

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

PARASITOIDES NO CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS
DESFOLHADORES EM EUCALIPTO

Juliana Pereira Santos

Dourados - MS
Outubro - 2022

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Juliana Pereira Santos

PARASITOIDES NO CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS DESFOLHADORES EM
EUCALIPTO

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTORA EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Orientador(a): Dr. Fabricio Fagundes Pereira

Dourados - MS
Outubro - 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237p Santos, Juliana Pereira
Parasitoides no controle de lepidópteros desfolhadores em Eucalipto [recurso eletrônico] /
Juliana Pereira Santos. -- 2023.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Dr. Fabricio Fagundes Pereira.
Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da
Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Controle biológico. 2. Iridopsis panopla. 3. Thyrinteina arnobia. 4. Trichogrammatidae. 5.
Eulophidae. I. Pereira, Dr. Fabricio Fagundes. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**PARASITOIDES NO CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS
DESFOLHADORES EM EUCALIPTO**

Por

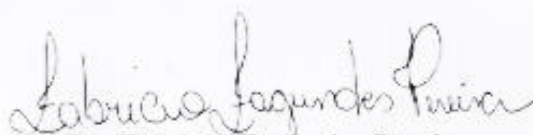
JULIANA PEREIRA SANTOS

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),

Como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de

DOUTORA EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação



Dr. Fabricio Fagundes Pereira

Orientador/Presidente - UFGD



Dr. Rosilda Mara Mussury Franco Silva

Membro Titular - PPGECB - UFGD



Dr. Patrik Luiz Pastori

Membro Titular - PPGECB - UFGD



Dr. Carlos Reinier Garcia Cardoso

Membro Titular - Sistêmica Kovê - UFGD



Dr. Robson Thomaz Thuler

Membro Titular - IFTM

Biografia do Acadêmico

Juliana Pereira Santos, nascida em Dourados, MS, em 26 de abril de 1985, filha de José Nascimento Santos e Neuza de Fátima Pereira, cursou da primeira a terceira série do ensino fundamental na Escola Estadual Antônia da Silveira Capilé (1992-1994), a quarta série do ensino fundamental na Escola Municipal Sócrates Câmara (1995), e da quinta a oitava série do ensino fundamental na Escola Municipal Clarice Bastos Rosa (1996-1999). Cursou o ensino médio na Escola Estadual Menodora Fialho de Figueiredo (2000-2002). Bacharel em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT (2010-2015), sendo Bolsista de iniciação científica (PROBIC) na área de Fisiologia Vegetal (2014-2015), com o trabalho intitulado: “Influência da composição dos substratos com resíduos de cascas de amêndoas de *Bertholletia excelsa* na emergência das sementes e no desenvolvimento de mudas de *Dypterix odorata*”. Recebeu o título de Bacharel em Engenharia Florestal em agosto de 2015, com a Monografia intitulada: “Germinação, condicionamento osmótico e emergência de *Vernonia condensata* Baker (Asteraceae) sob diferentes condições de luminosidade, temperaturas e substratos”. Licenciada em Ciências Biológicas pela Faculdade Única de Ipatinga (2021-2022). Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos pela Universidade do Estado de Mato Grosso (2016-2018), com a Dissertação intitulada: “Fisiologia e bioquímica de jambo-vermelho sob aplicação de reguladores vegetais”, sendo bolsista CAPES. Em 2019 ingressou no Curso de Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), com Tese intitulada: “Parasitoides no controle de lepidópteros desfolhadores em Eucalipto”, onde também foi bolsista CAPES, submetendo-se a defesa em 05 de outubro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por ter me fortalecido, capacitado e guiado durante toda minha caminhada, não me deixando desistir em meio aos obstáculos que surgiram no percurso.

À Universidade Federal da Grande Dourados pela disponibilidade da sua infraestrutura para meu crescimento pessoal e profissional.,

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de cursar o Doutorado.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa que tornou possível a realização deste curso.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processos 304055/2019-0; 437490/2018-1), pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

A REFLORE – Associação Sul-Mato-Grossense de produtores e consumidores de florestas plantadas, pelo apoio humanitário e financeiro para realização da pesquisa.

Ao professor Dr. Alberto Soares Côrrea, ESALQ/PIRACICABA-SP, pela identificação molecular de *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae).

A Nadja Nara Pereira da Silva, Universidade Estadual Paulista, UNESP, pela identificação dos parasitoides *Trichogramma pretiosum* Linhagem MS1 e *Trichogramma brunii* Linhagem Dourados (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Ao professor Dr. Marcelo Teixeira Tavares, UFES/ VITÓRIA-ES, pela identificação dos parasitoides *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae).

Ao Secretário do Programa Vítor Cunha Gomes Sfeir por todo suporte durante todo período de curso.

Ao meu querido orientador Dr. Fabricio Fagundes Pereira que me acolheu desde o início, me capacitou para realização das pesquisas, acreditou em mim quando eu mesma já tinha desistido por causa de uma depressão. Minha infinita gratidão por toda sua paciência, cuidado, conversas, conselhos, incentivo e generosidade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade por todo conhecimento compartilhado.

