

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

José Max Barbosa Oliveira-Junior

Lenize Batista Calvão

(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2022

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

José Max Barbosa Oliveira-Junior

Lenize Batista Calvão

(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
Prof^o Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^o Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^o Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^o Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^o Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^o Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^o Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^o Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^o Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^o Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^o Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins
Prof^o Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^o Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^a Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense
Prof^o Dr^a Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^o Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^o Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^a Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



Entomologia: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: José Max Barbosa Oliveira-Junior
Lenize Batista Calvão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E61 Entomologia: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2 / Organizadores José Max Barbosa Oliveira-Junior, Lenize Batista Calvão. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0616-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.167221410>

1. Biodiversidade. 2. Fisiologia. 3. Insetos. I. Oliveira-Junior, José Max Barbosa (Organizador). II. Calvão, Lenize Batista (Organizador). III. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book “**Entomologia: Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**” é composto por sete capítulos, que abordam temas relevantes sobre diversos insetos que causam danos a vegetais, incluindo os que são de importância econômica, uso adequado e cauteloso de agrotóxicos, além de estudo de caso de cultivo de bioagentes para controle de pragas. É fundamental que os incentivos financeiros sejam devidamente aplicados no avanço de conhecimento científico para políticas públicas associadas ao manejo adequado em um contexto econômico, médico e veterinário.

Nesse contexto, o **capítulo I** apresenta as estimativas do tempo de desenvolvimento de *Amblypelta nítida* (Hemiptera: Coreidae), um *fruitspotting bug* (FSB) nativo da Austrália que ataca principalmente macadâmia, citros, abacate, pinha, lichia, maracujá, mamão e manga. O tempo de desenvolvimento foi estimado com base nas demandas térmicas ovo-adulto. Identificar anualmente o ciclo desses insetos é fundamental para defesa das plantas atacadas. O **capítulo II** identifica a seleção de princípios ativos de agrotóxicos para o uso de controle químico para o manejo sustentável de *Anastrepha curvicauda* Gertaecker, 1860 (*syn. Toxotrypana curvicauda*) (Diptera: Tephritidae) em cultivo de mamão no Brasil. Sem dúvida essa abordagem auxilia nos planos futuros de enfrentamento no controle da sua entrada no país e também no uso adequado e cauteloso de substâncias que podem ser prejudiciais ao meio ambiente se não manejado de forma adequada. O **capítulo III** sintetiza estudos de aplicação de terapia fotodinâmica antimicrobiana contra diversos patógenos. Um organismo modelo é *Galleria mellonella*, um lepidóptero da família *Pyrilidae*, com grande destaque nas pesquisas envolvendo essa abordagem. O **capítulo IV** avalia relações e variações no tamanho corporal do inseto *Hedypathes betulinus* Klug (1825) (Coleoptera: Cerambycidae). Esse estudo tem implicações importantes em um contexto ecológico e econômico uma vez que o inseto causa a broca da erva-mate. O **capítulo V** demonstra que *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) é um inseto polífago que ataca plantas de importância econômica, e que já causou viroses na América do Sul, por isso prospectar informações preventivas sobre o inseto é fundamental para estabelecer estratégias de manejo. Foram estimadas as quantidades de gerações do inseto sujeitas aos desenvolvimentos nos períodos de maior disponibilidade de flores/frutos da macadâmia. O **Capítulo VI** aborda a importância de aproximar a população dos conhecimentos sobre a doença de Chagas, considerada infecciosa parasitária, orientando como evitar a disseminação desse vetor, bem como destaca a importância de uma vigilância entomológica efetiva. Por fim, o **capítulo VII** demonstra resultados promissores com cultivo de bioagentes como Nematoides entomopatogênicos (NEPs) que são parasitas obrigatórios de insetos e podem ser usados como ferramentas no controle de pragas de

importância agrícola, médica e veterinária.

Esse conjunto de artigos publicados pela Atena Editora traz temas atuais e relevantes.

A você leitor e leitora, desejamos uma excelente leitura!

José Max Barbosa Oliveira-Junior

Lenize Batista Calvão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTIMATIVAS DO DESENVOLVIMENTO DE *Amblypelta nitida* POR DEMANDAS TÉRMICAS EM ÁREA DE MACADÂMIA DE SÃO PAULO

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Rafael Mingoti

Leonardo Massaharu Moriya

Pedro Luís Blasi de Toledo Piva

Micaela de Souza Diogo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214101>

CAPÍTULO 2..... 14

ESTRATÉGIAS PROSPECTIVAS DE USO DE CONTROLE QUÍMICO PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE *Anastrepha curvicauda* EM MAMÃO

Vera Lucia Ferracini

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Rafael Mingoti

Giovanna Galhardo Ramos

Bárbara de Oliveira Jacomo

Marco Antonio Ferreira Gomes

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Beatriz de Aguiar Giordano Paranhos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214102>

CAPÍTULO 3..... 51

O USO DA *Galleria mellonella* COMO MODELO EXPERIMENTAL PARA TERAPIA FOTODINÂMICA ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Bruno Luís Lima Soares

Bruno Vinicius Daquila

Bárbara Emanoele Costa Oliveira

Luís Cláudio Nascimento da Silva

Helio Conte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214103>

CAPÍTULO 4..... 63

MORFOMETRIA DE APÊNDICES LOCOMOTORES DAS FÊMEAS DE *HEDYPATHES BETULINUS* KLUG (1825) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE).

Marcelo Costa

Maria Eliza Miyoko Tomotake

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214104>

CAPÍTULO 5..... 71

***Scirtothrips dorsalis* E PROSPECÇÃO DE SEU DESENVOLVIMENTO EM CONDIÇÃO TÉRMICA DE DOIS CÓRREGOS, SP**

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Leonardo Massaharu Moriya

Rafael Mingoti
Jeanne Scardini Marinho-Prado
Pedro Luís Blasi de Toledo Piva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214105>

CAPÍTULO 6..... 90

MÉTODOS DE CONTROLE DE TRIATOMÍNEOS

Gledson Micael da Silva Leite
Francisco Roberto de Azevedo
Estelita Lima Cândido

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214106>

CAPÍTULO 7..... 101

NEMATOIDE ENTOMOPATOGÊNICO: UM RESUMO

Laura Vaillant Ribeiro Mauri
Alixelhe Pacheco Damascena
Dirceu Pratissoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214107>

SOBRE OS ORGANIZADORES 114

ÍNDICE REMISSIVO..... 115

CAPÍTULO 1

ESTIMATIVAS DO DESENVOLVIMENTO DE *Amblypelta nitida* POR DEMANDAS TÉRMICAS EM ÁREA DE MACADÂMIA DE SÃO PAULO

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 19/08/2022

Maria Conceição Peres Young Pessoa

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

Rafael Mingoti

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

Leonardo Massaharu Moriya

QueenNut Indústria e Comércio Ltda
Dois Córregos – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1926872205054500>

Pedro Luís Blasi de Toledo Piva

QueenNut Indústria e Comércio Ltda
Dois Córregos – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0479949355393817>

Micaela de Souza Diogo

Bolsista Embrapa Meio Ambiente/graduanda
Ciências Biológicas-PUCCampinas (período:
04/janeiro a 30/junho 2021)
Jaguariúna- São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1089702799940393>

RESUMO: *Amblypelta nitida* (Stal) (Hemiptera: Coreidae), um *fruitspotting bug* (FSB) nativo da Austrália, ataca principalmente macadâmia, citros, abacate, pinha, lichia, maracujá, mamão e manga. Este inseto foi priorizado pelo Projeto InsetoNut (Embrapa SEG 30.19.90.011.00.00)

como um dos insetos exóticos para estudos preventivos, considerando áreas brasileiras produtoras de macadâmia. O seu ciclo de vida consiste das seguintes fases: ovo, ninfa (com cinco instares) e adulta. Temperaturas locais podem influenciar no tempo de desenvolvimento das fases, e assim no número de gerações, sendo importante conhecimento para estratégias de controles químico e biológico. Informações de demandas térmicas de fases imaturas de *A. nitida* estão disponíveis na literatura e temperaturas (máxima e mínima) locais brasileiras no BDMEP/INMET. Este trabalho apresenta as estimativas dos tempos de desenvolvimento de *Amblypelta nitida*, com base em suas demandas térmicas, em condição climática semelhante à da área de macadâmia de Dois Córregos, SP. Considerando a demanda térmica de ovo-adulto e as temperaturas locais, o inseto poderia alcançar, nos períodos de: a) janeiro a dezembro: 6 gerações completas (GC) e tempo de desenvolvimento médio (TDM) de 51,8 dias \pm 15,2 dias; e b) junho a outubro: duas GC e TDM de 60,5 \pm 20,5 dias. Os seguintes GC e TDM foram obtidos considerando as temperaturas locais e as demandas térmicas de ovo e de cada instar ninfal (N1 a N5) nos períodos de: a) janeiro a dezembro: seis GC e ADT de 9,3 \pm 2,4 dias para ovo, 3,4 \pm 1,0 dias para N1, 8,7 \pm 3,4 dias para N2, 8,6 \pm 2,8 dias para N3, 8,4 \pm 2,5 dias para N4 e 10,0 \pm 2,2 dias para N5; e b) junho a outubro: duas GC e TDM de 11,0 \pm 3,0 dias para ovo, 4,0 \pm 1,0 dias para N1, 10,0 \pm 4,4 dias para N2, 9,0 \pm 2,6 dias para N3, 10,0 \pm 2,8 dias para N4 e 10,5 \pm 2,1 dias para N5.

PALAVRAS-CHAVE: Fruitspotting bug (FDB),

estimativas numéricas, graus-dias, macadâmia, Brasil.

ESTIMATES OF THE DEVELOPMENT OF *Amblypelta nitida* BY THERMAL DEMANDS IN AREA OF MACADAMIA OF SÃO PAULO

ABSTRACT: *Amblypelta nitida* (Stal) (Hemiptera: Coreidae), a fruitspotting bug (FSB) endogenous from Australia, attacks mainly macadamia, citrus, avocado, custard apple, lychee, passion fruit, papaya, and mango. This insect was prioritized by the InsetoNut Project (Embrapa SEG 30.19.90.011.00.00) as one of the exotic insects for preventive studies considering Brazilian macadamia producing areas. Its life cycle consists of the following phases: egg, nymph (with five instars), and adult. Local temperature can influence the duration of these phases, hence the number of generations, which is important knowledge for chemical and biological control strategies. Information on thermal requirements of immature phases of *A. nitida* is available in literature and Brazilian local temperatures (maximum and minimum) in BDMEP/INMET. The present work presents the estimates of the developmental times of *Amblypelta nitida* taking into account its thermal requirements in climatic conditions similar to those of the macadamia growing area of Dois Córregos, São Paulo State. Considering the thermal requirement from egg to adult, the insect could reach in the period of: a) January to December: six complete generations (CG) and average development time (ADT) of 51.8 ± 15.2 days; and b) June to October: two CG and ADT of 60.5 ± 20.5 days. The following CG and ADT were obtained considering thermal demands for egg and for each nymphal instar (N1-N5) in the period of: a) January to December: six CG and ADT of 9.3 ± 2.4 days for egg, 3.4 ± 1.0 days for N1, 8.7 ± 3.4 days for N2, 8.6 ± 2.8 days for N3, 8.4 ± 2.5 days for N4, and 10.0 ± 2.2 days for N5; and b) June to October: two CG and ADT of 11.0 ± 3.0 days for egg, 4.0 ± 1.0 days for N1, 10.0 ± 4.4 days for N2, 9.0 ± 2.6 days for N3, 10.0 ± 2.8 days for N4, and 10.5 ± 2.1 days for N5.

KEYWORDS: Fruit spotting bug (FSB), numerical estimates, degree-days, macadamia, Brazil.

1 | INTRODUÇÃO

O Projeto “Levantamento da entomofauna associada presente e identificação de insetos-pragas exóticos ausentes com potencial de dano ao cultivo da macadâmia”-InsetoNut” (Embrapa SEG 30.19.90.011.00.00), em desenvolvimento pela Embrapa e QueenNut Indústria de Alimentos Ltda., vem estudando inseto-pragas exóticas do cultivo da noz macadâmia, em caráter preventivo a virem a acometer os cultivos nacionais com foco na área produtora do município de Dois Córregos, SP. *Amblypelta nitida* (Stal) (Hemiptera: Coreidae) foi uma das pragas exóticas identificadas e priorizadas pelo projeto, com base em informações sobre sua biologia, preferências e outros comportamentos de interesse recuperados em literatura técnico-científica internacional.

Amblypelta nitida é um inseto-praga polífago Australiano pertencente ao grupo dos *fruitspotting bugs* (FSB). Este inseto causa danos à diversas culturas hortícolas tropical e subtropical da Austrália, incluindo fruteiras e nozes comerciais, sendo os cultivos de

macadâmia, citros, abacate, pinha, lichia, maracujá, mamão e manga os mais comumente afetados (HUWER et al., 2016, 2015; GOVENDER, 2015; DANNE et al 2013; O´HARE et al., 2004); os quais também são de importância econômica para o Brasil. Acrescenta-se ainda que Govender (2015) citou *A. nitida* como uma das pragas mais comuns do cultivo de macadâmia da Austrália.

O ciclo de vida de *A. nitida* apresenta as fases imaturas de ovo e ninfa (com cinco estádios, ou instares, ninfais) e a adulta (GOVENDER, 2015; DANNE et al, 2013; O´HARE et al., 2004). O ovo é depositado pela fêmea sobre as nozes, folhas (frequentemente nas bordas) ou ramos terminais (O´HARE et al., 2004). A fase ninfal do inseto também pode ser encontrada em hospedeiros alternativos, tais como murta-de-cheiro (*Murraya paniculata* L.), motivo pelo qual foi citada, juntamente com macadâmia, como plantas adequadas para uso no monitoramento do inseto por armadilhas, como vem sendo realizado em New South Wales, Austrália, durante o ano todo (BRIGHT, 2021; HUWER et al., 2016; O´HARE et al., 2004). Ressalta-se também que *M. paniculata* é um arbusto ornamental muito encontrado em jardins de áreas urbanas brasileiras, além de ser planta hospedeira de *Diaphorina citri* Kuwayama, inseto-vetor do *Huanglongbing* (HLB) ou *greening* dos citros. O´Hare et al. (2004) disponibilizaram o tempo necessário para ocorrer o acasalamento de *A. nitida* e de *A. lutescens lutescens* (espécie do mesmo gênero) como sendo 5 dias após a emergência do adulto das espécies. Essa informação corrobora com o tempo de desenvolvimento médio da fêmea pré-ovipositora de *A. nitida*, o qual foi informado estar na faixa de 5-10 dias para *Amblypelta lutescens lutescens* (GOVENDER, 2015 citando HUWER, 1996).

Os danos de *A. nitida* são causados pela alimentação do inseto nas fases ninfal e adulta e podem ocorrer em qualquer fase do desenvolvimento da noz (IRONSIDE, 1996), porém são maiores quando ocorrem na fase de flores e frutos verdes (BRIGHT, 2021; GOVENDER e FURLONG, 2016; HUWER et al, 2015; IRONSIDE, 1996). Nesta fase, potencializam as perdas comerciais, principalmente pelos estragos causados nas cascas e nas amêndoas das nozes, onde deixam marcas e manchas que ocasionam perdas decorrentes, mesmo em menores densidades populacionais (GOVENDER e FURLONG, 2016; HUWER et al, 2015; IRONSIDE, 1996). Bright (2021) cita que os primeiros sinais de manifestação de dano por *A. nitida* em macadâmia dá-se pela acentuada e prematura queda de frutos verdes jovens. Há relatos em literatura de que os ataques do inseto são mais severos em pomares com a presença de matas naturais ou florestas no entorno (O´HARE et al., 2004).

O impacto econômico de *A. nitida* na cultura da macadâmia foi apresentado por Huwer et al. (2015) citando Starkey (dados não publicados) como sendo da ordem de \$ 8.975M/ano, principalmente em decorrência de redução de produção na propriedade (10-15%), do aumento de custos de produção e de processamento (7% e 5%, respectivamente), da redução de rendimento da amêndoa (*kernel*) no processamento (25%) e da qualidade/ produto final (5%).

O manejo conduzido no exterior indicou que para reduzir as perdas provocadas pela presença de *A. nitida* na cultura de macadâmia ações para viabilizar a diminuição do número de ninfas, desde seus primeiros instares, devem ser tomadas (GOVENDER e FURLONG, 2016). Reportam ainda a necessidade de realização de monitoramentos locais capazes de identificar a presença de ninfas de 5° instar, por se tratar do instar indicador utilizado pelo limiar de ação de controle (>30% do FSB no 5° instar) (BRIGHT, 2020; HUWER et al, 2016). Além do controle químico, o controle biológico da fase de ovo de *A. nitida* pelo parasitoide *Anastatus sp.* (Hymenoptera: Eupelmidae) e das fases ninfal e adultas por *Trichopoda giacomellii* (Blanchard) (sin. *Eutrichopodopsis nitens* Blanchard) (Diptera: Tachinidae) também vêm sendo salientados como promissores (BRIGHT, 2020; GOVENDER e FURLONG, 2016; GOVENDER, 2015; HUWER et al., 2015). Por essa razão, identificar os períodos de maior disponibilidade dessas fases do ciclo de vida de *A. nitida* em condições climáticas de áreas produtoras de macadâmia no ambiente nacional, bem como os seus respectivos tempos de desenvolvimentos (em dias), são prioritários para colaborar com as estratégias preventivas de controle desse FSB.

Fatores climáticos locais interferem no tempo de desenvolvimento das fases do ciclo de vida de insetos-pragas, favorecendo a ocorrência de maior ou menor número de gerações (SALVADORI e PARRA, 1990; SILVEIRA NETO et al., 1977). Métodos numéricos vêm propiciando estimar o tempo de duração dessas fases, incluindo instares (estádios), considerando suas respectivas demandas térmicas (somas e limiares térmicos) exigidos e fatores climáticos nacionais locais (PESSOA, 2019a,b, 2016a,b,1994; PESSOA, MARINHO-PRADO e SÁ, 2014, 2013). Dados biológicos indicando as demandas térmicas de *Amblypelta nitida*, auferidas a partir de estudos realizados no intervalo de 10 a 35 °C (com temperatura variando de 5 em 5 °C) estão disponíveis (GOVENDER e FURLONG, 2016; GOVENDER, 2015), indicando a soma térmica (Σ) de fases imaturas e as suas respectivas temperaturas-base inferiores (T_b) necessárias. Não foi identificado conhecimento existente e disponibilizado sobre demandas térmicas da fase adulta. Do mesmo modo, não foram encontradas em literatura técnico-científica disponível para acesso a informação sobre o tempo de desenvolvimento médio da fêmea pré-ovipositora de *A. nitida*, porém este já foi determinado para a espécie do mesmo gênero *Amblypelta lutescens lutescens* (Hemiptera: Coreidae) (GOVENDER, 2015 citando HUWER, 1996). Com base nessa informação é possível determinar a disponibilidade de fêmeas ativas e, portanto, estimar o início de novas posturas de ovos.

Este trabalho teve por objetivo realizar estimativas numéricas de tempos de desenvolvimentos das fases imaturas e de ovo à ocorrência de fêmea ativa de *Amblypelta nitida* por demandas térmicas em condições climáticas semelhantes àquelas da área produtora de macadâmia de Dois Córregos, SP. Nesse contexto, avaliou, separadamente, cenários considerando os períodos de janeiro a dezembro e de junho a outubro, este último conhecido como o de maior disponibilidade de flores e frutos verdes na macadâmia,

preferencial ao ataque do inseto.

21 ESTIMATIVAS DO DESENVOLVIMENTO DE *AMBLYPELTA NITIDA* POR DEMANDAS TÉRMICAS EM CONDIÇÕES DE CULTIVO DE MACADÂMIA DE DOIS CÓRREGOS, SP

As estimativas numéricas de tempos de desenvolvimentos das fases imaturas e de ovo à ocorrência de fêmea ativa de *Amblypelta nitida* foram obtidas por demandas térmicas do inseto considerando as condições climáticas (térmicas) semelhantes aquelas da área produtora de macadâmia de Dois Córregos, SP.

Dois cenários foram considerados, separadamente, nessas análises de demandas térmicas, a saber um considerando o período de um ano consecutivo (janeiro a dezembro), com início da infestação em janeiro, e o segundo abordando o período de existência de estruturas reprodutivas (flores e frutos verdes), a saber junho a outubro com início da infestação em junho.

Dados de fatores climáticos diários foram recuperados da estação climática de Barra Bonita (A741) do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período de 2008 a 2020. Esta estação foi utilizada por estar localizada mais próxima às coordenadas geográficas da área alvo de macadâmia de Dois Córregos, SP. Os dados recuperados foram disponibilizados em planilha Microsoft Excel e reorganizados para viabilizar as obtenções de dados médios mensais das T_{min} e T_{max} e gráfico. As T_{max} e T_{min} médias mensais obtidas e consideradas para a área de cultivo de macadâmia de Dois Córregos são apresentadas a seguir (**Figuras 1**). Observaram-se períodos de diminuições das T_{min} e T_{max} médias ocorrendo principalmente de fevereiro a julho, embora a T_{max} tenha registrado elevação em maio neste período e uma diminuição na temperatura menos acentuada que a registrada para a T_{min} (**Figura 1**).

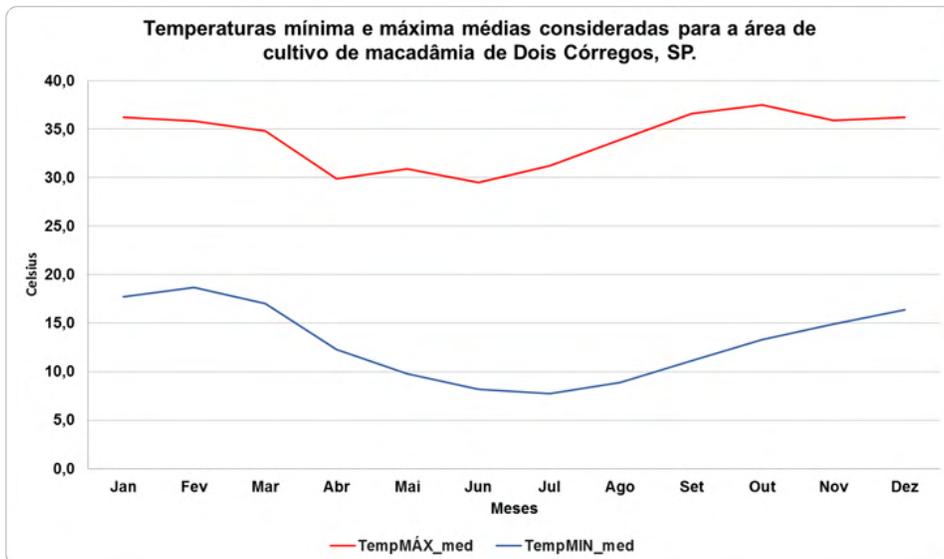


Figura 1. Temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) médias mensais consideradas nas avaliações de *Amblypelta nitida* por demandas térmicas nas condições da área de macadâmia de Dois Córregos, SP

Fonte dados base: estação climática Barra Bonita (BDMEP/INMET).

De forma geral, no período de março a outubro e, portanto, abordando também o período de maior disponibilidade de estruturas reprodutivas (flores e frutos verdes) de macadâmia (preferenciais aos ataques de *A. nitida*), observam-se os menores valores de Tmin, embora com a Tmax apresentando acentuado aumento no mesmo período (**Figura 1**). Períodos de maiores Tmin médias foram identificados ocorrendo de novembro a fevereiro, correspondendo a um dos períodos de maiores Tmax médias elevadas; sendo o segundo período observado de setembro a dezembro.

As demandas térmicas (T_b e Σ) em °C de *Amblypelta nitida* para a fase ovo-adulto (imatura completa), bem como para os seus estágios de ovo e de ninfa (incluindo instares desta fase imatura), utilizadas foram as disponibilizadas por Govender e Furlong (2016). O tempo necessário para ocorrer o acasalamento após a emergência do adulto de *A. nitida* aqui considerado foi de 5 dias (O'HARE et al., 2004). O cálculo das demandas térmicas mensais de cada estágio de desenvolvimento do inseto, ou de seus estágios (instares) intermediários conforme o caso analisado, foi realizado, separadamente por estágio ou instares, utilizando as temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) médias mensais e as respectivas informações de necessidades térmicas no programa de cálculo de graus-dias da Divisão de Agricultura e Recursos Naturais da Universidade da Califórnia-Davis (*University of Califórnia - Davis*. UC-IPM, 2022). Posteriormente, as demandas térmicas mensais estimadas foram utilizadas e acumuladas, conforme a fase de desenvolvimento do ciclo de vida do inseto, considerando suas respectivas somas térmicas. Quando identificada a fase

adulta, o período de pré-oviposição da fêmea foi considerado para indicar período provável de presença de fêmea ativa. A identificação de mudanças de estágio ou estádios imaturos foi acompanhada, possibilitando obter seus respectivos tempos de desenvolvimento (em dias), assim como a tendência do número de gerações em cada cenário avaliado.

Os resultados obtidos em cada cenário avaliado foram organizados em planilha Excel para viabilizar estatísticas básicas e são apresentados a seguir.

2.1 Tempos de desenvolvimentos estimados com base na demanda térmica de ovo a adulto para o período de um ano consecutivo (janeiro a dezembro)

Os tempos de desenvolvimentos de *A. nitida* estimados com base na demanda térmica de ovo a adulto, obtidos por geração no período de janeiro a dezembro supondo a infestação inicial do inseto em janeiro, foram determinados (**Tabela 1**).

Constatou-se potencial para ocorrência de até seis gerações completas, estando a 7ª geração presente com imaturos em desenvolvimento no final do período avaliado (apresentando 249,6 GD acumulados dos 421 necessários para a fase ovo-adulto; ou com 24 dias).

O tempo médio para o desenvolvimento de ovo-adulto foi de $51,8 \pm 15,2$ dias (variando de 38 a 71 dias). O menor tempo deu-se para a 1ª geração, observada de 1 de janeiro a 7 de fevereiro, enquanto o maior para as 3ª e 4ª gerações, registradas de 30 de março a 8 de junho e de 14 de junho a 23 de agosto, respectivamente. Os resultados corroboram com o informado por O'hare et al. (2004), que citaram ser necessários cerca de 40 dias durante o verão para o desenvolvimento completo de *A. nitida*.

O tempo de desenvolvimento de ovo até o aparecimento de fêmeas ativas foi, em média, de $56,8 \pm 15,2$ dias (variando de 43 a 76 dias).

Gerações	Tempos de desenvolvimentos de imaturos (em dias)	Períodos de ocorrência de imaturos
1a. geração	38	01/janeiro a 07/fevereiro
2a. geração	40	13/fevereiro a 24/março
3a. geração	71	30/março a 08/junho
4a. geração	71	14/junho a 23/agosto
5a. geração	47	29/agosto a 14/outubro
6a. geração	44	20/outubro a 02/dezembro
7a. geração	Incompleto (com 249,6 GD)	08/dezembro a incompleto
Média (gerações completas)	51,8 ± 15,2 dias	

Tabela 1. Tempos de desenvolvimentos de imaturos (ovo-adulto) de *Amblyopelta nitida* em condição climática semelhante à da área produtora de Dois Córregos, SP, considerando o período de janeiro a dezembro

2.2 Tempos de desenvolvimentos estimados com base nas demandas térmicas de ovo-adulto para o período de ocorrência de estruturas reprodutivas (flores e frutos verdes)

Quando avaliado o período de ocorrência de estruturas reprodutivas (flores e frutos verdes) de macadâmia, a saber de junho a outubro, com a infestação inicial de *A. nitida* ocorrendo em junho, observou-se potencial para ocorrência de até duas gerações completas (**Tabela 2**), com a tempo de desenvolvimento de imaturos médio de $60,5 \pm 20,5$ dias (variando de 46 a 75 dias).

A terceira geração de *A. nitida* estaria potencialmente em desenvolvimento no final do período avaliado, apresentando 370,14 GD acumulados (ou 22 dias) na fase imatura (ovo-adulto), dos 421 GD necessários para completar a fase.

O tempo de desenvolvimento de ovo ao aparecimento da fêmea ativa demandaria, em média, $65,5 \pm 20,5$ dias (variando de 51 a 80 dias).

Gerações	Tempos de desenvolvimentos de imaturos (em dias)	Períodos de ocorrência de imaturos
1a. geração	75	1/junho a 14/agosto
2a. geração	46	20/agosto a 04/outubro
3a. geração	Incompleta (com 370,14GD)	10/outubro a incompleta
Média (gerações completas)	60,5 ± 20,5	

Tabela 2. Tempos de desenvolvimentos de imaturos (ovo-adulto) de *A. nitida* em condição climática semelhante à da área produtora de Dois Córregos, SP, considerando o período de estruturas reprodutivas de macadâmia (flores e frutos verdes)

2.3 Tempos de desenvolvimentos estimados com base nas demandas térmicas de cada fase e instares de desenvolvimento para o período de janeiro a dezembro

As estimativas dos tempos de desenvolvimentos de cada fase imatura (incluindo estádios (ou instares) ninfais) e de ovo a fêmea ativa obtidas por demandas térmicas, com infestação inicial do inseto em janeiro, para o período de janeiro a dezembro foram realizadas e apresentadas (**Tabela 3**).

Os resultados indicaram condições para a ocorrência de até seis gerações completas em um ano, estando a sétima geração em desenvolvimento no quinto instar ninfal no final do período avaliado (com 83,13 GD acumulados dos 85 necessários para a fase) (**Tabela 3**). O número de gerações estimado para as condições de Dois Córregos se apresenta bem mais elevado que o apresentado por O'Hare et al. (2004), que indicou ocorrerem 3 a 4 gerações ao ano, sendo uma na primavera, uma a duas no verão e uma no outono. A

diferença observada encontra-se na favorabilidade climática de Dois Córregos à ocorrência de gerações no período de inverno, embora demandem maior período de tempo para se completarem (**Tabela 3**).

As médias obtidas para as fases de ovo e ninfal (em seus respectivos instares) completas indicou: a) ovo= $9,3 \pm 2,4$ dias (variando de 7 a 14 dias); b) ninfa: N1= $3,4 \pm 1,0$ dias (variando de 2 a 5 dias), N2= $8,7 \pm 3,4$ dias (variando de 6 a 14 dias), N3= $8,6 \pm 2,8$ dias (variando de 6 a 13 dias), N4= $8,4 \pm 2,5$ dias (variando de 6 a 12 dias) e N5= $10,0 \pm 2,2$ dias (variando de 8 a 14 dias). Apesar de mais elevado, o valor mínimo indicado na faixa de variação da fase de ovo está em conformidade com o informado por O'Hare et al. (2004) para a fase, que informou variar de 6 a 7 dias no verão.

A fase imatura, demandou em média $49,7 \pm 13,6$ dias (variando de 37 a 69 dias) enquanto a fase de ovo até a ocorrência de fêmeas ativas deu-se, em média, em $54,7 \pm 13,6$ dias (variando de 42 a 74 dias).

Notaram-se os maiores tempos de desenvolvimentos de imaturos nas 3^a e 4^a gerações (**Tabela 3**), que ocorreram, respectivamente, de 27 de março a 29 de maio e de 4 de junho a 11 de agosto; correspondendo aos períodos de quedas de T_{min} e T_{max} na primeira e ao de aumentos de T_{min} e T_{max} na segunda (**Figura 1**).

Gerações	OVO	NINFA 1	NINFA 2	NINFA 3	NINFA 4	NINFA 5	IMATUROS	OVO A FÊMEA ATIVA
1a. geração	8	2	7	6	6	8	37	42
2a. geração	7	3	6	7	7	9	39	44
3a. geração	9	4	13	12	12	14	64	69
4a. geração	14	5	14	13	12	11	69	74
5a. geração	11	4	8	8	8	9	48	53
6a. geração	8	3	7	7	7	9	41	46
7a. geração	8	3	6	7	7	Incompleta 83,13 GD	Incompleta	Incompleta
Média	$9,3 \pm 2,4$	$3,4 \pm 1,0$	$8,7 \pm 3,4$	$8,6 \pm 2,8$	$8,4 \pm 2,5$	$10,0 \pm 2,2$	$49,7 \pm 13,6$	$54,7 \pm 13,6$

Tabela 3. Tempos de desenvolvimentos das fases imaturas e de ovo a fêmea ativa de *Amblypelta nitida* estimados por demandas térmicas em condição climática semelhante à da área produtora de Dois Córregos, SP, no período de janeiro a dezembro.

2.4 Tempos de desenvolvimentos estimados com base nas demandas térmicas de cada fase de desenvolvimento para o período de junho a outubro

Os tempos de desenvolvimentos de cada fase imatura (incluindo estádios (ou instares) ninfais) e de ovo a fêmea ativa obtidas por demandas térmicas para o período de maior disponibilidade de estruturas reprodutivas (flores e frutos verdes) na cultura da macadâmia, a saber de junho a outubro, foram determinados (**Tabela 4**).

Os resultados indicaram condições favoráveis para a ocorrência de até **duas gerações completas no período de junho a outubro**, apresentando a terceira geração em desenvolvimento e no início do quarto instar ninfal (com 2,78 GD acumulados dos 71 GD necessários para a fase) ao final do período.

Os tempos médios (em dias) obtidos para o desenvolvimento das fases de ovo e ninfal (incluindo instares) completas indicou: a) ovo= 11,0 ± 3,0 dias (variando de 8 a 14 dias); b) ninfa: N1= 4,0 ± 1,0 dias (variando de 3 a 5 dias), N2= 10,0 ± 4,4 dias (variando de 7 a 15 dias), N3= 9,0 ± 2,6 dias (variando de 7 a 12 dias), N4= 10,0 ± 2,8 dias (variando de 8 a 12 dias) e N5= 10,5 ± 2,1 dias (variando de 9 a 12 dias).

O tempo médio requerido para o desenvolvimento da fase imatura foi de 59,0 ± 15,6 dias (variando de 48 a 70 dias), enquanto para a fase de ovo até a ocorrência de fêmeas ativas foi de 64,0 ± 15,6 dias (variando de 53 a 75 dias). Notou-se o maior tempo de desenvolvimento de imaturos para 2ª geração (70 dias) (**Tabela 4**), ocorrida de 15 de agosto a 06 de outubro, intervalo este correspondendo às crescentes elevações das T_{min} e T_{max} no local (**Figura 1**).

Gerações	OVO	NINFA 1	NINFA 2	NINFA 3	NINFA 4	NINFA 5	IMATUROS	OVO A FÊMEA ATIVA
1a. geração	14	05	15	12	12	12	70	75
2a. geração	11	04	08	08	08	09	48	53
3a. geração	08	03	07	07	Incompleta 2,78 GD		Incompleta	Incompleta
Média	11,0±3,0	4,0±1,0	10,0±4,4	9,0±2,6	10,0±2,8	10,5±2,1	59,0±15,6	64,0±15,6

Tabela 4. Tempos de desenvolvimentos das fases imaturas e de ovo a fêmea ativa de *Amblypelta nitida* estimados por demandas térmicas em condição climática semelhante à da área produtora de Dois Córregos, SP, no período de junho a outubro

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tempos de desenvolvimentos estimados para *A. nitida* com base na demanda térmica ovo-adulto em condições térmicas semelhante àquelas do município paulista de Dois Córregos foram determinados para os períodos de:

a) **janeiro a dezembro** (com infestação inicial em janeiro)- tempo médio para o desenvolvimento de ovo-adulto de $51,8 \pm 15,2$ dias (variando de 38 a 71 dias), tempo médio de desenvolvimento de ovo ao aparecimento de fêmeas ativas de $56,8 \pm 15,2$ dias (variando de 43 a 76 dias). Potencial para ocorrência de até seis gerações completas, estando a 7ª geração presente com imaturos em desenvolvimento no final do período avaliado (apresentando 249,6 GD acumulados ou com 24 dias).

b) **junho a outubro** (com infestação em junho) - tempo médio para o desenvolvimento de ovo-adulto de $60,5 \pm 20,5$ dias (variando de 46 a 75 dias), tempo médio de desenvolvimento de ovo ao aparecimento de fêmeas ativas de $65,5 \pm 20,5$ dias (variando de 51 a 80 dias). Potencial para ocorrência de até duas gerações completa, com a 3ª geração ainda em desenvolvimento no final do período (apresentando 370,14GD acumulados ou com 22 dias).

Os tempos de desenvolvimentos estimados para *A. nitida* com base nas respectivas demandas térmicas de cada fase de desenvolvimento separadamente, em condições térmicas semelhante a do município paulista de Dois Córregos foram determinados para os períodos de:

a) **janeiro a dezembro** (com infestação inicial em janeiro)- os tempos médios (em dias) para o desenvolvimento das fases de ovo e ninfal foram: a) **ovo**= $9,3 \pm 2,4$ dias (variando de 7 a 14 dias); b) **ninfal**: N1= $3,4 \pm 1,0$ dias (variando de 2 a 5 dias), N2= $8,7 \pm 3,4$ dias (variando de 6 a 14 dias), N3= $8,6 \pm 2,8$ dias (variando de 6 a 13 dias), N4= $8,4 \pm 2,5$ dias (variando de 6 a 12 dias) e N5= $10,0 \pm 2,2$ dias (variando de 8 a 14 dias). A fase imatura demandou $49,7 \pm 13,6$ dias (variando de 37 a 69 dias), enquanto a fase de ovo até a ocorrência de fêmeas ativas demandou $54,7 \pm 13,6$ dias (variando de 42 a 74 dias). Possibilidade de ocorrência de até seis gerações completas, com a 7ª geração em desenvolvimento no N5 (quinto instar ninfal) (com 83,13 GD acumulados dos 85 necessários para a fase) no final do período;

b) **junho a outubro** (com infestação em junho) -. Os tempos médios (em dias) obtidos para o desenvolvimento das fases de ovo e ninfal foram: a) **ovo**= $11,0 \pm 3,0$ dias (variando de 8 a 14 dias); b) **ninfal**: N1= $4,0 \pm 1,0$ dias (variando de 3 a 5 dias), N2= $10,0 \pm 4,4$ dias (variando de 7 a 15 dias), N3= $9,0 \pm 2,6$ dias (variando de 7 a 12 dias), N4= $10,0 \pm 2,8$ dias (variando de 8 a 12 dias) e N5= $10,5 \pm 2,1$ dias (variando de 9 a 12 dias).A fase imatura demandou $59,0 \pm 15,6$ dias (variando de 48 a 70 dias), enquanto a fase de ovo até a ocorrência de fêmeas ativas requereu $64,0 \pm 15,6$ dias (variando de 53 a 75 dias). Possibilidade de ocorrência de até duas gerações completas, apresentando a 3ª geração em desenvolvimento no início do N4 (quarto instar ninfal) (com 2,78 GD acumulados dos 71 GD necessários para a fase) ao final do período.

Os resultados apresentados subsidiam políticas públicas de defesa vegetal com foco, em caráter preventivo e prospectivo, em estratégias de manejo do FSB *Amblypelta nitida*, considerando aspectos climáticos de área de cultivo de macadâmia presente no estado de São Paulo.

NOTA

Trabalho realizado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica entre a Embrapa e a Queen Nut Indústria e Comércio LTDA. (Contrato SAIC 21300.19/0072-1).

REFERENCIAS

BRIGHT, J. **Macadamia plant protection guide 2021-22**, Australia/New South Wales (NSW) Government/Department of Primary Industries (DPI) MANAGEMENT GUIDE. 2021, 140p.

BRIGHT, J. Fruit spotting bug in macadâmia. **Primefact 1779**, 1st edition, NSW Department of Primary Industries Sep. 2020. 4p. Disponível em: https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/1258933/Fruit-spotting-bug-in-macadamia.pdf

DANNE, A.W.; LLEWELLYN, R.; HUWER, R.; FURLONG, M. J. Fruitspotting bugs, *Amblypelta nitida* Stål and *A. lutescens lutescens* Distant (Hemiptera: Coreidae): a review of the potential for integrated management practices, **Austral Entomology**, 2013. 13p. Disponível em: doi:10.1111/aen.12059

GOVENDER, A. W. **Australian fruitspotting bugs, *Amblypelta nitida* Stal and *A. lutescens lutescens* Distant (Hemiptera: Coreidae), and the potential for their biologically based management in macadamia orchards**. School of Biological Sciences/University of Queensland (Thesis PhD), 2015. 116p.

GOVENDER, A. W.; FURLONG, M. J. Survival and Development of *Amblypelta nitida* Stal, *A. lutescens* Distant (Hemiptera: Coreidae) and the egg parasitoid, *Anastatus sp.* (Hymenoptera: Eupelmidae) at constant rearing temperatures. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, 19, 2016, p. 651-658.

