 2, p. 106, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12020106>

OROZCO-DÁVILA, D.; QUINTERO-FONG, L. A new adult diet formulation for sterile males of *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 4, p. 1693-1699, 2015. <https://doi.org/10.1093/jee/tov162>

ORTIZ G. Introduction. *In: Proceedings of a workshop organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture*. IAEA-TECDOC-1064; p. 1-2, 1999.

OVIEDO, A.; NESTEL, D.; PAPADOPOULOS, N. T.; RUIZ, M. J.; PRIETO, S. C.; WILLINK, E.; VERA, M. T. Management of protein intake in the fruit fly *Anastrepha fraterculus*. **Journal of Insect Physiology**, v. 57, n. 12, p. 1622-1630, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.08.013>

OVRUSKI, S.; ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; WHARTON, R. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 5, n. 2, p. 81-107, 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1009652431251>

PARANHOS, B. A. J.; ALVARENGA, C. D.; ADAIME, R.; GAVA, C. A. T.; NAVA, D. E. Controle biológico das moscas-das-frutas. *In: ZUCCHI, R. A.; MALAVASI, A.; ADAIME, R. NAVA, D. E. (Eds.). Moscas-das-frutas no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Piracicaba: FEALQ, v.1, pp. 387-417, 2023.

PARANHOS, B. A. J.; DE SA, L. A. N.; MANOUKIS, N. C.; PRADO, S. D. S.; MORELLI, R.; NAVA, D. E.; JANG, E. Competição interespecífica entre o parasitoide exótico *Fopius arisanus* e o nativo *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera Braconidae) em *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **13<sup>th</sup> Simpósio de Controle Biológico**, Bonito, Mato Grosso do Sul, 2013.

PARANHOS, B. J.; ALVES, R. M. de A.; BARBOSA, F. R.; HAJI, N. P.; NASCIMENTO, A. S.; VIANA, R.; CORSATO, C. A.; SAMPAIO, R.; MALAVASI, A.; WALDER, J. M. M. A importância da técnica do inseto estéril (TIE) para a fruticultura nordestina. *In: CARVALHO, J. M. M. de (Org.). Apoio do BNB à pesquisa e desenvolvimento da fruticultura regional*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, cap. 2, p. 29-51. 2009.

PARANHOS, B. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Controle biológico de moscas-frutas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e26037, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.26037>

PARREÑO, M. A.; SCANNAPIECO, A. C.; REMIS, M. I., JURI, M.; VERA, M. T.; SEGURA, D. F.; CLADERA, J. L.; LANZAVECCHIA, S. B. Dynamics of genetic variability in *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) during adaptation to laboratory rearing conditions. **BMC Genomic Data**, v. 15, n. 2, p. 1-8, 2014. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-15-S2-S14>

PEREIRA, R.; YUVAL, B.; LIEDO, P.; TEAL, P. E. A.; SHELLY, T. E.; MCINNIS, D. O.; HENDRICH, J. Improving sterile male performance in support of programmes integrating the sterile insect technique against fruit flies. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 178-190, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01664.x>

PÉREZ-STAPLES, D.; ABRAHAM, S. Postcopulatory behavior of tephritid flies. **Annual Review of Entomology**, v. 68, p. 89-108, 2023. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120220-113618>

PÉREZ-STAPLES, D.; DÍAZ-FLEISCHER, F.; MONTOYA, P. The sterile insect technique: success and perspectives in the Neotropics. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 2, p. 172-185, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00817-3>

PÉREZ-STAPLES, D.; HARMER, A. M.; COLLINS, S. R.; TAYLOR, P. W. Potential for pre-release diet supplements to increase the sexual performance and longevity of male Queensland fruit flies. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 10, n. 3, p. 255-262, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2008.00385.x>

PÉREZ-STAPLES, D.; PRABHU, V.; TAYLOR, P. W. Post-teneral protein feeding enhances sexual performance of Queensland fruit flies. **Physiological Entomology**, v. 32, n. 3, p. 225-232, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2007.00568.x>

PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; FAZIO, G.; FRANCESCOTTO, P.; LEITE, G. B. Advances in fruit crop propagation in Brazil and worldwide-apple trees. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, p. e-004, 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019004>

PONCIO, S.; NUNES, A. M.; GONÇALVES, R. D. S.; LISBOA, H.; MANICABERTO, R.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E. Strategies for establishing a rearing technique for the fruit fly parasitoid: *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 3, p. 1087-1095, 2018. <https://doi.org/10.1093/jee/toy058>