Aos colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Controle de Insetos da UFGD: Otávio Medina, Helter Carlos, Fernando Henrique, Amanda de Souza, Marcelo Barbosa, Débora, Willian Sanomia, Valéria Chaves, Iago Scherwitz e Franciele Melo.

Ao Alberto Domingues, estudante da Agronomia, bolsista de iniciação científica que me auxiliou na criação de insetos e na montagem de experimentos.

À Izabella Palombo e o Lucas Dias, estudantes da Biotecnologia, pela parceria em participarem de viagens à campo para ajudar na montagem de experimentos.

Ao Alex Pollato, pela amizade, acolhida, ensinamento e ajuda na criação dos insetos.

Em especial a minha grande amiga Jéssica Terilli Lucchetta, por toda amizade, risadas, companheirismo nas viagens, auxílio nos trabalhos, enfim por ter deixado essa caminhada mais leve.

À minha querida amiga Mariana Guerra, pelos, conselhos, parceria e amizade que eu levarei para vida.

Ao querido Dr. Carlos Reinier Garcia Cardoso, pelos ensinamentos, pela amizade, pelas risadas, por toda a ajuda durante esse percurso.

À minha avó Alice Ferreira (In Memoriam), que infelizmente perdi durante esse período, porém foi minha grande incentivadora.

À minha mãe que sempre está ao meu lado, me ajudou na montagem de materiais de campo, na confecção de armadilhas, sempre me incentivou e me inspirou a seguir em frente.

Às minhas irmãs Jaqueline Pereira Santos e Josiane Pereira Santos, por me motivarem e me apoiarem incondicionalmente.

Ao meu cunhado José Sérgio Miranda e aos meus sobrinhos Pedro Henrique, Luís Felipe, Mateus e Arthur, por todo carinho, incentivo e ajuda durante este caminho.

Ao meu irmão Lázaro Gada dos Santos pela torcida e amizade.

Ao meu querido Rafael Ramos Lemos (In Memoriam), minha saudade diária, meu incentivador, parceiro de vida que infelizmente perdemos para a Covid-19 em 2021, mas que sempre acreditou e se orgulhou das minhas pequenas conquistas diárias.

Ao meu amigo Alceu Júnior Silva Bittencourt (In Memoriam), pelo apoio, infelizmente teve sua vida ceifada em 2020, mas foi um grande incentivador para que hoje eu estivesse aqui.

Ao meu querido primo Manoel Ferreira Bezerra (In Memoriam), que foi grande incentivador para eu cursar o Doutorado, mas infelizmente nos deixou em 2020.

As minhas amigas que a Pós-graduação me trouxe: Walkiria Aparecida Benites, Tatiane Peixoto, Neide Manzato e Jéssica Queren, pela amizade, risadas, descontração, por terem transformado meus dias com tanta alegria e generosidade, amo vocês.

Aos colegas da Pós-graduação: Cleidimar Cassol, Taís, Cristiano, Joice, Simone, Suelen, Lucas, Fábio, Nathan, Jaqueline, Giovane e Bruna, pela amizade e parceria durante o curso.

As minhas amigas Marcilene Petek, Elizabeth Emília Teixeira, Aline Bueno e Rosicléia Lima da Silva, pelas conversas, incentivos, amizade ao longo da minha vida.

Ao meu pequeno grande Scooby, meu companheiro diário, por todo carinho e atenção que faz meus dias serem mais acolhedores.

Meu agradecimento sincero a cada um que direta ou indiretamente contribuiu para que hoje eu conquistasse essa vitória. Muito obrigada!

Dedico

À minha família,
Minha mãe Neuza de Fátima Pereira,
minhas irmãs Josiane Pereira Santos e Jaqueline Pereira Santos,
Minha querida avó Alice Ferreira do Nascimento (In memoriam),
por todo amor, cuidado e força.

Ao meu querido
Rafael Ramos Lemos (In memoriam),
por todo apoio e carinho que nunca será esquecido.

“Os homens alcançam o sucesso quando eles percebem
que seus fracassos são uma preparação para suas vitórias”.
(Ralph Waldo Emerson)