HUWER, R.; MADDOX, C.; BRIGHT, J.; HICKEY, M.; NEWTON, I.; ALT, S. **Fruitspotting bugs 2016**. NSW DPI Management Guide. Horticulture Innovation Australia, NSW Government. Department of Primary Industries, 2016. Disponível em: https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/685169/Fruitspotting-bugs-2016.pdf

HUWER, R. K.; MADDOX, C. D. A.; NEWTON, I.; DANNE, A.; HICKEY, M.; WEINERT, M.; BRIGHT, J. A multi-targeted approach to management of fruitspotting bugs - major pests in tropical and subtropical horticulture in Australia IN.: Congreso Mundial de la Palta , VIII , 2015. **Actas Proceedings Plagas y Enfermedades – Plagues and Diseases**, 2015. pp. 207-212. Disponível em: http://www.avocadosource.com/WAC8/Section_03/HuwerRuth2015.pdf

IRONSIDE, D. A. Insect pests of macadamia in Queensland, Brisbane: The State of Queensland, Australia/Department of Primary Industry, 1996. 28p. (Information Series, QI95027).

O'HARE, P.; STEPHENSON, R.; QUINLAN, K.; VOCK, N. **Growing Guide: Macadamia grower's handbook**, Nambour: Australia/The State of Queensland/Department of Primary Industry & Fisheries, 2004. 149p. (Grower Guide Series, QI03052)

PESSOA, M. C. P. Y.; AVILA, C. J.; FLUMIGNAN, D. L.; LUCHINI, G. A.; BORGHESI, R. Estimativas de fases imaturas de *Helicoverpa armigera* em Dourados e Ponta Porã em apoio ao biocontrole. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO (SICONBIOL), 16., 2019a, Londrina. **Anais...** Londrina: SEB; UEL; Embrapa, 2019. p.454.

PESSOA, M. C. P. Y.; AVILA, C. J.; MARINHO-PRADO, J. S.; LUCHINI, G. A.; SOUZA, E. C. S.; RICHETTI, A.; FLUMIGNAN, D. L. **Nível de dano de *Helicoverpa armigera* em fase vegetativa de soja (safra 2016/2017) em Ponta Porã**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019b. 24p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 85).

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; MINGOTI, R.; PRADO, S. de S.; LOVISI FILHO, E.; SÁ, L. A. N. de; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Avaliação do potencial desenvolvimento de *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) e de três bioagentes de controle exóticos em condições climáticas da Região Norte do Brasil – Estados do Amapá e Roraima**, Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2016a. 2p. (Nota Técnica/Nota Científica).

PESSOA, M. C. P. Y.; PRADO, J. S. M.; MINGOTI, R.; LOVISI FILHO, E.; SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; SILVA FILHO, P. P. da; SA, L. A. N. de; PRADO, S. de S.; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Estimativas de potencial adaptação de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Praga Quarentenária A2)- Estudo de caso para dois perímetros irrigados do Vale do Rio São Francisco**, Campinas, SP: Embrapa Gestão Territorial, 2016b. 2p. (Nota Técnica/Nota Científica).

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SA, L. A. N. de. **Avaliação de potencial desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivo de soja na região de Barretos – Norte do estado de São Paulo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 27p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63).

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SA, L. A. N. de. **Desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiro do sudoeste de São Paulo: avaliação por exigências térmicas**. In.: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO (SICONBIOL), 13., 2013, Bonito. Faça bonito: use controle biológico: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 1p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98595/1/2013RA003.pdf>

PESSOA, M. C. P. Y. **Simulação e inteligência artificial aplicadas ao estudo da dinâmica populacional do bicudo do algodoeiro na região de Campinas, SP**. Campinas: UNICAMP, 1994. 208f. Tese Doutorado. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/209583/1/1994TS-Pessoa-Simulacao-2812.pdf>

SALVADORI, J. R.; PARRA, J. R. P. Efeito da temperatura na biologia e exigências térmicas de *Pseudaletia sequax* (Lepidoptera: Noctuidae), em dieta artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 12, 1990, p. 1693-1700.

SCHNEIDER, L. M.; ROLIM, G. de S.; SOBIERAJSKI, G. da R.; PRELA-PANTANO, A.; PERDONÁ, M. J. Zoneamento agrometeorológico da nogueira macadâmia para o Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Sociedade Brasileira de Fruticultura, v. 34, n. 2, p. 515-524, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/27541>

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA-NOVA, N. A. **Manual de Ecologia dos Insetos**. Ceres, São Paulo, SP, 1977. 419p.

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

CAPÍTULO 2

ESTRATÉGIAS PROSPECTIVAS DE USO DE CONTROLE QUÍMICO PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE *Anastrepha curvicauda* EM MAMÃO

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 19/08/2022

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna- São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/8742593129238690>

Vera Lucia Ferracini

Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna, São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/6614285934767123>

Beatriz de Aguiar Giordano Paranhos

Embrapa Semiárido

Petrolina - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/6606136052148527>

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna - São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/7609273004875279>

Rafael Mingoti

Embrapa Territorial

Campinas- São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>

Giovanna Galhardo Ramos

Bolsista Embrapa Meio Ambiente/Graduanda

Medicina Veterinária-UNIFAJ (período:

março/2020 a julho/2021)

Jaguariúna, São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/9267496163655298>

Bárbara de Oliveira Jacomo

Bolsista Embrapa Territorial/Graduanda

Ciências Biológicas-UNICAMP (período:

novembro/2019 a julho/2021)

Campinas, São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/9208682264184448>

Marco Antonio Ferreira Gomes

Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna, São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/5589120793657544>

RESUMO: Este capítulo apresenta estratégias prospectivas visando a seleção de princípios ativos de agrotóxicos para apoiar planos futuros para o uso de controle químico para o manejo sustentável de *Anastrepha curvicauda* Gertaecker, 1860 (*syn. Toxotrypana curvicauda*) (Diptera: Tephritidae) em cultivo de mamão no Brasil. Apesar do fato de *A. curvicauda* ser considerada uma praga quarentenária ausente (PQA) no Brasil, sua presença já foi confirmada em alguns países da América do Sul, aumentando o risco de sua introdução. O zoneamento territorial brasileiro de áreas propícias ao desenvolvimento de *A. curvicauda*, obtido por técnica de geoprocessamento (ArcGIS) considerando os locais já atacados pelo inseto no exterior em modelo de nicho ecológico GARP/Openmodeller e os locais com cultivo de mamão no país, foi utilizado. Zoneamentos de áreas brasileiras com aquíferos sedimentares granulares e cársticos livres e de altas pluviosidades, consideradas áreas frágeis devido ao alto potencial para contaminação de água, foram obtidas. Oito princípios ativos (p.a.) de agrotóxicos utilizados no controle do inseto

no exterior foram identificados, assim como seus respectivos parâmetros físico-químicos, viabilizando o uso de modelos matemáticos *screening* de avaliação do potencial de lixiviação. Informações sobre impactos em abelhas (polinizadores) também foram apresentadas. Os resultados apresentados subsidiam futuras políticas públicas de defesa vegetal para a seleção e uso de princípios ativos para o controle químico da PQA *A. curvicauda* com foco na sustentabilidade ambiental da frutífera brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Praga quarentenária; mosca; mamão; Brasil.

PROSPECTIVE STRATEGIES FOR THE USE OF CHEMICAL CONTROL FOR THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF *Anastrepha curvicauda* IN PAPAYA

ABSTRACT: This chapter presents prospective strategies towards the selection of active principles of pesticides in order to support future plans for the use of chemical control for the sustainable management for *Anastrepha curvicauda* Gertaecker, 1860 (*syn. Toxotrypana curvicauda*) (Diptera: Tephritidae) in papaya crop in Brazil. Despite the fact that *A. curvicauda* is considered an absent quarantine pest (AQP) in Brazil, its presence was already confirmed in some countries of South America, increasing the risk of its introduction. The Brazilian territorial zoning of the propitious areas to the development of *A. curvicauda*, obtained by geoprocessing technique (ArcGIS) considering both the places already attacked abroad by the insect in ecological niche model GARP/Openmodeller and the location with papaya crop in the country, was used. Brazilian zoning maps of both non-confined granulated and karstic sedimentary aquifers and of high pluviosity areas, considered weak areas due to the high potential for water contamination, were also obtained. Eight active principles (p.a.) of pesticides for the insect control abroad were identified, as well as their respective physical-chemical parameters enabling the use of screening-mathematical models of evaluation of leaching potential. Information on the impact of (p.a.) on bees (pollinators) was also presented. The results presented can subsidize future public policies of crop protection for the selection and use of active principles for the chemical control of the AQP *A. curvicauda* focusing on the environmental sustainability of Brazilian fruit crop.

KEYWORDS: Quarantine pest; fly; papaya; Brazil.

1 | CONSIDERAÇÕES SOBRE *Anastrepha curvicauda*

Anastrepha curvicauda Gertaecker, 1860 (*syn. Toxotrypana curvicauda* Gertaecker, 1860) (Diptera: Tephritidae) é um inseto-praga exótico considerado de grande importância econômica para o cultivo de mamão (*Carica papaya* L.) no exterior, onde é conhecido pelos nomes comuns de “mosca do mamão” e “*papaya fruit-fly*” (ESKÁFI e CUNNINGHAM, 1987; BUSTILLO, 1988; BOSCÁN e GODOY, 1998; MARTINEZ e BURBANO, 2006; VILLA-AYALA, CASTREJON-AYALA e JIMENEZ-PÉREZ, 2010; SILVA, SOUZA e NASCIMENTO, 2018; SELMAN, HEPPNER e FASULO, 2018; NORRBOM et al., 2018; BERRONES-MORALES et al., 2020). Entre os principais produtores mundiais de mamão citam-se Índia, Brasil, México, Indonésia, República Dominicana, Nigéria, República Popular do Congo, Cuba, Colômbia, Tailândia, Peru e Filipinas (ATLAS BIG, 2021). Stibick (2004) relatou

que *A. curvicauda* é um inseto nativo do Texas (EUA) até Venezuela e Antilhas e que foi introduzido e se estabeleceu também na Flórida (EUA) em 1905.

Informações sobre *A. curvicauda* foram recuperadas em levantamentos realizados em literatura técnico-científica internacional (BUSTILLO, 1988; TORRES, 2000; LONG, GAN e NETT, 2005; SALGADO e BACA, 2006; VEINTIMILLA, 2008; GARCÍA, 2010; EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. DIRECCION GENERAL DE AGRÍCOLA, 2011; MOSSLER e CRANE, 2013; LEWIS et al., 2016; DÍAZ-FLEISCHER et al., 2017; CALDERÓN e VIDES, 2018; COLÔMBIA. MINISTERIO DE MEIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. ANLA, 2018; SILVA, SOUZA e NASCIMENTO, 2018), onde foram obtidas informações biológicas do inseto, de áreas atacadas, de cultivos hospedeiros e de alternativas de controle químico, entre outras. As informações foram organizadas e são apresentadas a seguir.

1.1 Cultivos hospedeiros

Embora os maiores relatos de ataques de *A. curvicauda* se concentrem em cultivo de mamão, outras espécies vegetais também são citadas em literatura como hospedeiras, tais como *Gonolobus niger* (“vaquitas”), *G. barbatus*, *G. erianthus* (“talayote”), *G. salvinii*, *G. sorodius* (“milkeed”), *G. taylorianus* (“cuchamper” ou “chinghayote”) *Jaracatia mexicana* (“cuaguayote”), *Cynanchum racemosum* (“talayote”), *Mangifera indica*, *Morrenia odorata* (“milkweed”), *Tabernaemontana sp.*, *Carica cauliflora* e *Carica sp.* (ALUYA et al., 1990; 2000; GODOY e MARTINEZ, 1999; STIBICK, 2004; OVRUSKI et al., 2006; VILLA-AYALA, CASTREJON-AYALA e JIMENEZ-PÉREZ, 2010; EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURAY GANADERIA. DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. DIVISIÓN DE VIGILANCIA Y CERTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, 2011; MOSSLER e CRANE, 2013; SAAVÉDRA-DÍAZ, GALEANO-OLAYA e CANAL, 2017; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ et al., 2018; SELMAN, HEPPNER e FASULO, 2018; DEFESAVEGETAL. NET, 2020; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ e HORMAZA, 2020). Na Flórida houve relato de alimentação larval da praga também em manga (*Mangifera indica*) e *milkweed* (MOSSLER e CRANE, 2013; SELMAN, HEPPNER e FASULO, 2018), como hospedeiros alternativos; sendo *milkweed* nome comum frequentemente reportado para a espécie *Asclepias syriaca* ou algodão bravo. A ocorrência da praga em manga já havia sido reportada anteriormente (BUTCHER, 1952; STIBICK, 2004) e vem sendo confirmada, mais frequentemente, nos últimos dez anos (MOSSLER e CRANE, 2013; SELMAN, HEPPNER e FASULO, 2018; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ E HORMAZA, 2020).

1.2 Aspectos biológicos

Aspectos biológicos de *A. curvicauda*, incluindo os morfológicos e de danos também se encontram disponíveis em literatura, incluindo imagens de fases distintas do ciclo de vida, de danos e de partes atacadas das plantas hospedeiras, para auxiliar identificação e monitoramento preventivo (CALDERÓN e VIDES, 2018; SELMAN, HEPPNER e FASULO,

2018; SILVA, SOUZA e NASCIMENTO, 2018).

Selman, Heppner e Fasulo (2018) reportaram o ciclo de vida do inseto em duas fases, a imatura (ovo, larva e pupa) e a adulta (fêmea e macho). Citam ainda que a fêmea ativa prefere iniciar a oviposição em frutos verdes pequenos (com cerca de 5 a 7,5 cm), embora esta também ocorra em frutos maiores, inserindo seu ovipositor no interior da fruta até atingir a cavidade central. Stibick (2004) indicou que a fêmea faz a oviposição geralmente à noite. Segundo Selman, Heppner e Fasulo (2018), a fêmea deposita grupos de cerca de 10 ovos na cavidade central, próximo às sementes, que após 12 dias iniciam a fase larval; corroborando com informações de Silva, Souza e Nascimento (2018), de Stibick (2004) e de Mossler e Crane (2013) e encontra-se dentro da faixa apresentada por Calderón e Vides (2018), a saber de 12 a 14 dias. Esta fase continua seu desenvolvimento no mesmo local, porém alimentando-se de sementes (incluindo aquelas em formação) e outras partes internas da fruta (ALUJA et al., 2000; EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. DIVISIÓN DE VIGILANCIA Y CERTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, 2011; SELMAN, HEPNER e FASULO, 2018). A fase larval demanda cerca de 15 a 16 dias (STIBICK, 2004; SILVA, SOUZA e NASCIMENTO, 2018; SELMAN, HEPNER e FASULO, 2018), próxima ao reportado por Calderón e Vides (2018) (14 a 16 dias) e, no limite superior (16 dias) ao relatado por Mossler e Crane (2013). Ao alcançar o final do instar larval, o desenvolvimento do inseto dá-se no fruto caído ao solo sob a planta (CALDERÓN e VIDES, 2018; SELMAN, HEPNER e FASULO, 2018).

Após o terceiro estágio larval, geralmente, o inseto abandona o fruto para se enterrar no solo, iniciando sua fase de pupa; porém esta fase pode ocorrer também dentro do fruto (ALUYA et al., 2000; EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. DIVISIÓN DE VIGILANCIA Y CERTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, 2011). Dependendo da umidade e temperatura do solo, a fase pupal transcorre entre 14 e 42 dias, após a qual o inseto atinge sua fase adulta (STIBICK, 2004; MOSSLER e CRANE, 2013; SELMAN, HEPNER e FASULO, 2018). Porém Mason (1922) relatou que, sob condições favoráveis de umidade, os adultos emergem, em média, após 18 a 20 dias em clima quente e entre 30 e 40 dias no inverno. Silva, Souza e Nascimento (2018) reportaram que a fase adulta demanda 17 a 21 dias, enquanto Calderón e Vides (2018) relataram necessitar de 14 a 20 dias. Os adultos atingem a maturação sexual em 6 a 12 dias após a emergência, enquanto as posturas de fêmeas ocorrem de 3-6 dias após o acasalamento (EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. DIVISIÓN DE VIGILANCIA Y CERTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, 2011).

Silva, Souza e Nascimento (2018) indicaram que os adultos permanecem nos pomares durante o dia (das 8 às 17 h), migrando para áreas vizinhas, o que se diferencia do apontado por Calderón e Vides (2018), que relataram que o inseto adulto tem hábito

noturno, dificultando sua identificação na cultura (observado somente bem no início da manhã e ao entardecer) em condições de El Salvador. O apontado por Calderón e Vide (2018) corrobora com Stibick (2004), que relatou que o adulto aparentemente tem fotofobia (reação negativa à luz do sol), procurando o lado sombreado da fruta e passando pouco tempo no hospedeiro; estando a maior parte do tempo em vegetação não hospedeira. Stibick (2004) também informou que os adultos não se alimentam de vegetação altamente proteica, geralmente necessária para o desenvolvimento de ovos e a maturação reprodutiva de insetos; conforme o autor, aparentemente esta é suprida durante a fase larval, quando o inseto consome as sementes do hospedeiro. Segundo Calderón e Vides (2018), o ciclo de vida de desenvolvimento do inseto requer 45 a 55 dias, enquanto Silva, Souza e Nascimento (2018) indicaram que este demandou 44 a 49 dias e, Stibick (2004) o estimaram entre 41 a 70 dias.

O dano causado pela presença de *A. curvicauda* na cultura de mamão, o mais relatado em literatura, é variável. Em condições de cultivo na Flórida (EUA) reportaram-se danos de 2% a 30% de frutos infestados, em condições da safra primavera-verão (SELMAN, HEPPNER e FASULO, 2018).

1.3 Distribuição

Atualmente, *A. curvicauda* encontra-se distribuída em áreas de países do Sul da América do Norte (incluindo áreas peninsulares), da América Central e Caribe e da América do Sul, onde está presente em áreas da Venezuela e Colômbia (BOSCÁN e GODOY, 1998; MARTINEZ e BURBANO, 2006; STIBICK, 2004; SAAVÉDRA-DÍAZ et al, 2017; AUSTRALIA PLANT HEALTH, 2021; JACOMO et al., 2021 citando CABI, 2021).

1.4 *Anastrepha curvicauda*: Praga quarentenária ausente no Brasil

Anastrepha curvicauda é uma praga quarentenária ausente (PQA) no Brasil, conforme a Instrução Normativa (I.N.) nº 39 de 01 de outubro de 2018 da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL.MAPA.SDA, 2018). Este inseto-praga vem sendo sinalizado como PQA pelo Mapa desde a IN SDA nº 38 de 14 de outubro de 1999 por apresentar potencial para impactar o cultivo nacional de mamão (BRASIL.MAPA.SDA, 1999). A presença do inseto em países da América do Sul, bem como o comércio internacional da frutífera de mamão, seu principal hospedeiro relatado em literatura internacional, e trânsitos fronteiriços de pessoas, veículos e cargas, entre outros, contribuem para o risco iminente de entrada de *A. curvicauda* em áreas brasileiras. Acrescenta-se também a grande área de cultivo nacional de mamão, de cerca de 30,72 mil hectares em 2019, e que se encontra distribuída em todas as regiões brasileiras. Embora com produção predominante nas regiões Nordeste (54,9%) e Sudeste (40,3%), esta também ocorre nas regiões Norte (3,4%), Centro-Oeste (0,3%) e Sul (0,3%), implicando em grande importância social dada à decorrente geração de empregos (diretos e indiretos) durante todo o ano (DANTAS, JUNGHANS e LIMA, 2003; UNIMONTES, 2017;

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2019; JACOMO et al. 2021 citando ATLAS BIG, 2021). Relata-se também que as mais importantes regiões produtoras dessa frutífera no país estão localizadas no Sul e Oeste da Bahia, Norte do Espírito Santo, Norte de Minas Gerais, Norte do Rio Grande do Norte e Ceará (HORTFRUT BRASIL, 2021).

A PQA *A. curvicauda* foi priorizada, em cultivo hospedeiro de mamão, em trabalho conjunto do DSV/SDA/MAPA e Embrapa, que apresentou as 20 PQAs mais importantes para o país e com prioridade para pesquisa prospectiva (FIDELIS et al., 2018; BARBOSA et al., 2017).

2 | A IMPORTANCIA DA PROSPECÇÃO DE ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS DE CONTROLE COM FOCO NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Sabe-se que, no caso de ingresso de uma nova PQA no país, seus ataques podem ser favorecidos em áreas que apresentem condições mais adequadas ao seu estabelecimento, o que requer, entre outras condições, favorabilidade climática adequada à bioecologia desse organismo exótico e a disponibilidade de seu alimento preferencial (planta ou cultivo hospedeiro).

A falta de alternativas, que permitam a rápida detecção de presença da nova PQA no país ou a imediata implementação de planos de contenção e/ou erradicação oficiais fundamentados em estratégias de monitoramento e controle (químico, biológico e cultural), pode resultar em severos prejuízos, diretos e indiretos, da nova praga aos cultivos hospedeiros locais, assim como picos populacionais. Acrescenta-se ainda a provável ausência de inimigos naturais nativos capazes de exercer o controle biológico natural.

Neste cenário, a redução imediata da população da praga a níveis aceitáveis à produção comercial da cultura hospedeira afetada, demanda frequentemente o uso emergencial de controle químico por agrotóxicos. Por essa razão, conhecer os agrotóxicos e potenciais inimigos naturais, sinalizados como favoráveis ao manejo no exterior e antes do ingresso dessas PQAs no país, torna-se fundamental para as pesquisas prospectivas no sentido de apoiar estratégias de prevenção com foco na defesa fitossanitária nacional.

Contudo, as características particulares de vulnerabilidade do território brasileiro devem ser igualmente consideradas na seleção desses produtos químicos, no intuito de minimizar o risco de contaminação de mananciais hídricos e solos pelo transporte indesejado de princípios ativos de agrotóxicos para áreas não alvo. Este risco é mais elevado em áreas de ocorrência de solos porosos e presença de aquíferos livres, como também de pluviosidades anuais mais elevadas, que favorecem a lixiviação e/ou o escoamento superficial (*run-off*) de p.a. de agrotóxicos aplicados no controle de pragas, expondo o ambiente às potenciais contaminações de lençóis freáticos subterrâneos e/ou aflorantes ou livres. Neste contexto, amplia-se a vulnerabilidade natural das áreas quando nelas são encontrados aquíferos aflorantes, dado que os expõem ao risco de contaminação da água subterrânea na presença de uma carga potencialmente contaminante ou poluente

(agrotóxicos), simultaneamente à ocorrência de fatores intrínsecos do material geológico/pedológico (solos, saprolíticos e rochas), tais como porosidade (macroporos), velocidade de percolação e profundidade da zona saturada, e/ou de fatores extrínsecos, tais como maiores índices pluviométricos (precipitação) e o balanço hídrico da área (PESSOA et al., 1999, 2004ab, 2007, 2011, 2012; FERRACINI et al., 2001, 2005; GOMES et al., 2003, 2008; FERRACINI e PESSOA, 2008; GOMES, SPADOTTO e PESSOA, 2012; DUARTE et al., 2016; SOARES, FARIA e ROSA, 2017).

Acrescenta-se ainda o potencial efeito tóxico de alguns princípios ativos (p.a.) de agrotóxicos a organismos não-alvo, entre eles abelhas (polinizadores), inimigos naturais nativos e agentes de controle biológicos (KUMAR, SINGH e NAGARAJAYAH, 2020). Este impacto negativo pode ser resultante tanto da contaminação direta, com efeito tóxico do p.a. do agrotóxico aplicado sobre organismos não-alvo presentes na área de aplicação do produto, quanto da contaminação indireta, como é o caso da deriva (pelo ar) e do escoamento superficial (pela água das chuvas) desses compostos químicos para fora da área de aplicação, alcançando áreas do entorno onde esses organismos estejam presentes. Nesse contexto, vários autores vêm destacando a importância dos serviços de polinização oferecidos pelas abelhas para a manutenção de ecossistemas, incluindo agroecossistemas, concomitantemente aos relatos de efeitos tóxicos causados por agrotóxicos (carbamatos, organofosfatos e neonicotinóides) em abelhas (DEL SARTO, 2009; WALSH et al., 2011; WITTER et al., 2014; JACOB, 2019; KUMAR, SINGH e NAGARAJAYAH, 2020; MINNESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2021). Desse modo, é preciso considerar o importante papel dos polinizadores na manutenção de espécies de fauna e flora e, assim, preservar a biodiversidade local selecionando produtos químicos que sejam a eles menos impactantes.

Pelo apresentado, torna-se necessário fundamentar a seleção de produtos químicos de menores potenciais de transporte (lixiviação e escoamento superficial (*run-off*)) e com base também no conhecimento da toxicidade destes às abelhas para uso e aplicação, de acordo com a vulnerabilidade de áreas nacionais sob cultivo agrícola, no intuito de apoiar as estratégias de políticas públicas com foco na sustentabilidade ambiental da agricultura. Essa seleção também deve considerar informações de prováveis áreas aptas ao potencial estabelecimento do inseto, obtidas a partir de modelagem de nicho ecológico fundamentado em áreas já atacadas pela PQA no exterior, conjuntamente à disponibilidade e distribuição territorial de seu cultivo hospedeiro preferencial.

3 | TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E DE MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS UTILIZADAS EM ZONEAMENTOS DE ÁREAS APTAS À *Anastrepha curvicauda* NO BRASIL

Várias metodologias e aplicações de técnicas de geoprocessamento e de modelagem de nicho ecológico (ou *Ecological Niche Models (ENM)*) vêm sendo disponibilizadas para a identificação de áreas aptas aos insetos-praga quarentenários (presentes e ausentes)

(HOLLER et al., 2016; PESSOA et al., 2016abc, 2019; JACOMO et al., 2021, 2020; MINGOTI et al., 2017, 2019, 2022ab). Esses trabalhos foram também fundamentados nos conhecimentos bioecológico dessas pragas agrícolas exóticas e viabilizaram a localização territorial de áreas brasileiras passíveis ao maior desenvolvimento desses insetos-praga. Também permitiram acompanhar essas localizações de áreas aptas com base na dinâmica espaço-temporal das áreas produtoras nacionais de seus cultivos hospedeiros. Assim, viabilizaram esse conhecimento para apoiar as estratégias de programas oficiais de monitoramento e controle de pragas de importância econômica e quarentenária.

Avaliações metodológicas empregando técnicas de geoprocessamento concomitantemente às de modelagem de nichos ecológicos para a determinação de áreas mais adequadas ao estabelecimento de pragas agrícolas, já foram abordadas por Jacomo et al. (2021), que prospectaram e apresentaram as prováveis áreas nacionais aptas à PQA *A. curvicauda*. Esses autores fundamentaram suas análises em pontos registrados com a presença e em condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do inseto, avaliando-os pelos algoritmos *Maximum Entropy (MaxEnt)* e *Genetic Algorithm for Rule-set Production (GARP)* em plataforma OpenModeller (SCACHETTI-PEREIRA, 2002; SANTANA, 2009; SOUZA MUÑOZ et al., 2011; CRIA, 2021; PHILLIPS, DUDÍK e SCHAPIRE, 2021; JACOMO et al. 2021). Os pontos de presença de *A. curvicauda* considerados foram, inicialmente, obtidos na plataforma *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)*, sendo, posteriormente, atualizados conforme relatos da presença do inseto obtidos a partir de outros levantamentos (JACOMO et al., 2021). Os fatores abióticos empregados nas análises realizadas foram recuperados do WorldClim2 (FICK e HIJMANS, 2017), para os seguintes fatores: pressão do vapor de água, radiação solar, velocidade do vento e variáveis bioclimáticas. Com base nas áreas agrícolas já atacadas no exterior por *A. curvicauda*, Jacomo et al. (2021) concluíram que a avaliação disponibilizada pelo algoritmo GARP foi mais favorável à provável localização de nicho ecológico do inseto (**Figura 1**).

Assim, Jacomo et al (2021) também identificaram áreas aptas ao estabelecimento de *A. curvicauda* localizadas junto às fronteiras brasileiras com países vizinhos, grande parte delas com Peru, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Bolívia; embora presentes também em áreas fronteiriças menores ou esparsas observadas junto à Colômbia, Paraguai e Argentina. Desse modo, indicaram preocupação com as áreas nacionais próximas aos países onde *A. curvicauda* já está presente (Venezuela e Colômbia) e sinalizaram áreas em Roraima, próximas às fronteiras com a Guiana e Venezuela, como também do Amazonas com Colômbia e Peru, do Acre e Rondônia com Peru e Bolívia e próxima ao litoral do Amapá. Em áreas pelo interior do país, maior atenção deve ser dada aos estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Paraíba, Paraná, Pernambuco, São Paulo e de Santa Catarina, que apresentaram favorabilidade à *A. curvicauda*.

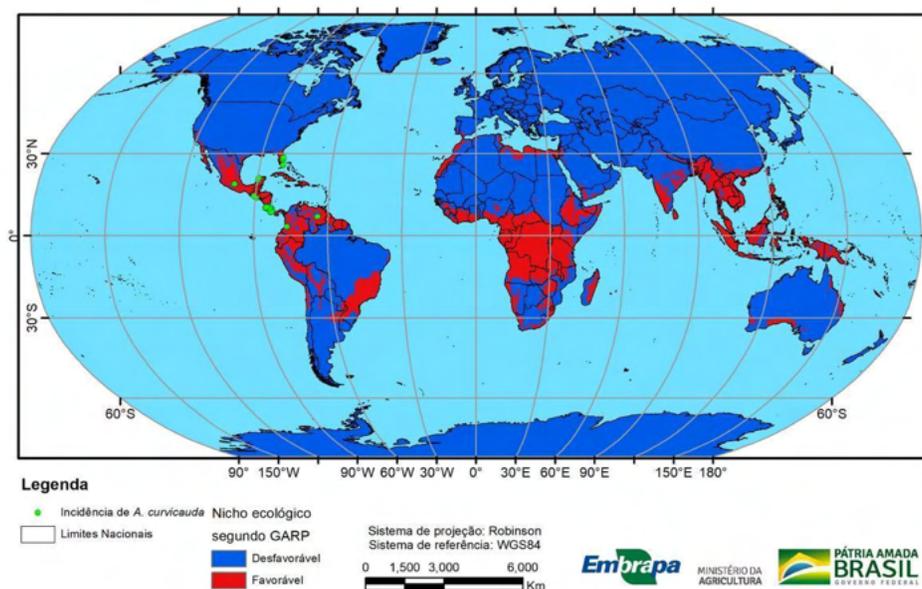


Figura 1. Zoneamento de áreas brasileiras favoráveis à *Anastrepha curvicauda*, obtidas por modelagem de nicho ecológico em Garp/OpenModeller

Fonte: JACOMO et al., 2021

Jacomo et al. (2021) também disponibilizaram o zoneamento de áreas brasileiras com cultivo de mamão (Figura 2).

Municípios com plantio de mamão, hospedeiro de *Anastrepha curvicauda* em 2017

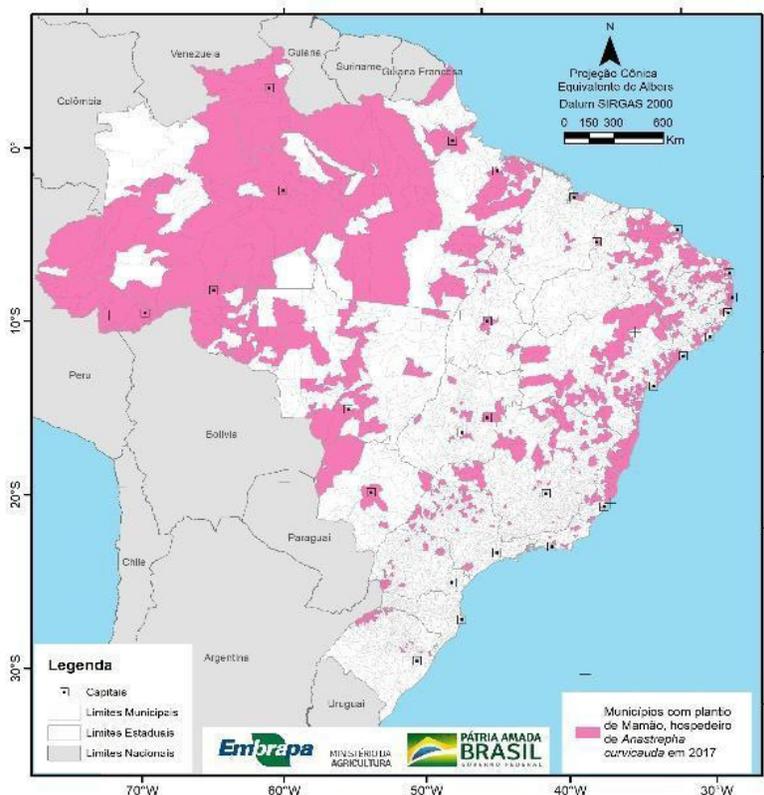


Figura 2. Zoneamento de áreas brasileiras com cultivo de mamão em 2017

Fonte: JACOMO et al., 2021

3.1 Zoneamento territorial de áreas brasileiras aptas à PQA *Anastrepha curvicauda* em cultivo de mamão

O zoneamento territorial de áreas brasileiras aptas à PQA *A. curvicauda* em mamão foi posteriormente disponibilizado (Figura 3) (MINGOTI et al, 2022a). Com base nesse zoneamento, as unidades da federação brasileiras com maiores quantidades de municípios aptos à *A. curvicauda* em cultivo de mamão foram identificadas, a saber Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná (Tabela 1). Nas áreas indicadas pelo zoneamento há necessidade de maiores ações para o controle da PQA.

Nicho ecológico segundo GARP favorável para *Anastrepha curvicauda* em municípios com plantio de mamão

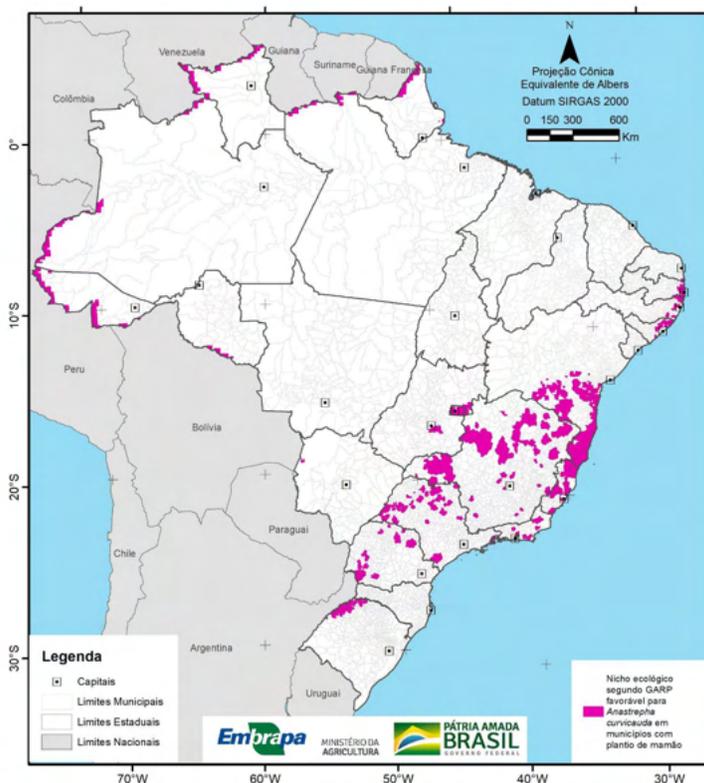


Figura 3. Zoneamento territorial de áreas aptas à *Anastrepha curvicauda* em cultivo de mamão

Fonte: MINGOTI et al., 2022a

As maiores concentrações de municípios em microrregiões estaduais foram diferenciadas, sendo que o estado do Paraná os concentrou em nove microrregiões, enquanto o Rio Grande do Sul em seis e a Bahia em 13 (**Tabela 1**). Todavia, quando observadas as quantidades de municípios e microrregiões aptas por região geográfica brasileira, as regiões Sudeste, Nordeste e Sul apresentaram-se mais favoráveis à PQA *A. curvicauda*, com destaque para a região Sudeste, onde essa aptidão à ocorrência da PQA em mamão foi observada em 131 municípios de 65 microrregiões (predominando nos estados de Minas Gerais e São Paulo) (**Figura 4**).

Estados	Qtd_Municípios	Qtd_Microrregiões
Acre	14	5
Alagoas	13	3
Amazonas	4	3
Amapá	2	2
Bahia	68	13
Distrito Federal	1	1
Espírito Santo	25	9
Goiás	3	2
Minas Gerais	50	29
Mato Grosso do Sul	1	1
Pará	3	2
Paraíba	14	5
Pernambuco	13	5
Paraná	32	9
Rio de Janeiro	8	8
Rio Grande do Norte	3	1
Rondônia	3	2
Roraima	5	3
Rio Grande do Sul	42	6
São Paulo	48	19
TOTAL	352	128

Tabela 1. Quantidades de municípios e de microrregiões por unidade da federação brasileira favoráveis à ocorrência de *Anastrepha curvicauda* em cultivo de mamão

Fonte: MINGOTI et al., 2022a.

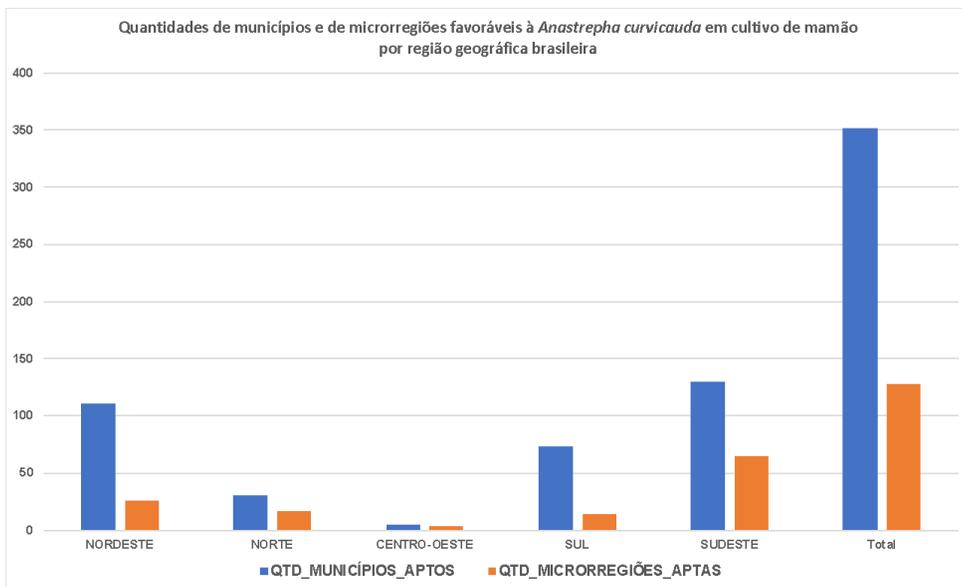


Figura 4. Quantidades de municípios e de microrregiões aptas à *Anastrepha curvicauda* em cultivo de mamão por região geográfica brasileira

3.2 Zoneamento territorial de áreas brasileiras aptas à PQA *Anastrepha curvicauda* em cultivo de mamão presentes em áreas frágeis

Aplicações de técnicas de geoprocessamento foram utilizadas para disponibilizar informações em território brasileiro necessárias para viabilizar a aplicação sustentável de agrotóxicos para o futuro controle, em caso de ingresso da PQA *A. curvicauda* em mamão no país. Nesse contexto, este trabalho apresenta a identificação de áreas frágeis nacionais e o zoneamento de áreas aptas à *A. curvicauda* em mamão cultivado nessas áreas frágeis brasileiras, conforme apresentadas a seguir.

3.2.1 Identificação de áreas frágeis nacionais

A técnica de geoprocessamento foi utilizada na identificação de áreas frágeis nacionais, aqui consideradas como aquelas com pluviosidade média anual superior a 250 mm e com a presença de aquíferos não confinados (freáticos, aflorantes ou livres) com ocorrência de solos de alta porosidade. Desse modo, foram consideradas e disponibilizadas a localização de áreas nacionais com a presença dos aquíferos sedimentares aflorantes granulares e sedimentares ou metassedimentares aflorantes de natureza química/orgânica (granulares ou cársticos) (Figura 5). Áreas nacionais apresentando potencial de ocorrência de pluviosidades médias anuais acima de 250mm também foram identificadas e apresentadas (Figura 6). Ambas foram realizadas e disponibilizadas em aplicativo ArcGIS, adotando o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) e o

sistema de projeção Equidistante de Albers (IBGE, 2019). O plano de áreas brasileiras com a presença de unidades hidrolitológicas (aquíferos) aflorantes/freáticos dos tipos sedimentar granular (**Gr**) e sedimentar/metassedimentar de natureza química/orgânica cársticas (**K**) foi elaborado a partir do mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo (CPRM, 2019; Diniz, 2014), utilizando ArcGis nas mesmas condições já citadas. As feições hidrogeológicas supracitadas foram selecionadas por também apresentarem predominância de tipos de solos porosos.