PREZOTTO, L. F.; PERONDINI, A. L.; HERNÁNDEZ-ORTIZ, V.; FRÍAS, D.; SELIVON, D. What can integrated analysis of morphological and genetic data still reveal about the *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) cryptic species

complex?. **Insects**, v. 10, n. 11, p. 408, 2019. <https://doi.org/10.3390/insects10110408>

QIN, Y.; PAINI, D. R.; WANG, C.; FANG, Y.; LI, Z. Global establishment risk of economically important fruit fly species (Tephritidae). **PloS One**, v. 10, n. 1, p. e0116424, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116424>

RABELO, M. M.; DOS SANTOS, Z. C.; DA CRUZ, C. G.; GIUSTOLIN, T. A.; ALVARENGA, C. D. Processo de domesticação do parasitoide nativo de moscas-das-frutas *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti) em laboratório. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 3, p. 84-97, 2020. <https://doi.org/10.21726/abc.v7i3.140>

RAGA, A.; GALDINO, L. T. Sintomatologia do ataque de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em citros. São Paulo: **Instituto Biológico**, 2017. Disponível em: <<http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/59>>. Acesso: 16 fev. 2024

RAGA, A.; GALDINO, L. T.; SILVA, S. B.; BALDO, F. B.; SATO, M. E. Comparison of insecticide toxicity in adults of the fruit flies *Anastrepha fraterculus* (Wied.) and *Anastrepha grandis* (Macquart) (Tephritidae). **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 25, n. 2, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/43066>

RAGA, A.; SATO, M. E. Effect of spinosad bait against *Ceratitidis capitata* (Wied.) and *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in laboratory. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 815-822, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000500014>

RAMOS, Y. J.; COSTA, T. L.; SANTOS, A. A.; DA SILVA, R. S.; DA SILVA GALDINO, T. V.; PICANÇO, M. C. Geostatistical analysis as essential information for efficient decision making in *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) control in apple orchards. **Crop Protection**, v. 120, p. 50-57, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.019>

REYES-HERNÁNDEZ, M.; DEL CASTILLO, R. M. D.; ABRAHAM, S.; ARREDONDO, J.; PÉREZ-STAPLES, D. Feeding on methoprene increases male accessory gland size and body protein in the Mexican fruit fly. **Physiological Entomology**, v. 46, n. 2, p. 128-137, 2021. <https://doi.org/10.1111/phen.12352>

REYES, C. P.; JAHNKE, S. M.; REDAELLI, L. R. Caracterização ovariana e definição do número de gerações de mosca-das-frutas sul-americana durante o ciclo das culturas em dois pomares na região de Porto Alegre, RS, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, p. 185-192, 2012.

ROBINSON, A. S. Mutations and their use in insect control. **Mutation Research**, v. 511, n. 2, p. 113-132, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1383-5742\(02\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S1383-5742(02)00006-6)

RODRIGUES, D. N. B.; DE ARAÚJO VIANA, T. V.; MARINHO, A. B.; FERREIRA, T. T. S.; AZEVEDO, B. M.; GOMES FILHO, R. R. Fertirrigação potássica na cultura da figueira no semiárido cearense. **Revista Brasileira De Agricultura Irrigada-Rbai**, v. 6, n. 3, 2013. <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V6N300082>

ROMANYUKHA, A. A.; CAREY, J. R.; KARKACH, A. S.; YASHIN, A. I. The impact of diet switching on resource allocation to reproduction and longevity in Mediterranean fruit flies. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 271, n. 1545, p. 1319-1324, 2004. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2719>

ROSA, J. D.; ARIOLI, C. J.; SANTOS, J. D.; MENEZES-NETTO, A. C.; BOTTON, M. Evaluation of food lures for capture and monitoring of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) on temperate fruit trees. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 3, p. 995-1001, 2017. <https://doi.org/10.1093/jee/tox084>

SÁ, L. P.; ALVARENGA, C. D.; SANTOS, Z. C. D.; SOUZA, M. D. D. D. C.; CRUZ, C. G. D.; CAMARGOS, M. G.; GIUSTOLIN, T. A. Parasitism of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) on two fruit fly species. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, p. e0172017, 2018. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000172017>

SALGUEIRO, J.; PIMPER, L. E.; SEGURA, D. F.; MILLA, F. H.; RUSSO, R. M.; ASIMAKIS, E.; STATHOPOULOU, P.; BOURTZIS, K.; CLADERA, J. L.; TSIAMIS, G.; LANZAVECCHIA, S. B. Gut bacteriome analysis of *Anastrepha fraterculus* sp. 1 during the early steps of laboratory colonization. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 570960, 2020. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.570960>

SALLES, L. A. B. Biologia e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* (Wied.), pp. 81-86. *In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.), Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado*. Holos Editora, Ribeirão Preto, São Paulo, SP, Brasil, 2000.