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	1
GENERAL ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO GERAL	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Importância econômica do eucalipto	9
2.2 Lepidópteros pragas do eucalipto	9
2.2.1 <i>Thyrinteina arnobia</i> (Lepidoptera: Geometridae)	10
2.2.2 <i>Iridopsis panopla</i> (Lepidoptera: Geometridae)	11
2.3 Uso de parasitoides para o controle de lepidópteros desfolhadores do eucalipto	11
2.4 Densidade de liberação e dispersão de parasitoides em campo	13
3. OBJETIVO GERAL	14
4. HIPÓTESES	14
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
Capítulo I: <i>Trichogramma bruni</i> e <i>T. pretiosum</i> parasitam e desenvolvem em ovos de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Iridopsis panopla</i>	23
RESUMO	25
ABSTRACT	26
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 Criação e manutenção de insetos para condução dos experimentos	28
2.1.1 <i>Ephestia kuehniella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)	28
2.1.2 <i>Chrysodeixis includens</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	29
2.1.3 <i>Iridopsis panopla</i> (Lepidoptera: Geometridae)	30
2.1.4 <i>Trichogramma bruni</i> e <i>T. pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae)	31
2.2 Biologia de <i>Trichogramma bruni</i> e <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae)	32
3. RESULTADOS	34
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
Capítulo II: <i>Trichogramma bruni</i> encontra, parasita e desenvolve em ovos de <i>Iridopsis panopla</i> em plantios de eucalipto	41
RESUMO	43
ABSTRACT	44

1. INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
2.1 Criação de <i>Trichogramma bruni</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae)	46
2.2 Capacidade de dispersão de <i>Trichogramma bruni</i> em eucalipto	47
2.3 Parasitismo de <i>Trichogramma bruni</i> em <i>Iridopsis panopla</i> em eucalipto	50
3. RESULTADOS	50
4. DISCUSSÃO	52
5. CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
Capítulo III: Redução da população de <i>Thyrintaina arnobia</i> em plantios de eucalipto com parasitoides <i>Trichospilus diatraeae</i> , <i>Tetrastichus howardi</i> e <i>Palmistichus elaeisis</i> em campo	58
RESUMO	60
ABSTRACT	61
1. INTRODUÇÃO	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1 Criação do hospedeiro para multiplicação dos parasitoides	63
2.2 Criação dos parasitoides	63
2.3 Estimativa de fêmeas de Eulofídeos por pupa de <i>Diatraea saccharalis</i> em eucalipto:	64
2.3.1 <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	64
2.3.2 <i>Trichospilus diatraeae</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	66
2.3.3 <i>Tetrastichus howardi</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	67
2.3.4 Análises estatísticas	68
2.4. Liberação de eulofídeos para controle populacional de <i>Thyrintaina arnobia</i>	68
3. RESULTADOS	69
4. DISCUSSÃO	70
5. CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
CONCLUSÕES GERAIS	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81

Parasitoides no controle de lepidópteros desfolhadores em eucalipto

RESUMO GERAL – Espécies de lepidópteros têm ocasionado danos econômicos significativos em plantios de eucalipto. *Trichogramma bruni*, *Trichogramma pretiosum*, *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae*, *Palmistichus elaeisis* são parasitoides de lepidópteros, que apresentam potencial para serem utilizados no controle biológico dessas pragas. A pesquisa foi dividida em três capítulos, cujo objetivos foram: comparar o desenvolvimento de *T. bruni* e de *T. pretiosum* em ovos de *Chrysodeixis includens* e *Iridopsis panopla*; estimar a capacidade de dispersão horizontal de *T. bruni* em povoamentos de eucalipto e sua capacidade de parasitismo em ovos de *I. panopla* em campo; bem como determinar a densidade ideal a ser liberada por hectare de *T. howardi*, *T. diatraeae*, *P. elaeisis* e conhecer a sua efetividade no controle populacional de *Thyrinteina arnobia* em povoamento de eucalipto. Os experimentos do desenvolvimento de *T. bruni* e *T. pretiosum* foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) e os demais foram realizadas em plantios comerciais de eucalipto de silvicultores associados a Associação Sul-Mato-Grossense de produtores e consumidores de florestas plantadas (REFLORE-MS), no Estado de Mato Grosso do Sul. No capítulo 1 o delineamento foi ao acaso em esquema fatorial 2x2, consistindo em duas espécies de parasitoides (*T. bruni* e *T. pretiosum*) e duas espécies de hospedeiros (*C. includens* e *I. panopla*). Foram avaliados: Parasitismo (%), duração do ciclo ovo/adulto, razão sexual, número de indivíduos por ovo, viabilidade do parasitismo e longevidade dos adultos. Os dados das características biológicas foram submetidos a análise de variância, (ANOVA, teste F) até 5% de probabilidade de erro, e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o capítulo 2, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, contendo uma área testemunha (sem liberação de parasitoides) e cinco tratamentos (raios de 5, 10, 15, 20 e 25 metros de circunferência com liberação de 5.000 parasitoides no centro de cada círculo). Foram distribuídos de forma intercalada na circunferência de cada raio, cartelas contendo os ovos inviabilizados de *Ephestia kuehniella* e armadilhas adesivas amarelas. Após 48 horas no campo, todo material foi recolhido e encaminhado ao laboratório para verificar a dispersão média de *T. bruni* por raio. Para verificar o parasitismo de *T. bruni* em ovos de *I. panopla*, foram liberados em campo 30.000 adultos recém-emergidos, em oito pontos por hectare, em um plantio comercial de *Eucalyptus urograndis* com 3,5 anos de idade. Uma área de um hectare sem liberação foi utilizada para avaliar o parasitismo natural. Após nove dias, ovos de *I. panopla* foram coletados nos troncos de 10 árvores de eucalipto aleatoriamente, nas áreas com e sem liberação e levados ao laboratório para observação dos ovos parasitados, e possível emergência de lagartas ou de parasitoides. Foi avaliado a porcentagem de parasitismo e de emergência. O capítulo 3 aborda experimentos conduzidos em plantios comerciais de eucalipto, contendo cinco tratamentos (Testemunha: área sem liberação (T1) e 4 densidades de parasitoides - para *T. howardi* e *T. diatraeae* foram de 30 (T2); 60 (T3); 120 (T4) e 430 fêmeas (T5) da espécie por pupa e para *P. elaeisis* foi de 20 (T2); 40 (T3); 80 (T4) e 160 fêmeas (T5) da espécie por pupa) e quatro repetições. Cada bloco continha oito unidades de parasitismo com 2 pupas de *D. saccharalis* em cada. As fêmeas dos parasitoides com 24 a 48 horas de idade foram liberadas no ponto central das parcelas. O parasitismo foi permitido por 48 horas e posteriormente as pupas foram retiradas, identificadas e levadas para o laboratório para verificar se havia ocorrência ou não de parasitismo. Para avaliar a efetividade da liberação desses eulófiídeos em área com infestação de *T. arnobia*, foram selecionadas áreas distintas para cada espécie, e realizados dois tratamentos (tratamento 1: aproximadamente 1.200 fêmeas adultas em 4 pontos/hectare, sendo em média 300 fêmeas adultas por ponto de liberação e tratamento 2: Controle. Área sem liberação) em blocos ao acaso, com quatro repetições para cada. Os parasitoides foram liberados antes da emergência em pupas de *D. saccharalis*, que foram colocadas no interior de sacos de papel kraft SOS à 1,5 m do solo. As avaliações foram realizadas aos 15, 30, e 45 dias após a liberação,