Os aquíferos sedimentares do tipo granular (**Gr**) destacados (**Figura 5**) foram: 1- *Alter do Chão* (Centro-Leste do Amazonas e Pará), 2- *Içá* (entro do Amazonas), 3- *Solimões* (Oeste do Amazonas e todo o estado do Acre), 4- *Itapecuru* (Centro-Norte do Maranhão), 5- *Barreiras* (Nordeste do Pará, parte do litoral do Maranhão, Norte e parte do litoral do Piauí, faixa litorânea dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo e Norte do Rio de Janeiro), 6- *Poti-Piauí* (grande parte do Piauí, Sul do Maranhão, e Nordeste do Tocantins), 7- *Bauru-Caiuá* (Oeste de São Paulo, grande parte do estado do Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro e Sudoeste de Goiás), 8- *Urucuia-Areado* (Norte de Minas Gerais e Oeste da Bahia), 9- *Marizal* (parte Leste e Nordeste da Bahia e Centro-Sul de Pernambuco), 10- *Parecis* (Norte de Mato Grosso), 11- *Ronuro* (Nordeste de Mato Grosso), 12- *Pantanal* (Sul/Sudoeste de Mato Grosso e Centro-Oeste de Mato Grosso do Sul), além das porções aflorantes dos Aquíferos, 13- *Guarani* (Centro-Sul do Brasil) e 14- *Serra Grande* (parte Leste e Sudoeste do Piauí).

Áreas com aquíferos aflorantes

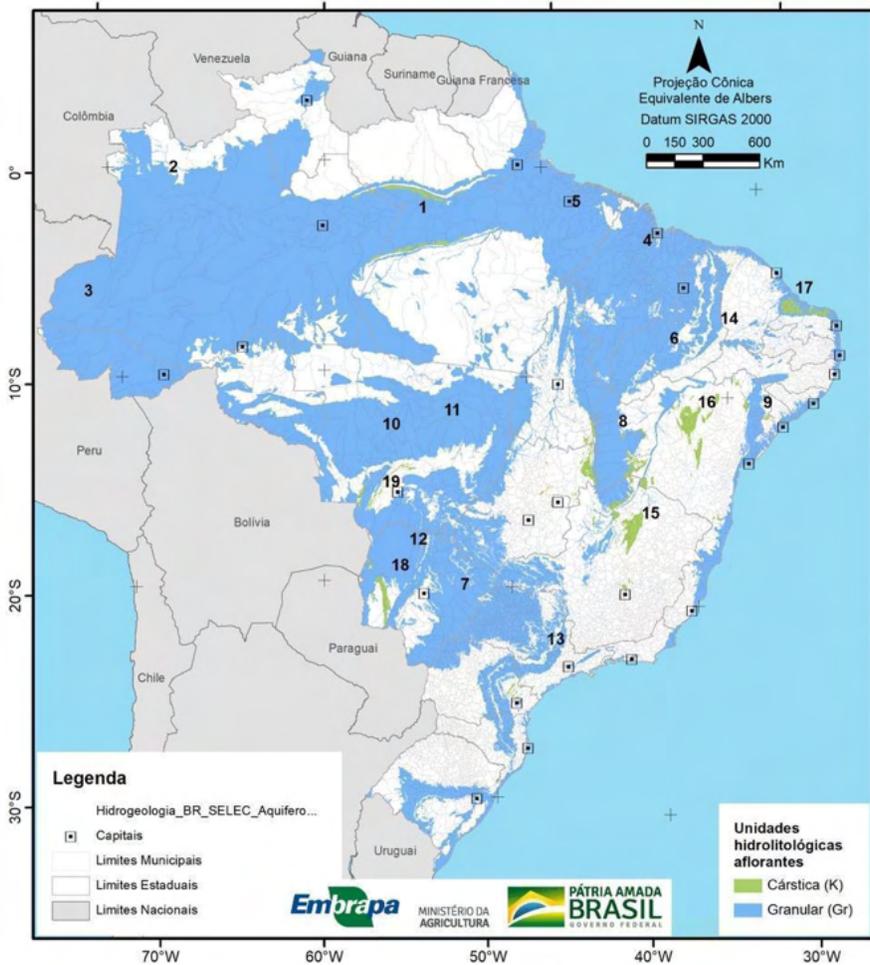


Figura 5. Aquíferos aflorantes dos tipos granular (Gr) e cárstico (K) no território brasileiro.

Também foram destacados os aquíferos sedimentares e metassedimentares de natureza química/orgânica (cársticos (K)) (**Figura 5**), a saber: 15- *Bambuí* (Norte de Minas Gerais, Nordeste de Goiás e parte Oeste da Bahia), 16- *Salitre* (Centro-Norte da Bahia), 17- *Jandaíra* (Norte do Rio Grande do Norte), 18- *Corumbá* (Sudoeste e parte Oeste de Mato Grosso do Sul) e 19- *Alto Paraguai* (Sul e parte Sudoeste de Mato Grosso).

Todas as áreas em território brasileiro apresentaram pluviosidades médias anuais superiores ou iguais a 250 mm (**Figura 6**), com base em médias obtidas para o período de 2009 a 2018 a partir de dados mensais de precipitação pluviométrica recuperados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET); sendo que a mínima observada, a partir dessa avaliação, foi de 388 mm na região do Polígono das Secas (Nordeste).

Precipitação anual

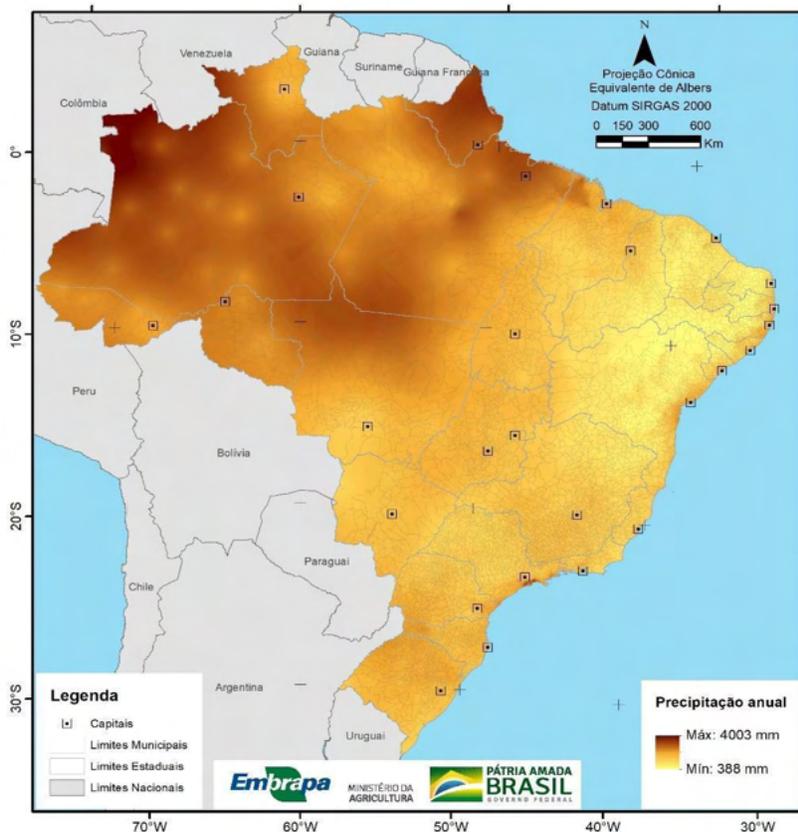


Figura 6. Pluviosidade média anual brasileira, com base na média obtida para o período de 2009 a 2018

Portanto, nas áreas brasileiras de frutíferas de mamão em que estejam presentes porções com aquíferos não confinados (freáticos, aflorantes ou livres), com ocorrência de solos de alta porosidade típicos das áreas dos aquíferos acima citados (sedimentares aflorantes granulares e sedimentares ou metassedimentares aflorantes de natureza química/orgânica (cársticos), existe alta vulnerabilidade ao risco de contaminação por agrotóxicos aplicados no controle de pragas, devido a exposição de seus lençóis subterrâneos que se encontram em baixas profundidades. Nessas áreas, a ocorrência de pluviosidade média anual superior a 250 mm facilita a lixiviação e/ou escoamento superficial de princípios ativos (p.a.) de agrotóxicos aplicados, que apresentem esses potenciais de transportes.

Por esta razão, o zoneamento territorial de áreas brasileiras favoráveis à PQA *A. curvicauda* em áreas de mamão e em áreas frágeis foi posteriormente realizado e disponibilizado conforme apresentado a seguir.

*3.2.2 Zoneamento territorial de áreas brasileiras aptas à PQA *Anastrepha curvicauda* em áreas de frutífera de mamão localizadas em áreas frágeis*

O zoneamento de áreas favoráveis à PQA *A. curvicauda* em áreas de frutífera de mamão localizadas em áreas frágeis foi elaborado e disponibilizado (**Figura 7**).

Neste zoneamento (**Figura 7**) foram identificados 204 municípios, pertencentes a 83 microrregiões estaduais, aptos à PQA *A. curvicauda* em cultivo de mamão presente em áreas frágeis, distribuídos nos estados do Acre (14 municípios de cinco microrregiões), Alagoas (13 municípios de três microrregiões), Amapá (três municípios de três microrregiões), Amazonas (cinco municípios de duas microrregiões), Bahia (33 municípios de oito microrregiões), Espírito Santo (18 municípios de seis microrregiões), Goiás (um município de uma microrregião), Mato Grosso do Sul (quatro municípios de três microrregiões), Minas Gerais (26 municípios de 13 microrregiões), Paraíba (15 municípios de cinco microrregiões), Paraná (10 municípios de quatro microrregiões), Pernambuco (oito municípios de quatro microrregiões), Rio de Janeiro (dois municípios de duas microrregiões), Rio Grande do Norte (um município de uma microrregião), Rondônia (três municípios de duas microrregiões), Roraima (dois municípios de duas microrregiões) e São Paulo (46 municípios de 19 microrregiões).

Nicho ecológico segundo GARP favorável para *Anastrepha curvicauda* em municípios com plantio de mamão, com precipitação anual maior que 250mm e com aquíferos aflorantes granulares ou cársticos

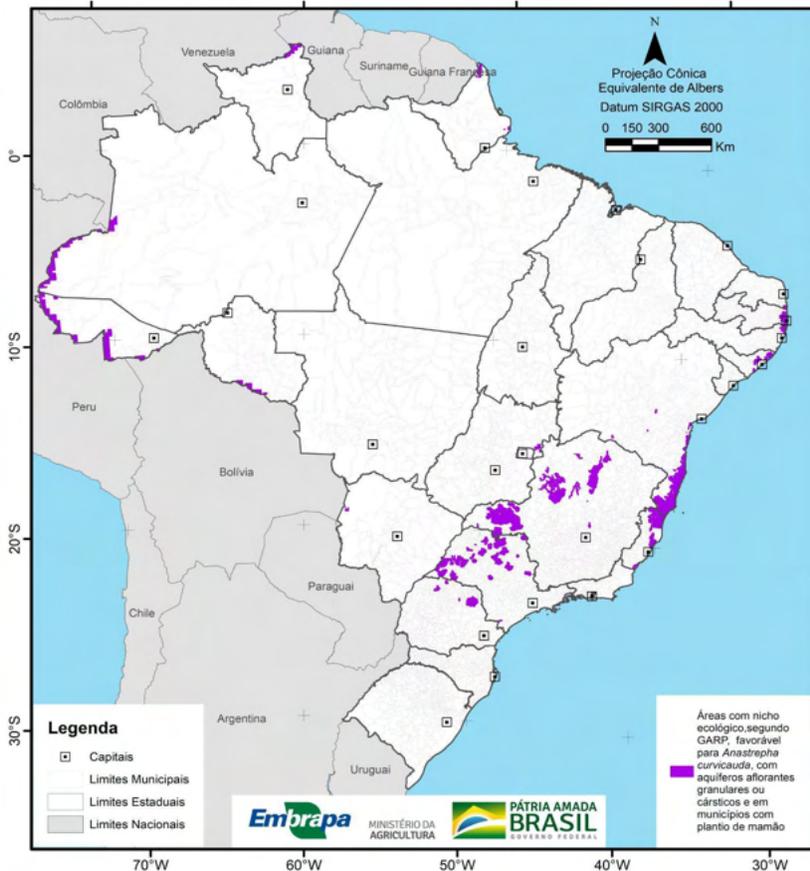


Figura 7. Zoneamento de áreas brasileiras favoráveis à PQA *Anastrepha curvicauda* considerando locais com a frutífera de mamão presentes em áreas frágeis

As maiores quantidades de municípios aptos prevaleceram na região Sudeste (92 municípios distribuídos em 40 microrregiões), seguida pelas regiões Nordeste (70 municípios de 21 microrregiões), Norte (27 municípios de 14 microrregiões), Sul (10 municípios de quatro microrregiões) e Centro-Oeste (cinco municípios de quatro microrregiões) (**Figura 8**).

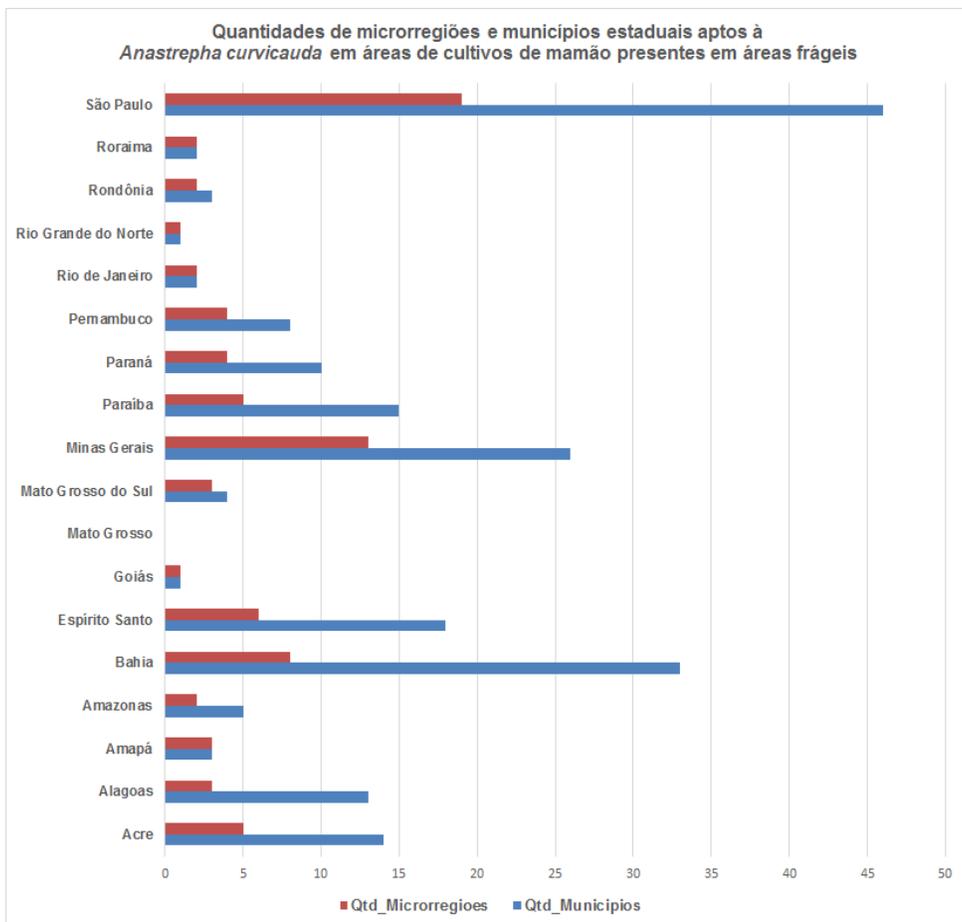


Figura 8. Unidades da Federação favoráveis à PQA *Anastrepha curvicauda* em áreas com cultivo de mamão em áreas frágeis

O estado de São Paulo exibiu as maiores quantidades municipais aptas à PQA *A. curvicauda* em frutíferas de mamão localizadas em áreas frágeis, as quais registraram-se em áreas de Depósito Aluvionar, Formação Botucatu, Formação Itaqueri, Formação Pirambóia, Grupo Bauru, Grupo Caiuá, Grupo Itararé e na Sequência Serra das Andorinhas unidade carbonática. Grandes quantidades de municípios foram observadas ocorrendo também no estado da Bahia, em áreas de Depósito Aluvionar, Depósito Litorâneo, Formação Algodão e Taipus-Mirim, Formação Barreiras, Formação Salitre, Formação Serra do Paraíso, Grupo Almada, Grupo Bambuí unidade carbonática e Grupo Brotas, e no estado de Minas Gerais, em áreas de Depósito Aluvionar, Grupo Areado, Grupo Bambuí unidade carbonática, Grupo Bauru e do Grupo Urucua. Nas demais Unidades da Federação, as favorabilidades à *A. curvicauda* em frutífera de mamão localizada em áreas frágeis deram-se conforme apresentado a seguir: a) Acre: na presença de Depósito Aluvionar, Formação Iça, Formação

Moa e Formação Solimões; b) Alagoas: em áreas de Depósito Litorâneo, Formação Barreiras e Grupo Coruripe; c) Amapá: em áreas de Formação Barreiras e Formação Tucunaré; d) Amazonas: em Depósito Aluvionar, Formação Iça, Formação Moa e Formação Solimões; e) Espírito Santo: deram-se em Depósito Litorâneo e Formação Barreiras; f) Mato Grosso do Sul: em Depósito Aluvionar, Formação Xaraiés, Formação Pantanal e Grupo Corumbá; g) Paraíba: na presença de Depósito Litorâneo, Formação Barreiras e Formação Beberibe; h) Paraná: deu-se em Formação Botucatu, Formação Palermo, Formação Rio Bonito, Grupo Caiuá, Grupo Itararé e Grupo Passa Dois; i) Pernambuco: em Depósito Litorâneo, Formação Barreiras, Formação Beberibe e Formação Cabo; j) Rio de Janeiro: deu-se em área de Depósito Litorâneo; k) Rio Grande do Norte: em áreas de Depósito Eólico e Formação Barreiras; l) Rondônia: em áreas de Depósito Aluvionar e Formação Guaporé; e m) Roraima: em áreas da Bacia Proterozoica Indiferenciada.

Quando avaliada a aptidão por região geográfica nacional, obtida neste zoneamento, observaram-se as maiores quantidades municipais para a região Sudeste (92 municípios de 40 regiões), seguida pelas regiões Nordeste (70 municípios de 21 microrregiões), Norte (27 municípios de 14 microrregiões), Sul (10 municípios de quatro microrregiões) e Centro-Oeste (cinco municípios de quatro microrregiões). Contudo, a análise conforme a quantidade estadual de municípios aptos em relação à quantidade de microrregiões aptas revelou os maiores valores relativos para os estados de Alagoas, Bahia, Espírito Santo e Paraíba.

4 | AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE TRANSPORTE DE PRINCÍPIOS ATIVOS DE AGROTÓXICOS POR MODELOS MATEMÁTICOS SCREENING ABORDANDO A PQA *Anastrepha curvicauda* EM MAMÃO

A avaliação do potencial de transporte de princípios ativos de agrotóxicos (lixiviação ou escoamento superficial (*run-off*)) por modelagem matemática *screening* vem sendo empregada por vários autores (FERRACINI et al., 2001, 2005; OH et al., 2002; PESSOA et al., 2004a, 2007, 2011; FERRACINI e PESSOA, 2008; GOMES, SPADOTTO e PESSOA, 2012; NAVARRO et al., 2012; HALL et al., 2015; AKAY, 2016; MARQUES et al., 2019; RAMOS, FERRACINI e PESSOA, 2021).

Entre os modelos *screening* disponíveis para uso citam-se os do índice de Gus (GUSTAFSON, 1989), método de Goss (GOSS, 1992) e método de Cohen et al. (1995), este último já utilizado pelo *USA-Environmental Protection Agency* (EPA). A menor quantidade de informações de entrada e de cálculos requeridos pelo modelo do índice de GUS o tornaram o mais utilizado mundialmente (FERRACINI et al., 2001; OH et al., 2002; LONG, GAN e NETT, 2005; PESSOA et al., 2011; NAVARRO et al., 2012; HALL et al., 2015; AKAY, 2016; MARQUES et al., 2019).

Os agrotóxicos em uso no controle de *A. curvicauda* no exterior foram identificados nos levantamentos realizados sobre o inseto e organizados em planilha Excel. Oito princípios

ativos (p.a.) foram avaliados, a partir dos agrotóxicos identificados pelo levantamento, a saber: abamectina, deltametrina, espinosade, malation, piretrina + rotenon, permetrina, tiociclan e tiometon.

Em seguida, levantamentos em bases de dados e literatura técnica internacional foram realizados para a identificação de parâmetros físico-químicos desses princípios ativos, como também recuperadas informações sobre o potencial das suas respectivas toxicidades aos polinizadores (WHO.IPCS.INCHEM, 2021; SAGE.PESTICIDES, 2021; EU.ECHA, 2021; USA. UNIVERSITY OF CALIFORNIA-DAVIS/OREGON STATE UNIVERSITY/MICHIGAN STATE UNIVERSITY/CORNELL UNIVERSITY/ UNIVERSITY OF IDAHO, 2020, 2021; USA.DHHS.NIH, 2021; MINNESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2021; NI.PUBCHEM, 2021; PESTICIDE ACTION NETWORK INTERNATIONAL. PAN, 2021; SAGE PESTICIDES, 2021; UNITED KINGDOM. UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE, 2021; KUMAR, SINGH e NAGARAJAYAH, 2020; JACOB, 2019; PARANJAPE et al 2015; WITTER et al., 2014; WALSH et al., 2011; DEL SARTO, 2009; LONG, GAN e NETT, 2005).

As informações dos parâmetros físico-químicos desses p.a. são apresentadas na tabela a seguir (**Tabela 2**).

Princípio Ativo	Solubilidade em água (mg/L)	Koc (mL/g)	kH (Pam3/mol)	tempo 1/2 solo (dias)	tempo 1/2 água (dias)	Fontes
Abamectina	5,0 / 1,21	5000	2,70E-03	28,0/ <1 - 1,8 / 8-21 horas ou 1 dia	2,4	Directive 98/8/EC/Abamectin, 2011; Long, Gan e Nett, 2005; Extoxnet-PIP/Abamectin, 1996
Deltametrina	0,0002/0,002	10240000/ 79000 - 16300000	3,10E -02 / 5,0E-06 (atm)	58,2 / 4,9-6,9 semanas	17	UH/PPDB-Deltamethrin, 2021; NIH/PubChem/Deltamethrin, 2021
Espinosade	89,0 / 7,6	835 - 143225 / 16420/ 34600	1,89E-07	2,37/0,40	16 - 27	Long, Gan e Nett, 2005; Directive 98/8/EC/Spinosad, 2010; NIH/PubChem/Spinosad, 2021
Malation	130 / 148 / 143	1200/ 1800	1,00E-03	9 / 1	0,4	UNEP/POPS/POPRC.8/INF/29.20 12; UH/PPDB-Malathion, 2021; NIH/PubChem/Malathion, 2021
Piretrina	0,2/ 0,96	10200	4,4 / 7,83E-02	2,2 - 9,5	14 - 17	NIH/PubChem/Pyrethrin, 2021; OSU/EPA-NPIC, 2014; UH/PPDB-Pyrethrin, 2021;
Permetrina	0,2	100000	1,89E-01	42 / 24 - 13	19 - 27 horas / 23	Extoxnet-PIP/Permethrin, 1996; Long, Gan e Nett, 2005; OSU/EPA-NPIC, 2015; UH/PPDB-Permethrin, 2021
Tiociclan	84000	20	1,80E-06	1	< 3	UH/PPDB-Thiocyclam, 2021; Paranjape et al, 2015
Tiometon	200	579 / 240	2,84E-02	2	100	UH/PPDB-Thiometon, 2021; NIH/PubChem/Thiometon, 2021

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos dos princípios ativos (p.a.) de agrotóxicos identificados para *Anastrepha curvicauda* em mamão.

Modelos matemáticos *screening* do índice de GUS, do método de GOSS e do método de Cohen (utilizado pela USA-*Environmental Protection Agency (EPA)*) foram utilizados posteriormente para disponibilizar o potencial de transporte (lixiviação e escoamento superficial (*run-off*)) de cada princípio ativo (p. a.) identificado. O método de

GUS fez uso de informações de meia-vida do p.a. em solo ($t_{1/2}$ solo, em dias), bem como de seu coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo (K_{oc} , em $mL.g^{-1}$) e disponibilizou, como resultado das avaliações, o valor do índice de GUS dos p.a. A partir do valor do índice de GUS, o p.a. foi classificado como “não sofre lixiviação”, “faixa de transição” ou “provável lixiviação”, conforme as respectivas faixas de valores atribuídas pelo método de GUS. Para o método de GOSS foram utilizadas as mesmas informações para uso do índice de GUS, acrescidas de informações de solubilidade em água (em $mg.L^{-1}$) de cada p.a. Esse método disponibilizou como resultado a classificação de cada p.a. conforme seu potencial de transporte estar associado a sedimento (solo), e assim, com maior risco a escoamento superficial por partículas de solo (erosão ou carreamento por chuva) e ou dissolvido em água por lixiviação, com potencial impacto para atingir camadas mais profundas do solo e, conseqüentemente, lençóis de águas subterrâneas subsuperficiais ou profundos. Ambos potenciais de transporte foram classificados, separadamente conforme o método, em três níveis: alto potencial (“A”), médio potencial (“M”) ou baixo potencial (“B”). Para aplicação do método utilizado pelo EPA (Cohen et al., 1995) foram utilizadas todas as informações de entrada do método de GOSS acrescida das informações, levantadas para cada p.a., sobre suas constantes de Henry (em $Pa.m^3.mol^{-1}$) e meias vidas em água ($t_{1/2}$ água, em dias). Por demanda do método foi necessário utilizar as informações de áreas brasileiras com a presença de solos porosos e aquíferos livres não confinados e com pluviosidades anuais superiores ou iguais a 250 mm; aqui apresentada pelas áreas frágeis nacionais. Os cálculos demandados pelos modelos *screening* foram realizados em planilha Microsoft Excel. Esta foi elaborada a partir da planilha disponibilizada por Ramos, Ferracini e Pessoa (2021), pelos mesmos autores, incorporando a avaliação do p.a. pela classificação do seu potencial de lixiviação pelo método de Cohen et al. (2005) (EPA). Os resultados obtidos foram tabelados e são apresentados a seguir (**Tabela 3**).

Os resultados obtidos para abamectina (inseticida/acaricida do grupo avermectina; ativador do canal cloreto) corroboram com Lasota e Dybas (1990), que avaliando esse p.a. como agrotóxico para uso agrícola concluíram que a instabilidade, baixa solubilidade em água e forte adsorção ao solo contribuem para limitar a biodisponibilidade desse p.a. para organismos não-alvo e previnem sua lixiviação para o lençol freático. Porém, de acordo com *Minnesota Department of Agriculture* (2021) a abamectina é altamente tóxica às abelhas. A Basf (2013) também sinalizou essa alta toxicidade para abelhas, quando expostas a tratamento direto ou a resíduos. Do mesmo modo, Del Sarto (2009) sinalizou que para abelhas *Melipona quadrifasciata* e *Apis mellifera* africanizada este p.a. se mostrou altamente tóxico em exposição por via oral e menos tóxico por via tópica.

Princípios ativos	Índice de GUS	GOSS-SED	GOSS-DIS	EPA
Abamectina	NL	B	B	NL
Deltametrina	NL	A	B	NL
Espinosade	NL	B	M	NL
Malation	NL	B	B	NL
Piretrina	NL	M	B	NL
Permetrina	NL	M	B	NL
Tiociclan	NL	B	M	NL
Tiometon	NL	B	M	NL

OBS. Classificação pelo índice de GUS: NL= Não Lixiviação; T= Transição; L= Potencial Lixiviação; Classificação pelo Método de GOSS (onde GOS-SED= associado a sedimento; GOS-DIS= dissolvido em água): B= baixo potencial, M= Médio Potencial, e A= Alto Potencial; Classificação pelo método de Cohen et al. (1995) utilizado pelo USA-EPA: NL= Não Lixiviação e L= Potencial Lixiviação.

Tabela 3. Potencial de transporte dos princípios ativos (p.a.) de agrotóxicos para controle de *Anastrepha curvicauda* em mamão conforme modelos *screenings* de GUS, GOSS e EPA.

O alto potencial de transporte por sedimento e seu baixo potencial de transporte dissolvido em água, assim como a tendência a não lixiviação, obtidos para deltametrina (inseticida do grupo dos piretróides), pelos modelos *screenings* utilizados, corroboram com os relatados por Selim e Zhu (2002) e Gaber e Steeger (2008). Estes autores reportaram, respectivamente, a baixa mobilidade do p.a. no perfil vertical do solo, bem como sua não propensão à lixiviação e seu observado potencial de transporte por escoamento superficial em monitoramentos de águas superficiais na Califórnia, EUA. Assim, dependendo do tipo e manejo dos solos, bem como dependendo da pluviosidade e declividade do terreno local onde o p.a. for aplicado, a ocorrência de carreamento para áreas não-alvo por escoamento superficial (*runoff*) poderá ser observada. Acrescenta-se ainda que deltametrina é considerada altamente tóxico às abelhas (Minnesota Department of Agriculture, 2021; UH/PPDB-Deltamethrin, 2021; UNEP/POPS/POPRC.8/INF/29, 2012). Del Sarto, (2009), avaliando a exposição de abelhas *M. quadrifasciata* e *A. mellifera* africanizada a esse p.a., observou que o mesmo é altamente tóxico em exposição por via oral e menos tóxico quando por via tópica.

Espinosade (inseticida derivado de espécie de bactéria actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa* e pertencente ao grupo das espinosinas) apresentou baixo potencial (“B”) de estar associado ao sedimento de solo e médio potencial de estar dissolvido em água, mas com potencial de não lixiviação. Mayes et al. (2003) avaliaram o efeito de espinosade sobre abelhas, indicando que os resíduos do p.a., secos após cerca de 3 horas da aplicação realizada com *sprays* de baixo e ultra baixo volumes, não são agudamente prejudiciais às abelhas. Assim, indicaram que o p.a. apresenta baixo risco para esses polinizadores e de pouco a nenhum efeito na atividade da colmeia e no desenvolvimento da

ninhada. Porém, o p.a foi citado como altamente tóxico às abelhas *M. quadrifasciata* e *A. mellifera* africanizada quando a exposição dá-se por via oral e menos tóxico quando ocorre por via tópica (Del Sarto, 2009); corroborando com o relatado por Mayes et al (2003) e com Pozebon e Arnemann (2021), que indicaram que a toxicidade das espinosinas ocorrem em abelhas apenas quando aplicadas diretamente sobre as mesmas.

Malation é um inseticida do grupo organofosforado, citado em literatura como altamente tóxico às abelhas (Minnesota Department of Agriculture, 2021; UNEP/POPS/POPRC.8/INF/29, 2012). Uma vez no ambiente, o malation pode sofrer biodegradação, hidrólise, fotólise ou degradação por reação com radicais hidroxila. Quando em condições de pH baixo ou baixo teor de matéria orgânica, a persistência do inseticida pode durar meses. É importante ressaltar que um de seus metabólitos, denominado malaoxon, é formado por monoxigenases, que pode ser até 33 vezes mais tóxico que a molécula original (KNAPIK, 2018). Porém, investigações sobre contaminação ambiental têm reportado a ausência do malation em água subterrânea presente em áreas próximas, onde tem sido aplicado por pulverização, indicando um baixo risco de toxicidade na água de beber coletada dessa água subterrânea (PAUL et al., 2015). Esse resultado corrobora com o baixo potencial de lixiviação do p.a. ou dele estar dissolvido em água, ambos sinalizados pelos modelos *screening* aqui utilizados.

Piretrina é um inseticida do grupo piretróide que vem sendo citado como altamente tóxico às abelhas (Minnesota Department of Agriculture, 2021). O resultado obtido neste trabalho para este p.a. (Tabela 2) está em conformidade com o apontado por USA. DHHS (2003), que indicaram que, em decorrência deste composto estar altamente adsorvido ao solo, usualmente não lixivia para água subterrânea e nem contamina o fornecimento de água potável. O mesmo foi apontado por Bond, Buhl e Stone (2014), que citaram o baixo potencial de movimentação do composto, através do perfil do solo, para atingir água subterrânea.

Permetrina, inseticida do grupo piretróide, foi apresentado em literatura como altamente tóxico às abelhas (Minnesota Department of Agriculture, 2021). Utilizando as informações dos parâmetros físico-químicos, levantadas junto às bases de dados internacionais (algumas das quais foram atualizadas em 2021), este p.a não apresentou potencial de lixiviação pelos modelos de GUS, GOSS e EPA. Pelo modelo de GOSS, permetrina apresentou baixo potencial de estar dissolvido em água, porém médio potencial de encontrar-se associada ao sedimento do solo na maior parte das vezes; embora em algumas condições particulares de solos, esse p.a. possa apresentar alto potencial de estar associado ao sedimento. Esses resultados corroboram com WHO (2005), que citaram registros de concentrações do p.a. (na ordem de ppm) em água superficial. A mesma fonte também citou a ausência de registros em água potável. Acrescenta-se, contudo, que a maior adsorção do p.a. à matéria orgânica do solo possibilita que este permaneça mais ligado ao solo e, assim, que seu carreamento dê-se pôr água superficial (*runoff*), principalmente nas

áreas frágeis.

Tiociclâm é um pro-inseticida nervo-tóxico (bloqueador do canal do receptor acetilcolina) pertencente ao grupo dos tiocarbamatos. Embora citado como ligeiramente a moderadamente tóxico às abelhas (BASF, 2013), também foi mencionado como tóxico às abelhas, peixes e a outros organismos aquáticos (NIH. PubChem, 2022). Paranjape et al. (2015) citando WHO e USA-Environmental Protection Agency (EPA) indicaram que o p.a. é moderadamente tóxico (Classe II) e que o composto degrada rapidamente em água superficial e com a luz solar.

Tiometon é um inseticida do grupo organofosforado. Não foram encontrados em literatura relatos referentes à sua toxicidade às abelhas. O composto é metabolizado no solo a sulfóxido e sulfona. De acordo com a *Scottish Environmental Protection Agency* (SCOTLAND. SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (SEPA), 2020), tiometon foi considerado potencialmente relevante para a avaliação da qualidade da água subterrâneas da Escócia. Porém há relatos em literatura de que, embora a sulfona seja altamente móvel no solo, alguns experimentos indicaram que o composto não constitui risco de lixiviação para a água subterrânea (ROBERTS et al., 1998). Essas observações corroboram com o médio potencial dissolvido em água obtido na avaliação pelo modelo de GOSS.

Portanto, frente ao exposto, para os p.a. aqui indicados como apresentando potencial de transporte médios ou alto, tanto dissolvidos em água quanto associados à sedimentos de solo, recomenda-se a necessidade de cautela no uso, principalmente em áreas frágeis. Nesse contexto, pesquisas mais aprofundadas sobre o comportamento dos p.a. aqui indicados com potencial de transporte devem ser conduzidas, considerando as particularidades locais de áreas determinadas como favoráveis ao inseto em presença de áreas frágeis e para atualizações futuras.

5 | COMENTÁRIOS FINAIS

Zoneamentos territoriais brasileiros de áreas aptas à PQA *Anastrepha curvicauda* em frutífera de mamão, considerando ou não a presença de áreas frágeis nacionais, subsidiam as estratégias de controle dessa PQA em caso de sua entrada no país.

Oito princípios ativos de agrotóxicos, sinalizados como em uso no exterior para o controle de *A. curvicauda* em mamão, foram avaliados quanto ao potencial de transporte por modelagem matemática screening. Os resultados indicaram a necessidade de cautela no uso, principalmente nas áreas frágeis sinalizadas, de produtos à base de espinosade, tiociclâm e tiometon, pelo médio potencial apresentado para serem transportados dissolvidos em água, e de deltametrina, piretrina e permetrina, pelo alto potencial do primeiro e pelos médios potenciais dos demais, para serem transportados adsorvidos a sedimentos oriundos da desagregação do solo.

Considerando as aptidões observadas pelo zoneamento de áreas aptas à *A. curvicauda* em frutíferas de mamão localizadas em áreas frágeis e as localizações das importantes regiões produtoras de mamão no país (Sul e Oeste da Bahia, Norte do Espírito Santo, Norte de Minas Gerais, Norte do Rio Grande do Norte e Ceará) tem-se que para:

- a) Bahia: para a mesorregião do Sul Bahiano foram identificados 25 municípios distribuídos em três microrregiões (Ilhéus-Itabuna (municípios de Belmonte, Canavieiras, Ilhéus, Itacaré e Una), Porto Seguro (municípios de Alcobaça, Caravelas, Eunápolis, Ibirapuã, Itabela, Itamarajú, Lajedão, Medeiros Neto, Mucuri, Nova Viçosa, Porto Seguro, Prado, Santa Cruz Cabralia, Teixeira de Freitas e Vereda) e Valença (municípios de Camamu, Ituberá, Maraú, Taperoá e Valença));
- b) Espírito Santo: na mesorregião do Litoral Norte do Espírito-Santense foram identificados 12 municípios de três microrregiões aptas (Linhares (municípios de Aracruz, Linhares, Rio Bananal e Sooretama), Montanha (municípios de Montanha, Mucurici, Pinheiros e Ponto Belo) e São Mateus (municípios de Conceição da Barra, Jaguaré, Pedro Canário e São Mateus);
- c) Minas Gerais: na mesorregião do Norte de Minas, 20 municípios de cinco microrregiões apresentaram aptidão em áreas frágeis, a saber nas microrregiões de Bocaiúva (municípios de Bocaiúva, Francisco Dumont e Olhos-D'água) , Janaúba (municípios de Espinosa, ~~Jaíba~~, ~~Janaúba~~, Nova Porteirinha e Porteirinha), Januária (municípios de Januária e São Francisco), Montes Claros (municípios de Capitão Enéas, Claro dos Poções, Francisco Sá, Glaucilândia, Montes Claros e Verdelândia) e Pirapora (municípios de Buritizeiro, Lassance, Pirapora e Várzea de Palma);
- d) Rio Grande do Norte: não houve registro de aptidão para a importante região produtora mamão do estado, localizada ao Norte;
- e) Ceará: Não foram observados municípios aptos à *A. curvicauda* em mamão em áreas frágeis deste estado;

OBSERVAÇÃO

Os resultados aqui apresentados foram obtidos no âmbito do desenvolvimento do Projeto “Estratégias para subsidiar ações de monitoramento e controle de insetos-pragas presentes e quarentenárias ausentes no território brasileiro- **DefesaInsetos**” (Embrapa SEG n.40.18.03.007.00.00 – Execução autorizada pelo DSV/SDA-Mapa (Ofício n.28/2019/CGPP/DSV/SDA/Mapa- Processo SEI n.21000.050281/2018-59 -SEI n.7101489), o qual está sendo financiado exclusivamente por recursos do Sistema Embrapa de Gestão (SEG).

REFERÊNCIAS

- AKAY, A. E. **Ranking of pesticides according to leaching potentials to groundwater for the selected river basins in Turkey** – Index-based approach. The Graduate School of Natural and Applied Sciences/Middle-East Technical University, Turkey, 2016. 265p. (Thesis of Master of Science). Disponível em: <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12620095/index.pdf> Acesso em: 21 out. 2021.
- ALUJA, M.; PIÑERO, J.; LÓPEZ, M.; RUÍZ, C.; ZÚÑIGA, A.; PIEDRA, E.; DÍAZ-FLEISCHER, F.; SIVINSKI, J. New host plant and distribution records in Mexico for *Anastrepha spp.*, *Toxotrypana curvicauda* Gerstaecker, *Rhagoletis zoqui* Bushi, *Rhagoletis sp.*, and *Hexachaeta sp.* (Diptera: Tephritidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v.102, n.4, p. 802-815, 2000.
- ALUJA, M.; GUILLEN, J.; LIEDO, P.; CABRERA, M.; RIOS, E.; DE LA ROSA, G.; CELEDONIO, H.; MOTA, D. Fruit infesting tephritids [Dipt.: Tephritidae] and associated parasitoides in Chiapas, México. **Entomophaga**, v. 35, n. 1, p. 39-49, 1990.
- ATLAS BIG. **Produção mundial de mamão por país, 2021**. Disponível em: <https://www.atlasbig.com/ptbr/paises-por-producao-de-mamao>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- AUSTRALIA PLANT HEALTH. ***Toxotrypana curvicauda***. Fruit Fly ID Australia, 2021. Disponível em: <https://fruitflyidentification.org.au/species/anastrepha-curvicauda/>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- BARBOSA, F. F. L.; ALEXANDRE, J. R.; MORAIS, E. F.; LOHMANN, T.; SILVA, M. L. da. **Priorização de pragas quarentenárias ausentes: metodologia e lista das 20 pragas mais importantes**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. 24p. il. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 220). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170414/1/DOC-220-Laranja-Ainfo.pdf> Acesso em: 12 jul. 2022.
- BASF. **Insecticide mode of action- technical training manual**. 2013. 76p. Disponível em: https://agriculture.basf.com/global/assets/en/Crop%20Protection/innovation/BASF_Insecticide_MoA_Manual_2014.pdf. Acesso em 25 out. 2021.
- BERRONES-MORALES, M.; VANOYE-ELIGIO, V.; CORONADO-BLANCO, J. M.; GAONA-GARCÍA, G.; SÁNCHEZ-RAMOS, G. Species diversity of fruit flies (Diptera: Tephritidae) through different ecosystems in a Neotropical transition zone in Mexico, **Journal of Insect Conservation**, 24, p. 219-231, 2020.
- BOND, C.; BUHL, K.; STONE, D. ***Pyrethrins General Fact Sheet***; National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services. 2014. 4p. Disponível em: <http://npic.orst.edu/factsheets/pyrethrins.html>. Acessado em: 21 fev. 2022.
- BOSCÁN, N.; GODOY, F. Levels of infestation of the papaya fruit fly *Toxotrypana curvicauda* Gerst. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FRUIT FLIES OF ECONOMIC IMPORTANCE, 1., 1998, Canoabo and Bejuma, Venezuela. [Abstracts...]. Penang, Malaysia: FAO/IAEA, p. 11-19, 1998.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (SDA). **Instrução Normativa SDA nº 39 de 1 de outubro de 2018**. Diário Oficial da União, n. 190, Seção 1, p. 11-14, de 02/10/2018. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=11&data=02/10/2018>

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (SDA). **Instrução Normativa SDA nº 38 de 14 de outubro de 1999**. Diário Oficial da União (DOU), n. 205, Seção 1, pp.23-26, de 26/10/1999. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=26/10/1999&jornal=1&pagina=55&totalArquivos=72>

BUSTILLO, P. A. E. Anotaciones biológicas sobre la mosca de la papaya/ *Toxotrypana curvicauda* Gerstaecker em Colombia. **Actualidades ICA** (Colombia), v.2, n.19, p1-7, 1988.