SALLES, L. A. B. Efeito da temperatura constante na oviposição e no ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 22: 57-62, 1992.

SALLES, L. A. B. Principais pragas e seu controle. *In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M. DO C. (Eds.). A cultura do pessegueiro*. Brasília: Embrapa-CPACT, p. 205-24, 1998.

SALLES, L. A. B. Rearing of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann). *In: Proceedings of a workshop organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture*. IAEA-TECDOC-1064; p. 95-100, 1999.

SANTOS, J. P. D.; ARIOLI, C. J.; ROSA, J.; MENEZES-NETTO, A. C. Efficiency of food lures for capture and monitoring of south American fruit fly in Asian pear

orchard. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 722-729, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n323rc>

SANTOS, J. P. D.; MENEZES-NETTO, A. C.; WERNER, S. S.; JUNIOR, J. C. L. Infestação de moscas-das-frutas em hospedeiros nativos na região do Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 35, n. 2, p. 31-36, 2022. <https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1342>

SANTOS, J. P. D.; REDAELLI, L. R.; SANT'ANA, J.; HICKEL, E. R. Flutuação populacional e estimativa do número de gerações de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) em pomar de macieira em Caçador, Santa Catarina, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, 2017. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000482015>

SCOLARI, F.; VALERIO, F.; BENELLI, G.; PAPADOPOULOS, N. T.; VANÍČKOVÁ, L. Tephritid fruit fly semiochemicals: Current knowledge and future perspectives. **Insects**, v. 12, n. 5, p. 408, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12050408>

SCOZ, P. L.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; PASTORI, P. L. Avaliação de atrativos alimentares e armadilhas para o monitoramento de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) na cultura do pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsh). **Idesia**, v.24, p.7-13, 2006. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000200002>

SEGURA, D.; PETIT-MARTY, N.; SCIURANO, R.; VERA, T.; CALCAGNO, G.; ALLINGHI, A.; GÓMEZ, P. C.; CLADERA, J.; VILARDI, J. Lekking behavior of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **The Florida Entomologist**, v. 90, n. 1, p. 154-162, 2007. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[154:LBOAFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[154:LBOAFD]2.0.CO;2)

SHELLY, T.; MCINNIS, D. Sterile insect technique and control of tephritid fruit flies: do species with complex courtship require higher overflooding ratios?. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 109, n. 1, p. 1-11, 2016. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav101>

SILVA NETO, A. M. D.; SANTOS, T. R. D. O.; DIAS, V. S.; JOACHIM-BRAVO, I. S.; BENEVIDES, L. D. J.; BENEVIDES, C. M. D. J.; SILVA, M. V. L.; SANTOS, D. C. C. D.; VIRGÍNIO, J.; OLIVEIRA, G. B.; WALDER, J. M. M.; PARANHOS, B. A. J.; NASCIMENTO, A. S. D. Mass-rearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil. **Scientia Agricola**, v.69, p.364-369, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000600004>

SOARES, D. P.; SOUZA, T. A. N. D.; SANTOS, J. D. O.; GIUSTOLIN, T. A.; ALVARENGA, C. D. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) in mango orchards in the Minas Gerais semi-arid region. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 844-852, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n328rc>

STUPP, P.; JUNIOR, R. M.; CARDOSO, T. D. N.; PADILHA, A. C.; HOFFER, A.; BERNARDI, D.; BOTTON, M. Mass trapping is a viable alternative to insecticides

for management of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in apple orchards in Brazil. **Crop Protection**, v. 139, p. 105391, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105391>

STUPP, P.; RAKES, M.; MARTINS, L. N.; PIOVESAN, B.; OLIVEIRA, D. C.; MIRANDA, J. A. C.; RIBEIRO, L. P.; NAVA, D. E.; BERNARDI, D. Lethal and sublethal toxicities of acetogenin-based bioinsecticides on *Ceratitis capitata* and the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*. **Phytoparasitica** 48, 477 - 489, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00801-y>

SUCKLING, D. M.; KEAN, J. M.; STRINGER, L. D.; CÁCERES-BARRIOS, C.; HENDRICH, J.; REYES-FLORES, J.; DOMINIAK, B. C. Eradication of tephritid fruit fly pest populations: outcomes and prospects. **Pest Management Science**, v. 72, n. 3, p. 456-465, 2016. <https://doi.org/10.1002/ps.3905>

SUGAYAMA, R. L.; BRANCO, E. S.; MALAVASI, A.; KOVALESKI, A.; NORA, I. Oviposition behavior of *Anastrepha fraterculus* in apple and diel pattern of activities in an apple orchard in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 83, n. 3, p. 239-245, 1997. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00178.x>

SUGAYAMA, R.; MALAVASI, A. Ecologia comportamental. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de Importância Econômica no Brasil**: Conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos. p. 103-108, 2000.