observando o número de lagartas por 100 folhas, número de pupas, número de pupas parasitadas, número de adultos do inseto-praga e índice de desfolha. Como resultado, comprovou-se que *T. bruni* e *T. pretiosum* conseguem parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* e *C. includens*. Em *I. panopla*, o parasitismo foi alto para ambas as espécies, com uma porcentagem média de 85,33% para *T. bruni* e 82,66% para *T. pretiosum*. *T. bruni* teve melhor desenvolvimento em *C. includens* comparado ao *T. pretiosum*, apresentando maior porcentagem de parasitismo (53,66% e 40,33%, respectivamente), duração do ciclo de vida ($11,0 \pm 0,0$ dias e $10,00 \pm 0,00$ dias, respectivamente), número de ovos parasitados ($10,73 \pm 0,62$ ovos e $8,06 \pm 0,62$ ovos, respectivamente), e longevidade do macho ($7,20 \pm 0,50$ dias e $6,5 \pm 0,50$ dias respectivamente). A distância média de dispersão de *T. bruni* nos tratamentos foi de 4,93 m, com uma área de distribuição média na cultura de eucalipto de 110,27 m², sendo verificada a presença de adultos em todos os tratamentos e raios de dispersão avaliados, com maior frequência nos raios de 25 m de diâmetro. O parasitismo de *T. bruni* sobre *I. panopla* foi de 21,64%, com emergência em 100% dos ovos. Para os eulofídeos, o parasitismo encontrado em pupas sentinelas de *D. saccharalis* para densidades das espécies liberadas foi semelhante entre os tratamentos T2 e T5 (*T. diatraeae*: 19,69% e 24,17% respectivamente; *T. howardi*: $42,7 \pm 1,04$ % média geral e *P. elaeisis*: $27,7 \pm 16,6$ % média geral). O parasitismo em pupas de *T. arnobia* encontrados aos 15 dias foram: 24,30 % para *T. diatraeae*, 12,30 % para *T. howardi* e 12,53 % para *P. elaeisis*, diferindo das áreas testemunhas. Aos 30 dias não foi verificado infestação de *T. arnobia* nas áreas com liberação de *T. howardi* e *T. diatraeae*, e ocorreu redução populacional desta praga na área com liberação de *P. elaeisis*. Aos 45 dias a população de *T. arnobia* foi praticamente igual a zero nos três experimentos. Esses resultados indicam que tanto *T. bruni* quanto *T. pretiosum* são capazes de parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* e *C. includens*, com algumas diferenças no desempenho entre as espécies. Essas informações são relevantes para o desenvolvimento de programas de controle biológico de *I. panopla* em plantios comerciais de eucalipto, tanto em ambientes agrícolas como florestais. Este é o primeiro registro de desenvolvimento de *T. bruni* no hospedeiro *I. panopla* em condições de laboratório. Foi possível constatar que *T. bruni* consegue se dispersar por aproximadamente 25 metros, bem como encontrar, parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* em plantios de eucalipto. A densidade de 1.200 indivíduos por hectare de *T. diatraeae*, *T. howardi* e *P. elaeisis* são indicadas para liberação em plantios com eucalipto que apresentem infestação de 5 a 10 % de desfolha, 1 a 5 lagartas/100 folhas, sendo suficiente para reduzir a população de *T. arnobia*. Os resultados desta pesquisa oferecem subsídios para a utilização de *T. bruni*, *T. pretiosum*, *T. diatraeae*, *T. howardi* e *P. elaeisis* em programas de controle biológico, em florestas de eucalipto.