BUTCHER, F. G. The occurrence of papaya fruit fly in mango. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 65, pp.196, 1952. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20057007681>

CALDERÓN, G. M.; VIDES, J. E. **Cultivo de papaya (*Carica papaya* L.)**. Arce, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”(CENTA)/Ministério de Agricultura y Ganadería- El Salvador. 2018. 43p. Disponível em: http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Papaya%202019.pdf Acesso em: 15 jul. 2020.

COHEN, S. Z.; WAUCHOPE, R. D.; KLEIN, A. W.; EADSPORTH, C. V.; GRANCY, R. Offsite transport of pesticides in water – mathematical models of pesticide leaching and runoff. **Pure and Applied Chemistry**, London, v. 67, p. 2109-2148, 1995.

CRIA. Centro de Referência de Informação Ambiental. **OpenModeller**. Disponível em: <http://openmodeller.cria.org.br/modelagem>. Acesso em: 30 jun. 2021.

DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. de. **Mamão** – o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 150p.

DEFESAVEGETAL.NET *Toxotrypana curvicauda*. Recuperado em 14/fev. 2020. Disponível em: <http://www.defesavegetal.net/toxtcu>.

DEL SARTO, M. C. L. **Toxicidade de inseticidas para as abelhas *Melipona quadrifasciata* e *Apis mellifera***. Vicosá, MG: Programa de Pós-Graduação em Entomologia/Universidade Federal de Viçosa, 2009. 64p. (Doutorado). Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/866/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: agosto/2020.

DÍAZ-FLEISCHER, F., PÉREZ-STAPLES, D., CABRERA-MIRELES, H., MONTOYA, P.; LIEDO, P. Novel insecticides and bait stations for the control of Anastrepha fruit flies in mango orchards. **Journal of Pesticide Science** n.90, 2017. pp. 865–872. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10340-017-0834-3>

DINIZ, J. A. O. **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo**: Nota Técnica./João Alberto de Oliveira Diniz, Adson Brito Monteiro, Robson de Carlo da Silva, Thiago Luiz Feijó de Paula. Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. 54p. il. 3 mapas, color, Escala 1:5.000.000.

DUARTE, M. L.; ZANCHI, F. B.; NEVES, J. R. D.; COSTA, H. S.; JORDÃO, W. H. C. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no município de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Rev. Ambient. Água [online]**. vol.11, n.2, p.402-413, 2016.

EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. DIVISIÓN DE VIGILANCIA Y CERTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. Guia para el control de moscas de la fruta. 2011. 6p. Disponível em: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/43/documents/5565/download> Acesso: 7 ago. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Produção brasileira de mamão em 2019**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. Online. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/mamao/b1_mamao.pdf. Acesso em: 30 jun. 2021.

ESKÁFI, F. M.; CUNNINGHAM, R. T. Host Plants of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) of Economic Importance in Guatemala, **The Florida Entomologist**, v.70, n. 1, p. 116-123, mar. 1987.

EUROPEAN UNION (EU). EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **Informations on chemicals**. Disponível em: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals> Acesso em: 2021.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y. Aspectos toxicológicos e ambientais dos agrotóxicos aplicados na cultura do melão. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. de A. D. de; TERAQ, D. (Org.). **Produção integrada de melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: Banco do Nordeste do Brasil, 2008. p.237-247.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; OLIVEIRA, F. C.; SILVA, A. de S. Potenciais contaminantes ambientais e subsídios para produção com qualidade na citricultura. In: MATTOS JÚNIOR, D. de; DE NEGRI, J. D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC: Fundag, 2005. p. 897-929.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. de S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente** v. 11, p.1-16, jan./dez. 2001.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.

FIDELIS, E. G.; LOHMANN, T. R.; SILVA, M. L. da; PARIZZI, P.; BARBOSA, F. F. L. (Ed.). **Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 510 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108710/priorizacao-de-pragasquarentenarias-ausentes-no-brasil>.

GARCÍA, M. A. A. **Guía técnica del cultivo de la papaya**. Programa MAG-CENTA-FRUTALES. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Diciembre, 2010. Disponível em: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf> Acesso em: 20 mai 2021.

GABER, K.; STEEGER, T. **Risks of dimethoate use to the federally-listed California red legged frog (*Rana aurora draytonii*)**: pesticide effects determination. Washington, DC,: Environmental Fate and Effects Division/Office of Pesticides Program, January 31, 2008. 137p. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/pesticides/endanger/litstatus/effects/redleg-frog/dimethoate/analysis.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

GODOY, F.J.; MARTINEZ, N.B. de *Dorytobracon toxotrypanae*, Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) parasite of fruit fly *Toxotrypana curvicauda* Gerst. **Agronomia Tropical Maracay**, v. 49, n.4, p. 527-531, 1999.

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY (GBIF). **Free and open access to biodiversity data**. Disponível em: <https://www.gbif.org>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; PESSOA, M. C. P. Y. Natural vulnerability of soil in agricultural areas: Support for assessing risk of contamination of groundwater by agricultural chemicals. In: GOMES, M. A. F. (Org.). **Agricultural use of the Guarani Aquifer recharge areas in Brazil: implications for groundwater and proposed agri-environmental schemes**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012, p. 63-70.

GOMES, M. A. F. (Ed.) **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 417p.

GOMES, M.A. F.; HAMADA, E.; FILIZOLA, H. F.; QUEIROZ, S. C. do N. de; FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Ordenamento agroambiental das áreas de recarga do Aquífero Guarani: estudos de caso em território brasileiro. In: HAMADA, E. (Ed.). **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 1-22.

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J.; HORMAZA, J. I. Pest and diseases in mango (*Mangifera indica* L.). 2020. 81p. Disponível em: https://www.mango.org/wp-content/uploads/2020/08/Mango_Pests_and_Diseases_ENG.pdf Acesso: July, 11, 2022.

GOSS, D. W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. **Weed Technology**, v.6, n. 3, p. 701-708, 1992.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Elmsford, v.8, n.4, p. 339-357, 1989.

HALL, K. E.; RAY, C.; KI, S. J.; SPOKAS, K. A.; KOSKINEN, W. C. Pesticide sorption and leaching potential on three Hawaiian soils. **Journal of Environmental Management**, 159 (2015) p.227-234. Disponível em: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/41695/Updates/2015_Hall_PesticideSorption.pdf Acesso em: 01. abr. 2021.

HOLLER, W. A.; PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; SÁ, L. A. N de; LOVISI FILHO, E.; FARIAS, A. R.; SPADOTTO, C. A.; MARINHO-PRADO, J. S. **Detalhamento de regiões brasileiras suscetíveis ao ingresso e estabelecimento da praga quarentenária ausente (A1) - *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae)**. Campinas, SP: Embrapa Gestão Territorial, 2016 (Comunicado Técnico).

HORTFRUTI BRASIL. **Anuário 2020-2021**. Piracicaba, Edição especial, v. 19, n. 207, dez. 2020/ jun. 2021. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/retrospectiva-2020-perspectivas-2021.aspx> Acesso em: 30 jun. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Municipais – Ano-base 2018**. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2018/Brasi%20BR/ Acesso em: 02 out. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Territoriais**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dosmunicipios.html?=&t=sobre>. Acesso em: 23 out. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/> Acesso em: 17 ago. 2020.

JACOB, C. R. de O. **Impacto de inseticidas neonicotinoides em abelhas africanizadas e nativas sem ferrão (Hymenoptera: Apoidea)**: toxicidade, alterações na atividade de locomoção e riqueza de espécies em pomares de citros, Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2019. 82p. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-03092019-100801/pt-br.php> [doi:10.11606/T.11.2019.tde-03092019-100801] Acesso em: 25/11/2020.

JACOMO, B. de O.; MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S. Estimativa de nicho ecológico de *Anastrepha curvicauda* em território brasileiro por algoritmos de modelagem. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2021, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Zootecnia, 2021. 12 p. Evento online. CIIC 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225838/1/5955.pdf> Acesso em: 20 set. 2021.

JACOMO, B. de O.; MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S. Avaliação do efeito do threshold do MaxEnt em estimativas de áreas climáticas aptas a dois insetos-pragas exóticos. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2020, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217401/1/5335.pdf> Acesso em: 20 out. 2021.

KUMAR, G.; SINGH, S.; NAGARAJIAH, R. P. K. Detailed Review on Pesticidal Toxicity to Honey Bees and Its Management, IN: RANZ, R. E. R. **Modern Beekeeping** - Bases for Sustainable Production, IntechOpen, February 20th 2020, online (Chapter). DOI: 10.5772/intechopen.91196. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/71161> Access: 22 out. 2021.

LASOTA, J. A.; DYBAS, R. A. Abamectin as a pesticide for agricultural use. **Proceedings of Symposium on Onchocerciasis**, Leiden, The Netherland, 1990, v. 59, p. 217- 225. Disponível em: <https://academic.microsoft.com/paper/27441630/citedby/search?q=Abamectin%20as%20a%20pesticide%20for%20agricultural%20use.&qe=Fld%25D27441630&f=&orderBy=0> Acesso em: 21 out. 2021.

LEWIS, K. A.; TZILIVAKIS, J.; WARNER, D.; GREEN, A. An international database for pesticide risk assessments and management. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v.22, n.4, p.1050-1064, 2016. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242

LONG, R.; GAN, J.; NETT, M. Pesticide Choice: Best Management Practice (BMP) for Protecting Surface Water Quality in Agriculture, **University of California -Agriculture & Natural Resources (US-ANR)**, publication 8161, 2005. 9p. Disponível em: <https://escholarship.org/content/qt3fc6229q/qt3fc6229q.pdf> Acesso em: 20 ago. 2020.

KNAPIK, L. F. O. Ecotoxicidade do inseticida malathion e seus efeitos sobre os biomarcadores ensaio cometa e acetilcolinesterase em *Daphnia magna*. Dissertação de Mestrado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2018. p. 45-52. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3404> Acesso em: 21 ago. 2021.

MARTINEZ, J. C.; BURBANO, O. I. I. Survey of fruit fly parasitoids and predators in cultivated and wild host in the province of Vélez (Santander- Colombia). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FRUIT FLIES OF ECONOMIC IMPORTANCE, 7.; MEETING OF THE WORKING GROUP ON FRUIT FLIES OF THE WESTERN HEMISPHERE, 6., 2006, Salvador. **Proceedings...** Salvador: Fruitfly, 2006.

MARQUES, J. G. de C.; LYRA, M. R. C. C.; CARVALHO, R. M. C. M. de O.; NASCIMENTO, R. M. do; SILVA, J. A. A. da; MONTENEGRO, S. M. G. L. Comparação entre índices de potencial de lixiviação para agrotóxicos utilizados na Sub-Bacia do Natuba, Vitória de Santo Antão-Pernambuco. *Águas Subterrâneas*, v. 33, n.1, 2019. p. 58-67. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/assubterraneas/article/download/29239/19074/108828> Acessado em: 22 out. 2020.

MASON, A. C. **Biology of the papaya fruit fly, *Toxotrypana curvicauda*, in Florida.** United Department of Agriculture Bulletin n. 1081, Washington, DC, July 1922, 10p.

MAYES, M. A.; THOMPSON, G. D.; HUSBAND, B.; MILES, M. M. Spinosad toxicity to pollinators and associated risk. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. 2003. pp. 37-71.

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; JACOMO, B. DE O.; MARINHO-PRADO, J. S.; PARANHOS, B. de A. J. Territorial zoning of Brazilian areas favorable to *Anastrepha curvicauda* (Diptera: Tephritidae) in papaya crop. **Journal of Agricultural Sciences Research**, v.2, n.3, 10p., 2022a.

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; JACOMO, B. DE O.; SIQUEIRA, C. de A.; PARANHOS, B. de A. G. Prospecção de áreas brasileiras favoráveis à *Anastrepha curvicauda* em frutíferas de mamão ou manga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA (CBE), 28. Fortaleza, CE: 2022. Resumos... 2022b. (prelo publicação).

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; SÁ, L. A. N. de; PRADO, J. S. M.; SIQUEIRA, C. de A.; MUNHOZ, V. C.; BERHALDO, G. N.; FARIAS, A. R. Acompanhamento georreferenciado de áreas brasileiras de Cerrado sujeitas aos ataques de *Helicoverpa armigera*. In: Jéssica Aparecida Prandel.. (Org.). **Processamento, análise e disponibilização de informação geográfica**. 1ed. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, v. 1, p. 117-130, 2019.

MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E. ; BRASCO, M. A. ; PESSOA, M. C. P. Y.; SÁ, L. A. N. de ; SPADOTTO, C. A. ; FARIAS, A. R. ; MARINHO-PRADO, J. S. **Identificação dos locais mais vulneráveis à entrada de *Prodioplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) no Brasil.** Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2017b. 29 p. (Embrapa Gestão Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 6).

MINNESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Pesticides and bee toxicity.** Online. 2021. Disponível em: <https://www.mda.state.mn.us/protecting/bmps/pollinators/beetoxicity> Acesso em: 21 out. 2021.

MOSSLER, M.A.; CRANE, J. Florida Crop/Pest Management Profile: Papaya. University of Florida (UF): IFAS Extension, CRI1402, Review July 2013, pp.1-7. s.a.

MOUCO, M. A. do C.; ARAÚJO, J. L. P.; SILVA, D. J.; PINTO, J. M.; CORREIA, R. C. **Recomendações práticas para a produção de manga nas áreas do Projeto Lagos do São Francisco.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2021. 27 p. il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 303). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1138583/1/Recomendacoes-praticas-para-2021.pdf> Acesso: 12 jul. 2022.

NAVARRO, S.; HERNÁNDEZ-BASTIDA, J.; CAZAÑA, G.; PÉREZ-LUCAS, G.; FENOLL, J. Assessment of the leaching potential of 12 substituted phenylurea herbicides in two agricultural soils under laboratory conditions. **J. Agric. Food Chem.** 2012, 60, 21, 5279–5286. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf301094c> Acesso em: 19 out. 2020.

NIH. National Library of Medicine. PubChem. **Explore Chemistry**. Bethesda, MD: National Center of Biotechnology Information, 2021. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

NIH. National Library of Medicine. PubChem. **Compound summary: Thiocyclam**. Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Thiocyclam> Acessado: 16 fev. 2022.

NORRBOM, A. L.; BARR, N. B.; KERR, P.; MENGUAL, X.; NOLAZCO, N.; RODRIGUEZ, E. J.; STECK, G. J.; SUTTON, B. D.; URAMOTO, K.; ZUCCHI, R. A. Synonymy of *Toxotrypana Gerstaecker* with *Anastrepha Schiner* (Diptera: Tephritidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 120, n. 4, p. 834-841, 2018.

OH, S.; MOON, D.; CHUNG, J.; HYUN, H. Estimation of pesticide leaching potential using GUS, RF, and AF index in Cheju citrus orchard soils. **Korean Journal of Environmental Agriculture**, 2002, v. 21, n.1. p. 7-16. Disponível em: <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200210737124866.page> Acesso em: 20 out. 2021.

OVRUSKI, S. M.; OROÑO, L. E.; NÚÑEZ-CAMPERO, S.; SCHLISERMAN, P.; ALBORNOZ-MEDINA, P.; BEZDJIAN, L. P.; VAN NIEUWENHOVE, G. A.; MARTIN, C. B. A review of hymenopterous parasitoid guilds attacking *Anastrepha* spp. and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Argentina. In.: Fruit Flies of Economic Importance: From Basic to Applied Knowledge, **Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance**, 10-15 September 2006, Salvador, Brazil, pp. 113-125

PARANJAPE, K.; GOWARIKER, V.; KRISHNAMURTHY, V. N.; GOWARIKER, S. The pesticide encyclopedia. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI ed. Edition, February 20, 2015, 726p.

PESTICIDE ACTION NETWORK INTERNATIONAL **PAN pesticide database**. Disponível em: <<https://basedosdados.org/dataset/pan-pesticide-database>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; SÁ, L. A. N. de; PARANHOS, B. A. J.; VALLE, L. B. do; LOVISI FILHO, E.; BERALDO, G. N.; FARIAS, A. R. Áreas aptas ao parasitoide exótico *Fopius arisanus* e a *Bactrocera carambolae* considerando seis hospedeiros no Brasil. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO (SICONBIOL), 16., 2019, Londrina. **Anais...** Londrina: SEB; UEL; Embrapa, 2019. p. 455. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206716/1/RA-PessoaMCPY-et-al-16SICONBIOL-2019-p455.pdf> Acessado em: 20 out. 2021

PESSOA, M. C. P. Y.; PRADO, J. S. M.; SÁ, L. A. de; MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; SPADOTTO, C. A. Priorização de regiões do Cerrado brasileiro para monitoramento de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 5, p. 697-701, maio 2016a. (Notas Científicas). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146177/1/Priorizacao-de-regioes-do-cerrado.pdf> Acesso em: 21 out. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; MINGOTI, R.; PRADO, S. de S.; LOVISI FILHO, E.; SÁ, L. A. N. de; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Avaliação do potencial desenvolvimento de *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) e de três bioagentes de controle exóticos em condições climáticas da região Norte do Brasil- Estados do Amapá e Roraima**. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2016b. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153800/1/20161215-NotaTecnica-10.pdf> Acesso em: 21 out. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; MINGOTI, R.; PRADO, S. de S.; LOVISI FILHO, E.; SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; SILVA FILHO, P. P. da; SÁ, L. A. N. de; PRADO, S. de S.; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Estimativas de potencial adaptação de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Praga Quarentenária A2) – Estudo de caso para dois perímetros irrigados do Vale do São Francisco**. Campinas, SP: Embrapa Gestão territorial, 2016c. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161389/1/20161202-NotaTecnica-9.pdf> Acessado em: 21. out. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H.; QUEIROX, S. C. N. ; FERRACINI, V. L. ; JARDIM, I. C. S. Screening models and system simulation applied to risk assessment of water contamination by pesticides in areas of soybean, corn and rice cultivation: Case study in the Araguaia River Springs in the region of Mineiros, Goiás State (GO), and in the Jacaguá. In: GOMES, M. A. F. (Org.). **Agricultural use of the Guarani Aquifer recharge areas in Brazil**: implications for groundwater and proposed agri-environmental schemes. 1ed.Brasilia, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012, p. 185-198.

PESSOA, M. C. P. Y.; FERNANDES, E. N.; QUEIROZ, S. C. N.; FERRACINI, V. L.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de. Mathematical-modelling simulation applied to help in decision-making process on environmental impact assessment of agriculture. In: PRADO, H. A. do; LUIZ, A. J. B.; CHAIB FILHO, H. (Org.). **Computational methods for agricultural research - advances and applications**. New York: Information Science Reference (an imprint of IGI Global), 2011, p. 199-233

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A.; FERRACINI, V. L.; SCRAMIN, S. **Manual do usuário do programa AGROSCRE**: apoio à avaliação de tendências de transporte de princípios ativos de agrotóxicos. Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente, 2007 (Série Documentos - Embrapa).

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A.; FERRACINI, V. L.; SCRAMIN, S. **Software AGROSCRE**: apoio à avaliação de tendências de transporte de princípios ativos de agrotóxicos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 22 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 26). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5802/1/boletim_26.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SCRAMIN, S.; CERDEIRA, A.; SILVA, A. de S.; GUSSAKOV, K. C. Avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas das bacias hidrográficas brasileiras por agrotóxicos em função da vulnerabilidade natural dos solos. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DE PAULÍNIA E REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, 1., 2004, Paulínia. [Anais...] Paulínia: Prefeitura Municipal: Região Metropolitana de Campinas, 2004b. p. 33-34.

PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. de S.; CHAIM, A.; LOPES, P. R. C. ; GOMES, M.A. F.; SOARES, J. M. **Risco de contaminação das águas subterrâneas do submédio do rio São Francisco por agrotóxicos utilizados nas culturas de cana-de-açúcar e banana**: uma avaliação por simulação de sistemas. Jaguariúna/SP: Embrapa-CNPMA, 1999 (Nota Técnica - Embrapa).

PESTICIDE ACTION NETWORK NORTH AMERICA. **Chemical**. Disponível em: < <https://www.pesticideinfo.org/> >. Acesso em: 17 jun. 2021.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. MaxEnt software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Disponível em: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent Acesso em: 30 jun. 2021.

POZEBON, H.; ARNEMANN, J. A. Como funcionam os inseticidas neonicotinoides e espinosinas? Portal Mais Soja, 2021. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:VM2sQaCISUKJ:https://maissoja.com.br/como-funcionam-os-inseticidas-neonicotinoides-e-espinosinas/+&cd=10&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 28 out. 2021.

RAMOS, G. G.; FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; Potencial de transporte de agrotóxicos utilizados no controle de *Drosophila suzukii* e *Aleurocanthus woglumi* por modelos *screening*. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2021, Campinas. Anais... Campinas: Instituto de Zootecnia, 2021. 12p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227339/1/Ferracini-Potencial-transporte-2021.pdf> Acesso em: 23 mar. 2022.

ROBERTS, T. R.; HUTSON, D. H.; LEE, P. W.; NICHOLLS, P. H.; PLIMMER, J. R.; ROBERTS, M. C. (eds) **Metabolic pathways of agrochemicals**: Part 2- Insecticides and Fungicides. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry 1998, p. 505.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, S. E.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; LOMELI-FLORES, J. R.; MIRANDA-SALCEDO, M. A. Species diversity and population dynamics of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Guerrero, Mexico. **Florida Entomologist**, v.101, n.1, 2018.

SAGE PESTICIDES. **Effects toxiques des matières actives**. Quebec, Canadá. 2021. Disponível em: <https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/>. Acesso em: 2021.

SAAVÉDRA-DÍAZ, J.; GALEANO-OLAYA, P. E.; Canal, N. A. Relaciones ecológicas entre frutos hospederos, moscas frugívoras y parasitoides en un fragmento de bosque seco tropical, **Revista de Ciências Agrícolas**, Enero - Junio 2017, v.34, n.1, p. 32 - 49.

SALGADO, T.; BACA, P. **Control de Plagas y enfermedades de los Cultivos**. s.l., Honduras: Programa de Manejo Integrado de Plagas em América Central (PROMIPAC), Instituto de Nacional Tecnológico (INATEC) y Proyecto de Fortalecimiento e Integración de la Educación de la Educación Media a los Processos de Desarrollo Rural Sostenible y Combate a la Pobreza em América Central (SICA-ZAMORANO-TAIWÁN), noviembre 2006. p. 57.

SCACHETTI-PEREIRA, R. **DesktopGarp**: a software package for biodiversity and ecologic research. United States: The University of Kansas Biodiversity Research Center, 2002. Disponível em: <http://www.nhm.ku.edu/desktopgarp/>. Acesso em: 30 jun. 2021.

SCOTLAND. SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (SEPA). List of groundwater hazardous and non-hazardous subsetances and their associated concentrations. november, 2020. Available at: https://consultation.sepa.org.uk/circular-economy/78f28f61/user_uploads/list-of-standards-06112020.pdf

SANTANA, F. S. Uma infraestrutura orientada a serviços para a modelagem de nicho ecológico. 2009. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/T.3.2009.tde-13072009-165044. Acesso em: 21 jun. 2021.

SELIM, H. M.; ZHU, H. Retention and mobility of deltamethrin in soils: 2. Transport. **Soil Science**, v. 167, n. 9, p. 580-589, Sept. 2002.

SELMAN, H. L.; HEPPNER, J. J.; FASULO, T. R. **Papaya fruit fly**. UF-IFAS, publication EENY-21, April 2018 (revised). Disponível em: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/tropical/papaya_fruit_fly.htm, Acesso em: 21 Out. 2021.

SILVA, S. X. de B.; SOUZA, J. da S.; NASCIMENTO, A. S. do. *Toxotrypana curvicauda* Gerstaecker (Diptera: Tephritidae). In.: FIDELIS, E. etd (eds). **Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil**, Brasília, DF: Embrapa, 2018. pp. 213-227 (Capítulo 14)

SOARES, D. F.; FARIA, A. M.; ROSA, A. H. Análise de risco de contaminação de água subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.2, mar/abril 2017 | 277-284. DOI: 10.1590/S1413-41522016139118. Acesso em: 15 de jan. de 2020.

SOUZA MUÑOZ, M. E.; DE GIOVANNI, R.; DE SIQUEIRA, M. F.; SUTTON, T.; BREWER, P.; PEREIRA, R. S.; CANHOS, D. A. L.; CANHOS, V. P. OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. **Geoinformatica**, v. 15, n. 1, p. 111-135, 2011.

STIBICK, J. N. L. **General reference for fruit fly programs – Tephritidae**. United States Department of Agriculture (USDA), Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), Plant Protection and Quarantine (PPQ), Pest Detection and Management Programs, march, 2004. 322p.

The PPDB. **PPDB**: pesticide properties database. Hatfield: University of Herfordshire, 2021. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

TORRES, G. C. **Caracterización del cultivo de la papaya como producto com potencial para exportación, com énfasis em el diagnóstico molecular y serológico de enfermedades**. Zamorano, Honduras: Noviembre, 2000. Disponível em: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2725/1/CPA-2000-T017.pdf> Acesso em: 17 abril 2020.

UNIMONTES. Ciências Agrárias. **Polinização do mamoeiro**, 17/fev/2017. Vídeo. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=XVo4WBym9oM> Acesso em: 20 Out. 2021.

UNITED KINGDOM. UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE. **Pesticide Properties Database (PPDB)**. Hertfordshire, UK. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> . Acesso em: 17 jun. 2021.

UNITED NATIONS. UNEP. **UNEP/POPS/POPRC.8/INF/29**, in: Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, 27 November 2012. 144p. Disponível em: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-INF-29.English.pdf>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. CEPEA. **Hortifrutis**, 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br>

USA. UNIVERSITY OF CALIFORNIA-DAVIS/OREGON STATE UNIVERSITY/ MICHIGAN STATE UNIVERSITY/CORNELL UNIVERSITY/ UNIVERSITY OF IDAHO. **The Extension TOXicology NETwork (EXTOXNET)**. Disponível em: <http://extoxnet.orst.edu/> Acessado em: 2020.

USA. DEPARTMENT OF HEALTHY AND HUMAN SERVICE. NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH (NIH). **PubChem**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/#query=> , Acessado: 2020.

USA. DEPARTMENT OF HEALTHY AND HUMAN SERVICE. **Toxicological profile for pyrethrins and pyrethroids**. september, 2003. 328p. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp155.pdf> Acessado em: 21 fev. 2022.

VEINTIMILLA, O. H. J. Control de la mosca de la papaya *Toxotrypana curvicauda* G. com malla termica y Spinosad. Zamorano, Honduras, Diciembre , 2008. 14p. Disponível em: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5472/1/CPA-2008-T0338.pdf> Acesso: 2021

VILLA-AYALA, P.; CASTREJON-AYALA, F.; JIMENEZ-PEREZ, A. Influencia de la edad, hora del día y planta en el comportamiento de *Toxotrypana curvicauda*. **Agrociencia**. 2010, v.44, n.2, pp.209-213. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000200009&lng=es&nrm=iso

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

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B.; LISBOA, B. B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2014. 146p. Disponível em: <https://editora.pucrs.br/edipucrs/acessolivre/Ebooks//Pdf/978-85-397-0658-7.pdf> Acesso em: 21 out. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). INTERNATIONALPROGRAM ON CHEMICAL SAFETY (IPCS).INTERNATIONALY PEER REVIEWED CHEMICA SAFETY (INCHEM). Disponível em: <http://www.inchem.org/#/search> Acessado em: jan-out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Permethrin in Drinking-water** - Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality WHO/SDE/WSH/05.08/111 (english only). 2005. 14p. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/permethrin260505.pdf Acessado em: 21 fev. 2022.

O USO DA *Galleria mellonella* COMO MODELO EXPERIMENTAL PARA TERAPIA FOTODINÂMICA ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 02/09/2022

Bruno Luís Lima Soares

Programa de Pós-graduação em Odontologia,
Universidade CEUMA, São Luís, Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/6891648233983408>
<https://orcid.org/0000-0002-7840-1993>

Bruno Vinicius Daquila

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Biotecnologia, Genética
e Biologia Celular, Laboratório de Controle
Biológico e Bioprospeção de Insetos, Maringá,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7317834230980773>
<https://orcid.org/0000-0003-3540-3187>

Bárbara Emanoele Costa Oliveira

Programa de Pós-graduação em Odontologia,
Universidade CEUMA, São Luís, Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7100863072643616>
<http://orcid.org/0000-0002-6693-360X>

Luís Cláudio Nascimento da Silva

Programa de Pós-graduação em Biologia
Microbiana, Universidade CEUMA, São Luís,
Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/601685082050062>
<https://orcid.org/0000-0002-4206-0904>

Helio Conte

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Biotecnologia, Genética
e Biologia Celular, Laboratório de Controle
Biológico e Bioprospeção de Insetos, Maringá,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7805899028515988>
<https://orcid.org/0000-0002-2090-0554>

RESUMO: A terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT) é baseada na administração local ou sistêmica de um fotossensibilizador não tóxico seguido por irradiação com um comprimento de onda específico para gerar espécies reativas de oxigênio (ROS), principalmente oxigênio singlete. Atualmente, modelos experimentais de animais que possibilitem estudos em larga escala são essenciais para as pesquisas com terapia fotodinâmica antimicrobiana, dentre os modelos alternativos de animais, a *Galleria mellonella*, um lepidóptero da família *Pyrallidae*, tem tido grande destaque nas pesquisas envolvendo terapia fotodinâmica. O objetivo deste estudo foi descrever, através de uma revisão de literatura, a utilização deste modelo experimental nas pesquisas envolvendo a terapia fotodinâmica antimicrobiana. foram consultadas as bases de dados PubMed e Google acadêmico, limitando de 2002 a 2022, utilizando os descritores *Galleria mellonella*, photodynamic therapy (terapia fotodinâmica) e antimicrobial (antimicrobiana) em inglês e de forma combinada. Esta seleção foi realizada por um único examinador, inicialmente feito pela leitura dos resumos, seguida pela leitura completa dos artigos. Ao total foram encontrados 16 documentos no Pubmed e 59 no Google Acadêmico, sendo incluídos o total de 19 documentos para este trabalho, sendo 1 tese de doutorado. Pode-se concluir que os modelos alternativos de *G. mellonella* podem ser muito interessantes para o estudo e avanço da terapia fotodinâmica antimicrobiana contra diversos patógenos.

PALAVRAS-CHAVE: aPDT. Insetos. Modelos animais alternativos. Laser. Saúde.

THE USE OF *Galleria mellonella* WITH EXPERIMENTAL MODEL TO ANTIMICROBIAL PHOTODYNAMIC THERAPY: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) is based in local or systemic administration of a non-toxic photosensitizer, followed for the irradiation with a specific wavelength to generate reactive oxygen species (ROS), mainly singlet oxygen. Currently, experimental animal models that allow large-scale studies are essential for research with antimicrobial photodynamic therapy, among alternative animal models, we highlight *Galleria mellonella* insect, a lepidopteran of the Pyralidae family, that has been used in research involving photodynamic therapy. The aim of this study was to describe, through a literature review, the use of this experimental model in research involving antimicrobial photodynamic therapy. For that, PubMed and Google Scholar databases were consulted, limited from 2002 to 2022, using the descriptors *Galleria mellonella*, photodynamic therapy (photodynamic therapy) and antimicrobial (antimicrobial) in English, individually or in a combined manner. This selection was performed by a single examiner, initially by reading the abstracts, followed by the complete reading of the articles. In total, 16 documents were found on PubMed and 59 on Google Scholar. After selection, 18 articles and 1 doctoral thesis was used for the development for this work. It can be concluded that alternative models of *G. mellonella* can be very interesting for the study and advancement of antimicrobial photodynamic therapy against various pathogens.

KEYWORDS: aPDT. Insects. Alternative animal models. Laser. Health.

INTRODUÇÃO

A terapia fotodinâmica antimicrobiana (antimicrobial photodynamic therapy, aPDT) é baseada na administração local ou sistêmica de um fotossensibilizador atóxico (como por exemplo, laranja de acridina, porfirinas, rosa bengala, azul de toluidina (TBO), azul de metileno (MB)), seguido pela irradiação com um comprimento de onda específico para produção de espécies reativas de oxigênio (reactives oxygen species, ROS), principalmente oxigênio singleto. Uma das vantagens desse recurso é o uso seguro e livre da indução de resistência microbiana (KUCINSKA et al., 2017).

Atualmente, modelos experimentais animais que possibilitem estudos em larga escala são essenciais para as pesquisas com aPDT, tendo em vista a grande disponibilidade de candidatos a fotossensibilizadores e de formulações inovadoras, bem como a necessidade de se entender os mecanismos de ação da aPDT na célula-alvo e no tecido hospedeiro (KUCINSKA et al., 2017). Contudo, diante as questões éticas relacionadas ao uso de vertebrados em pesquisas científicas, faz-se necessário o uso de modelos alternativos. Deste modo, a utilização de invertebrados como modelos alternativos têm demonstrado destaque.

Entre os invertebrados utilizados como modelos, destacamos o inseto *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae), conhecida popularmente como traça-da-cera. Seu uso como inseto modelo foi estabelecido em 1975, por Kropinski e Chadwick

(KROPINSKI e CHADWICK, 1975) e deste então, tem tido destaque em pesquisas envolvendo a aPDT (Fig. 1).

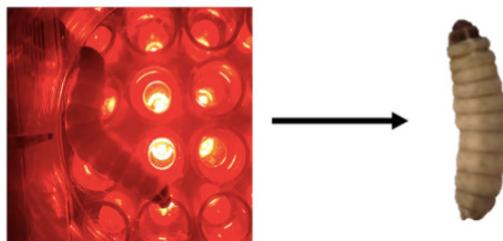


Figura 1. Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT) em larvas da *Galleria mellonella* (adaptado de GRIZANTE BARIÃO et al., 2022).

G. mellonella é um lepidóptero holometábolo que possui quatro fases de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto; sendo a fase larval, ideal para experimentação. Nessa fase, os insetos possuem tamanhos que variam de 1,5-2,5 cm de comprimento e de 150-200 mg de peso (KAVANAGH e FALLON, 2010). Seu ciclo de vida é considerado rápido, entre 6-8 semanas; as fêmeas adultas tem alta taxa de oviposição, cerca de 100 ovos. Os adultos possuem dimorfismo sexual (macho e fêmea); a fêmea possui coloração mais escura e é maior que o macho; esses alimentam-se de pólen ou cera de abelha, característica que resulta em um baixo custo para manutenção das criações laboratoriais (KWADHA et al, 2017).

Quando comparados a outros modelos experimentais, as larvas de *G. mellonella* possuem algumas vantagens, como tolerância a temperaturas entre 25° e 37° C, o que permite o estudo do microrganismo à temperatura que causa infecção humana, e o tamanho adequado para inoculação dos microrganismos, permitindo uma padronização precisa do inóculo microbiano (TREVIANO-CONTADOR e ZARAGOZA, 2014). Este modelo animal também pode ser utilizado para análise da resposta imunológica do hospedeiro frente à infecção, pois os invertebrados possuem sistema imune com similaridades funcionais e estruturais ao dos mamíferos (FUCHS et al., 2010).

Tendo em vista às vantagens do modelo *G. mellonella* para estudar o tratamento das infecções microbianas, o objetivo deste estudo foi desenvolver uma revisão de literatura sobre a utilização desse modelo experimental nas pesquisas envolvendo aPDT.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta revisão de literatura, foram consultadas as bases de dados PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) e Google acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), limitando-se entre os anos de 2002 e 2022. Foram utilizados os descritores: *Galleria mellonella*, photodynamic therapy (terapia fotodinâmica) e antimicrobial

(antimicrobiana) de forma isolada ou combinada. Esta seleção foi realizada por um único examinador, inicialmente feito pela leitura dos resumos, seguida pela leitura completa dos artigos. Ao total foram encontrados 16 e 59 documentos nas bases PubMed Google Acadêmico, respectivamente. Ao final da leitura, 18 artigos e uma tese de doutorado foram selecionados para o desenvolvimento desta revisão de literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

G. mellonella (traça da cera de abelha) é um inseto holometábolo, ou seja, possui os estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Seu período de desenvolvimento larval é de 40 dias em média, podendo variar devido a condições ambientais e ao suprimento alimentar (JORJÃO, 2016).

Atualmente, o uso da *G. mellonella* como modelo animal é mais generalizado para os estudos que envolvem microrganismos patogênicos, sendo uma alternativa valiosa em relação aos modelos animais (vertebrados), que são caros e envolvem diversos conflitos éticos (WAND et al., 2013). Seu uso é proposto como escolhas eficiente e de baixo custo, capaz de gerar dados confiáveis e reprodutíveis sobre a virulência microbiana (HORNSEY e WAREHAM, 2011).

G. mellonella possui um sistema relativamente avançado de defesas; um sistema imune inato complexo e células na hemolinfa que são capazes de encapsular e/ou fagocitar invasores microbianos, além de respostas adaptativas, que incluem a produção induzida de lisozimas e pequenos peptídeos antimicrobianos (RAMARAO et al., 2012).

Devido à tolerância a temperaturas entre 25° e 37° C (semelhante as observadas durante as infecções em humanos), além disso, a inoculação de patógenos e o desenvolvimento da infecção experimental em larvas da *G. mellonella* podem ser minuciosamente padronizadas e monitoradas pela análise de sobrevivência larval, os microrganismos recuperados e o desenvolvimento de análises histológicas dos tecidos obtidos dos hospedeiros (FUCHS et al, 2010; JORJÃO et al. 2018). Os insetos possuem hemolinfa, tecido extracelular com função correspondente ao sangue em mamíferos, como transporte de nutrientes, resíduos e moléculas sinalizadoras; na hemolinfa estão presentes os hemócitos (células presentes no sistema circulatório de invertebrados), que geralmente são as células de defesa da *G. mellonella*.

Larvas da *G. mellonella* são relativamente grandes em tamanho (12 -20 mm), o que permite a fácil manipulação e obtenção de tecido, como hemolinfa para as análises, além do sistema imunológico com um elevado grau de estruturas, sendo parecido estrutural e funcionalmente com sistema imune inato de vertebrados (LIONAKIS, 2011). *G. mellonella* é um modelo ideal para aPDT *in vivo*: o fotossensibilizador pode ser injetado diretamente na hemolinfa do inseto; seu corpo relativamente translúcido facilita o fornecimento de luz, ativando o fotossensibilizador.

Chibebe-Junior et al (2013a) realizaram um estudo pioneiro utilizando a *G. mellonella* como modelo experimental para aPDT; nele aplicaram azul de metileno como fotossensibilizador (methylene blue, MB), com comprimento de onda de 660nm. Delimitaram inicialmente um conjunto preliminar de experimentos com diferentes grupos de larvas que receberam a inoculação do patógeno *Enterococcus faecium* e, posteriormente, doses diferentes de aPDT. A hipótese deste trabalho é que doses mais elevadas de aPDT poderiam promover danos nos tecidos do hospedeiro ou na resposta imunológica dele. Quando uma dose baixa de aPDT foi utilizada, ela foi eficaz na morte dos microrganismos e tolerada pelas larvas sem toxicidade. O estudo concluiu que este modelo animal invertebrado forneceu uma nova e valiosa ferramenta para explorar tratamentos combinatórios baseados em aPDT.