TAYLOR, P. W.; PÉREZ-STAPLES, D.; WELDON, C. W.; COLLINS, S. R.; FANSON, B. G.; YAP, S.; SMALLRIDGE, C. Post-teneral nutrition as an influence on reproductive development, sexual performance and longevity of Queensland fruit flies. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 113-125, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01644.x>

TEAL, P. E. A.; PEREIRA, R.; SEGURA, D. F.; HAQ, I.; GÓMEZ-SIMUTA, Y.; ROBINSON, A. S.; HENDRICH, J. Methoprene and protein supplements accelerate reproductive development and improve mating success of male tephritid flies. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 91-98, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01606.x>

TEAL, P. E.; GAVILANEZ-SLONE, J. M.; DUEBEN, B. D. Effects of sucrose in adult diet on mortality of males of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). **The Florida Entomologist**, v. 87, n. 4, p. 487-491, 2004.

TEIXEIRA, R.; AMARANTE, C. V. T.; BOFF, M. I. C.; RIBEIRO, L. G. Controle de pragas e doenças, maturação e qualidade de maçãs' imperial gala' submetidas ao ensacamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.394-401, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000066>

TROMBIK, J.; WARD, S. F.; NORRBOM, A. L. E.; LIEBHOLD, A. M. Global drivers of historical true fruit fly (Diptera: Tephritidae) invasions. **Journal of Pest**

**Science**, v. 96, n. 1, p. 345-357, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10340-022-01498-0>

UMESHA, S.; MANUKUMAR, H. M.; CHANDRASEKHAR, B. Sustainable agriculture and food security. *In: Biotechnology for sustainable agriculture*. Woodhead Publishing, p. 67-92, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00003-9>

VERA, T.; ABRAHAM, S.; OVIEDO, A.; WILLINK, E. Demographic and quality control parameters of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) maintained under artificial rearing. **The Florida Entomologist**, v. 90, n. 1, p. 53-57, 2007. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[53:DAQCPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[53:DAQCPO]2.0.CO;2)

VREYSEN, M. J.; HENDRICH, J.; ENKERLIN, W. R. The sterile insect technique as a component of sustainable Area-Wide Integrated Pest Management of selected horticultural insect pests. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 14, p. 107, 2006.

WALDER, J. M. M.; MORELLI, R.; COSTA, K. Z.; FAGGIONI, K. M.; SANCHES, P. A.; PARANHOS, B. A. J.; BENTO, J. M. S.; COSTA, M. D. L. Z. Large scale artificial rearing of *Anastrepha* sp. 1 aff. *fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 281-286, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-233>

WANG, X.; RAMADAN, M. M.; GUERRIERI, E.; MESSING, R. H.; JOHNSON, M. W.; DAANE, K. M.; HOELMER, K. A. Early-acting competitive superiority in opiine parasitoids of fruit flies (Diptera: Tephritidae): Implications for biological control of invasive tephritid pests. **Biological Control**, v. 162, p. 104725, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104725>

WIJERATHNA-YAPA, A; PATHIRANA, R Sustainable agro-food systems for addressing climate change and food security. **Agriculture**, v. 12, n. 10, p. 1554, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101554>

YAZID, J. B.; CHAFIK, Z.; IMANE, B. I. B. I.; BOUSAMID, A.; KHARMACH, E. Z. Key fruit flies species (Diptera: Tephritidae) reported in Africa and presenting a biosecurity concern in Morocco: An Overview. **Moroccan Journal of Agricultural Sciences**, v. 1, n. 4, 2020.

ZART, M.; FERNANDES, O. A.; BOTTON, M. Bioecologia e controle da mosca-das-frutas sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) na cultura da videira. Embrapa Unidades Centrais; Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica**, 81, 8p., 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPUV-2010/11850/1/cir081.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2024.

ZART, M.; FERNANDES, O. A.; BOTTON, M. Biology and fertility life table of the South American fruit fly *Anastrepha fraterculus* on grape. **Bulletin of Insectology** v. 63, n. 2, p. 237-242, 2010.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. Fruit flies in Brazil-Anastrepha species their host plants and parasitoids. 2008. Disponível em: <[www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/](http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/)>. Acesso em: 02 abr. 2024.