Palavras-chave: Controle biológico; Eulophidae; *Iridopsis panopla*; *Thyrintina arnobia*; Trichogrammatidae.

Biological efficiency of parasitoids for control of defoliating lepidopters in eucalyptus

GENERAL ABSTRACT – Species of lepidopterans have been causing significant economic damage in eucalyptus plantations. *Trichogramma bruni*, *Trichogramma pretiosum*, *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae*, *Palmistichus elaeisis* are lepidopteran parasitoids that have the potential to be used in the biological control of these pests. The research was divided into three chapters, with the objectives of comparing the development of *T. bruni* and *T. pretiosum* in eggs of *Chrysodeixis includens* and *Iridopsis panopla*; estimating the horizontal dispersal capacity of *T. bruni* in eucalyptus stands and its parasitism capacity on eggs of *I. panopla* in the field; as well as determining the ideal density to be released per hectare of *T. howardi*, *T. diatraeae*, *P. elaeisis*, and assessing their effectiveness in the population control of *Thyrinteina arnobia* in eucalyptus stands. The experiments on the development of *T. bruni* and *T. pretiosum* were conducted at the Laboratory of Biological Control of Insects (LECOBIOL), and the others were carried out in commercial eucalyptus plantations of silviculturists associated with the South-Mato-Grossense Association of Producers and Consumers of Planted Forests (REFLORE-MS), in the state of Mato Grosso do Sul. In chapter 1, the design consisted of a 2x2 factorial scheme, with two species of parasitoids (*T. bruni* and *T. pretiosum*) and two host species (*C. includens* and *I. panopla*). The following variables were evaluated: Parasitism (%), duration of egg-to-adult cycle, sex ratio, number of individuals per egg, parasitism viability, and adult longevity. The data on biological characteristics were subjected to analysis of variance (ANOVA, F test) at a 5% probability level, and mean comparisons were performed using Tukey's test at a 5% probability level. For chapter 2, the experimental design was a randomized complete block design, with one control area (without parasitoid release) and five treatments (radii of 5, 10-, 15-, 20- and 25-meters circumference with the release of 5,000 parasitoids at the center of each circle). Cardboards containing non-viable eggs of *Ephestia kuehniella* and yellow sticky traps were interspersed within the circumference of each radius. After 48 hours in the field, all material was collected and taken to the laboratory to assess the average dispersion of *T. bruni* per radius. To assess the parasitism of *T. bruni* on eggs of *I. panopla*, 30,000 newly emerged adults were released in the field, at eight points per hectare, in a commercial plantation of 3.5-year-old *Eucalyptus urograndis*. One hectare area without release was used to evaluate natural parasitism. After nine days, eggs of *I. panopla* were collected from the trunks of 10 eucalyptus trees randomly, in areas with and without release, and taken to the laboratory to observe parasitized eggs and possible emergence of larvae or parasitoids. The percentage of parasitism and emergence were evaluated. Chapter 3 comprises experiments conducted in commercial eucalyptus plantations, with five treatments (Control: area without release (T1) and 4 densities of parasitoids - for *T. howardi* and *T. diatraeae* were 30 (T2), 60 (T3), 120 (T4), and 430 females (T5) of the species per pupa, and for *P. elaeisis* it was 20 (T2), 40 (T3), 80 (T4), and 160 females (T5) of the species per pupa), with four replicates. Each block contained eight units of parasitism with 2 pupae of *D. saccharalis* in each. The females of the parasitoids, aged 24 to 48 hours, were released at the central point of the plots. Parasitism was allowed for 48 hours, and then the pupae were removed, identified, and taken to the laboratory to determine the occurrence or absence of parasitism. To evaluate the effectiveness of releasing these eulophid wasps in an area infested with *T. arnobia*, distinct areas were selected for each species, and two treatments were performed (Treatment 1: approximately 1,200 adult females at 4 points/hectare, with an average of 300 adult females per release point, and Treatment 2: Control area without release) in a randomized complete block design, with four replicates for each. The parasitoids were released before the emergence in *D. saccharalis* pupae, which were placed inside SOS kraft paper bags at a height of 1.5 m from the ground. Evaluations were conducted at 15, 30, and 45 days after release, observing the number of larvae per 100 leaves, number of pupae, number of parasitized pupae, number of adult pests, and defoliation index. As a result, it was found that