A *G. mellonella* também tem sido utilizada com sucesso para estudar patogênese e infecção por diferentes espécies de fungos, tais como *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus fumigatus*. Nesta pesquisa de 2013 (CHIBEBE JUNIOR et al., 2013b) a larva foi utilizada como um hospedeiro para o estudo *in vivo* do efeito antifúngico da aPDT com o fotossensibilizador MB, com comprimento de onda de 660nm, bem como o estudo da terapia combinada usando aPDT e um medicamento antifúngico convencional. A conclusão principal desse estudo é que o modelo experimental *G. mellonella* - *C. albicans* é adequado para estudar aPDT antifúngico e para explorar tratamentos combinatórios baseados em aPDT.

Merigo et al. (2017) avaliaram a aplicação de diferentes comprimentos de onda de laser com ou sem três corantes fotossensibilizadores (eritrosina, curcumina e TBO), em células de *C. albicans in vitro* e em protocolos aPDT *in vivo*, utilizando larvas experimentalmente infectadas da *G. mellonella*. Três protótipos de laser, cuja potência óptica foi medida com um medidor de potência (PM-200, Thorlabs), foram utilizados para este estudo: um laser de diodo vermelho (tamanho de ponto 0,2 cm²), comprimento de onda 650 nm, para ser utilizado com o TBO; um laser de diodo azul-violeta (tamanho de ponto 0,2 cm²), comprimento de onda 405 nm, para ser utilizado com curcumina; um laser de diodo verde (tamanho de ponto 0,785 cm²), comprimento de onda 532 nm, para ser utilizado com eritrosina. Larvas de *G. mellonella* no último instar larval foram selecionadas por seu peso (350 ± 20 mg) e ausência de pigmentação da cutícula, foram então divididas aleatoriamente em 14 grupos (16 larvas/grupo) para avaliar a ausência de toxicidade dos corantes e a eficácia do aPDT após infecção com *C. albicans*. Um grupo adicional serviu como controle.

A resposta imunológica dos insetos demonstra semelhanças estruturais e funcionais com a resposta imunológica inata dos mamíferos e, em particular, os hemócitos de insetos e os neutrófilos de mamíferos tem demonstrado de forma semelhante a fagocitose e morte de patógenos. Esses estudos demonstraram que o aPDT pode estimular no hospedeiro mecanismos de defesa através da atração e acumulação de neutrófilos para a região

infectada. Isto pode explicar, pelo menos em parte, os resultados obtidos em *G. mellonella*.

Como os estudos *in vivo* são cruciais para a avaliação da patogenicidade dos microrganismos e desenvolvimento de tratamentos alternativos, Santos et al. verificaram a eficácia do aPDT contra a infecção experimental por *Porphyromonas gingivalis* no modelo da *G. mellonella* (DOS SANTOS et al., 2017a). *P. gingivalis* é descrito como um “patógeno fundamental” na periodontite crônica. As larvas da *G. mellonella* foram irradiadas em uma placa de cultura de 24 poços, onde receberam a injeção do fotossensibilizador (MB, 10 μ L) 90 minutos após a infecção bacteriana (**Fig. 2**). Para a realização da irradiação foram espaçados mais 30 minutos para permitir uma boa dispersão do fotossensibilizador pelo organismo do inseto, com Laser de Gálio-Arsênio-Alumínio, comprimento de onda de 660 nm.

Além disso, nesse estudo foi investigada a capacidade do aPDT (LED vermelho, 660nm) em dar uma resposta imune à *G. mellonella* através da avaliação das mudanças no número de hemócitos disponíveis. Os resultados sugeriram que o aPDT tem algum efeito imunomodulador no modelo da *G. mellonella* (DOS SANTOS et al., 2017b). Também mostraram que a *G. mellonella* é um modelo adequado para o estudo de patógenos periodontais, bem como terapias alternativas, indicando a importância de estudos adicionais empregando diferentes ensaios (fagocitose, análise da produção de peptídeos antimicrobianos e culturas de tecidos) que possam permitir analisar tanto o hospedeiro como o microrganismo, a fim de elucidar características da virulência de *P. gingivalis*, como sua capacidade de induzir uma infecção periodontal persistente.



Figura 2. Larvas de *G. mellonella* irradiadas em uma placa de cultura de 24 poços (DOS SANTOS et al., 2017a).

Paziani et al (2019) empregaram a *G. mellonella* para estudar *in vivo* os efeitos da aPDT (laser de diodo vermelho, comprimento de onda 635 nm) com três fotossensibilizadores diferentes de fenotiazínio, MB, novo azul de metileno N e o pentacíclico S137, contra a infecção por microconídios de *Fusarium keratoplasticum* e *Fusarium moniliforme*, fungos filamentosos comuns no ambiente e causam micose, tanto em animais como em plantas.

As infecções humanas incluem micetomas, ceratites e onicomicose, enquanto a micose mais profunda ocorre em pacientes imunocomprometidos.

A terapia fotodinâmica antimicrobiana com MB (1500 μM), novo azul de metileno (200 μM) e o derivado pentacíclico S137 (200 μM) não demonstraram toxicidade ou apresentam baixa toxicidade para as larvas da *G. mellonella* e aumentaram a sobrevivência das larvas infectadas com microconídios de *F. keratoplasticum* e *F. moniliforme*. O aumento da sobrevivência larval foi devido à redução da carga fúngica inerente e ao aumento da resposta imunitária celular (PAZIANI et al., 2019).

Figueiredo-Godoi et al (2019) avaliou a ação do aPDT (laser de Gálio-Arsênio-Alumínio, comprimento de onda de 660 nm) sobre a candidíase experimental e o impacto do laser no tecido, usando a *G. mellonella* como modelo de infecção, mediado pelo fotossensibilizador MB. O uso de aPDT no controle de *C. albicans* provou ser eficiente tanto para microrganismos em forma planctônica quanto para aqueles organizados em biofilmes. A aplicação do aPDT foi encontrada para melhorar a ativação de células específicas através da melhoria da resposta imunitária. Todos os insetos selecionados eram de cor clara e livres de melanização, processo que pode indicar o envolvimento de um processo infeccioso nas larvas, algo que influenciaria o resultado do experimento. Aqui, concluíram que o aPDT e a irradiação laser influenciaram positivamente a melhoria da infecção de *C. albicans* em *G. mellonella*. Além disso, *G. mellonella* provou ser um potencial hospedeiro modelo para avaliar a correlação entre a baixa penetração e a eficácia do aPDT.

Estudos *in vivo* usando modelos de invertebrados são ferramentas importantes que têm sido amplamente utilizadas e tornaram-se uma alternativa muito promissora para ensaios de toxicidade. As vantagens de propor modelos de larvas da *G. mellonella* são seu baixo custo, facilidade de execução e triagem de alto rendimento para ativos em relação à toxicidade e virulência. Os resultados do estudo de Sanches et al. (2019) mostraram uma redução nas contagens de *Streptococcus mutans* quando a diacetilcurcumina (DAC) foi utilizada como fotossensibilizador para aPDT (LED azul, comprimento de onda 440–480nm) *in vivo*. Esses resultados corroboram os de ChibebeJunior et al. (2013) e Dos Santos et al. (2017), que também apresentaram redução do número de bactérias após a aplicação de aPDT *in vivo* utilizando a *G. mellonella* como modelo experimental. Segundo Chibebe Junior et al. (2013), o uso de aPDT leva a danos nas paredes celulares bacterianas, facilitando assim a fagocitose pelos hemócitos de *G. mellonella*. Como o DAC possui grupos lipofílicos, é também esperado que haja maior penetração através das biomembranas bacterianas (Sanches et al., 2019)

Huang et al. (2020) investigaram a segurança para a administração de aPDT no modelo animal *G. mellonella* com dois diferentes fotossensibilizadores: ácido 5-aminolevulínico (ALA) e azul de metileno (MB) em concentrações seriadas (10 mM a 500 mM) infectadas por *Fonsecaea monophora*. O aPDT mediado por ALA se mostrou atóxico em comparação com aPDT mediada por MB. De fato, a aPDT mediada por ALA poderia

salvar *G. mellonella* da infecção fúngica de *F. monophora*, uma vez que, o ALA-aPDT poderia aumentar a densidade e a suscetibilidade dos hemócitos a patógenos, investigações de infecção em modelos de *G. mellonella* são benéficos para a compreensão do efeito imunorregulador mediado por aPDT. Em geral, este estudo implica que a implementação de aPDT em *G. mellonella* facilita a compreensão detalhada da propriedade antimicrobiana e imunomoduladora da aPDT (HUANG et al., 2020).

Atualmente, a aPDT tópica é um tratamento eficaz para várias doenças de pele, incluindo infecções bacterianas, micoses e psoríase. Além disso, a aPDT também é usada para tratar câncer de pele não-melanoma e pode ser uma potente ferramenta para melanoma, associados a outros tratamentos. No trabalho realizado por De França (DE FRANÇA ET AL, 2020), foi avaliada a fotoatividade antitumoral de um novo fotossensibilizador à base de pireno (TPPy) utilizando a linhagem celular de melanoma murino (B16F10). Para determinar a toxicidade *in vivo*, foi utilizado a *G. mellonella* como modelo animal alternativo de estudo. Os resultados mostraram que TPPy é um fotossensibilizador promissor para aplicação em aPDT (LED azul, comprimento de onda 440–480nm), com potencial fotoatividade antitumoral (IC₅₀ 6,5 µmol L⁻¹), ausência de toxicidade no modelo de *G. mellonella* em maior concentração (70,0 mmol L⁻¹) e a tendência de acúmulo nos sítios epidérmicos e dermicos (165,20 ± 4,12 ng/cm²).

Klebsiella pneumoniae é um dos patógenos gram-negativos mais relevantes associadas a infecções antibiótico-resistentes hospitalares e adquiridas na comunidade. Dentre essas, algumas cepas de *K. pneumoniae* também apresentam fenótipo hiper mucoviscoso que geralmente fornece a capacidade de evitar respostas imunes no hospedeiro. Com base no potencial antimicrobiano da aPDT com MB, com duas fontes de luz distintas, LED azul com 410 nm e LED vermelho com 660 nm, Dos Anjos et al. (2020) investigaram a capacidade de inativar cepas hvKp/hmKp de *K. pneumoniae*, incluindo linhagens de ST23 global e capsular sorotipo K1. Além disso, compararam a sensibilidade das cepas hvKp/hmKp em relação a uma cepa de controle não-hipermucoviscosa para investigar se este poderia levar a uma sensibilidade distinta à fotoinativação. Neste estudo também foi possível observar o grau de virulência das cepas hiper mucoviscosas, uma vez que essas causaram mortalidade de 100% das larvas de *G. mellonella* 24 h após a infecção, resultando em taxa de mortalidade significativamente maior quando em comparação com a cepa de controle não hiper mucoviscosa de *K. pneumoniae* (ATCC 700603).

Um estudo conduzido por Garcez et al (2021), utilizou a Criotomografia Eletrônica (ECT) e imagens fluorescentes para avaliar a aPDT na arquitetura do envelope de uma bactéria gram-negativa e os efeitos da terapia combinada de aPDT com MB e antibióticos. Para o experimento *in vivo*, larvas de *G. mellonella* foram infectadas com *Escherichia coli* e tratadas com antibióticos, aPDT (LED vermelho, comprimento de onda 660 nm) ou terapia combinada. As imagens de ECT apresentaram danos nas paredes celulares e estruturas das vesículas dentro e fora da bactéria e as imagens fluorescentes mostraram efeito dose-

dependente da aPDT. O antibiótico ou aPDT sozinhos não melhoraram a sobrevivência das larvas, mas a terapia combinada aumentou significativamente a curva de sobrevivência.

Recentemente (GRIZANTE BARIÃO et al., 2022) investigaram os efeitos *in vitro* e *in vivo* do aPDT (LED vermelho, comprimento de onda 660 nm.) com quatro fotossensibilizadores de fenotiazínio: (I) azul de metileno (MB), (II) azul de toluidina (TBO), e dois derivados de MB, (III) novo azul de metileno (NMBN) e (IV) o derivado pentacíclico S137, contra *Candida auris*. Para medir a eficácia *in vitro* de cada fotossensibilizador, foram determinadas as concentrações inibitórias mínimas (MICs) e a fração de sobrevivência. Também, a eficiência do aPDT foi avaliada *in vivo* com o modelo experimental de *G. mellonella* para infecção e tratamento. Embora a cepa de *C. auris* utilizada nesse estudo tenha se mostrado resistente aos antifúngicos clínicos mais comumente utilizados, ela não pôde suportar os danos impostos pelo aPDT com nenhum dos quatro fotossensibilizadores. Entretanto, para o modelo *in vivo*, apenas o aPDT realizado com S137 permitiu a sobrevivência das larvas infectadas de *G. mellonella*. Esses resultados mostraram que as propriedades estruturais e químicas dos fotossensibilizadores desempenham um papel importante nos resultados do aPDT *in vivo* e ressaltam a necessidade de sintetizar e desenvolver novos.

Por fim, a utilização de *G. mellonella* como modelo experimental *in vivo* para terapia fotodinâmica antimicrobiana é eficaz, permitindo a utilização de diversos microrganismos patogênicos (**Tab. 1**), com variadas fontes de luz (**Tab. 2**) bem como a replicação dos estudos em larga escala, sem envolver aspectos éticos limitantes, bem como a pesquisa e o desenvolvimento de diferentes fotossensibilizadores (**Tab. 3**).

Microrganismos	Referências
<i>Enterococcus faecium</i>	CHIBEBE JUNIOR, 2013a.
<i>Candida albicans</i>	CHIBEBE JUNIOR, 2013b; MERIGO et al. 2017; FIGUEIREDO-GODOI et al., 2019.
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	DOS SANTOS et al., 2017a.
<i>Fusarium keratoplasticum</i>	PAZIANI et al., 2019.
<i>Fusarium moniliforme</i>	PAZIANI et al., 2019.
<i>Streptococcus mutans</i>	SANCHES et al., 2019.
<i>Fonsecaea monophora</i>	HUANG et al., 2020.
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	DOS ANJOS et al., 2020.
<i>Escherichia coli</i>	GARCEZ et al., 2021.
<i>Candida auris</i> .	GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.

Tabela 1. Microrganismos utilizados em estudos de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT).

Fonte de luz e comprimento de onda	Referências
Non coherent light source (LumaCare, Newport Beach, CA), comprimento de onda 660 nm.	CHIBEBE JUNIOR, 2013a; CHIBEBE JUNIOR, 2013b.
Laser de diodo vermelho, comprimento de onda 635-650 nm.	MERIGO et al., 2017; PAZIANI et al., 2019.
Laser de diodo azul-violeta, comprimento de onda 405 nm.	MERIGO et al., 2017.
Laser de diodo verde, comprimento de onda 532 nm.	MERIGO et al., 2017.
Laser de Gálio-Arsênio-Alumínio vermelho, comprimento de onda de 660 nm.	DOS SANTOS et al., 2017a; FIGUEIREDO-GODOI et al., 2019.
LED vermelho, comprimento de onda 660 nm.	DOS SANTOS et al., 2017b; DOS ANJOS et al., 2020; GARCEZ et al., 2021; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
LED azul, comprimento de onda 410–480 nm.	SANCHES et al., 2019; DE FRANÇA et al., 2020; DOS ANJOS et al., 2020.

Tabela 2. Fontes de luz e comprimentos de onda utilizados em estudos de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT).

Fotossensibilizador	Referências
Azul de metileno (MB)	CHIBEBE JUNIOR, 2013a; CHIBEBE JUNIOR, 2013b; DOS SANTOS et al., 2017a; PAZIANI et al., 2019; FIGUEIREDO-GODOI et al., 2019; HUANG et al., 2020; DOS ANJOS et al., 2020; GARCEZ et al., 2021; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Azul de toluidina	MERIGO et al., 2017; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Curcumina	MERIGO et al., 2017.
Eritrosina	MERIGO et al., 2017.
Novo azul de metileno	PAZIANI et al., 2019; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Pentacíclico S137 (derivado de MB)	PAZIANI et al., 2019; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Diacetilcurcumina	SANCHES et al., 2019.
Ácido 5-aminolevulínico (ALA)	HUANG et al., 2020.
Fotossensibilizador à base de pireno (TPPy)	DE FRANÇA et al., 2020.

Tabela 3. Fotossensibilizadores utilizados em estudos de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desse modo, pode-se concluir que o modelo alternativo *G. mellonella* podem ser muito interessantes para estudos e avanços da aPDT contra diversos patógenos. É importante ressaltar que esses modelos não excluem a necessidade de estudos em animais convencionais como mamíferos, mas reduzem significativamente o uso desses animais em pesquisas e fornecem informações importantes sobre o mecanismo de ação da aPDT nas bactérias, fungos e tecidos hospedeiros.

REFERÊNCIAS

- CHIBEBE JUNIOR, José et al. Photodynamic and antibiotic therapy impair the pathogenesis of *Enterococcus faecium* in a whole animal insect model. **PLoS One**, v. 8, n. 2, p. e55926, 2013a.
- CHIBEBE JUNIOR, Jose et al. Selective photoinactivation of *Candida albicans* in the non-vertebrate host infection model *Galleria mellonella*. **BMC microbiology**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2013b.
- DE FRANCA, Bruna Martins et al. In vitro Studies of Antitumor Effect, Toxicity/Cytotoxicity and Skin Permeation/Retention of a Green Fluorescence Pyrene-based Dye for PDT Application. **Photochemistry and Photobiology**, v. 97, n. 2, p. 408-415, 2021.
- DOS SANTOS, Jéssica Diane et al. Immunomodulatory effect of photodynamic therapy in *Galleria mellonella* infected with *Porphyromonas gingivalis*. **Microbial pathogenesis**, v. 110, p. 507-511, 2017.
- DOS ANJOS, Carolina et al. Hypervirulent and hypermucoviscous strains of *Klebsiella pneumoniae* challenged by antimicrobial strategies using visible light. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 56, n. 1, p. 106025, 2020.
- FIGUEIREDO-GODOI, Livia Mara Alves et al. Exploring the *Galleria mellonella* model to study antifungal photodynamic therapy. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 27, p. 66-73, 2019.
- FUCHS, Beth Burgwyn et al. Methods for using *Galleria mellonella* as a model host to study fungal pathogenesis. **Virulence**, v. 1, n. 6, p. 475-482, 2010.
- GARCEZ, Aguinaldo S. et al. Effects of antimicrobial photodynamic therapy on antibiotic-resistant *Escherichia coli*. **Photodiagnosis and photodynamic therapy**, v. 32, p. 102029, 2020.
- GRIZANTE BARIÃO, P. H. et al. In vitro and in vivo photodynamic efficacies of novel and conventional phenothiazinium photosensitizers against multidrug-resistant *Candida auris*. **Photochemical & Photobiological Sciences**, 11 jul. 2022.
- HUANG, Xiaowen et al. Antimicrobial and immunomodulatory responses of photodynamic therapy in *Galleria mellonella* model. **BMC microbiology**, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2020.
- HORNSEY, M.; WAREHAM, D. W. In vivo efficacy of glycopeptide-colistin combination therapies in a *Galleria mellonella* model of *Acinetobacter baumannii* infection. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 55, n. 7, p. 3534-3537, 2011.
- JORJÃO, Adeline Lacerda. Metodologia da criação de *Galleria mellonella* para uso como modelo de infecção e efeitos de *Lactobacillus rhamnosus* inativado pelo calor in vivo e in vitro, desafiados por *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. 2016.
- JORJÃO, Adeline L. et al. From moths to caterpillars: Ideal conditions for *Galleria mellonella* rearing for in vivo microbiological studies. **Virulence**, v. 9, n. 1, p. 383-389, 2018.
- KAVANAGH, Kevin; FALLON, John P. *Galleria mellonella* larvae as models for studying fungal virulence. **Fungal Biology Reviews**, v. 24, n. 1-2, p. 79-83, 2010.

KROPINSKI, A. M. B.; CHADWICK, J. S. The pathogenicity of rough strains of *Pseudomonas aeruginosa* for *Galleria mellonella*. **Canadian journal of microbiology**, v. 21, n. 12, p. 2084-2088, 1975

KUCINSKA, Malgorzata; MURIAS, Marek; NOWAK-SLIWINSKA, Patrycja. Beyond mouse cancer models: Three-dimensional human-relevant in vitro and non-mammalian in vivo models for photodynamic therapy. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 773, p. 242-262, 2017.

KWADHA, Charles A. et al. The biology and control of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. **Insects**, v. 8, n. 2, p. 61, 2017.

LIONAKIS, Michail S. *Drosophila* and *Galleria* insect model hosts: new tools for the study of fungal virulence, pharmacology and immunology. **Virulence**, v. 2, n. 6, p. 521-527, 2011.

MERIGO, Elisabetta et al. Effect of different wavelengths and dyes on *Candida albicans*: In vivo study using *Galleria mellonella* as an experimental model. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 18, p. 34-38, 2017.

PAZIANI, Mario Henrique et al. Antimicrobial photodynamic therapy with phenothiazinium photosensitizers in non-vertebrate model *Galleria mellonella* infected with *Fusarium keratoplasticum* and *Fusarium moniliforme*. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 25, p. 197-203, 2019.

RAMARAO, Nalini; NIELSEN-LEROUX, Christina; LERECLUS, Didier. The insect *Galleria mellonella* as a powerful infection model to investigate bacterial pathogenesis. **JoVE (Journal of Visualized Experiments)**, n. 70, p. e4392, 2012.

SANCHES, Carolina Veronez Garbúggio et al. *Diacetylcurcumin*: a new photosensitizer for antimicrobial photodynamic therapy in *Streptococcus mutans* biofilms. **Biofouling**, v. 35, n. 3, p. 340-349, 2019.

TREVIJANO-CONTADOR, Nuria; ZARAGOZA, Oscar. Expanding the use of alternative models to investigate novel aspects of immunity to microbial pathogens. **Virulence**, v. 5, n. 4, p. 454-456, 2014.

WAND, Matthew E. et al. Complex interactions of *Klebsiella pneumoniae* with the host immune system in a *Galleria mellonella* infection model. **Journal of medical microbiology**, v. 62, n. 12, p. 1790-1798, 2013.

MORFOMETRIA DE APÊNDICES LOCOMOTORES DAS FÊMEAS DE *HEDYPATHES BETULINUS* KLUG (1825) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE).

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 08/08/2022

Marcelo Costa

Departamento de Ciências Biológicas,
Universidade Estadual do Centro-Oeste –
UNICENTRO
Guarapuava, PR
<http://lattes.cnpq.br/1247278692963354>

Maria Eliza Miyoko Tomotake

Departamento de Ciências Biológicas,
Universidade Estadual do Centro-Oeste –
UNICENTRO
Guarapuava, PR
<http://lattes.cnpq.br/7216366203327930>

RESUMO: Padrões de variação do tamanho do corpo e estruturas locomotoras estão relacionadas com estratégias reprodutivas e dispersão dos organismos. O estudo dessas características é de extrema importância, tanto com enfoque ecológico e evolutivo, como também econômico, como, por exemplo, insetos pragas. Nesse contexto, *Hedypathes betulinus* Klug (1825) (Coleoptera: Cerambycidae), conhecido como broca da erva mate, é um bom modelo de estudo, pois o mesmo é considerado um inseto praga em culturas de erva-mate, *Ilex paraguariensis*, com grande importância econômica no sul do Brasil. O objetivo do trabalho foi caracterizar morfometricamente exemplares fêmeas de *Hedypathes betulinus*, em específico analisar as correlações do tamanho de estruturas

ligadas com a sustentação do corpo (tórax e pernas), como também as relações alométricas entre essas estruturas. Foram realizadas 10 medidas lineares, referentes a estruturas do tórax e pernas, de 14 exemplares fêmeas de *Hedypathes betulinus*. A correlação entre as estruturas foi investigada utilizando os valores de tamanho logaritmizados em análises de correlação simples. A alometria foi analisada utilizando um modelo de regressão do tipo II (RMA – eixo maior reduzido) do tamanho logaritmizado do comprimento do élitro em função dos valores logaritmizados das demais estruturas medidas. Os resultados demonstram que as estruturas analisadas estão correlacionadas positivamente, o que é esperado, já que essas estruturas estão fortemente relacionadas ao suporte e locomoção do animal. Além disso, a maioria das estruturas demonstram uma relação isométrica, indicam que o crescimento geral do corpo é acompanhado pelo crescimento dessas estruturas em mesma proporção. Nesse sentido, discutimos que o padrão de correlação e isometria das estruturas analisadas pode estar associado as características de comportamento de cópula e dispersão de *Hedypathes betulinus*.
PALAVRAS-CHAVE: *Ilex paraguariensis*, isometria, morfometria, tamanho.

MORPHOMETRY OF LOCOMOTOR APPENDICES OF FEMALES OF *HEDYPATHES BETULINUS* KLUG (1825) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE).

ABSTRACT: Patterns of variation in body size and locomotor structures are related to

reproductive strategies and dispersal of organisms. The study of these characteristics is of extreme importance, both with an ecological and evolutionary *approach*, as well as economically, for example, pest insects. In this context, *Hedypathes betulinus* Klug (1825) (Coleoptera: Cerambycidae), known as the yerba mate borer, is a good model for study, since it is considered a pest insect in green mate, *Ilex paraguariensis*, with great economic importance in southern Brazil. The objective of this work was to morphometrically characterize female specimens of *Hedypathes betulinus*, specifically to analyze the size correlations of structures related to body support (thorax and legs), as well as the allometric relations between these structures. Ten linear measurements of the thorax and legs of 14 female specimens of *Hedypathes betulinus* were taken. The correlation between the structures was investigated using the logarithmic size values in simple correlation analyses. Allometry was analyzed using a type II regression model (RMA - Reduced Major Axis) of the logarithmic size of the elytra length as a function of the logarithmic values of the other structures measured. The results show that the structures analyzed are positively correlated, which is expected, since these structures are strongly related to the support and locomotion of the animal. Moreover, most of the structures show an isometric relationship, indicating that the overall body growth is accompanied by the growth of these structures in the same proportion. In this sense, we argue that the pattern of correlation and isometry of the structures analyzed may be associated with the copulation and dispersal behavior characteristics of *Hedypathes betulinus*.

KEYWORDS: *Ilex paraguariensis*, isometry, morphometry, size.

1 | INTRODUÇÃO

Na área de evolução morfológica há um grande enfoque em estudos sobre variação do tamanho do corpo e padrões alométricos (FAIRBAIRN, 1997; BLANCKENHORN e DEMONT, 2004, STEPHENS e WIENS, 2009). Isso é justificado porque o tamanho está relacionado com processos reprodutivos e de dispersão, influenciando diretamente o valor adaptativo de um organismo (BLANCKENHORN e DEMONT, 2004). As relações alométricas de estruturas morfológicas são geradas por diferenças em proporções relacionadas com a variação no tamanho geral do organismo (FAIRBAIRN, 1997). Relações alométricas são quantificadas usando a função $y = \alpha x^\beta$, onde x é o tamanho do corpo, y é a medida da característica em interesse, e α e β são constantes (BLANCKENHORN e DEMONT, 2004). Se x e y são medidos na mesma escala, a razão y/x será a constante α quando $\beta=1$. Essa relação define a similaridade geométrica ou isometria. Dessa forma, a alometria ocorre quando $\beta \neq 1$. Se $\beta > 1$, o valor de y aumenta em uma proporção maior que o valor de x , e y/x aumenta com o aumento de x . Esse cenário é denominado de alometria positiva ou hiperalometria. Se $\beta < 1$, o valor de y aumenta em uma proporção menor que o valor de x , e y/x declina com o aumento de x . Isso é denominado de alometria negativa ou hipoalometria. Para quantificar a alometria é necessário estimar o valor do coeficiente alométrico β , e isso é realizado através da transformação logarítmica da função alométrica, $\log(y) = \log(\alpha) + \beta \log(x)$, sendo agora β o coeficiente de inclinação de uma regressão linear (FAIRBAIRN, 1997).

O tamanho pode estar fortemente relacionado à fecundidade das fêmeas, pois fêmeas maiores têm um aumento do potencial reprodutivo e da possibilidade de alocação de recursos para a prole (STEPHENS e WIENS, 2009). Além disso, têm maior capacidade de locomoção e também suportam maior desgaste energético gerado pela cópula e guarda dos machos (FAIRBAIRN, 1997). Como o tamanho está envolvido diretamente com o valor adaptativo, estudos que enfoquem a relação de tamanho entre estruturas são de extrema importância, tanto com enfoque ecológico e evolutivo (STEPHENS e WIENS, 2009), como também com enfoque econômico, quando, por exemplo, analisamos pragas de cultivos agrícolas (GALLO *et al.*, 2002).

Os insetos, em geral, possuem grande capacidade reprodutiva, e qualquer característica que aumente o potencial reprodutivo e de dispersão de um inseto praga pode causar um efeito negativo em termos econômicos para a cultura que o mesmo ataca (GALLO *et al.*, 2002). Nesse contexto, *Hedypathes betulinus* Klug (1825) (Coleoptera: Cerambycidae) é um bom modelo de estudo, pois o mesmo é considerado um inseto praga em culturas de erva-mate, *Ilex paraguariensis*, com grande importância econômica no sul do Brasil (D'AVILA e COSTA, 2005). Também conhecido como corintiano ou broca-da-erva-mate, os adultos medem em torno de 25 mm de comprimento, possuem coloração branca com desenhos escuros no protórax e nos élitros e se alimentam das cascas e pecíolos das folhas (D'AVILA, COSTA e GUEDES, 2006). As larvas ápodas constroem galerias no sentido longitudinal dos troncos e galhos da planta o que impede a circulação normal da seiva, resultando no depauperamento das erva-mates (GUEDES, D'ÁVILA e DORNELLES, 2000; D'AVILA, LÚCIO e COSTA, 2002, D'AVILA e COSTA, 2005).

O objetivo geral do presente trabalho foi caracterizar morfometricamente exemplares fêmeas de *Hedypathes betulinus*. Em específico, analisar as correlações do tamanho de estruturas ligadas com a sustentação do corpo (tórax e pernas), como também, as relações alométricas entre essas estruturas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 21 fêmeas de *Hedypathes betulinus* através do método de catação manual guiado por visualização do inseto na cultura de erva mate (D'AVILA e COSTA, 2005) em uma propriedade particular no município de Guarapuava (26° 27'24"S e 51° 31' 20"W). Os exemplares coletados foram acondicionados vivos em potes plásticos e levados para o Laboratório de Pesquisas Ambientais da UNICENTRO (Campus CEDETEG) onde foram sacrificados em uma câmara mortífera com acetato de etila.

Para análise morfométrica do tamanho foram realizadas 10 medidas lineares, referentes a estruturas do tórax e pernas, utilizando um paquímetro digital, conforme segue: Comprimento do prótorax (CPT); Comprimento do élitro (CE); Largura do prótorax (LPT); Largura do élitro (LE); Comprimento do fêmur do prótorax (CF1); Comprimento da

tíbia do protórax (CT1); Comprimento do fêmur do mesotórax (CF2); Comprimento da tíbia do mesotórax (CT2); Comprimento do fêmur do metatórax (CF3); Comprimento da tíbia do metatórax (CT3).

Os valores dos tamanhos das estruturas foram logaritmizados e posteriormente utilizados em uma análise de correlação simples, para testar o nível de correlação entre essas estruturas. Para analisar a alometria foi utilizado um modelo de regressão do tipo II (RMA – *eixo maior reduzido*), do tamanho logaritmizado do comprimento do élitro em função dos valores logaritmizados das demais estruturas medidas. Nesse caso, o comprimento do élitro foi utilizado como uma estimativa do tamanho do corpo. O modelo de regressão do tipo II é mais apropriado para análises alométricas porque as medidas, tanto da variável preditora quanto da regressora (x e y), possuem erros associados (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Para testar se o coeficiente de regressão β é isométrico ($\beta = 1$) ou alométrico ($\beta \neq 1$) foi calculado o intervalo de confiança (IC) de 95% do coeficiente de regressão (FAIRBAIRN, 1997; LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Uma relação alométrica negativa entre o tamanho do corpo de machos e fêmeas é indicada por um limite superior do intervalo de confiança menor do que um (1,0). Um coeficiente de regressão com um intervalo de confiança que inclua o valor de um (1,0) indica uma relação isométrica, enquanto um limite inferior do IC maior que um (1,0) indica uma relação alométrica positiva.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o ambiente R 4.0.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

3 | RESULTADOS

O tamanho médio para cada estrutura medida é apresentado na Tabela 1. Os resultados apresentados pela análise de correlação (Tabela 2), em uma análise qualitativa, demonstram que a largura do élitro apresenta uma correção positiva regular (coeficiente de regressão entre 0,3 a 0,6) em relação a comprimento do fêmur anterior (CF1), comprimento da tíbia anterior (CT1) e comprimento do protórax (CPT). As demais correlações são todas positivas, sendo consideradas fortes (coeficiente de correlação entre 0,6 a 0,9) ou muito fortes (coeficiente de correlação acima de 0,9).

Estrutura	Média	Desvio padrão
Comprimento do élitro (CE)	17,7	1,6
Largura do élitro (LE)	6,1	0,7
Comprimento do protórax (CPT)	4,6	0,4
Largura do protórax (LPT)	8,9	0,8
Comprimento do Fêmur do protórax (CF1)	6,6	0,6
Comprimento da tíbia do protórax (CT1)	6,2	0,8
Comprimento do Fêmur do mesotórax (CF2)	6,6	0,9
Comprimento da tíbia do mesotórax (CT2)	7,2	0,8
Comprimento do Fêmur do metatórax (CF3)	8,4	0,8
Comprimento da tíbia do metatórax (CT3)	7,3	0,8

Tabela 1 – Tamanho médio e desvio padrão (em milímetros) para as 10 estruturas de tórax e pernas medidos em *Hedypathes betulinus*.

	CE	LE	CPT	LPT	CF1	CT1	CF2	CT2	CF3
LE	0,74								
CPT	0,78	0,45							
LPT	0,92	0,7	0,74						
CF1	0,78	0,44	0,76	0,69					
CT1	0,82	0,5	0,91	0,77	0,85				
CF2	0,92	0,86	0,72	0,82	0,76	0,76			
CT2	0,84	0,79	0,7	0,87	0,73	0,82	0,87		
CF3	0,87	0,69	0,56	0,81	0,63	0,64	0,79	0,72	
CT3	0,86	0,81	0,69	0,94	0,6	0,75	0,83	0,93	0,76

Tabela 2 – Matriz de correlação das 10 estruturas de tórax e pernas analisados em *Hedypathes betulinus*.

Os resultados da análise de regressão (Tabela 3) demonstram um modelo de alometria positiva para o comprimento da tíbia do protórax (CT1) e o comprimento do fêmur do mesotórax (CT2) indicando que essas estruturas possuem um nível de crescimento maior que o tamanho do élitro. As demais estruturas demonstram um modelo isométrico, indicando um crescimento proporcional ao tamanho do élitro.

Estrutura	Coefficiente de regressão (β)	Intervalo de Confiança (95%)	Modelo assumido
LE	1,5	0,92 – 3,21	Isometria
CPT	1,07	0,67 – 1,99	Isometria
LPT	1,08	0,83 – 1,44	Isometria
CF1	1,07	0,66 – 1,97	Isometria
CT1	1,69	1,15 – 2,90	Alometria positiva
CF2	1,31	1,02 – 1,74	Alometria positiva
CT2	1,29	0,89 – 2,05	Isometria
CF3	1,07	0,77 – 1,57	Isometria
CT3	1,37	0,97 – 2,07	Isometria

Tabela 3 – Análise de regressão entre comprimento total do élitro (CE) e demais estruturas medidas.

4 | DISCUSSÃO

As estruturas de tórax e pernas analisados em *Hedypathes betulinus* estão correlacionadas positivamente e, com exceção CT1 e CF2, apresentam uma relação isométrica indicando que o crescimento geral do corpo é acompanhado pelo crescimento dessas estruturas na mesma proporção. O resultado do forte padrão de correlação e isometria das estruturas analisadas nesse trabalho pode estar associado as características de comportamento de dispersão de *Hedypathes betulinus*. Nesse contexto, D'Ávila e Costa (2005) constataram que o adulto *H. betulinus* não apresenta voo frequente e passa a maior parte do tempo parado, sendo que a movimentação está relacionada com condições climáticas de umidade do ar reduzida e aumento da velocidade do vento. Além disso, a dispersão das fêmeas para oviposição ocorre principalmente por deslocamento pelo solo de uma planta a outra indicando que o andar é a forma de locomoção preferível na maior parte do tempo (D'ÁVILA, COSTA e GUEDES, 2006)

Um outro ponto interessante está relacionado ao comportamento de guarda pós cópula da fêmea realizado pelo macho de *Hedypathes betulinus*. D'Ávila e Costa (2005) constataram que macho continua montado na fêmea por um longo tempo após a cópula. Os autores observaram que esse comportamento é muito frequente, ocorrendo em qualquer período ao longo do dia. Isso evita que outros machos copulem com a fêmea, no entanto, gera um gasto energético extra já que muitas vezes as fêmeas andam e alimentam-se com os machos montados por horas. Dessa forma, a correlação positiva entre estruturas locomotoras e tamanho, conforme evidenciado em nosso trabalho, pode estar relacionado com o fato de fêmeas maiores terem maior capacidade de suportar o peso “extra” gerado pelo transporte do macho em guarda pós-cópula.

Também é relatado que machos de *Hedypathes betulinus* possuem fêmures maiores

que as fêmeas, sendo uma das características de dimorfismo sexual dessa espécie (D'ÁVILA, COSTA e GUEDES, 2006). No entanto, essa característica dimórfica não é padrão na família Cerambycidae. Na espécie *Oncideres saga* (Dalman, 1823) (Coleoptera: Cerambycidae) machos e fêmeas não diferem em relação ao tamanho dos fêmures (CORDEIRO et al., 2011). Já na espécie de cerambycídeo *Oncideres dejeani* Thompson, 1868, as fêmeas possuem fêmures maiores que os machos (SEFRIN et al., 2006). Um possível fator de seleção da característica dimórfica de *Hedypathes betulinus* pode estar relacionado com o comportamento de cópula dos machos. Para iniciar a cópula o macho prende a fêmea com os dois primeiros pares de pernas e se mantém montado na fêmea por um longo tempo (D'ÁVILA, COSTA e GUEDES, 2006). Esse comportamento pode gerar uma pressão seletiva positiva para machos que possuam fêmures maiores, aumentando a chance de sucesso reprodutivo dos mesmos. Somado a isso, nossos resultados demonstram que o tamanho dos fêmures do protórax e metatórax das fêmeas de *H. betulinus* apresentam uma relação isométrica, aumentando proporcionalmente com o tamanho do corpo, mantendo assim a característica dimórfica entre os sexos nessa espécie.

REFERÊNCIAS

- BLANCKENHORN, W. U.; DEMONT, M. 004. Bergmann and Converse Bergmann Latitudinal Clines in Arthropods: Two Ends of a Continuum? **Integrative and Comparative Biology**, 44:413-424.
- CORDEIRO, G. et al. 2011. Morfometria externa na diferenciação sexual de *Oncideres saga* (Dalman, 1823)(Coleoptera: Cerambycidae). **Revista Brasileira de Zoociências**, 13: 1, 2, 3.
- D'ÁVILA, M.; COSTA, E. C. 2005. Aspectos comportamentais de *Hedypathes betulinus* Klug (1825) (Coleoptera: Cerambycidae) em erva-mate. **Ciência Florestal**, 15: 233-239.
- D'ÁVILA, M.; LÚCIO, A. D.; COSTA, E. C. 2002. *Hedypathes betulinus* Klug (1825) (Coleoptera: Cerambycidae) e suas relações com variáveis ambientais. **Ciência Florestal**, 12: 17-26.
- D'ÁVILA, M.; COSTA, E. C.; GUEDES, J. V. 2006. Bioecologia e manejo da broca-da-erva-mate, *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825)(Coleoptera: Cerambycidae). **Ciência Florestal**, 2: 233-241.
- FAIRBAIRN, D. J. 1997. Allometry for sexual size dimorphism: Pattern and Process in the Coevolution of Body Size in Males and Females. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 28: 659-687
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. 1998. **Numerical ecology**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier Science. 853 p.
- GALLO, D. et al. 2002. **Entomologia Agrícola**. Lavras: Editora FEALQ, 920p.
- GUEDES, J. V. C.; D'ÁVILA, M.; DORNELLES, S. H. B. 2000. Comportamento de *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) em erva-mate em campo. **Ciência Rural**, 30: 1059-1061.

R CORE TEAM. 2020. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2020.

SEFFRIN, R. C. A. S. et al. 2006. Medidas morfométricas de fêmeas e machos de *Oncideres dejeani* Thompson, 1868 (Coleoptera: Cerambycidae). **Ciência Rural**, 36: 1313-1316.

STEPHENS P. R.; WIENS, J. J. 2009. Evolution of Sexual Size Dimorphisms in Emydid Turtles: Ecological Dimorphism, Rensch's Rule, and Sympatric Divergence. **Evolution**, 63: 910-925.

CAPÍTULO 5

Scirtothrips dorsalis E PROSPECÇÃO DE SEU DESENVOLVIMENTO EM CONDIÇÃO TÉRMICA DE DOIS CÓRREGOS, SP

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 23/08/2022

Maria Conceição Peres Young Pessoa

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

Leonardo Massaharu Moriya

QueenNut Indústria e Comércio Ltda
Dois Córregos – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1926872205054500>

Rafael Mingoti

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

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna- São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/8742593129238690>

Pedro Luís Blasi de Toledo Piva

QueenNut Indústria e Comércio Ltda
Dois Córregos – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0479949355393817>

RESUMO: *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) é um inseto-praga polífago de origem asiática. Entre seus diversos cultivos hospedeiros citam-se pimentas, ervas, frutas, legumes, oleaginosas, noqueiras, flores e plantas ornamentais, alguns de importância econômica para o Brasil. O potencial de dispersão de *S. dorsalis* entre países já foi

salientado em literatura, assim como seus impactos econômicos e sua atuação como vetor de viroses em várias culturas. Registros de ataques do inseto já ocorreram em vários países, inclusive da América do Sul. *Scirtothrips dorsalis* é uma praga quarentenária ausente (PQA) conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (Mapa) do Brasil. Desse modo, prospectar informações preventivas sobre o inseto e sobre o seu comportamento esperado em áreas de cultivos hospedeiros nacionais é fundamental para subsidiar seu manejo, em caso de confirmação oficial de sua presença no país. O estado de São Paulo é um grande produtor de citros, macadâmia, flores e plantas ornamentais. Dois Córregos, SP, se destaca entre os principais municípios produtores de macadâmia do país e também possui áreas de citros e soja; hospedeiros do inseto no exterior. Este trabalho apresenta informações sobre a PQA *S. dorsalis* e a prospecção de seu desenvolvimento em condição térmica do município de Dois Córregos, SP. As informações sobre o inseto foram levantadas em literatura técnico-científica internacional, incluindo suas demandas térmicas. A partir dessa informação e de dados de temperaturas máxima e mínima médias mensais semelhantes àquelas de Dois Córregos, obtidas a partir de dados do BMEP/INMET, foram estimadas as quantidades de gerações do inseto sujeitas aos desenvolvimentos nos períodos de maior disponibilidade flores/frutos da macadâmia e de um ano. As seguintes quantidades de gerações de *S. dorsalis* foram obtidas para os períodos: a) de flores e frutos: até seis gerações completas, com a 7ª geração

em desenvolvimento (179,36 GD acumulados no final do período) e tempo médio de uma geração de $23,7 \pm 5,1$ dias (variando de 18 a 31 dias); e b) anual: até 17 gerações completas, com a 18ª geração em desenvolvimento (274,46 GD acumulados no final do período) e tempo médio de uma geração de $20,5 \pm 4,5$ dias (variando de 16 a 29 dias). Os resultados apoiam políticas públicas de defesa agropecuária nacional, com foco na PQA *S. dorsalis*.

PALAVRAS-CHAVE: Praga quarentenária ausente; defesa fitossanitária; vetor; demandas térmicas; prospecção; Brasil.

Scirtothrips dorsalis AND THE PROSPECTION OF ITS DEVELOPMENT UNDER THERMAL CONDITIONS OF DOIS CÓRREGOS, SP

ABSTRACT: *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) is a polyphagous insect-pest native from Asia. Among its various host crops are peppers, herbs, fruits, vegetables, oilseeds, nut trees, flowers and ornamental plants, some of economic importance for Brazil. The potential dispersion of *S. dorsalis* between countries has already been pointed out in literature, as well as both its impacts and its performance as vector of viruses of several crops. Records of insect attacks have already been noticed in various countries, including in South America. *Scirtothrips dorsalis* is an absent quarantine pest (PQA) according to the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (Mapa). Thus, prospecting preventive information on the insect and on its expected behavior in national host crop areas is essential to support its management in case of official confirmation of its presence in the country. The state of São Paulo (SP), Brazil, is a major producer of citrus, macadamia, flowers and ornamental plants. Dois Córregos, SP, stands out among the main macadamia producing municipalities in the country and also presents citrus and soybean areas; host crops of *S. dorsalis* abroad. The present work presents information about the PQA *S. dorsalis* and the prospection of its development under thermal conditions in Dois Córregos, SP- Brazil. Information about the insect was surveyed in international technical-scientific literature, including on its thermal demands. From this information and from data on monthly average maximum and minimum temperatures similar to those of Dois Córregos, obtained from data from the BMEP/INMET, the number of generations of the insect subject to development both in the periods of flowering/fruiting of macadamia and of one year were estimated. The following number of generations of *S. dorsalis* were obtained for the periods: a) of the greatest availability of flowers and fruit: up to six complete generations, with the seventh generation under development (179.36 DD accumulated in the end of the period) and average time of one generation of 23.7 ± 5.1 days (varying from 18 to 31 days) ; and b) annual: up to 17 complete generations, with the eighteenth generation under development (274.46 DD accumulated in the end of the period) and average time of one generation of 20.5 ± 4.5 days (varying from 16 to 29 days). These results support public policies for national agricultural defense, focusing on the PQA *S. dorsalis*.

KEYWORDS: Absent quarantine pest; phytosanitary defense; vector; thermal demands; prospection; Brazil.

1 | INTRODUÇÃO

Scirtothrips dorsalis Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) (sinonímias: *Anaphothrips andreae* Karny 1925, *Heliothrips minutissimus* Bagnall 1919, *Neophysopus fragariae* Girault 1927, *Scirtothrips andreae* (Karny), *Scirtothrips fragariae* (Girault), *Scirtothrips minutissimus* (Bagnall) e *Scirtothrips padmae* (Ramakrishna 1942)) é um inseto-praga polífono de origem asiática, possivelmente do sudeste da Ásia ou do subcontinente Indiano (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017). O inseto é mundialmente conhecido pelos nomes comuns de *chilli thrips*, *assam thrips*, *chilli flower thrips*, *strawberry thrips* e *yellow tea thrips* (SCHRADER et al., 2019; OSBORNE, 2009).

Entre os diversos hospedeiros, destacados por Atakan e Pehlivan (2021) como pertencentes a 225 taxa de plantas de 72 diferentes famílias, encontram-se cultivos agrícolas de importância econômica, tais como pimentas, ervas, frutíferas, leguminosas, oleaginosas, nozeiras, flores e plantas ornamentais pertencentes às famílias *Actinidiaceae*, *Amaranthaceae*, *Anacardiaceae*, *Asparagaceae*, *Asteraceae*, *Caprifoliaceae*, *Chenopodiaceae*, *Convolvulaceae*, *Cucurbitaceae*, *Ebenaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Hydrangeaceae*, *Liliaceae*, *Lythraceae*, *Malvaceae*, *Moraceae*, *Myrtaceae*, *Nelumbonaceae*, *Passifloraceae*, *Poaceae*, *Polygonaceae*, *Portulacaceae*, *Proteaceae*, *Punicaceae*, *Rhamnaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Salicaceae*, *Sapindaceae*, *Solanaceae*, *Theaceae* e *Vitaceae* (MOUND e PALMER, 1981; KLASSEN et al. 2008; OSBORNE, 2009; KUMAR et al., 2013; VENETTE e DAVIS, 2004 citados por KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; EPPO/OEPP, 2017; PANTHI et al 2020; ATAKAN e PEHLÍVAN, 2021). No exterior, embora os ataques da praga se concentrem em pimentas, ervas (chá) e flores/plantas ornamentais, também foram mencionados ocorrendo em vários cultivos de importância econômica para o Brasil, entre os quais algodão (*Gossypium hirsutum*), amendoim (*Arachis hypogaea*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), girassol (*Helianthus annuus*), laranja (*Citrus sinensis*), limão (*Citrus aurantiifolia*), macadâmia (*Macadamia ternifolia*), manga (*Mangifera indica*), maracujá (*Passiflora edulis*), melão (*Cucumis melo*), milho (*Zea mays*), mirtilo (*Vaccinium myrtillus*), morango (*Fragaria x ananassa*), pera (*Pyrus spp.*), pêssego (*Prunus persica*), rosa (*Rosa sp.*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), soja (*Glycine max*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) e uva (*Vitis vinifera*) (VENETTE e DAVIS, 2004; O'HARE et al., 2004; CHU et al., 2006; CARMELI, PEROZO e PIÑANGO, 2009; OSBORNE, 2009; KUMAR et al., 2012, 2013; KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; MINAEI, BAGHERIAN e ALEOSFOUR, 2015; EPPO/OEPP, 2017; SCHRADER et al., 2019; PANTHI et al 2020; ATAKAN e PEHLÍVAN, 2021).

Scirtothrips dorsalis se encontra distribuído em vários continentes, com registros de ataques e/ou interceptações também em países das América do Norte, América Central e Caribe e da América do Sul (EPPO/OEPP, 2022; GBIF, 2022; SCHRADER et al., 2019; EPPO/OEPP, 2017). Kumar et al (2013) relataram que *S. dorsalis* é encontrado

abundantemente ao longo de sua faixa nativa na Ásia, que inclui Bangladesh, Brunei, Darussalam, China, Hong Kong, Índia, Indonésia, Japão, República da Coreia, Malásia, Mianmar, Paquistão, Filipinas, Sri Lanka, Taiwan e Tailândia. Neste último, os ataques de *S. dorsalis* deram-se destacadamente em lótus sagrada (MOUND e PALMER 1981 citados por KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017), assim como em pimenta chilli na Índia (RAMAKRISHNA AYYAR, 1932 e RAMAKRISHNA AYYAR e SUBBIAH 1935 citados por KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017), onde também é considerada séria praga de amendoim (AMIN, 1979, 1980 citados por KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017). No Japão *S. dorsalis* foi referenciada como praga de cultivos de ervas (chá) e de citros (KODOMARI, 1978 citado por KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017). O inseto também foi relatado em Israel e em citros no Irã (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; KUMAR et al., 2013). No continente Europeu houve surtos populacionais de *S. dorsalis* em citros (*C. lemon* em área sob controle oficial em Valência) e em morango no Sudeste Espanhol em 2017 (PANTHI et al 2020; SCHRADER et al., 2019; EFSA PLH PANEL, 2014 citado por SCHRADER et al., 2019; EPPO/OEPP, 2017). No mesmo continente também houve relatos de surtos ocorridos em estufas no Reino Unido e em plantas ornamentais de interior na Holanda; ambos erradicados (EPPO/OEPP, 2017; SCHRADER et al., 2019). Na Turquia, o primeiro registro de ocorrência do inseto deu-se em mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em 2021 (ATAKAN e PEHLIVAN, 2021). Na África ocorreram interceptações de *S. dorsalis* na Costa do Marfim e África do Sul, sugerindo que o inseto apresente condições para se difundir ao longo do Oeste da África, e de sua presença no Quênia (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; MACHARIA et al, 2015; KUMAR et al., 2013). Na Oceania houve relatos de ocorrência na Austrália (New South Wales, Queensland e no norte do país), Nova Guiné e Ilhas Salomão (EPPO/OEPP, 2022; BRIGHT, 2021; KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; VITELLI, 2014; KUMAR et al., 2013).

Por sua vez, na América do Norte citam-se ocorrências do inseto nos Estados Unidos, principalmente de Norte a Sul da Flórida (entre outros estados) até o Canadá (EPPO/OEPP, 2022; PANTHI et al, 2020; KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; OSBORNE, 2009; HODGES, EDWARD e DIXON, 2005). Kummur et al (2013) reportou a presença da espécie desde 2005 na Flórida, onde se tornou praga de vários cultivos de importância econômica na região Sudeste dos EUA, com registros posteriores no Texas, Alabama, Louisiana, Geórgia e Nova York; assim como outros apresentados pela EPPO/OEPP (2022), que incluem o Haváí.

Na América Central também houve relatos de ocorrências, entre elas na Jamaica, São Vicente, Santa Lucia, Barbados e Trinidad (EPPO/OEPP, 2022; KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; KUMAR et al., 2013) e em cultivo de manga de Porto Rico (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; KUMAR et al., 2013). Projeções de potencial distribuição da praga sinalizaram que *S. dorsalis* poderia se estabelecer nas Américas do Sul e Central (VENETTE e DAVIS, 2004).

Na América do Sul foram citados ataques na **Venezuela**, em algodão (CERMELI,

PEROZO e PIÑANGO, 2009) e em uva de vinho no oeste do país (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; KUMAR et al., 2013), como também no **Suriname**, onde deram-se principalmente em pimenta e *Citrus sp.* (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017). Na **Colômbia** também houve registro de ataque do inseto em algodão, manga, citros (laranja), murta-de-cheiro, pimentas, rosa, entre outras, presentes nas regiões Andina, Caribenha e Orinoquia (RAVELO et al., 2018). Acrescenta-se ainda relatos de ocorrência da praga em gérbera (*Gerbera sp.*) e em rosa (*Rosa sp.*) na **Guiana Francesa** em 2018 (FRENCH GUYANE. DAAF, 2018; EPPO/OEPP, 2022).

Scitothrips dorsalis é listada como praga quarentenária ausente (PQA) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), conforme a Instrução Normativa (IN) da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA)/Mapa nº 39 de 02/10/2018 e suas posteriores atualizações pelas IN SDA/Mapa nº 07 de 02/05/2019, IN SDA/Mapa nº 29 de 18/10/2019, IN SDA/Mapa nº 85 de 24/08/2020, IN SDA/Mapa nº 117 de 28/12/2020, IN SDA/Mapa nº 132 de 16/04/2021, Portaria SDA/Mapa nº 360 de 12/07/2021, Portaria SDA/Mapa nº 465 de 01/12/2021 e Portaria SDA/Mapa nº 569 de 06/05/2022. A literatura técnico-científica cita relato de ocorrência de espécie de *S. dorsalis*, similar à da África do Sul, ocorrida em cajueiro-anão *Anacardium occidentale* Linnaeus 1753 (*Anacardiaceae*) não-enxertado em estufa no estado do Ceará (DIAS-PINI et al., 2018). Porém, não houve confirmação oficial de presença de *S. dorsalis* no Brasil, motivo pelo qual o inseto-praga continua listada como PQA¹. Contudo, a presença do inseto em países fronteiriços (Colômbia, Guiana Francesa, Suriname e Venezuela) demandam mais bem conhece-la, para apoiar políticas públicas de defesa agropecuária nacional.

O estado de São Paulo é grande produtor de citros, macadâmia e flores e plantas ornamentais. O município de Dois Córregos, SP, se destaca entre os principais produtores de macadâmia do país, apresentando também áreas de cultivos de citros e soja; cultivos estes hospedeiros já atacados por *S. dorsalis* no exterior.

Este trabalho apresenta informações, levantadas em literatura técnico-científica internacional, sobre a praga quarentenária ausente *Scitothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae), bem como a prospecção de seu desenvolvimento, obtida por demandas térmicas do inseto de literatura, em condição térmica semelhante àquela de área produtora de macadâmia do município de Dois Córregos, SP.

2 | INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O INSETO

2.1 Ciclo de vida, danos, impactos e potencial invasivo

O ciclo de vida do inseto foi bem descrito por Kumar, Seal e Kakkar (2017). Apresenta

1 A suspeita de possibilidade de ocorrência de praga quarentenária ausente no país deve ser notificada ao Mapa, pois é regida por força de Instrução Normativa nº 45 de 22/08/2018 (Art. 5º, sobre a notificação). A partir da comunicação, o Mapa encaminha pessoal credenciado para a área indicada para proceder a coleta de material *in loco* para realizar análises, em laboratório também credenciado, visando atestar, ou não, a ocorrência da praga no país.

as fases de ovo, larva (dois instares), pré-pupa, pupa e adulta (LUDWIG et al, s.d.; KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017).

As fêmeas ativas colocam seus ovos dentro do tecido vegetal da planta, acima da superfície do solo (LUDWIG et al, s.d.; OSBORNE, 2009); 60 a 200 ovos por fêmea são ovipositados ao longo da vida ativa (LUDWIG et al, s.d.). Os ovos são muito pequenos (0,075 mm de comprimento e 0,070 mm de largura) e de coloração branca-cremosa (SEAL et al. 2009a). Ovos fertilizados pelo acasalamento produzem fêmeas, enquanto os não fertilizados resultam em machos (KUMAR et al., 2013). O tempo necessário para a eclosão do ovo varia de **dois a oito dias** (LUDWIG et al, s.d.; KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; KUMAR et al., 2013), enquanto a fase larval demanda de **oito a dez dias** (LUDWIG et al, s.d.; KUMAR et al., 2013). Ludwig et al (s.d.) relataram a fase larval (com 2 instares) demandando 6 a 7 dias, realizando intensa alimentação na planta hospedeira, seguida da fase pré-pupal de cerca de 1 dia. A fase pupal demanda **2,6 a 3,3** dias (KUMAR et al., 2013). Ao contrário de outras espécies de tripes, as pupas de *S. dorsalis* são, geralmente, encontradas nas folhas ou sob os cálices de flores ou frutos, enquanto as larvas e adultos tendem a se reunir perto da nervura média ou bordas da folha hospedeira (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017).

De acordo com Seal et al (2009) os adultos possuem 1,2 mm de comprimento, abdômen dorsal apresentando manchas escuras formando listras incompletas e asas escuras. A vida adulta leva 15,8 dias em berinjela e 13,6 dias em tomate (SEAL et al., 2009). Porém, além das durações das fases de vida do inseto poderem ser diferenciadas de acordo com o hospedeiro, também podem ser distintas conforme a temperatura local (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; SEAL et al., 2009; LUDWIG, s.d.; TATARA, 1994). Esta informação corrobora com o apresentado por Tatara (1994), que relatou a influência da temperatura tanto na longevidade das fêmeas de *S. dorsalis*, que variou de $20,7 \pm 2,1$ dias (a $29,5^{\circ}\text{C}$) até $54,7 \pm 3,5$ dias (a $14,5^{\circ}\text{C}$), quanto no período de pré-oviposição, que foi de $1,0 \pm 0,0$ dia na faixa de $25,0$ a $29,5^{\circ}\text{C}$, de $1,0 \pm 0,6$ dia a $19,0^{\circ}\text{C}$ e de $4,0 \pm 0,9$ dias a $14,5^{\circ}\text{C}$. Acrescenta-se também a duração do ciclo de vida reportada por Ludwig et al. (s.d.) variando de 14 a 20 dias.

Detalhes sobre as considerações morfológicas para identificação correta das fases de vida e imagens do inseto encontram-se disponíveis em literatura (BRIGHT, 2021; KUMAR et al., 2013; OSBORNE, 2009).

A OEPP/EPPO (2005) cita que todos os estágios do ciclo de desenvolvimento de *S. dorsalis* se alimentam de células epidérmicas, não apresentando preferência alimentar por folhas maduras. De acordo com Kumar, Seal e Kakkar (2017), citando Sanap e Nawale (1987), adultos e ninfas de *S. dorsalis* sugam a seiva das folhas, causando enrolamentos ou ondulações, com conseqüentes reduções nos tamanhos foliares.

A ocorrência de partes descoloridas ou desfiguradas na planta sugerem a presença da praga. Sinais iniciais de danos são encontrados na casca externa, provocados pelo

endurecimento de excrementos do inseto, dando aos frutos uma aparência irregular e inicialmente avermelhada e que, posteriormente, adquire a coloração ferrugem ou acastanhada. Embora a literatura sinalize que esse dano não cause perdas de rendimento ou qualidade, geralmente passam despercebidos e, em alguns casos, podem ser confundidos com infestações causadas por ácaros (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017).

Há relatos de que, em muitos hospedeiros quando em infestação severa da praga, a alimentação do inseto dê-se também na parte superior da folha. Nessas infestações observou-se que folhas tenras e botões tornaram-se quebradiços, resultando em completo desfolhamento da planta e perda de safra (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017; BRIGHT, 2021).

Em noqueira macadâmia *S. dorsalis* também pode atacar flores e novos ramos, causando o aparecimento de rosetamento de folhas. Em caso de ataque contínuo aos novos ramos, a planta perde carboidratos (BRIGHT, 2021). Nessa mesma noqueira, Vitelli (2014) sinalizou que os danos de *S. dorsalis* registrados na cidade de Bundaberg (Queensland/Austrália) deram-se pela alimentação de larvas e adultos em folhas novas durante o estágio vegetativo, onde, em infestações severas, as folhas foram atrofiadas ou deformadas e os brotos jovens, severamente danificados, apresentaram coloração preta ou caíram, afetando a produção da safra seguinte.

Em condições dos Estados Unidos, estimou-se que, em caso de ampla distribuição do inseto no país, as perdas anuais nos cultivos seriam superiores a 3 bilhões de dólares (KUMAN, SEAL e KAKKAR, 2017; HOLT, 2006). De acordo com o *Florida Nurserymen and Growers Association*, *S. dorsalis* é uma das 13 mais danosas pragas exóticas que ameaçam a indústria de ornamentais (FNGA 2003; OSBORNE, 2009). Perdas e danos em vários outros cultivos também foram apresentadas por Kummar et al (2013), que relataram que perdas de produção na ordem de 61 a 74% em pimenta (*Capsicum annuum*) foram registradas na Índia.

Schrader et al (2019) citam que as características biológicas, a associação às diferentes vias e a dispersão passiva pelo vento, conferem ao inseto uma alta capacidade de dispersão. Esta pode ocorrer em mudas ou estacas com botões ou folhas em crescimento. Pela preferência do inseto por frutos novos, o risco da espécie ser transportada em frutos colhidos é mais baixo (OEPP/EPPO, 2005). Schrader et al (2019) também informaram que os adultos voam ativamente quando a densidade populacional atinge o pico (MASUI, 2007). Entretanto, também indicam que não se movem a longas distâncias entre hospedeiros, se dispersando apenas passivamente a favor do vento. Estas últimas observações corroboram com o apresentado por Bright (2021), que relatou que, em grande número, os insetos podem migrar por vento e rapidamente invadir novos pomares. O transporte a longas distâncias ocorre principalmente pelo comércio de plantas ou partes de plantas que apresentem fluxo de folhas de crescimento ou fruto jovem (SCHRADER et al, 2019). Schrader et al (2019) também relataram grande dificuldade de detecção dos ovos do inseto,

por serem depositados no interior do tecido da planta e, assim, permanecendo protegidos e favorecendo a sua disseminação. Também informam, referenciando Derksen (2009), que a partenogênese e o curto tempo de geração da praga facilitam a sua propagação.

Kumar et al (2013) relataram que as fases de desenvolvimento de *S. dorsalis* podem ocorrer acima do solo (em meristemas e tecidos macios) em todas as partes das plantas hospedeiras presentes, o que favorece também seu transporte involuntário entre diferentes países, via comércio de material vegetal. Este fato foi comprovado pelas várias interceptações realizadas nos EUA pela USDA-APHIS, no período de 1984 a 2002, onde a presença do inseto foi identificada, principalmente, em materiais de plantas importadas (flores de corte, frutos e vegetais) examinadas em portos de entradas do país (KUMMAR et al, 2013). Os mesmos autores destacaram tanto a ocorrência de invasões, ocorridas em 1991 (em Okeeshobee) e em 1994 (em Highland), anteriores àquela que viabilizou o estabelecimento do inseto na Flórida, quanto estudos, pós seu estabelecimento, que comprovaram a presença do inseto em 11 hospedeiros distintos presentes em viveiros de frutas (em *Homestead*, nesse mesmo estado americano), com reprodução confirmada em nove táxons de plantas até então não relatados em literatura; sugerindo o potencial ampliação do leque de hospedeiros à medida que o inseto ingresse e se estabeleça em novas regiões (KUMMAR et al, 2013).

2.2 *Scitothrips dorsalis* como vetor de viroses

Scitothrips dorsalis vem sendo relatado em literatura internacional como vetor de várias viroses, tais como da *Peanut Yellow Spot Virus (PYSV)* (GOPAL et al. 2010; KUMAR et al., 2013), *Groundnut Bud Necrosis virus (GBNV)*, *Groundnut Chlorotic Fan-Spot Virus (GCFSV)*, *Groundnut Yellow Spot Virus (GYSV)*) e há indicativos de que também possa ser vetor do *Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)* em várias culturas (SEAL et al., 2010, TODA et al., 2014 e PAINEL EFSA PLH, 2012 citados por SCHRADER et al, 2019).

O inseto foi igualmente citado como vetor dos vírus *Chilli Leaf Curl Virus (CLC)* e *Peanut Necrosis Virus (PBNV)* (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017 citando MOUND e PALMER, 1981; KUMAR et al., 2013; ANANTHAKRISHNAN, 1993), como também de *Tobacco Streak Virus (TSV)* (PRASADA RAO et al., 2003 citados por EFSA et al, 2019; KUMAR et al., 2013). Neste último (TSV), relata-se que na Índia *S. dorsalis* foi apontado como vetor também em cultivo de amendoim (RAO et al., 2003 citado por KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017).

Do mesmo modo, esta PQA foi apresentada como vetor de três tospoviroses, a saber, *Melon Yellow Spot Virus (MYSV)*, *Watermelon Silver Mottle Virus (WsmoV)* e *Capsicum Chlorosis Virus (CaCV)*, em cultivos de campo na Tailândia (CHIEMSOMBAT et al., 2008), relatadas como viroses também por Kumar et al. (2013).

2.3 Controles químico, biológico e cultural de *Scitothrips dorsalis* no exterior

2.3.1 Controle químico

Informações sobre uso de inseticidas no controle de *S. dorsalis* foram encontradas em literatura internacional. Em cultivo de chá no Japão, Kodomari (1978) citou eficácia no controle do inseto com o uso de inseticidas do grupo dos carbamatos, a saber cartap e metomil. Kumar, Seal e Kakkar (2017) citando Seal et al. (2008) indicaram o uso de espinetoram (grupo das espinosinas) em aplicação foliar e de imidacloprido (grupo dos neonicotinóides) em irrigação de solo (via *drench*), como os que apresentaram melhores resultados. Os mesmos autores, citando Seal et al (2006), informaram a ineficácia do uso de piretróide no controle de *S. dorsalis*.

Relatos mais recentes informaram novos agrotóxicos disponibilizados no exterior para o controle de *S. dorsalis* em macadâmia. Entre eles, o inseticida DC-092 200 SL (Bayer), a base do novo princípio ativo **DC-092**, para uso em pulverização foliar (VITELLI, 2014) e o inseticida Sivanto Prime (Bayer), à base do ingrediente ativo flupiradifurona (grupo dos organofluoretos) (BAYER. CROP SCIENCE AUSTRALIA, 2022).

2.3.2 Controle biológico

Orius spp. (Hemiptera: Anthocoridae) e nematoides entomopatogênicos *Thripinema spp.* (Tylenchida: Allantonematidae) foram apresentados por Kumar, Seal e Kakkar (2017) como alternativas biológicas com controle efetivo de *S. dorsalis*. Os adultos de *Orius insidiosus* se alimentam de todas as fases de desenvolvimento da praga e, como também consomem áfidos, ácaros, ovos de mariposas e pólen, a população desse potencial bioagente encontra outros recursos para se manter no ambiente, mesmo quando indisponíveis populações de *S. dorsalis*. Nematoides entomopatogênicos *Thripinema*, ao parasitarem a fêmea da praga a tornou incapaz de depositar ovos. Desse modo, desfavorecem a reprodução e os danos por alimentação causados pelas fêmeas (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017).

O uso de ácaros fitoseídeos no controle biológico do inseto também são citados em literatura, onde Arthurs et al. (2009) avaliando *Neoseiulus cucumeris* e *Amblyseius swirskii* indicaram como promissor o uso de *A. swirskii*. Há relatos de outros ácaros fitoseídeos predadores também eficientes, tais como *Amblyseius spp.*, *Euseius hibisci* e *Euseius tularensis* que foram apresentados como alternativas a serem mais bem avaliadas para o controle biológico de *S. dorsalis* (KUMAR, SEAL e KAKKAR, 2017).

Outros potenciais bioagentes apresentados em literatura como ainda a serem estudados foram *Chrysoperla spp.*, joaninhas e tripes predadoras, tais como *Franklinothrips vespiformis* (“*vespiform thrips*”), *Scolothrips sexmaculatus* (“*sixspotted thrips*”), *Selenothrips rubrocinctus* (“*redbanded Thrips*”) e *Leptothrips mali* (“*black hunter thrips*”) (KUMAR, SEAL

e KAKKAR, 2017).

Kumar, Seal e Kakkar (2017) também mencionaram que o uso do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* não se mostrou efetivo no controle de adultos e larvas de *S. dorsalis*. Porém, os mesmos autores citaram que, ao ser utilizado em combinação com TRICON (um produto experimental à base de bórax, óleo de laranja e surfactantes biodegradáveis) produziu melhor resultado.

2.3.3 Controle cultural

A OEPP/EPPO (2005) citou que somente o monitoramento visual direto do inseto é insuficiente, dado seu tamanho muito pequeno. Esta observação corrobora com o apontado por Kumar et al. (2013), que citaram que em decorrência do tamanho e da natureza críptica dos adultos e larvas de *S. dorsalis*, estes podem utilizar micro-habitat locais e, assim, dificultar o monitoramento e a identificação precoce de sua presença. Os mesmos autores também citaram problemas na detecção de larvas e adultos da praga em vegetação fresca, em decorrência de seu comportamento tigmotático e tamanho.

A literatura indicou que armadilhas verde-amarelada atraíram mais *S. dorsalis* adultos do que armadilhas de outras cores (TSUCHIYA et al., 1995; SCHRADER et al., 2019) e que as armadilhas adesivas amarelas capturaram mais adultos que as armadilhas de copo de plástico (CC) (CHU et al., 2006; SCHRADER et al. (2019). Bright (2021) também relatou a eficácia do uso de armadilhas adesivas amarelas em monitoramentos, tanto para identificação quanto para medir a atividade do inseto, utilizadas dentro dos pomares de macadâmia; esses monitoramentos, segundo o mesmo autor, devem ser realizados semanalmente em períodos de alta pressão da praga ocorrendo da floração até a frutificação. Bright (2021) também mencionou que em macadâmia existe necessidade de realização de monitoramento regular dos pomares, desde o período de pré-floração até a formação do conjunto de nozes, para permitir minimizar problemas decorrentes da presença de tripes. Armadilha tipo “Blue D”, disponível comercialmente para uso como armadilha de tripes (CHU et al., 2006), em alguns casos coletaram maiores números de adultos do que armadilhas CC (SCHRADER et al., 2019). Todavia, de acordo com Sridhar e Onkara Naik (2015), a captura de *S. dorsalis* foi significativamente mais alta em armadilhas azuis do que em armadilhas amarelas, rosas e brancas.

A importância das práticas culturais no controle de *S. dorsalis* também foram ressaltadas por Kumar, Seal e Kakkar (2017), que indicaram a necessidade de rotação de culturas, remoção de plantas/ervas daninhas, maior uso de inimigos naturais (predadores e parasitas) e rotação de inseticidas.

3 | PROSPECÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DE *Scirtothrips dorsalis* POR DEMANDAS TÉRMICAS EM CONDIÇÃO CLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE DOIS CÓRREGOS, SP

Dois períodos de tempo diferenciados foram considerados nas estimativas realizadas: a) um ano consecutivo (de janeiro a dezembro); e b) de maior disponibilidade de estruturas reprodutivas (flores e frutos verdes) de macadâmia em Dois Córregos: de junho a outubro.

As demandas térmicas (temperatura base inferior (T_b) e soma térmica) de *S. dorsalis*, aqui consideradas para o período de ovo a ovo, foram recuperadas em Nietschke et al. (2008), a saber, $T_b = 9,7^\circ\text{C}$ e soma térmica de 281,0 graus-dias (GD); também apontadas por Kumar et al (2013). Os graus-dias demandados pelo inseto, compreendidos em cada um dos períodos avaliados foram estimados, separadamente por período, considerando as T_{min} e T_{max} médias mensais do município, as demandas térmicas do inseto e a postura de ovos da primeira geração do inseto ocorrendo no primeiro dia de cada período avaliado. Para o cálculo dos graus dias mensais foi utilizado o modelo do *Integrated Pest Management* da *University of California* (UC/IPM, 2012). Os dados calculados foram posteriormente organizados em planilha Excel, para permitir identificar as mudanças de gerações do inseto em cada período, além de disponibilizar estatísticas básicas e gráficos.

Na indisponibilidade de dados de T_{min} e T_{max} mensais médios para o município de Dois Córregos, SP, dados do município de Barra Bonita, SP, foram utilizados. Este município, além de pertencer à mesma região, também apresenta temperaturas semelhantes àquelas da área de cultivo de macadâmia de Dois Córregos, conforme informado pelos produtores. Desse modo, dados climáticos anuais de temperaturas máximas e mínimas do município de Barra Bonita, para o período de 2003 a 2020, foram recuperados da Base de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2020). Os dados de temperaturas máximas e mínimas foram organizados, separadamente, em planilhas Microsoft Excel para, posteriormente, viabilizar a apresentação das médias mensais dessas variáveis para o município (**Figura 1**) e, portanto, para uso nas estimativas realizadas.

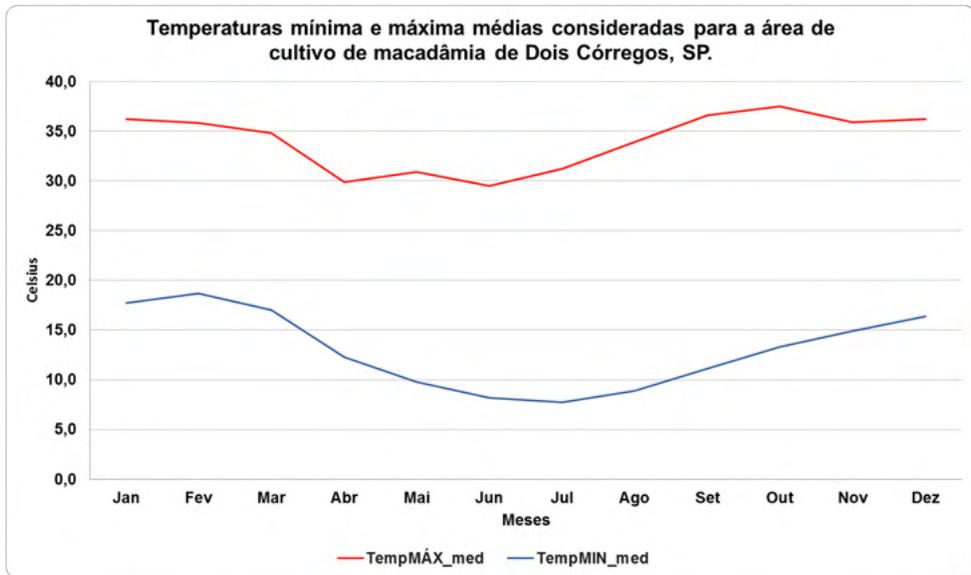


Figura 1. Temperaturas máximas e mínimas médias mensais consideradas para plantios de macadâmia em Dois Córregos, SP

Fonte dados base: estação climática de Barra Bonita (BDMEP/INMET)

Os resultados obtidos nas estimativas dos períodos avaliados são apresentados a seguir.

3.1 Quantidade de gerações de *S. dorsalis* estimadas durante o período de flores e frutos de macadâmia

Para o período de maior disponibilidade de flores e frutos de macadâmia nas condições térmicas da área produtora de macadâmia de Dois Córregos, a saber de junho a outubro, estimou-se a possibilidade de ocorrência de até seis gerações completas de *S. dorsalis*, sendo que a 7ª geração estaria em desenvolvimento ao final do período avaliado, apresentando 179,36 GD acumulados (11 dias) (**Tabela 1**).

O tempo médio do ciclo de vida (ovo a ovo) de *S. dorsalis* estimado para o período de junho a outubro foi de $23,7 \pm 5,1$ dias (variando de 18 a 31 dias, respectivamente observados para a 6ª e 1ª gerações). Desse modo, o tempo médio do ciclo de vida aqui obtido ($23,7 \pm 5,1$ dias) está compatível com aquele representado pela soma total das fases imaturas do ciclo informado por Kumar, Seal e Kakkar (2017) acrescida do período de pré oviposição relatado por Tataru (1994), em seus limites superiores. Porém, a variação da duração das gerações obtidas para o período avaliado (18 a 31 dias) encontra-se superior àquela relatada por Ludwig et al (s.d), a saber de 14 a 20 dias.

Gerações	Durações das gerações (em dias)	Período estimado de ocorrência da geração
1a. geração	31	01 até 31 junho
2a. geração	28	01 até 29 julho
3a. geração	24	30 julho até 22 agosto
4a. geração	22	23 agosto até 13 setembro
5a. geração	19	14 setembro até 02 outubro
6a. geração	18	03 até 20 outubro
7a. geração		21 a 31 outubro: Incompleta (179,36 GD acumulados ou 11 dias)

Tabela 1. Estimativas de gerações da PQA *Scirtothrips dorsalis*, por demandas térmicas, no período de maior disponibilidade de flores e frutos de macadâmia em condições térmicas semelhantes às de Dois Córregos, SP.

Considerando que a 1ª geração teve, por estimativa, seu desenvolvimento completo totalmente no mês de junho (**Tabela 1**) e que neste mês observou-se a segunda menor T_{min} média anual (a saber de 8,2 °C, abaixo da média de T_{min} do período avaliado (9,8 ± 2,3 °C)) concomitantemente ao registro da menor T_{max} anual (29,5 °C, abaixo da T_{max} média do período (33,7 ± 3,4 °C)), o inseto demandou mais tempo para suprir suas necessidades térmicas para completar seu desenvolvimento e viabilizar a postura de ovos da nova geração. Por sua vez, a 6ª geração ocorreu totalmente em outubro (**Tabela 1**), demandando menor tempo de desenvolvimento (18 dias). No mês de outubro houve registro da mais elevada T_{max} média do ano (37,5 °C) e de elevada T_{min} média (13,3 °C), ambas acima das médias de T_{max} e T_{min} já citadas para o período avaliado. Desse modo, pelas estimativas realizadas, o inseto adquiriu mais rapidamente as suas exigências térmicas para completar seu desenvolvimento.

3.2 Quantidade de gerações de *S. dorsalis* estimadas durante o período de um ano

Considerando o período de um ano consecutivo (janeiro a dezembro) em condições térmicas da área produtora de macadâmia de Dois Córregos, estimou-se a possibilidade de ocorrência de até 17 gerações completas de *S. dorsalis*, encontrando-se a 18ª geração em término de seu período de desenvolvimento no final período avaliado, com 274,46 GD acumulados (dos 281 GD demandados) ou 16 dias (**Tabela 2**).

O tempo médio estimado para desenvolvimento de uma geração de *S. dorsalis*, considerando as gerações completas registradas no período de janeiro a dezembro, foi de 20,5 ± 4,5 dias, variando de 16 a 29 dias conforme observado para as 2ª e 3ª gerações e para a 9ª geração, respectivamente (**Tabela 2**). Desse modo, o tempo médio do ciclo de vida obtido para o período de um ano consecutivo (20,5 ± 4,5 dias) está compatível a soma total das fases imaturas do ciclo informado por Kumar, Seal e Kakkar (2017) ao período de pré oviposição apresentado por Tataru (1994), em seus limites superiores.

Entretanto, a variação do tempo de duração das gerações no período de um ano (16 a 29 dias) foi mais elevada quando comparada àquela informada por Ludwig et al (s.d), a saber de 14 a 20 dias.

Os menores períodos estimados para desenvolvimento foram observados para as gerações ocorridas no período de 18 de janeiro a 18 de fevereiro (**Tabela 2**), onde registraram-se Tmax e Tmin médias de $36,0 \pm 0,3$ °C e $18,2 \pm 0,7$ °C, respectivamente, e, portanto, acima das respectivas anuais observadas, a saber de $34,0 \pm 2,9$ °C e $13,0 \pm 3,9$ °C.

Gerações	Durações das gerações (em dias)	Período estimado de ocorrência da geração
1a. geração	17	01 até 17 janeiro
2a. geração	16	18 janeiro até 02 fevereiro
3a. geração	16	03 até 18 fevereiro
4a. geração	17	19 fevereiro até 07 março
5a. geração	17	08 até 24 março
6a. geração	21	25 março até 14 abril
7a. geração	26	15 abril até 10 maio
8a. geração	27	11 maio até 06 junho
9a. geração	29	07 junho até 05 julho
10a. geração	28	06 julho até 02 agosto
11a. geração	24	03 até 26 agosto
12a. geração	21	27 agosto até 16 setembro
13a. geração	19	17 setembro até 05 outubro
14a. geração	18	06 até 23 outubro
15a. geração	18	24 outubro até 10 novembro
16a. geração	18	11 até 28 novembro
17a. geração	17	29 novembro a 15 dezembro
18a. geração		15 até 31 dezembro: Incompleta (274,46 GD acumulados ou 16 dias)

Tabela 2. Estimativas de gerações da PQA *Scirtothrips dorsalis*, por demandas térmicas, no período anual (janeiro a dezembro) em plantios de macadâmia em condição térmica semelhante à de Dois Córregos, SP.