both *T. bruni* and *T. pretiosum* can parasitize and develop in eggs of *I. panopla* and *C. includens*. In *I. panopla*, the parasitism rate was high for both species, with an average percentage of 85.33% for *T. bruni* and 82.66% for *T. pretiosum*. *T. bruni* showed better development in *C. includens* compared to *T. pretiosum*, with higher parasitism percentage (53.66% and 40.33%, respectively), longer life cycle duration (11.0 ± 0.0 days and 10.00 ± 0.00 days, respectively), number of parasitized eggs (10.73 ± 0.62 eggs and 8.06 ± 0.62 eggs, respectively), and male longevity (7.20 ± 0.50 days and 6.5 ± 0.50 days, respectively). The average dispersal distance of *T. bruni* in the treatments was 4.93 m, with an average distribution area in the eucalyptus crop of 110.27 m², and adults were found in all evaluated treatments and dispersal radii, with higher frequency in the 25 m diameter radii. The parasitism of *T. bruni* on *I. panopla* eggs was 21.64%, with emergence in 100% of the eggs. For the eulophid wasps, the parasitism found in sentinel pupae of *D. saccharalis* for the released species densities was similar between treatments T2 and T5 (*T. diatraeae*: 19.69% and 24.17%, respectively; *T. howardi*: $42.7\pm 1.04\%$ overall mean, and *P. elaeisis*: $27.7\pm 16.6\%$ overall mean). The parasitism in *T. arnobia* pupae at 15 days was 24.30% for *T. diatraeae*, 12.30% for *T. howardi*, and 12.53% for *P. elaeisis*, differing from the control areas. At 30 days, no infestation of *T. arnobia* was observed in the areas with releases of *T. howardi* and *T. diatraeae*, and there was a reduction in the population of this pest in the area with *P. elaeisis* release. At 45 days, the population of *T. arnobia* was practically zero in all three experiments. These results indicate that both *T. bruni* and *T. pretiosum* are capable of parasitizing and developing in eggs of *I. panopla* and *C. includens*, with some differences in performance between the species. This information is relevant for the development of biological control programs for *I. panopla* in commercial eucalyptus plantations, both in agricultural and forestry environments. This is the first record of *T. bruni* development in the host *I. panopla* under laboratory conditions. It was possible to confirm that *T. bruni* can disperse up to approximately 25 meters and locate, parasitize, and develop in eggs of *I. panopla* in eucalyptus plantations. The density of 1,200 individuals per hectare of *T. diatraeae*, *T. howardi*, and *P. elaeisis* is recommended for release in eucalyptus plantations with 5% to 10% defoliation, 1 to 5 larvae per 100 leaves, which is sufficient to reduce the population of *T. arnobia*. The results of this research provide support for the use of *T. bruni*, *T. pretiosum*, *T. diatraeae*, *T. howardi*, and *P. elaeisis* in biological control programs in eucalyptus forests.

Key words: Biological control; Eulophidae; *Iridopsis panopla*; *Thyrintina arnobia*; Trichogrammatidae.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A avaliação da eficiência biológica de parasitoides de ovos e de pupa é realizada por meio de análises de variáveis quantitativas (numéricas) e qualitativas (morfológicas) em laboratório e campo, e permitem conhecer o comportamento desses agentes biológicos, visando sua utilização no controle de pragas de diferentes culturas. Por meio das análises de laboratório é possível determinar dados de parasitismo, emergência, progênie, duração do ciclo ovo-adulto, razão sexual, longevidade e viabilidade destes parasitoides no hospedeiro de interesse (PEREIRA et al., 2021). Já as análises de campo, são realizadas para conhecer a interação do inimigo natural com o hospedeiro alvo, a densidade que deve ser liberada, a capacidade que apresenta de se dispersar na área de interesse, a melhor linhagem do parasitoide para as condições ambientais apresentadas na região de interesse, a melhor época para liberação, assim como o número de liberações e o melhor método de liberação a ser utilizado (PARRA, 2021).

Para uma maior efetividade no controle da praga, devem ser consideradas a fenologia da planta atacada, a densidade de inimigos naturais presentes no agroecossistema, bem como as condições e adversidades do clima e do local. O crescimento de extensas áreas com plantios comerciais de eucalipto pelo Brasil favorece o desenvolvimento de insetos-praga, se destacando entre estes uma grande diversidade de espécies de lepidópteros desfolhadores (PEREIRA et al., 2016), causando injúrias às plantas e onerando os custos de produção.

Diversas espécies de lepidópteros como *Eupseudosoma aberrans* Schaus, 1905 e *Eupseudosoma involuta* Sepp, 1852 (Lepidoptera: Arctiidae), *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae), *Psorocampa denticulata* Schaus, 1901 (Lepidoptera: Notodontidae), *Sarsina violascens* Herrich-Schaeffer, 1856 (Lepidoptera: Lymantriidae), *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae), *Glenna* sp. (Lepidoptera: Geometridae) (ZANUNCIO, 2017) e mais recentemente *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) podem causar desfolha no eucalipto, principalmente no período mais seco do ano (WILCKEN e PEREIRA, 2021).