A 9ª geração, estimada para ocorrer de 7 junho a 05 de julho, sofreu a influência dos meses mais frios, que em média nesse período responderam por Tmin e Tmax médias de $30,4 \pm 1,2$ °C e $8,0 \pm 0,4$ °C, respectivamente, e, portanto, bem abaixo das médias anuais para ambas variáveis; já apresentadas. Neste caso, também se observou o maior tempo de

desenvolvimento estimado da geração transcorrida no mês de junho, cujas temperaturas médias já foram relatadas anteriormente. Frente ao exposto, justificou-se o maior tempo necessário ao desenvolvimento do inseto nesse período.

As estimativas anuais realizadas viabilizaram notar a influência das temperaturas médias mensais dos meses mais quentes e mais frios do ano no tempo de desenvolvimento esperado para *S. dorsalis* (Figura 2). Assim, o período de janeiro até o início de julho apresentou-se favorável à ocorrência de até 9 gerações do inseto, com duração média de $20,7 \pm 5,3$ dias (variando de 16 a 29 dias de duração), enquanto no período de julho até o final da primeira quinzena do mês de dezembro notou-se favorabilidade climática para ocorrência de até 8 gerações, com duração média de $20,4 \pm 3,8$ dias (variando de 17 a 28 dias de duração). Desse modo, indicam períodos em que, em caso de detecção do inseto no país e de ocorrência de infestações mais severas, a disponibilidade de novas gerações de *S. dorsalis* possam ser mais rapidamente observadas (Figura 2).

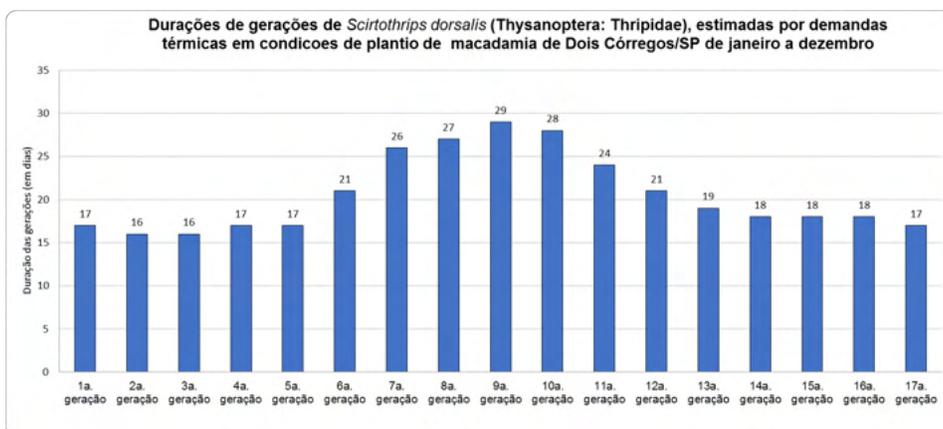


Figura 2. Durações das gerações esperadas para a PQA *Scirtothrips dorsalis* ao longo de um ano, estimadas por demandas térmicas para áreas com plantios de macadâmia em condição térmica semelhante à de Dois Córregos, SP.

4 | COMENTÁRIOS FINAIS

Em anos mais recentes, importantes áreas de cultivos de macadâmia no exterior vêm reportando problemas de perdas de produção decorrentes da presença de *S. dorsalis* (BRIGHT, 2021; VITELLI, 2014). O inseto já se encontra em países fronteiriços ao Brasil, demandando a prospecção de informações com foco no seu monitoramento e controle preventivos nos cultivos hospedeiros presentes no país.

A influência da temperatura no ciclo de desenvolvimento do inseto foi relatada em literatura internacional e, desse modo, mais bem conhecer a influência de condições térmicas nacionais no desenvolvimento do ciclo de vida de *S. dorsalis* em área produtora de

macadâmia nacional subsidia conhecimento necessário para o planejamento de programas de manejo mais efetivos, em caso de futura confirmação de ocorrência dessa praga no país.

NOTA

Trabalho realizado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica entre a Embrapa e a Queen Nut Indústria e Comércio LTDA. (Contrato SAIC 21300.19/0072-1).

REFERÊNCIAS

AMIN, B.W. Leaf fall disease of chilly and pepper in Maharashtra, **India. Pans**, 1979, n.25, p. 131-134.

AMIN, B.W. Techniques for handling thrips as vectors of tomato spotted wilt virus and yellow spot virus of groundnut, *Arachis hypogea* L. Occasional Paper. **Groundnut Entomology** ICRISAT, 1980, n. 80, p.1-20.

ANANTHAKRISHNAN, T.N. Bionomics of thrips. **Annual Review of Entomology**, 1993, n. 38, p. 71-92. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.38.010193.000443> Acesso em: 25 fev. 2021.

ARTHURS, S.; MCKENZIE, C. L.; CHEN, J.; DOGRAMACI, M.; BRENNAN, M.; HOUBEN, K.; OSBORNE, L. Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper, **Biological Control**, 2009, n.49, p. 91-96 Disponível em: https://mrec.ifas.ufl.edu/iso/THRIPS/arthurs_et_al.pdf Acesso: 02 set 2021.

ATAKAN, E.; PEHLÍVAN, S. First record of the chilli trips, *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) in Turkey. **Turkish Journal of Zoology**, 2021, v.45, p.156-160. Disponível em: doi:10.3906/zoo-2012-14 Acessado em: 07 jul 2022.

BAYER. CROP SCIENCE AUSTRALIA. **Sivanto Prime- Control sucking pests fast**, 2022. Disponível em: <https://www.crop.bayer.com.au/products/insecticides/sivanto-prime-200-sl-insecticide> Acesso em 16 ago. 2022.

BRIGHT, J. **Macadamia plant protection guide 2021-22**. NSW Department of Primary Industries, Orange, 2021. 146 p.

CERMELI, M; PEROZO, J; PIÑANGO, L. *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera, Thripidae) nuevo insecto plaga del algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) en Venezuela. **Entomotropica**, 2009, n. 24, pp.85–88.

CHIEMSOMBAT, P.; GAJANANDANA, O.; WARIN, N., HONGPRAYOON, R.; BHUNCHOTH, A.; PONGSAPICH, P. 2008. Biological and molecular characterization of tospoviruses in Thailand. **Archives of Virology**, 2008. n.153, p. 571-577. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/5661344_Biological_and_molecular_characterization_of_tospoviruses_in_Thailand/link/0912f5074d8172cfc3000000/download Acesso em: 15 ago. 2022.

DIAS-PINI, N.S.; LIMA, M. G. A.; LIMA, E. F. B.; MACIEL, G. P. S.; DUARTE, P. M. *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae): a Newly Introduced Polyphagous Pest in Northeastern Brazil. *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae): a Newly Introduced Polyphagous Pest in Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, n. 47, p.725–728 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0618-3>

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO)/Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP). **Scirtothrips dorsalis (SCITDO)**. EPPO Global Database, 18 jul. 2022. Disponível em: <https://gd.eppo.int/taxon/SCITDO/distribution> Acesso em: 17 ago. 2022.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO)/Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP). *Scirtothrips aurantii*, *Scirtothrips citri*, *Scirtothrips dorsalis* - Diagnostics, **Bulletin OEPP/EPPO Bulletin**, 2005, n. 35, p.353–356 (PM 7/56(1)) Disponível em: https://www.eppo.int/RESCOURCES/eppo_standards/pm7_diagnostics

FNGA. (Florida Nurserymen & Growers Association). The unlucky 13. Report of the Major Nursery Pest & Disease Identification Task Force. Florida Nursery Growers, and Landscape Association, Orlando, Florida, USA. 2003, 1 p.

FRENCH GUYANE. DIRECTION DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DE LA FORÊT DE GUYANE (DAAF). **Principaux organismes nuisibles par plantes hôtes em Guyana**, Direction de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt de Guyane - Service de l'Alimentation, 27 août 2018, 68p. Disponível em: https://daaf.guyane.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Organismes_nuisibles_par_plantes-20180824_cle42ced4.pdf Acesso em: 17 ago. 2022.

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. GBIF. Disponível em: <https://www.gbif.org> Acesso: 2022.

GOPAL, K.; REDDY, M.K.; REDDY, D.V.R.; MUNIYAPPA, V. Transmission of peanut yellow spot virus (PYSV) by Thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood in groundnut. **Arch Phytopathol Plant Protect**, 2010, n. 43, p.421–429.

HODGES, G.; EDWARD, G. B.; DIXON, W. **Chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) A new pest thrips for Florida**, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, FDACS-P-01660, Pest Alert created 21-October-2005, 3p. Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:S-GY7-9C5AQJ:https://www.fdacs.gov/content/download/68187/file/Pest_Alert_-_Scirtothrips_dorsalis,_Chilli_Thrips.pdf&cd=16&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b-d Acessado em: 08 ago. 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

KLASSEN, W.; SEAL, D.R.; CIOMPERLIK, M. A.; FIESELMANN, D. A. The chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis*: current status in the Greater Caribbean Region. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, 2008, n44, p.103-117.

KODOMARI, S. Control of yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood, in tea field at east region in Shizuoka Prefecture. **Journal of Tea Research**, 1978, n. 48, p. 46-51. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/abstract/19800574404> Acesso: 15 ago. 2022.

KUMAR, V.; KAKKAR, G.; MACKENZIE, C. L.; SEAL, D. R.; OSBORNE, L. S. An overview of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) Biology, distribution and management. pp. 53-77 (Chapter 3) In: SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. **Weed and pest control- conventional and new challenges**, InTechOpen, March 14th 2013., 216p. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/41959> Acesso em: 20 jun. 2022.

KUMAR, V.; SEAL, D. R.; KAKKAR, G. **Common name: chilli thrips, scientific name: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Insecta: Thysanoptera: Thripidae)**, University of Florida/IFAS, Features Creatures-Entomology & Nematology, Publication number: EENY-463, October 2009. Latest revision: January 2014. **Reviewed: December 2017**. Disponível em: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/thrips/chilli_thrips.htm Acesso em: 08 ago.2021.

KUMAR, V., SEAL, D.R., KAKKAR, G., MCKENZIE, C.L., OSBORNE, L.S. Chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis*: A potential threat to cotton production in the USA. **Proceedings..** Beltwide Cotton Conferences, 65th Cotton Insects Research Control Conference. 2012, n.2, p.817-819.

LUDWIG, S.; OSBORNE, L.; CIOMPERLIK, M.; HODGES, G. **National Pest Alert – *Scirtothrips dorsalis* Hood, chilli thrips, castor thrips, assam thrips, yellow tea thrips, strawberry thrips.** USDA-CSREES Integrated Pest Management Centers/ National Plant Diagnostic Network (NPDN)/ APHIS/Land Grant Universities, s.d. 2p. Disponível em: <https://mrec.ifas.ufl.edu/Iso/DOCUMENTS/Chilli%20Thrip%20Final.pdf> Acesso em: 15 ago. 2022.

MACHARIA, I.; BACKHOUSE, D.; SKILTON, R.; ATEKA, E.; WU, S.B.; NJAHIRA, M.; MAINA, S.; HARVEY, J.; Diversity of thrips species and vectors of tomato spotted wilt virus in tomato production systems in Kenya. **Journal of economic entomology**, 2015, n.108(1), 20-28.

MOUND, L. A.; PALMER, J. M. Identification, distribution and host plants of the pest species of *Scirtothrips*. (Thysanoptera: Thripidae). **Bulletin of Entomological Research**, 1981, n.71, p.467-479.

NIETSCHKE, B. S; BORCHERT, D.M. ; MAGAREY, R. D.; CIOMPERLIK , M. A. Climatological potential for *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) establishment in the United States, **Florida Entomologist**, v.91, n.1, pp.79-86,2008. Disponível em: [https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-91/issue-1/0015-4040_2008_091_0079_CPFSDT_2.0.CO_2/Climatological-Potential-for-Scirtothrips-Dorsalis-Thysanoptera--Thripidae-Establishment-in/10.1653/0015-4040\(2008\)091\[0079:CPFSDT\]2.0.CO;2.full](https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-91/issue-1/0015-4040_2008_091_0079_CPFSDT_2.0.CO_2/Climatological-Potential-for-Scirtothrips-Dorsalis-Thysanoptera--Thripidae-Establishment-in/10.1653/0015-4040(2008)091[0079:CPFSDT]2.0.CO;2.full) Acesso em : 08 ago. 2021.

OEPP/EPPO. **Bulletin OEPP/EPPO Bulletin**, 2005, n.35, pp.353–356.

O’HARE, P.; STEPHENSON, R.; QUINLAN, K.; VOCK, N. **Growing Guide: Macadamia grower’s handbook**, Nambour: Australia/The State of Queensland /Department of Primary Industry & Fisheries, 2004. 149p. (Grower Guide Series, QI03052).

OSBORNE, L.S. **Chilli Thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood**. 2009. Disponível em: <https://mrec.ifas.ufl.edu/Iso/thripslinks.htm> Acesso em: 15 jan. 2022.

RAMAKRISHNA AYYAR, T.V. Bionomics of some thrips injurious to cultivated plants in South India, **Agriculture Livestock India**, Delhi, 1932, n.2, p.391-403.

RAMAKRISHNA AYYAR, T.V.; SUBBIAH, M.S. The leafcurl disease of chillies caused by thrips in the Guntur and Madura tracks. **The Madras Agricultural Journal**, 1935. n. 23, p. 403-410.

RAO, R.D.; PRASADA, V.J.; REDDY, A.S.; REDDY, S.V.; THIRUMALA-DEVI, K.; CHANDER RAO, S.; MANOJ KUMAR, V.; SUBRAMANIAM, K.; YELLAMANDA REDDY, T.; NIGAM, S.N.; REDDY, D.V.R. The host range of tobacco streak virus in India and transmission by thrips. **Annals of Applied Biology**, 2003. n.142, p.365-368.

RAVELO ET AL. Presence and Distribution of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) in Colombia, **Journal of Insect Science**. 2018. 18(5): 7; 1–10 DOI: 10.1093/jisesa/iey092 disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6159315/>

SCHRADER, G; CAMILLERI, M; DIAKAKI, M.; VOS, S. **Pest survey card on *Scirtothrips aurantii*, *Scirtothrips citri* and *Scirtothrips dorsalis***. PEST SURVEY CARD-EFSA, 2019. (EFSA Supporting publication 2019: EN-1564) Disponível em: doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN-1564.

SEAL, D.R.; JHA, V.; KLASSEN, W.; SABINE, K. Response of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis*, and melon thrips, *Thrips palmi*, to some selected insecticides. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, 2008. p.44: 578.

SEAL, D.R.; CIOMPERLIK, M.; RICHARDS, M.L.; KLASSEN, W. Comparative effectiveness of chemical insecticides against the chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on pepper and their compatibility with natural enemies. **Crop Protection**, 2006, n.25, p. 949-955.

SEAL, D.R.; JHA, V.; KLASSEN, W.; JHA, V. Biological parameters of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood, on selected hosts. **Environmental Entomology**. 2009.

TATARA, A. Effect of temperature and host plants on the development, fertility and longevity of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). **Appl. Entomol. Zool.**, 1994, v.29, n.1. p. 31-37.

TSUCHIYA, M.; MASUI, S.; KUBOYAMA, N. 1995. Color attraction of yellow tea thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood). **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, n.39, p.299-303. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjaez1957/39/4/39_4_299/_article

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. UC-IPM ONLINE. **Statewide integrated pest management program: weather, models, & degree-days**. California, EUA, 2012. Disponível em: <http://ipm.ucanr.edu/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

VENETTE, R.C.; DAVIS, E.E. Chilli thrips/yellow thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) Mini Pest Risk Assessment. Univ. of Minnesota, St. Paul, MN, USA. 2004. 31 p.

VITELLI, R. **The development of DC-092 for the control of spotting bug in macadamia nut and tropical inedible peel crops. Project Number: MT12024**, Horticulture Innovation Australia, 2014. 53p. Disponível em: https://www.australianlychee.com.au/images/lychee/lychee_docs/Final_reports/Final%20Report%20MT12024%20-%20DC-092%20Control%20of%20spotting%20bug%20in%20Macadamia%20%20tropical%20inedible%20peel%20crops.pdf Acesso em: 10 ago 2022.

MÉTODOS DE CONTROLE DE TRIATOMÍNEOS

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 06/09/2022

Gledson Micael da Silva Leite

Universidade Federal do Cariri-UFCA
Crato – CE
<http://lattes.cnpq.br/7015854546013564>

Francisco Roberto de Azevedo

Universidade Federal do Cariri-UFCA
Crato – CE
<http://lattes.cnpq.br/7232754070890745>

Estelita Lima Cândido

Universidade Federal do Cariri
Crato – CE
<http://lattes.cnpq.br/0680341824918868>

RESUMO: A doença de Chagas é uma doença infecciosa parasitária causada por um protozoário flagelado intracelular denominado *Trypanosoma cruzi*. A transmissão ocorre principalmente por triatomíneos. No mundo existem, aproximadamente, cerca de 6 a 7 milhões de pessoas com a doença de Chagas. A ausência de uma vacina torna as medidas de prevenção uma das melhores alternativas para o seu controle, sendo importante uma vigilância entomológica efetiva e políticas públicas que orientem a população de como evitar a disseminação desse vetor. O presente capítulo se justifica pela importância de reunir os principais métodos de controle de triatomíneos encontrados na literatura, a fim de contribuir para a disseminação de informações e orientar a população sobre

formas de combate e prevenção dessa doença. O controle vetorial de triatomíneos é essencial para a prevenção da doença de Chagas. Diante disso se faz necessário que a população tenha conhecimento dessa prática e da diversidade de métodos disponíveis que podem ser utilizados atualmente com essa finalidade.

PALAVRAS-CHAVE: Controle vetorial, Triatominae, *Trypanosoma cruzi*.

METHODS OF CONTROL OF TRIATOMINES

ABSTRACT: A Chagas disease is an infectious parasitic disease flagellated by an intracellular protozoan called *Trypanosoma cruzi*. Transmission mainly by triatomines occurs. There are approximately 6 to 7 million people worldwide with Chagas disease. The absence of a vaccine as prevention is one of the best alternatives for its control, being important an effective entomological surveillance and public policies that guide the population on how to prevent the spread of this vector. This chapter is justified by the importance of gathering the main methods of triatomine control found, in order to contribute to the dissemination of information and to warn the population about the combat and prevention of this literature. Vector control of triatomines is essential for the prevention of Chagas disease. In view of this, it is necessary for the population to be aware of this practice and the diversity of available methods that can currently be used for this purpose.

KEYWORDS: Vector control, Triatominae, *Trypanosoma cruzi*.

1 | INTRODUÇÃO

A doença de Chagas ocorre através de uma infecção parasitária causada por um protozoário flagelado intracelular denominado *Trypanosoma cruzi*. A transmissão ocorre principalmente por triatomíneos, insetos hematófagos que infectam uma diversidade de mamíferos silvestres e domésticos presentes nos biomas do Brasil podem ser reservatórios do *T. cruzi* incluindo o homem (BRASIL, 2019; ALENCAR *et al.*, 2021).

Triatomíneos de diversas espécies apresentam relevância epidemiológica por serem suscetíveis ao *T. cruzi* e por terem facilidade em se adaptarem ao meio domiciliar o que contribui para o aumento da disseminação da doença de Chagas (PARENTE *et al.*, 2017).

A transmissão pode ocorrer por via oral através da ingestão de alimentos com excretas ou maceração de triatomíneos contaminados, transfusão sanguínea, transmissão vertical, acidentes em laboratórios e transplantes de órgãos. Sendo a principal forma de transmissão através da penetração de *T. cruzi* na pele do hospedeiro por meio de fezes ou urina de triatomíneos contaminadas decorrente da coceira no local da picada o que facilita a entrada desse protozoário na corrente sanguínea (DALE; PASCHOALLETTO; COSTA, 2019).

No mundo existem aproximadamente cerca de 6 a 7 milhões de pessoas com a doença de Chagas, sendo essencial o seu controle. No Brasil estima-se a presença de 2,4 milhões de pessoas infectadas, em sua maioria casos de doença de Chagas crônica (OMS, 2022).

A ausência de uma vacina para a doença de Chagas torna as medidas de prevenção uma das melhores alternativas para o seu controle, sendo importante uma vigilância entomológica efetiva e políticas públicas que orientem a população de como evitar a disseminação desse vetor. O uso dos métodos de controle vetorial possui importância significativa para esse processo (PINTO; BORGES; ARAÚJO, 2020).

O controle químico residual é o mais utilizado pelo Ministério da Saúde para o controle do vetor da doença de Chagas em domicílio, mas são necessários cuidados durante o uso e manejo desses produtos para evitar intoxicação para o homem e meio ambiente (BRASIL, 2020).

Tendo em vista a existência de outros métodos de controle vetorial que podem contribuir para a prevenção da doença de Chagas no homem, o presente capítulo se justifica pela importância de reunir os principais métodos de controle de triatomíneos encontrados na literatura, a fim de contribuir para a disseminação de informações e orientar a população sobre formas de combate e prevenção dessa doença.

2 | VETOR DA DOENÇA DE CHAGAS

Triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae) são insetos da subfamília Triatominae, com mais de 150 espécies presentes nas Américas, pertencentes aos gêneros *Rhodnius*,

Triatoma e *Panstrongylus* as quais possuem grande importância epidemiológica por serem potenciais vetores da doença de chagas (GALVÃO, 2014; ARIAS-GIRALDO *et al.*, 2020).

Os triatomíneos são insetos paurometábolos, com ciclo de vida dividido em três fases: ovo, ninfas de primeiro até quinto estágio e fase adulta (Figura 1). Por serem hematófagos obrigatórios, para que possam completar o seu ciclo biológico tanto o macho como a fêmea necessitam se alimentar de sangue o que contribui potencialmente na transmissão do *T. cruzi*. As fêmeas também utilizam o sangue para o processo de maturação de seus ovários e para a oviposição (DIOTAIUTI E BARBOSA, 2015).

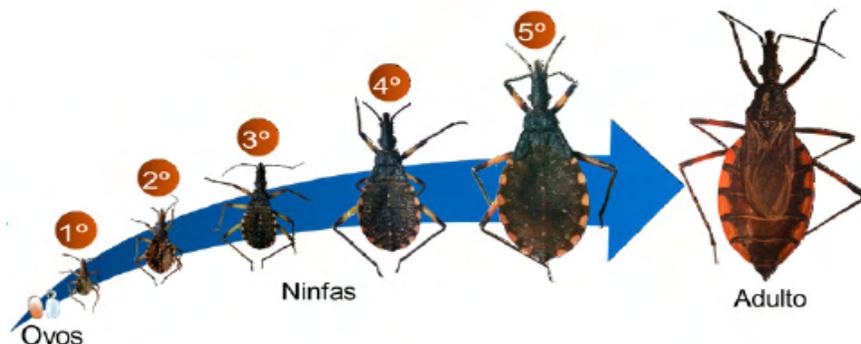


Figura 1- Ciclo de vida dos triatomíneos.

Fonte: https://www.researchgate.net/publication/265847256_Guia_de_triatomíneos_da_Bahia

Em relação ao seu habitat pode ser encontrado no ambiente silvestre em locais que favoreçam o seu desenvolvimento como ninhos de pássaros, árvores e palmeiras (Figura 2). Em decorrência de modificações em seu habitat natural podem migrar para o ambiente peridoméstico na busca por alimento em criadouros de animais como galinheiros, chiqueiros e currais. Já nos ambientes domiciliares geralmente habitam em quartos, móveis, lixo acumulado e rachaduras em paredes (MEIS e CASTRO, 2017; BATES *et al.*, 2020).

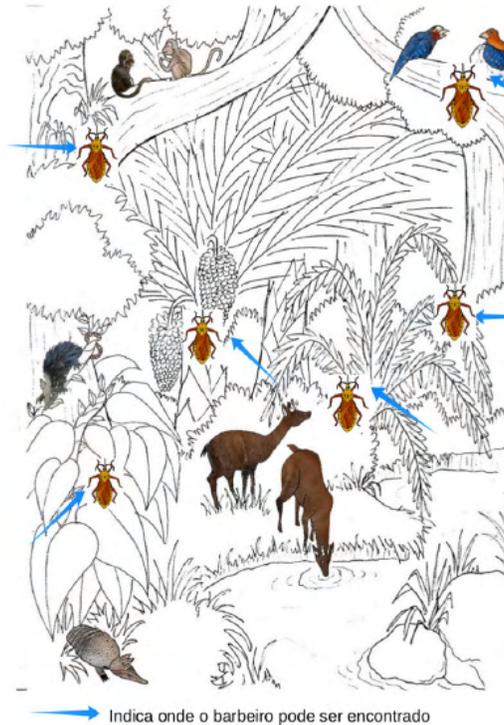


Figura 2 - Habitat natural dos triatomíneos.

Fonte: <http://www.saude.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/Manual-de-Chagas-Diagramado.pdf>

3 | MÉTODOS DE CONTROLE VETORIAL

3.1 Manejo Integrado de Vetores (MIV)

Atualmente são empregados diferentes métodos para o controle do inseto vetor da doença de Chagas como o controle ambiental, biológico, químico, mecânico dentre outros. Sendo a melhor estratégia de controle a do Manejo Integrado de Vetores (MIV), de uso racional, integrada e sinérgica dos diferentes métodos (EMDEN, 2004; World Health Organization, 2004; World Health Organization, 2012).

O uso do manejo integrado de vetores (MIV) tem como vantagens a redução da aplicação de inseticidas e consequentemente menos danos ambientais, além de um melhor custo-efetividade no controle de vetores de doenças (AVENDANHO; SAID, 2019).

Para um bom emprego do MIV faz-se necessário ter conhecimento das características bioecológicas e comportamentais das espécies alvo e uma boa compreensão dos métodos de controle com suas características, possibilidades, vantagens, desvantagens e limitações descritos abaixo:

3.2 Método Mecânico

São dispositivos ou práticas que visam impedir ou dificultar o acesso do inseto vetor ao domicílio como a melhoria das residências, por meio da eliminação das frestas e colocação de mosquiteiros e telas nas portas e janelas (MARCONDES, 2011).

As formas de controle mecânico vetorial da doença de Chagas consistem na eliminação dos criadouros de triatomíneos, práticas de manejo e saneamento ambiental, visto que o manejo inadequado do lixo aumenta o risco de contaminação por *T. cruzi* favorecendo o surgimento de criadouros e de animais que são reservatórios desse parasita, aumentando assim, o risco de infecção (BRASIL, 2014; JORDÁN *et al.*, 2017).

3.3 Manejo ambiental

As mudanças ambientais como o desmatamento e as queimadas decorrentes, principalmente, da ação do homem acarretam na modificação do habitat natural de triatomíneos que acabam migrando para o ambiente domiciliar (BRASIL, 2022).

A realização da limpeza no ambiente peridomiciliar contribui na eliminação de locais que podem servir de abrigo para triatomíneos, mas isso acaba favorecendo a entrada desses insetos no ambiente domiciliar em busca de novos abrigos, sendo assim a limpeza domiciliar também é necessária nesse processo de controle vetorial (DUMONTEIL *et al.*, 2013).

Assim a melhoria habitacional é essencial para o controle vetorial já que o manejo do lixo inadequado pode favorecer a presença do vetor da doença de Chagas nos domicílios. Estudos realizados em residências com esses aspectos apresentaram achados consideráveis de triatomíneos nesses ambientes (SILVA *et al.*, 2010, GUREVITZ *et al.*, 2011, JÚNIOR *et al.*, 2016).

3.4 Método biológico

O método de controle biológico consiste no uso de agentes de mortalidade biótica que seja eficaz no combate ao vetor. Esse agente pode ser um parasita, predador ou entomopatógeno. Alguns entomopatógenos usados com este fim são espécies de fungos. A utilização desse tipo de controle vetorial pode ser uma alternativa ecologicamente viável para a substituição de inseticidas químicos (BRASIL, 2001).

A eficácia de óleos essenciais como repelente natural para vetores da doença de Chagas foi destacada em um estudo de revisão o qual demonstrou resultados com alto nível de mortalidade de triatomíneos, sendo uma alternativa natural e de baixo custo que necessitam de mais estudos para serem de fato usadas no controle desse vetor (CARVALHO, 2019).

Estudos sobre a atividade dos óleos essenciais de folhas frescas das espécies *Alpinia zerumbet* (OLALPZER) e *Alpini vittata* (OLALPVIT) sobre *Rhodnius nasutus*, um importante vetor da doença de Chagas apresentaram resultados que sugerem um grande

potencial do uso desses óleos essenciais no controle desse vetor, já que ambos os óleos essenciais exibiram atividade antialimentar e a mortalidade desse vetor (SOUZA *et al.*, 2018).

A infecção de triatomíneos *Meccus pallidipennis* (Hemiptera: Reduviidae) pelo fungo *Metarhizium anisopliae* resultou na morte desses vetores mais rápida do que quando atuando em coinfeção com o *T. cruzi*, ou quando esse protozoário foi o único agente patogênico presente. E ao se comparar o seu efeito com o do fungo *Isaria fumosorosea*, a *M. anisopliae* apresentou melhores resultados (FLORES-VILLEGAS *et al.*, 2016, 2019).

O potencial do *M. anisopliae* foi identificado em estudos de laboratório e de campo, tendo um bom desempenho no controle de triatomíneos onde na concentração de 8×10^8 conídios/mL, todos os insetos morreram no 9º dia, resultando em redução dos vetores. Assim este fungo demonstra ser uma alternativa viável de método biológico para a prevenção da doença de Chagas (RANGEL *et al.*, 2020).

3.5 Método cultural

Consiste em modificar o ambiente, mediante a utilização de práticas agrícolas rotineiras utilizadas pelos produtores, com a finalidade de prevenir a ocorrência dos insetos, tornarem o ambiente menos favorável ao seu desenvolvimento (GALLO *et al.* 2002).

A falta de uma higienização adequada durante o processamento da polpa de açaí pode apresentar riscos de transmissão da doença de Chagas por via oral, visto que a presença de triatomíneos infectados ou suas fezes contaminadas com o *T. cruzi* presentes nesses frutos podem favorecer essa contaminação (OPAS, 2009).

As palmeiras do açazeiro favorecem a contaminação do fruto já que servem de abrigo para os triatomíneos, por isso é importante realizar a limpeza das palmeiras como medida de prevenção da contaminação do açaí por *T. cruzi* (CARNEIRO, 2019).

Dados do boletim epidemiológico de 2015 evidenciaram que no Estado do Pará entre 2000-2013, foram confirmados 812 casos de transmissão por via oral da doença de Chagas, sendo essa área responsável por cerca de 75% de todos os casos ocorridos no Brasil (BRASIL, 2015).

Assim se faz necessário conscientizar os responsáveis pela produção da polpa de açaí sobre a sua relação com a contaminação oral do *T. cruzi*, destacando a importância de realizar a higienização adequada do açaí durante o seu processo de produção (SILVA; FERREIRA; LACERDA, 2017).

3.6 Método químico

É o método mais usado no controle de pragas e vetores de doenças que afetam o homem e consiste na utilização de produtos químicos que contribuam para a redução de vetores através do aumento da sua mortalidade ou medidas que possibilitem a redução do contato homem-hospedeiro como mosquiteiros, telas e cortinas impregnadas com

inseticidas ou o uso de repelentes pessoais (OPAS, 2019).

Os repelentes são substâncias naturais ou sintéticas de fácil aplicação, capazes de inibir o contato direto com mosquitos e insetos. Podem ser aplicados na pele, roupas, ambientes ou outras superfícies e contribuem significativamente na redução do risco de doenças causadas por vetores (RODRÍGUEZ *et al.*, 2017).

A utilização de mosquiteiros impregnados com repelentes se mostraram eficientes no controle vetorial e apresentam muitas vantagens como proteção a vetores de outras doenças, são práticos, de baixo custo, requerem menores quantidades de inseticida e podem ser facilmente integrados ao trabalho comunitário de saúde. A falta de adesão pela população, principalmente durante dias quentes se mostra como uma limitação na eficiência do seu uso (KROEGER *et al.*, 1999, HAN *et al.*, 2020).

Apesar do método de controle químico ser um dos mais utilizados, a sua manipulação exige cuidados para que danos ao meio ambiente e ao homem sejam minimizados. A resistência de algumas espécies de triatomíneos a inseticidas piretróides usados atualmente foram evidenciados em estudos o que pode dificultar a eficácia da sua utilização como método químico (ECHEVERRIA *et al.*, 2018, REMO *et al.*, 2020, PICCINALI *et al.*, 2020).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle vetorial de triatomíneos é essencial para a prevenção da doença de Chagas. Diante disso se faz necessário que a população tenha conhecimento dessa prática e da diversidade de métodos disponíveis que podem ser utilizados atualmente com essa finalidade.

Nesse sentido a educação em saúde tem papel fundamental para isso, visto que, através da mesma a população pode conhecer os métodos de controle vetorial disponíveis sendo informadas da importância de adotar esses métodos no seu cotidiano para a prevenção da doença de Chagas.

O incentivo a métodos de controle vetorial alternativos é importante já que o método químico pode trazer algumas desvantagens como maior custo, danos à saúde da população e ao meio ambiente, além de algumas espécies de triatomíneos apresentarem resistência a alguns inseticidas. A utilização de outros métodos torna-se assim uma conduta ecologicamente viável e que apresenta várias vantagens

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M J.; SILVA, A B R.; BEZERRA, C M.; ALENCAR, C H.; MARTINS, V E P. Vigilância dos vetores da Doença de Chagas no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **J. Health Biol Sci.** 2021;9(1):1-7. Disponível em: Acesso em: 28 ago. 2022.

ARIAS-GIRALDO, LM.; MUÑOZ, M.; HERNÁNDEZ, C.; HERRERA, G.; VELÁSQUEZ-ORTIZ, N.; CANTILLO-BARRAZA, O.; URBANO, P.; RAMÍREZ, JD. Species-dependent variation of the gut bacterial communities across *Trypanosoma cruzi* insect vectors. **PLoS One**. 2020 Nov 12; 15(11): e0240916. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0240916>. Acesso em: 22 de ago. 2022.

AVENDANHO, F. C.; SAID, R. F. C. **Manejo Integrado de Vetores**. Consensus, n. 31, abr./jun. 2019. Disponível em: <https://www.conass.org.br/>. Acesso em: 05 ago. 2022.

BATES, BR.; VILLACÍ S, AG.; MENDEZ-TRIVINO, A.; MENDOZA, LE.; GRIJALVA, MJ. Determinants of intentions to prevent triatomine infestation based on the health belief model: An application in rural southern Ecuador. **PLoS Negl Trop Dis** 14(1): e0007987. Disponível em: <https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC6991950&blobtype=pdf>. Acesso em: 22 de ago. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral**. Brasília, DF: Senado Federal: 1 ed, 2014. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_controle_leishmaniose_visceral_1edicao.pdf. Acesso em 11 de jul. 2022.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Elaboração e apresentação de propostas e projetos de melhorias habitacionais para controle da doença de chagas: orientações técnicas / Fundação Nacional de Saúde**. – 2. ed. – Brasília : Funasa, 2022. Disponível em: https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/720/MANUAL_MHCD_C_FUNASA_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 07 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. **Guia de Vigilância em Saúde: volume único [recurso eletrônico]**. 3ªed.–Brasília, 740p.:il., 2019. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_3ed.pdf. Acesso em: 06 ago. 2022.

CARNEIRO, Elieida do Rêgo. **As condições sanitárias da produção de polpa de açaí associada à doença de chagas, na comunidade do rio Costa Marataúira, Abaetetuba, Pará**. Orientador: Ronaldo Lopes de Sousa. 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Educação do Campo - Habilitação em Ciências Naturais) – Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo, Campus Universitário de Abaetetuba, Universidade Federal do Pará, Abaetetuba, 2019. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/2317>. Acesso em: 25 jul. 2022.

CARVALHO, Daniele Almeida de Óleos essenciais contra vetores da Doença de Chagas. /Daniele Almeida de Carvalho. - Rio de Janeiro, 2019. xvll. 40 f. il. = 30 cm. Orientadora: Ana Claudia Fernandes Amaral. Monografia (Especialização) - Instituto de Tecnologia em Fármacos-Farmanguinhos, Pós-graduação em Tecnologia Industriais Farmacêuticas, 2019, Bibliografia: f.36-40 Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/35034/daniele_almeida_de.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 18 ago. 2022.

DIOTAIUTI, L; BARBOSA, S. E. **Triatomíneos**. Belo Horizonte: CPqRR, 2015.

DUMONTEIL, E.; NOUVELLET, P.; ROSECRANS, K.; RAMIREZ-SIERRA, MJ.; GAMBOA-LEÓN, R.; CRUZ-CHAN, V.; ROSADO-VALLADO, M.; GOURBIÈRE, S. Eco-bio-social determinants for house infestation by non-domiciliated *Triatoma dimidiata* in the Yucatan Peninsula, Mexico. **PLoS Negl Trop Dis**. 2013 Sep 26;7(9):e2466. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0002466>. Acesso em: 22 de ago. 2022.

ECHEVERRIA, J.E., BUSTAMANTE Gomez, M.B., PESSOA, G.C.D.Á. et al. Resistance to deltamethrin by domestic and wild *Triatoma infestans* populations in the municipality of Toro Toro, Potosi, Bolivia. **Parasites Vectors** 11, 92 (2018) Disponível em: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13071-018-2663-5.pdf>. Acesso em: 18 de ago. 2022.

EMDEN, HF, Service MW. **Pest and Vector Control**. Cambridge: Cambridge University Press; 2004.

FLORES-VILLEGAS, AL.; CABRERA-BRAVO, M.; TORIELLO, C.; BUCIO-TORRES, MI.; SALAZAR-SCHETTINO, PM.; Córdoba-Aguilar, A.. Sobrevivência e resposta imune do vetor de Chagas *Meccus pallidipennis* (Hemiptera: Reduviidae) contra dois fungos entomopatogênicos, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*. **Vetores de parasitas** 9, 176 (2016). Disponível em: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-016-1453>. Acesso em: 20 jul. 2022.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.de.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba : FEALQ, 2002, 920 páginas.

GALVÃO, C., 2014. **Vetores da doença de chagas no Brasil Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia**, 289 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/mw58j>. Acesso em: 18 de ago. 2022.

Guia para vigilância, prevenção, controle e manejo clínico da doença de Chagas aguda transmitida por alimentos. – Rio de Janeiro: PANAFTOSA-VP/OPAS/OMS, 2009.92 p.: il. (Serie de Manuais Técnicos, 12) PAHO/HSD/CD/539.09 Disponível em: http://www1.saude.rs.gov.br/dados/1283266903765Guia_Doenca_Chagas_200.pdf. Acesso em: 25 jul. 2022.

GUREVITZ, JM.; CEBALLOS, LA.; GASPE, MS.; ALVARADO-OTEGUI, JA.; ENRÍQUEZ GF, KITRON U, GÜRTLER RE. Factors affecting infestation by *Triatoma infestans* in a rural area of the humid Chaco in Argentina: a multi-model inference approach. **PLoS Negl Trop Dis**. 2011 Oct;5(10):e1349. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3196485/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

HAN CY, ISSA H, RYCHTÁŘ J, TAYLOR D, UMANA N. A voluntary use of insecticide treated nets can stop the vector transmission of Chagas disease. **PLoS Negl Trop Dis**. 2020 Nov 3;14(11):e0008833. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0008833>. Acesso em: 29 jun. 2022.

KROEGER, A.; ORDOÑEZ-GONZALEZ, J.; BEHREND, M.; ALVAREZ, G. Impregnação de mosquiteiros para o controle da doença de Chagas: uma nova perspectiva. **Trop Med Int Health**. 1999 Mar; 4(3):194-8. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-3156.1999.43370.x?sid=ida_de.pdf. Acesso em: 25 de jul. 2022.

MARCONDES, C.B. **Entomologia médica e veterinária**. 2. ed. São Paulo: Atheneu; 2011. Controle de artrópodes: princípios gerais; p. 441-63.

MEIS, J; CASTRO, R. **Manual para o diagnóstico em doenças de chagas para microscopistas de base no estado do Pará**. Biblioteca de Ciências Biomédicas. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.saude.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/Manual-de-Chagas-Diagramado.pdf>. Acesso em: 23 de jul. 2022.

N. G-JORDÁN.; BERRIZBEITIA, M.; RODRÍGUEZ, J.; CONCEIÇÃO, J. L.; CÁCERES, A.; QUINONES, W. Soroprevalência da infecção pelo *Trypanosoma cruzi* na população rural do estado de Sucre, VenezuelaCad. **Saúde Pública** 2017; 33(10):e00050216 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/yjN5xCyrttmZx5jFXr7Zg6z/>. Acesso em: 27 de jul. 2022.

Organização Pan-Americana da Saúde. Documento operacional para a execução do manejo integrado de vetores adaptado ao contexto das Américas. Washington, D.C.: OPAS; 2019. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51762>. Acesso em; 18 de ago. 2022.

PARENTE, CC.; BEZERRA, FSM.; PARENTE, PI.; Dias-Neto, RV.; XAVIER, SCC.; et al. Community-Based Entomological Surveillance Reveals Urban Foci of Chagas Disease Vectors in Sobral, State of Ceará, Northeastern Brazil. **PLOS ONE** 12(1): e0170278. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0170278> Acesso em: 22 de ago. 2022.

PINTO, Jane das Dores da Silva; BORGES, Jhon Lenon de Melo; ARAÚJO, Marciana Francisca Barbosa. **Doença de chagas: índice de infestação, infecção de vetores transmissores do trypanosoma cruzi e o controle da doença no município de Combinado do Tocantins Arraias, TO**, 2020. 48 f Monografia (graduação) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Arraias - Curso de Licenciatura em Biologia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.uf.edu.br/handle/11612/3559>. Acesso em 18 ago. 2022.

PICCINALI, RV.; FRONZA, G.; MOUGABURE-CUETO, GA et al. Estrutura genética de populações de *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) resistentes à deltametrina no Gran Chaco. **Parasitol Res** 119, 3305-3313 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-020-06789-y>. Acesso em: 11 de ago. 2022.

RANGEI, DEN.; PIEDRABUENA, AE.; ROITMAN, I.; MESSIAS, CL. Laboratory and field studies for the control of Chagas disease vectors using the fungus *Metarhizium anisopliae*. **Arch Insect Biochem Physiol.** 2020 Dec; 105(4): e21745. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/arch.21745> Acesso em: 22 de jul. 2022.

REMÓN, C.; FRONZA, G.; MAZA, Y.; SARTOR, P.; WEINBERG, D.; MOUGABURE-CUETO, G. Resistência à deltametrina em *Triatoma infestans*: distribuição microgeográfica, validação de um bioensaio de detecção rápida e avaliação de um recipiente fumigante como estratégia alternativa de controle. **Bulletin of Entomological Research.** 2020;110(5):645-653. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32349799/>. Acesso em: 18 de ago.2022.

RODRIGUEZ, SD.; CHUNG, HN.; GONZALES, KK.; VULCAN, J.; LI, Y.; AHUMADA, já.; ROMERO, HM.; DE LA TORRE, M.; SHU, F.; HANSEN, IA. Eficácia de alguns dispositivos portáteis em comparação com repelentes de insetos em spray para o mosquito da febre amarela, *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) **J Insect Sci.** 2017 Jan 1;17(1):24. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5388317/>. Acesso em: 22 jul. 2022.

SILVA, E. T. M.; FERREIRA, J. S.; LACERDA, L. M. Condições higienicossanitárias da cadeia produtiva do açaí na região do maracã em são Luís, MA. **Higiene Alimentar** - Vol.31 - n° 268/269 - Maio/Junho de 2017. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/07/846449/268-269-site-68-72.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2022.

THAMIRIS de A. de Souza, Marcio BP Lopes, Aline de S. Ramos, José Luiz P. Ferreira, Jefferson Rocha de A. Silva, Margareth MC Queiroz, Kátia G. de Lima Araújo, Ana Claudia F. Amaral , “ Alpinia Essencial Óleos e seus principais componentes contra *Rhodnius nasutus* , um vetor da doença de Chagas ”, **The Scientific World Journal** , vol. 2018 , Artigo ID 2393858 , 6 páginas , 2018 . Disponível em: <https://downloads.hindawi.com/journals/tswj/2018/2393858.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chagas disease (American trypanosomiasis): Fact Sheet No 340**. Geneva, 2022. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/en/>>. Acesso em: 21 ago. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global strategic framework for integrated vector management**. Geneva; 2004. Disponível em: <https://www.who.int/publications/item/WHO-CDS-CPE-PVC-2004.10>. Acesso em: 22 de jul. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Handbook for integrated vector management**. Geneva: Department of Control of Neglected Tropical Diseases: World Health Organization; 2012. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44768/9789241502801_eng.pdf;sequence=1. Acesso em: 28 jun. 2022.

NEMATOIDE ENTOMOPATOGÊNICO: UM RESUMO

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 05/08/2022

Laura Vaillant Ribeiro Mauri

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro
de Ciências Agrárias e Engenharias
Alegre - Espírito Santo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-4783-2213>

Alixelhe Pacheco Damascena

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro
de Ciências Agrárias e Engenharias
Alegre - Espírito Santo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-1374-5119>

Dirceu Pratissoli

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro
de Ciências Agrárias e Engenharias
Alegre - Espírito Santo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4485-1491>

RESUMO: Nematoides entomopatogênicos (NEPs) são parasitas obrigatórios de insetos e demonstram alta eficiência quando utilizados no manejo pragas agrícolas e florestais. A multiplicação massal desses organismos pode ser realizada em sistemas de produção in vitro ou in vivo. Na produção in vitro os nematoides são multiplicados juntamente com a bactéria simbiote em tanques de fermentação com meio nutritivo artificial e controlado. Para a produção in vivo são utilizados insetos hospedeiros saudáveis e suscetíveis, os quais são a fonte de nutrição e ambiente para a reprodução dos nematoides. Muitos insetos foram estudados para serem

empregados na produção in vivo de NEPs, com destaque para o hospedeiro padrão *Galleria mellonella*, o qual é altamente produtivo. Os resultados para a utilização de NEPs no Brasil são promissores, contudo, a falta de incentivo financeiro debilita as pesquisas e retarda o avanço do país para o emprego desses bioagentes no controle de pragas de importância agrícola, médica e veterinária.

PALAVRAS-CHAVE: Agentes de controle biológico. Manejo de pragas. Simbiose. Multiplicação massal.

ENTOMOPATOGENIC NEMATOID: A SUMMARY

ABSTRACT: Entomopathogenic nematodes (ENPs) are obligate parasites of insects and demonstrate high efficiency when used in agricultural and forestry pest management. Mass multiplication of these organisms can be carried out in in vitro or in vivo production systems. In in vitro production, nematodes are multiplied together with the symbiotic bacteria in fermentation tanks with an artificial and controlled nutrient medium. For in vivo production, healthy and susceptible host insects are used, which are the source of nutrition and environment for the reproduction of nematodes. Many insects have been studied to be used in the in vivo production of ENPs, especially the standard host *Galleria mellonella*, which is highly productive. The results for the use of ENPs in Brazil are promising, however, the lack of financial incentive weakens research and delays the country's progress in the use of these bioagents in the control of pests of agricultural, medical and veterinary importance.

KEYWORDS: Biological control agents. Pest management. Symbiosis. Mass multiplication.

1 | INTRODUÇÃO

Os nematoides entomopatogênicos (NEPs) são parasitas obrigatórios de insetos e possuem relação simbiote com bactérias entomopatogênicas. Pertencem às famílias Steinernematidae, composta pelos gêneros *Steinernema* e *Neosteinernema*, e Heterorhabditidae, composta pelo gênero *Heterorhabditis* (ADANS; NGUYEN, 2002).

A primeira descrição desses organismos foi realizada no ano de 1923 e, desde então, foram descritas 118 espécies de *Steinernema* e 20 espécies de *Heterorhabditis* (HUNT; SUBBOTIN, 2016).

Os NEPs são eficientes no manejo de pragas que possuem pelo menos um estágio do ciclo de vida no solo, e ainda, insetos de parte aérea das plantas. No entanto, a rápida dissecação na superfície foliar é um fator limitante. São eficazes e seguros ao meio ambiente e organismos não alvo, e podem ser multiplicados em larga escala (LACEY; GEORGIS, 2012; TESTA; SHIELDS, 2017).

2 | ASSOCIAÇÃO SIMBIONTE COM BACTÉRIAS

As bactérias entomopatogênicas são específicas de acordo com o gênero e espécie do NEP. As espécies do gênero *Heterorhabditis* têm associação com bactérias do gênero *Photorhabdus*, carregando-as na região anterior do intestino, enquanto espécies do gênero *Steinernema* possuem associação com bactérias do gênero *Xenorhabdus*, carregando-as em uma vesícula na região mediana do intestino (BIRD; AKHURST, 1983; BOEMARE; LAUMOND; MAULEON, 1996).

A dependência do nematoide pelas bactérias entomopatogênicas está relacionada à função das mesmas em matar o hospedeiro, transformar seus tecidos em fonte de alimento, disponibilizá-lo como recurso alimentar e propiciar um ambiente adequado para reprodução, por produzirem antibióticos e outros metabólitos secundários que protegem o cadáver do desenvolvimento de microrganismos oportunistas e competidores. Por outro lado, a dependência da bactéria pelos nematoides relaciona-se à disseminação e proteção, tanto do ambiente externo quanto do sistema imunológico do hospedeiro (STOK; BLAIR, 2008).

3 | CICLO DE VIDA

O ciclo de vida dos NEPs é caracterizado pelos estádios de ovo, juvenil (J1, J2, J3 e J4) e adulto, os quais se desenvolvem dentro do hospedeiro. O juvenil infectante (juvenil de estágio 3) é o único estágio de vida livre e o responsável por localizar e infectar novos hospedeiros (ADANS; NGUYEN, 2002) (Figura 1).

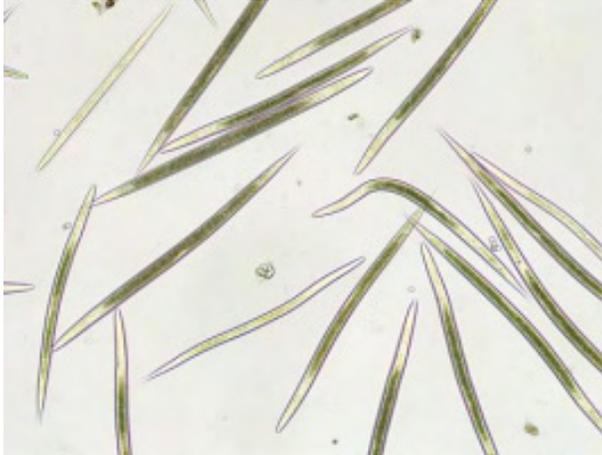


Figura 1. Juvenis infectantes de nematoides entomopatogênicos. Fotografia obtida em microscópio óptico (objetiva com aumento de 200x).

Os juvenis infectantes (JIs) penetram no hospedeiro pela cavidade oral, ânus e espiráculos, ou através do tegumento, como acontece com espécies do gênero *Heterorhabditis*, que possuem a extremidade anterior projetada e queratinizada, a qual utilizam para perfurar a cutícula do hospedeiro (KOPPENHÖFER; GREWAL; FUZY, 2007).

Uma vez dentro do hospedeiro, os juvenis precisam alcançar a hemolinfa para liberarem a bactéria simbiote, que produzirá toxinas responsáveis por provocar a morte do inseto em um intervalo de 24-72 horas. Concomitante à morte do inseto, o ciclo de desenvolvimento do JI é retomado (DILMAN; STERNBERG, 2012).

Em Steinernematidae, o JI se alimenta das bactérias e dos subprodutos por elas produzidos, muda para o 4º estágio, e depois para machos e fêmeas da primeira geração, os quais se acasalam. As fêmeas produzem ovos dos quais eclodem os juvenis de 1º estágio, seguindo-se do 2º, 3º, 4º estádios e fêmeas e machos da segunda geração, que se acasalam e dão origem à prole de terceira geração. Em Heterorhabditidae, o ciclo é semelhante, diferindo-se em relação à primeira geração de adultos, a qual é composta somente por fêmeas hermafroditas (NGUYEN; SMART JUNIOR, 1992; SMART JUNIOR, 1995).

Na terceira geração, quando, geralmente, os recursos nutricionais do cadáver se esgotam, os juvenis de 2º estágio incorporam células da bactéria simbiote e mudam para o 3º estágio de JI, mas retêm a cutícula do 2º estágio, como uma bainha de proteção, e por fim, saem do cadáver em busca de novos hospedeiros (SMART JUNIOR, 1995) (Figura 2).

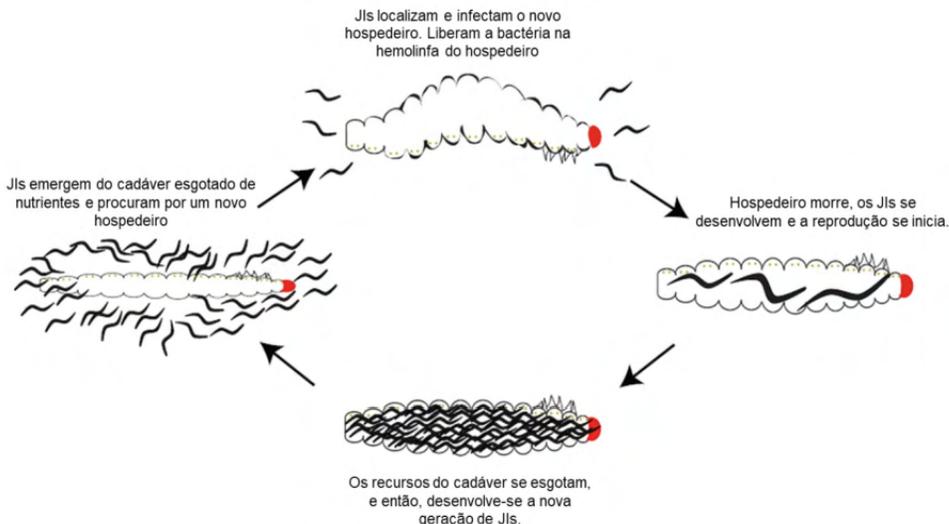


Figura 2. Ciclo de vida dos nematoides entomopatogênicos, modificado de Dilman et al., 2012.

O período que compreende a entrada do JI no hospedeiro e a emergência da nova geração de JI é de 12 – 15 dias, variando de acordo com as espécies associadas e fatores abióticos como temperatura (DEVI, 2018).

4 | SOBREVIVÊNCIA

Ao saírem do cadáver, os JIs retornam ao solo, local onde permanecem até encontrarem um novo hospedeiro. Os JIs não se alimentam e a sobrevivência no ambiente é dependente das taxas metabólicas e dos níveis de energia iniciais que armazenaram durante o desenvolvimento dentro do último cadáver. A energia dos JIs provém 60% do metabolismo de lipídios e está proporcionalmente relacionada à sobrevivência e capacidade infectante (HATAB et al., 1998).

Para sobreviver em condições de estresse ambiental, os nematoides podem manifestar estratégias de migração, afastando-se da condição adversa, adaptação ou sincronização do ciclo de vida com o do hospedeiro. Os JIs podem persistir no solo por mais de 400 dias, de acordo com a espécie ou linhagem, densidade do hospedeiro no ambiente e de fatores ambientais, tanto abióticos, como temperatura, umidade, luz ultravioleta, pH, teor de matéria orgânica e tipo de solo, quanto bióticos, como patógenos e predadores (TOLEDO et al., 2014; SHAPIRO-ILAN; HAZIR; LETE, 2015; WILSON et al., 2016; HELMBERGER et al., 2017).

5 | ESTRATÉGIAS DE BUSCA

As estratégias para encontrar novos hospedeiros variam de acordo com as espécies

de NEPs. O hábito de forrageamento dos JIs pode ser classificado em “ambusher” e/ou “cruiser”. O tipo “ambusher” utiliza a estratégia “sentar e esperar”, permanece em pé sobre a calda, comportamento denominado nictação, e espera até que um hospedeiro se aproxime, enquanto o tipo “cruiser” procura ativamente os hospedeiros pelo solo. Contudo, também existem espécies que apresentam hábito intermediário (BAL et al., 2017).

Os NEPs também possuem quimiorreceptores que captam compostos voláteis, principalmente dióxido de carbono, liberado pelas trocas gasosas do inseto, que os direcionam para os hospedeiros, assim como, voláteis que são emitidos por raízes de plantas em resposta ao ataque de insetos (ENNI et al., 2010; TURLINGS; HILPOLD; RASMANN, 2012).

6 I UTILIZAÇÃO DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS

Apesar de terem sido descobertos em 1923, a primeira comercialização de NEPs ocorreu após 60 anos e, atualmente, treze espécies dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* são produzidas e comercializadas no mundo (LACEY et al., 2015). O aumento da demanda de NEPs impulsiona investimentos na construção de biofábricas, as quais estão localizadas atualmente na Ásia, América do Norte e Europa, num total de 12 grandes empresas (LACEY et al., 2015).

Os NEPs são eficazes no controle de pragas e podem ser utilizados em cultura pura, ou em combinação com inseticidas químicos ou com outros agentes de controle microbiano, de modo a maximizar os resultados dentro de um programa de manejo (NIEKERK; MALAN, 2015; SHAPIRO-ILAN et al., 2016; SHAURUB et al., 2016; KARY et al., 2018).

A adequação da espécie de NEP a ser utilizada está em função da suscetibilidade e comportamento da praga. Para insetos ativos e sobre a superfície do solo é recomendado se utilizar NEPs com hábito ambusher, e para insetos que estão sob o solo ou em ambientes crípticos, NEPs com hábito cruiser terão maior sucesso para encontrá-los (MORTON et al., 2008).

Os NEPs podem ser aplicados com equipamentos comuns de aplicação de inseticidas químicos, como pulverizadores pressurizados ou eletrostáticos, e também por meio de irrigação por gotejamento ou cadáveres de insetos previamente infectados, sendo que, para aplicação em suspensão aquosa, várias formulações podem ser utilizadas como em argila, vermiculita, carvão ativado e grânulos dispersos em água (VALLE et al., 2009; SHAPIRO-ILAN; HAN; DOLINSKI, 2012).

Trabalhos com a amostragem de NEPs em território nacional têm sido realizados de modo a encontrar espécies com potencial para o controle biológico e incentivar a utilização desses organismos no manejo de pragas com espécies nativas, adaptadas à entomofauna e condições edafoclimáticas regionais (DOLINSKI; MOINO JUNIOR, 2006; BRIDA et al.,

2017).

Foram descritas 11 espécies e 56 linhagens de NEPs em território nacional, as quais têm mostrado potencial para o controle biológico, como é o caso da espécie *Heterorhabditis baujardi* LPP7 (Rondônia-BR) (DOLINSKI et al., 2017). A linhagem *H. baujardi* LPP7 foi utilizada em um trabalho de campo realizado pela pesquisadora Cláudia Dolinski, que implementou um programa de manejo do gorgulho da goiabeira (*Conotrachelus psidii*) com produtores de Cachoeira de Macacu, Rio de Janeiro-BR. Nesse programa, além de práticas culturais, foram distribuídos 20 cadáveres de *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) previamente infectados com juvenis do NEP a cada 9 m², o que resultou na redução de 80% da população de adultos da praga (DOLINSKI et al., 2008; DOLINSKI; CHOO; DUNCAN, 2012).

Os resultados para a utilização de NEPs no Brasil são promissores, contudo, a falta de incentivo financeiro debilita as pesquisas e retarda o avanço do país para o emprego desses bioagentes do controle de pragas de importância agrícola, médica e veterinária (DOLINSKI et al., 2017).

7 | SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS

Os sistemas de produção de NEPs podem ser de *in vivo* ou *in vitro*, cada qual com vantagens e desvantagens (Tabela 1).

	Sistemas de produção		
	<i>In vivo</i>	<i>In vitro</i> -meio sólido	<i>In vitro</i> -meio líquido
Dispendio de capital	Baixa	Intermediário	Alta
Especialização técnica	Nominal	Intermediária	Ampla
Obtenção de qualidade	Fácil	Difícil	Difícil
Mão-de-obra	Alta	Intermediária	Baixa
Economia de escala	Baixa	Intermediária	Alta
Facilidade de adaptação a novas espécies	Fácil	Difícil	Difícil

Tabela 1. Comparação entre os sistemas de produção de nematoides entomopatogênicos

Adaptada de Shapiro-Ilan, Han e Qiu, 2014.

7.1 Produção *in vitro*

A produção *in vitro* de NEPs baseia-se na introdução de juvenis em uma cultura pura da bactéria simbiote em um meio nutritivo estéril. O meio contém ingredientes que evitam contaminação com bactérias indesejáveis, retém a bactéria simbiote e fornece todos os nutrientes necessários para a multiplicação dos nematoides (DEVI, 2018)

(Figura 4).

O cultivo dos nematoides nesse método pode ser em meio sólido ou líquido, o qual é esterilizado, inoculando-se a bactéria simbiote e, posteriormente, os nematoides, cuja produtividade é influenciada diretamente pela concentração de nutrientes do meio, e a colheita é realizada após duas a cinco semanas (LEITE et al., 2016).

A produção em meio sólido é realizada em recipientes do tipo Erlenmeyers, e em meio líquido, é realizada em biorreatores de aço inoxidável de até 100.000 litros, com controle de pH, temperatura e agitação constante, de modo a suprir a demanda por oxigênio dos NEPs (Figura 4) (DEVI, 2018).



Figura 3. Cultivo de *Heterorhabditis bacteriophora* em meio líquido. À esquerda encontra-se um fermentador com o meio líquido antes da inoculação com a bactéria simbiote *Photorhabdus*, e à direita, o mesmo meio, após 21 dias de cultivo dos nematoides (INMAN; SINGH; HOLMES, 2012).

O conhecimento da biologia do nematoide, assim como da bactéria simbiote, é de extrema importância, pois cada gênero e/ou espécie tem características específicas, o que resultará no sucesso ou fracasso desse sistema de produção (DEVI, 2018).

Apesar da alta produtividade e baixa demanda de mão de obra, a produção *in vitro* ainda é restrita, pois demanda de altos investimentos, mão de obra especializada, além da difícil adaptação às diferentes espécies de NEPs (SHAPIRO-ILAN; HAN; QIU, 2014).

7.2 Produção *in vivo*

Consiste em um sistema bidimensional que utiliza hospedeiros vivos e saudáveis para

a multiplicação dos NEPs. Geralmente, segue as etapas de inoculação do hospedeiro com o nematoide, colheita, concentração e descontaminação.

A inoculação pode ser realizada por imersão, pulverização ou aplicando a suspensão sobre um substrato condutor. Após um intervalo de 2 a 5 dias, os cadáveres são recolhidos e dispostos em armadilhas do tipo “White”, por meio das quais os JIs migram do cadáver para a água (Figura 3) (WHITE, 1927; SHAPIROILAN et al., 2002).



Figura 4. Armadilha de White (1927) modificada, constituída de anel de PVC (25 mm de diâmetro e 50 mm de altura), papel filtro e água.

As principais despesas para a produção *in vivo* incluem os insetos hospedeiros e a mão de obra (Shapiro-Ilan et al., 2014). Tecnologias para reduzir a mão de obra e promover uma escala de produção massal foram desenvolvidas e aprimoradas, como é o caso do método LOTEK, no qual as etapas de colheita, separação e limpeza são automatizadas para reduzir custos (GAUGLER et al., 2002).

A escolha da espécie hospedeira e do nematoide a ser produzido é dependente, principalmente, do rendimento de JIs por custo do hospedeiro e adequação da espécie do nematoide ao inseto praga alvo. O hospedeiro deve ser suscetível, ter alto potencial reprodutivo e multiplicado facilmente com a utilização de materiais de baixo custo (COSTA; DIAS; MORENZ, 2007).

A qualidade do hospedeiro é um dos fatores limitantes, pois quanto maior for o recurso nutricional do inseto para o NEP, maior será a produtividade e qualidade dos

nematóides produzidos (FLANDERS; MILLER; SHIELDS, 1996).

O teor de lipídio é um dos principais fatores que propiciam qualidade ao meio de cultivo, visto que se a fonte de lipídio for insuficiente à demanda dos nematóides, ocorrerá a produção subótima de JIs, além de poder afetar a persistência e desempenho dos JIs em infectar novos hospedeiros (HATAB; GAUGLER, 2001).

A espécie *G. mellonella* é o hospedeiro mais utilizado por apresentar alta suscetibilidade à maioria das espécies de NEPs e propiciar alta produtividade de juvenis. Contudo, a produção de galerias desses insetos em meio a dieta e fortes casulos, o custo de multiplicação e a fragilidade dos cadáveres são algumas desvantagens (MONTEIRO et al., 2014; DEVI et al., 2018).

A larva da farinha, *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae), é um hospedeiro alternativo; o baixo custo de produção e a rigidez do tegumento são algumas vantagens, no entanto, a produtividade de juvenis é substancialmente inferior a *G. mellonella* (MONTEIRO et al., 2014).

Espécies de Lepidoptera, *Cydia pomonella*, *Helicoverpa armigera*, *Corcyra cephalonica* e *Agrotis ipsilon*, de Diptera, *Hermetia illucens* e *Bactrocera dorsalis*, e de Coleoptera, *Alphitobius diaperinus*, são exemplos de outros hospedeiros estudados como alternativos à *G. mellonella*. No entanto, apesar de, geralmente, o custo desses hospedeiros ser menor, a produtividade de JIs é inferior a *G. mellonella*, por questões de suscetibilidade e/ou tamanho do inseto (COSTA; DIAS; MORENZ, 2007; ALI et al., 2008; EBSSA; KOPPENHOVER, 2011; ZIL; MALAN, 2015; TOURTOIS; ALI; GRIESHOP, 2017; GODJO et al., 2018).

Além do hospedeiro, outros fatores que interferem na produção in vivo são temperatura, concentração de JIs, método de inoculação e densidade de hospedeiro por recipiente durante a inoculação dos nematóides, dentre outros (SHAPIRO-ILAN; GAUGLER, 2002; SHAPIRO-ILAN et al., 2012; TESTA; SHILDS, 2017).

Apesar do avanço da tecnologia, a adoção do sistema de produção in vivo é crescente, sendo utilizado principalmente em países em desenvolvimento ou em indústrias artesanais em países desenvolvidos, devido ao investimento relativamente baixo, não dependência de mão de obra especializada e facilidade no processo (GAUGLER et al., 2002; HAZIR et al., 2003).

Em geral, o inseto hospedeiro ainda representa a maior fração dos custos de produção in vivo de NEPs; dessa forma, há necessidade de se encontrar um inseto altamente produtivo e com baixo custo de multiplicação, o que irá maximizar a produção e reduzir o custo do produto final (SHAPIRO-ILAN et al., 2002; TESTA; SHILDS, 2017).

REFERÊNCIAS

ADAMS, B. J.; NGUYEN, K. B. Taxonomy and systematics. In: GAUGLER, R. **Entomopathogenic nematology**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 1-28.

ALI, S. S.; PERVEZ, R.; HUSSAIN, M. A.; AHMAD, R. Susceptibility of three lepidopteran pests to five entomopathogenic nematodes and in vivo mass production of these nematodes. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 41, n. 4, p. 300 – 304, 2008.

BAL, H. K.; ACOSTA, N.; CHENG, Z.; GREWAL, P. S.; HOY, C. W. Effect of habitat and soil management on dispersal and distribution patterns of entomopathogenic nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 121, p. 48–59, 2017.

BIRD, A. F.; AKHURST, R. J. The nature of the intestinal vesicle in nematodes of the family Steinernematidae. **International Journal for Parasitology**, v. 13, n. 6, p. 599- 606, 1983.

BOEMARE, N.; LAUMOND, C.; MAULEON, H. The entomopathogenic nematodebacterium complex: biology, life cycle and vertebrate safety. **Biocontrol Science and Technology**, v. 6, p. 333- 345, 1996.

BRIDA, A. L.; ROSA, J. M. O.; OLIVEIRA, C. M. G.; CASTRO, B. M. C; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, L. G; WILCKEN, S. R. S. Entomopathogenic nematodes in agricultural areas in Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-7, 2017.

COSTA, J. C. R.; DIAS, R. J. P.; MORENZ, M. J. F. Determining the adaptation potential of entomopathogenic nematode multiplication of *Heterorhabditis riobravus* and *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida:Heterorhabditidae, Steinernematidae) in larvae of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Parasitology Research**, v. 102, p. 139–144, 2007.

DEVI, G. Mass production of entomopathogenic nematodes- a review. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v.3, n. 1032-1043, 2018.

DILLMAN, A. R.; CHASTON, J. M.; ADAMS, B. J.; CICHE, T. A.; GOODRICHBLAIR, H.; STOCK, S. P.; STERNBERG, P. W. An entomopathogenic nematode by any other name. **Plos Pathogens**, v. 8, n. 3, 2012.

DILLMAN, A. R.; STERNBERG, P. W. Entomopathogenic nematodes. **Current biology**, v. 22, n. 11, 2012.

DOLINSKI, C.; MOINO JUNIOR, A. Utilização de nematoides entomopatogênicos nativos ou exóticos: o perigo das introduções. **Nematologia Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 139-149, 2006.

DOLINSKI, C.; CHOO, H. W.; DUNCAN, H. W. Grower acceptance of entomopathogenic nematodes: case studies on three continentes. **Journal of Nematology**, v. 44, n. 2, p. 226–235, 2012.

DOLINSKI, C.; KAMITANI, F. L.; MACHADO, I. R.; WINTER, C. E. Molecular and morphological characterization of heterorhabditid entomopathogenic nematodes from the tropical rainforest in Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 103, n. 2, p. 150-159, 2008.

DOLINSKI, C.; MONTEIRO, C.; ANDALÓ, V.; LEITE, L. G. Studies on entomopathogenic nematodes in Brazil: past and future. **Nematoda**, v. 4, 2017.

EBSSA, L.; KOPPENHOVER, A. M. Entomopathogenic nematodes for the management of *Agrotis ipsilon*: effect of instar, nematode species and nematode production method. **Pest Management Science**, 2011.

ENNIS, D. E.; DILLON, A. B.; GRIFFIN, C. T. Simulated roots and host feeding enhance infection of subterranean insects by the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 103, p. 140–143, 2010.

FLANDERS, K. L.; MILLER, J. M.; SHIELDS, A. J. In vivo production of *Heterorhabditis bacteriophora* 'Oswego' (Rhabditida: Heterorhabditidae), a potential biological control agent for soil-inhabiting insects in temperate regions. **Journal Economic Entomology**, v. 89, n. 2, p. 373-380, 1996.

GAUGLER, R.; BROWN, I.; SHAPIRO-ILAN, D.; ATWA, A. Automated technology for in vivo mass production of entomopathogenic nematodes. **Biological Control**, v. 24, p. 199–206, 2002.

GODJO, A.; ZADJI, L.; DECRAEMER, W.; WILLEMS, A.; AFOUDA, L. Pathogenicity of indigenous entomopathogenic nematodes from Benin against mango fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) under laboratory conditions. **Biological Control**, v. 117, p. 68–77, 2018.

HATAB, M. A.; GAUGLER, R. Diet composition and lipids of in vitro-produced *Heterorhabditis bacteriophora*. **Biological Control**, v. 20, p. 1–7, 2001.

HAZIR, S.; KAYA, H. K.; STOCK S. P.; KESKÜN, N. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. **Turkish Journal of Biology**, v. 27, p. 181-202, 2003.

HELMBERGER, M. S.; SHIELDS, E. J.; WICKINGS, K. G. Ecology of belowground biological control: entomopathogenic nematode interactions with soil biota. **Applied Soil Ecology**, v. 121, p. 201–213, 2017.

HUNT, D. J.; SUBBOTIN, S. A. Taxonomy and systematics. In: HUNT, D. J.; NGUYEN, K. B. **Nematology monographs and perspectives**. Boston: Brill, 2016. p. 13-58.

INMAN, F. L.; SINGH, S.; HOLMES, L. D. Mass production of the beneficial nematode *Heterorhabditis bacteriophora* and its bacterial symbiont *Photorhabdus luminescens*. **Indian Journal Microbiology**, v. 52, n. 3, p. 316–324, 2012.

KARY, N. E.; SANATIPOUR, Z.; MOHAMMADI, D.; KOPPENHÖFER, A. M. Developmental stage affects the interaction of *Steinernema carpocapsae* and abamectin for the control of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biological Control**, v. 122, p. 18–23, 2018.

KOPPENHÖFER, A. M.; GREWAL, P. S.; FUZY, E. M. Differences in penetration routes and establishment rates of four entomopathogenic nematode species into four white grub species. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 94, p. 184–195, 2007.

LACEY, L. A.; GEORGIS, R. Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. **Journal of Nematology**, v. 44, n. 2, p. 218–225, 2012.

LACEY, L. A.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; BROWNBRIDGE, M.; GOETTEL, M. S. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1–41, 2015.

LEITE, L. G.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; HAZIR, S.; JACKSON, M. A. The effects of nutrient concentration, addition of thickeners, and agitation speed on liquid fermentation of *Steinernema feltiae*. **Journal of Nematology**, v. 48, n. 2, p.126–133, 2016.

MONTEIRO, C. M. O.; MATOS, R. S.; ARAÚJO, L. X.; CAMPOS, R.; BITTENCOURT, V. R. E. P.; DOLINSKI, C.; FURLONG, J.; PRATA, M. C. A. Entomopathogenic nematodes in insect cadaver formulations for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 203, p. 310– 317, 2014.

MORTON, A.; PINO, F. G. Effectiveness of different species of entomopathogenic nematodes for biocontrol of the mediterranean flatheaded rootborer, *Capnodis tenebrionis* (Linne´) (Coleoptera: Buprestidae) in potted peach tree. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 97, p. 128–133, 2008.

NGUYEN, K. B.; SMART JUNIOR, G. C. Life Cycle of *Steinernema scapterisci*. **Journal of Nematology**, v. 24, n. 1, p. 160-169, 1992.

NIEKERK, S. V.; MALAN, A. P. Adjuvants to improve aerial control of the citrus mealybug *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) using entomopathogenic nematodes. **Journal of Helminthology**, v. 89, p. 189–195, 2015.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; COTTRELL, T. E.; MIZELL, R. F.; HORTON, D. L. Efficacy of *Steinernema carpocapsae* plus fire gel applied as a single spray for control of the lesser peachtree borer, *Synanthedon pictipes*. **Biological Control**, v. 94, p. 33–36, 2016.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; GAUGLER, R.; TEDDERS, W. L.; BROWN, I.; LEWIS, E. E. Optimization of inoculation for in vivo production of entomopathogenic nematodes. **Journal of Nematology**, v. 34, n. 4, p. 343–350, 2002.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; HAN, R.; DOLINKSI, C. Entomopathogenic Nematode Production and Application Technology. **Journal of Nematology**, v. 44, n. 2, p. 206– 217, 2012.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; HAN, R.; QIU, X. Production of entomopathogenic nematodes. In: MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G.; SHAPIRO-ILAN, D. I. **Beneficial organisms invertebrates and entomopathogens**. Amsterdam: Elsevier, 2014. p. 321-346.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; HAZIR, S.; LETE, L. Viability and virulence of entomopathogenic nematodes exposed to ultraviolet radiation. **Journal of Nematology**, v. 47, n. 3, p.184–189, 2015.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; GAUGLER, R. Production technology for entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 137 –146, 2002.

SHAURUB, E. H.; REYAD, N. F.; ABDEL-WAHAB, H. A.; AHMED, S. H. Mortality and nematode production in *Spodoptera littoralis* larvae in relation to dual infection with *Steinernema riobrave*, *Heterorhabditis bacteriophora*, and *Beauveria bassiana*, and the host plant. **Biological Control**, v. 103, p. 86–94, 2016.

SMART JUNIOR, G. C. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. **Journal of Nematology**, v. 27, n. 4, p. 529-534, 1995.

STOCK, S. P.; BLAIR, H. G. Entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts: the inside out of a mutualistic association. **Symbiosis**, v. 46, p. 65–75, 2008.

TESTA, A. M.; SHILDS, E. J. Low labor in vivo mass rearing method for entomopathogenic nematodes. **Biological Control**, v. 106, p. 77–82, 2017.

TOLEDO, J.; SÁNCHEZ, J. E.; WILLIAMS, T.; GÓMEZ, A.; MONTOYA, P.; IBARRA, J. E. Effect of soil moisture on the persistence and efficacy of *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) larvae. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, 2014.

TOURTOIS, J.; ALI, J. G.; GRIESHOP, M. J. Susceptibility of wounded and intact black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) to entomopathogenic nematodes. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 150, p. 121–129, 2017.

TURLINGS, T. C. J.; HILTPOLD, I.; RASMANN, S. The importance of root-produced volatiles as foraging cues for entomopathogenic nematodes. **Plant Soil**, v. 358, p. 51–60, 2012.

WILSON, M. J.; WILSON, D. J.; RODGERS, A.; GERARD, P. J. Developing a strategy for using entomopathogenic nematodes to control the african black beetle (*Heteronychus arator*) in New Zealand pastures and investigating temperature constraints. **Biological Control**, v. 93, p. 1–7, 2016.

ZIL, C. V.; MALAN, A. P. Cost-effective culturing of *Galleria mellonella* and *Tenebrio molitor* and entomopathogenic nematode production in various hosts. **African Entomology**, v. 23, n. 2, p. 361-375, 2015.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR - Possui Pós-doutorado pela Universidade do Algarve (UAlg). Doutor em Zoologia (Conservação e Ecologia) pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Mestre em Ecologia e Conservação (Ecologia de Sistemas e Comunidades de Áreas Úmidas) pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental, Direito Ambiental, Licenciamento Ambiental, Educação Ambiental, Engenharia Ambiental e Indicadores de Qualidade, Zoologia, Ecologia e Ensino Remoto, Ensino a Distância e Metodologias Ativas. Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade Araguaia (FARA). É professor Adjunto III da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA). Orientador nos programas de Pós-Graduação *stricto sensu* em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ-UFOPA); Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND-UFOPA); Biodiversidade (PPGBEES-UFOPA) e Ecologia (PPGECO-UFPA). Membro do corpo editorial dos periódicos *Arthropoda (MDPI)*, *Journal of Biology and Life Science (Macrothink Institute)*, Enciclopédia Biosfera e Oecologia Austrais (Brasil). Revisor de diversos periódicos nacionais e internacionais. Tem experiência em entomologia, insetos aquáticos, Odonata (libélulas), bioindicadores, ecologia e conservação de água doce, biomonitoramento, integridade ambiental, avaliação de impacto ambiental, efeitos antropogênicos, padrões de distribuição de espécies, ciência cidadã. Links do organizador: Lattes | Orcid | Scopus | Publons | ResearchGate

LENIZE BATISTA CALVÃO - Possui Pós-doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e em Ecologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutora em Zoologia (Conservação e Ecologia) pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Mestra em Ecologia e Conservação (Ecologia de Sistemas e Comunidades de Áreas Úmidas) pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pela Faculdade Araguaia (FARA). Possui experiência com avaliação de impactos antropogênicos em sistemas hídricos, utilizando a ordem Odonata (Insecta) como grupo biológico resposta. Atualmente desenvolve estudos avaliando a integridade de sistemas hídricos de pequeno porte na região amazônica, também utilizando a ordem Odonata como grupo resposta, com o intuito de buscar diretrizes eficazes para a conservação dos ambientes aquáticos. Links da organizadora: Lattes | Orcid | ResearchGate

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agentes de controle biológico 101

Alometria 63, 64, 66, 67, 68

Amblyopelta nítida 1, 2

Anastrepha curvicauda 14, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 44, 45

aPDT 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

B

Bactérias 57, 60, 102, 103, 106

Brasil 2, 3, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 27, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 49, 51, 63, 65, 71, 72, 73, 75, 85, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 106, 114

C

Ciclo de vida 1, 3, 4, 6, 16, 17, 18, 53, 75, 76, 82, 83, 85, 92, 102, 104

Controle biológico 4, 12, 13, 19, 46, 51, 79, 94, 101, 105, 106

Controle vetorial 90, 91, 93, 94, 96

D

Defesa fitossanitária 19, 72

Demandas térmicas 1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 71, 72, 75, 81, 83, 84, 85

Desenvolvimento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17, 18, 21, 36, 39, 45, 46, 47, 53, 54, 56, 59, 71, 72, 75, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 92, 95, 97, 102, 103, 104, 109, 114

Doença de Chagas 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99

E

Entomopatogênico 80, 101

Estimativas numéricas 2, 4, 5

F

Fruitspotting bug (FDB) 1, 2

G

Galleria mellonella 51, 52, 53, 61, 62, 101, 106, 110, 113

Graus-dias 2, 6, 81

H

Hedypathes betulinus 63, 64, 65, 67, 68, 69

Hospedeiro 18, 19, 20, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 76, 91, 95, 101, 102, 103, 104, 105, 108, 109

I

Ilex paraguariensis 63, 64, 65

Insetos 1, 2, 4, 13, 18, 20, 21, 39, 44, 51, 53, 54, 55, 57, 63, 65, 77, 91, 92, 94, 95, 96, 99, 101, 102, 105, 108, 109, 114

Isometria 63, 64, 68

L

Laser 51, 52, 55, 56, 57, 60

M

Macadâmia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 71, 73, 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Manejo de pragas 101, 102, 105

Modelos animais alternativos 51

Morfometria 63, 69

Mosca do mamão 15

Multiplicação massal 101

N

Nematoide 101, 102, 107, 108

P

Praga quarentenária 13, 14, 15, 18, 43, 47, 71, 72, 75

Praga quarentenária ausente 14, 18, 43, 71, 72, 75

Prospecção 19, 45, 71, 72, 75, 81, 85

S

Saúde 51, 91, 96, 97, 98, 99

Scirtothrips dorsalis 71, 72, 73, 75, 78, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89

Simbiose 101

T

Tamanho 53, 54, 55, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 80, 109

Terapia fotodinâmica antimicrobiana 51, 52, 53, 57, 59, 60

Traça-da-cera 52

Triatominae 90, 91

Trypanosoma cruzi 90, 91, 97, 98

V

Vetor 3, 71, 72, 78, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 99

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