Thyriniteina arnobia destaca-se como uma das principais pragas do eucalipto (RIBEIRO et al., 2016), na fase de lagarta promove perdas significativas de parênquima clorofiliano e desfolha das plantas, causando redução na produtividade e resultando em perdas econômicas que podem chegar a 79,7% (MATRANGOLO et al., 2010). Já *I. panopla* teve seu desenvolvimento favorecido em plantios comerciais de eucalipto localizados em

Mato Grosso do Sul, causando danos em mais de 180.000 ha somente no ano de 2021 (WILCKEN e PEREIRA, 2021).

Para o controle de *T. arnobia* se utiliza principalmente os métodos de controle químico e biológico, sendo combatida com os inseticidas a base de *Bacillus thuringiensis* (biológico), deltametrina, lufenuron e tebufenozida (químicos) (AGROFIT, 2022). Como grande parte das empresas produtoras de florestas plantadas brasileiras estão certificadas, devem seguir padrões de produção ambientalmente corretos, buscando a sustentabilidade, adotando o manejo integrado de pragas, reduzindo o uso de produtos químicos no controle e priorizando outras alternativas como o uso de biológicos (LEMES et al., 2016). O uso dos inseticidas biológicos está sujeito as condições climáticas, a fase de desenvolvimento ideal para agir sobre o inseto e a disponibilidade do produto no mercado para utilização imediata. Por isto, pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de outros métodos de controle de pragas em eucalipto são necessárias (ZANUNCIO et al., 1992).

O controle biológico aplicado, integra o sistema de manejo de pragas em áreas florestais e faz com que esse agroecossistema apresente maior estabilidade pelo ciclo longo da cultura e sua associação com um complexo de inimigos naturais (ZANUNCIO et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2008). Parasitoides têm grande importância no equilíbrio dos agroecossistemas pela sua diversidade e altos níveis de parasitismo sobre seus hospedeiros, sendo os inimigos naturais mais abundantes em povoamentos de eucalipto (DALL'OGGIO et al., 2003). Eulophidae Westwood, 1829, a maior família em Chalcidoidea, apresenta endoparasitoides ou ectoparasitoides de ovos, larvas ou pupas de vários insetos (MAIA e AZEVEDO, 2009), e muitas dessas espécies têm sido estudadas e utilizadas com sucesso em programas de controle biológico (TALEBI et al., 2011).

Palmistichus elaeisis Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) é um parasitoide de pupa de lepidópteros, gregário e de hábito generalista, pode ser criado em grandes quantidades com qualidade, o que o caracteriza como um agente promissor para ser utilizado no controle de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, principalmente, de espécies do gênero *Thyrintina* (PEREIRA et al., 2008a). O alto número de indivíduos de *P. elaeisis* emergidos por pupa de *T. arnobia*, é também, outra característica que demonstra o potencial desse parasitoide, principalmente, porque 95% dos indivíduos emergidos são fêmeas, as principais responsáveis por causar a morte da pupa hospedeira (PEREIRA et al., 2010).

Trichospilus diatraeae Cherian e Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) é outro parasitoide gregário e generalista, que foi encontrado em pupa de *T. arnobia* em condições naturais no Brasil, e apresenta potencial para o controle biológico desse lepidóptero desfolhador de eucalipto (PEREIRA et al., 2008b; PASTORI et al., 2012). A

emergência elevada de indivíduos, principalmente fêmeas, bem como as técnicas de criação em laboratório já disponibilizadas demonstram que esse agente de controle biológico merece ser estudado no campo.

O parasitoide *Tetrastichus howardi* Olliff, 1893 (Hymenoptera: Eulophidae) tem sido relatado em lagartas, pupas e até mesmo adultos de *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul (PEREIRA et al., 2015). Pupas de *T. arnobia* também já foram parasitadas por *Tetrastichus* sp. (BERTI FILHO, 1974), desta forma, estudos também devem ser conduzidos para avaliar a possibilidade de utilização desse eulofídeo para o controle biológico de lepidópteros desfolhadores, especialmente de *T. arnobia* em eucalipto.

Espécies do gênero *Trichogramma* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) apresentam menos de 1mm de comprimento e alta especificidade de hospedeiro, tendo preferência por ovos de Lepidoptera (ARRUDA et al., 2014). Esta preferência demonstra a possibilidade de investigar seu potencial de uso em plantações comerciais de eucalipto para controle de lepidópteros desfolhadores. *Trichogramma bruni* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é um parasitoide de ovos encontrado em ambientes florestais (QUERINO e ZUCHI, 2019), e até o presente momento poucas informações são conhecidas sobre sua biologia, capacidade de dispersão e índices de parasitismo no campo.

A capacidade de dispersão e a capacidade de localização do hospedeiro no campo são atributos de qualidade importantes no controle biológico, mas são difíceis de estimar no laboratório (KÖLLIKER-OTT et al., 2004). A dispersão é influenciada pelas condições climáticas, densidade da praga, arquitetura da planta hospedeira e fatores intrínsecos ao parasitoide como por exemplo o tamanho da fêmea, e do hospedeiro como quantidade de ovos e/ou pupas depositadas no ambiente. Conhecer a forma de realizar a liberação correta, estabelecendo número de pontos de liberação e densidade de parasitoides por hectare é importante para que a distribuição desses agentes de controle biológico seja a mais uniforme possível na área (BARBOSA et al., 2019).

Os parasitoides *T. howardi*, *T. diatraeae*, *P. elaeisis* e *T. bruni* já estão sendo estudados em laboratório visando controle de lepidópteros-praga, por interromper o ciclo de desenvolvimento ao parasitar pupas (Eulofídeos) e ovos (*Trichogramma*) (PEREIRA et al., 2021). Porém, ainda faltam informações para uma maior efetividade no uso desses agentes de controle biológico em campo. Diante do exposto, nesta tese propõem-se avaliar as características biológicas de *T. bruni* em diferentes hospedeiros, bem como sua capacidade

de dispersão horizontal em campo, e determinar a densidade ideal a ser liberada por hectare de *T. howardi*, *T. diatraeae*, *P. elaeisis* e *T. bruni* em plantios comerciais de eucalipto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica do eucalipto

O setor florestal brasileiro se encontra em ampla expansão, apresentando em 2020 9,55 milhões de hectares de florestas plantadas para cultivos industriais, onde o gênero *Eucalyptus* corresponde a 7,47 milhões de hectares (IBÁ, 2021). Entre as principais espécies cultivadas encontram-se *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis*, híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e *Eucalyptus dunnii* (EMBRAPA, 2019).

Os cultivos estão distribuídos por todo o Brasil, com as maiores áreas de plantio distribuídas entre os Estados de Minas Gerais (2,06 milhões de hectares), São Paulo (1,35 milhões de hectares) e Mato Grosso do Sul (1,12 milhões de hectares) com produtividade média de 36,8 m³/ha/ano. Produtos como celulose, papel, painéis de madeira, madeira serrada, madeira compensada, pisos laminados, cavaco e carvão vegetal para exportação e importação estão entre os ofertados pelo setor florestal (IBÁ, 2021).

O setor de florestas plantadas no ano de 2020 gerou 12,1 bilhões em tributos federais, 536 mil empregos diretos, investimento em torno de 12 milhões na renovação de maquinários e equipamentos, aquisição de terras, formação de plantios e inovação (IBÁ, 2021). Com importância econômica inquestionável, o cultivo do eucalipto movimentou R\$ 86,6 bilhões em 2018 (BALIEIRO et al., 2021) e é grande responsável pelo PIB alcançado pelo setor em 2020 que foi da ordem de 116,6 bilhões de reais (IBÁ, 2021).

2.2 Lepidópteros pragas do eucalipto

Um inseto é considerado praga quando causa danos, interferindo no uso pretendido para determinada espécie vegetal, podendo o dano ser observado em altas densidades populacionais do inseto ou não e causando prejuízos econômicos (LEMES e ZANUNCIO, 2021). Plantios florestais são mais suscetíveis a pragas e doenças do que florestas naturais, em grande parte por apresentar menor diversidade de espécies vegetais e animais nesse ecossistema, ausência de inimigos naturais e alta concentração de plantas da mesma espécie no mesmo local (LEMES e ZANUNCIO, 2021).

Os plantios de eucalipto se encaixam perfeitamente nestas condições, ocupando extensas áreas plantadas em sistemas de monocultura, facilitando a dispersão e crescimento populacional desses insetos-pragas (BARBOSA et al., 2014). No Brasil, os danos são causados tanto por insetos nativos como exóticos, e são observados em todas as fases de desenvolvimento do povoamento, desde o viveiro até a colheita (GONZAGA et al., 2021),

causando redução na produtividade esperada para o plantio. Esses agentes daninhos ao plantio se encontram principalmente nas Ordens Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera e Orthoptera (BARBOSA et al., 2014).

Entre os insetos pragas do eucalipto, destacam-se algumas espécies de lepidópteros desfolhadores, que têm ocasionado danos consideráveis aos plantios, principalmente nos períodos mais seco do ano, como *Eupseudosoma aberrans* Schaus, 1905 e *Eupseudosoma involuta* (SEEP, 1852) (Lepidoptera: Arctiidae), *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae), *Psorocampa denticulata* Schaus, 1901 (Lepidoptera: Notodontidae), *Sarcina violascens* Herrich-Schaeffer, 1856 (Lepidoptera: Lymantriidae), *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) (ZANUNCIO, 2017) e mais recentemente *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) (WILCKEN e PEREIRA, 2021).

2.2.1 *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae)

Conhecida como lagarta-parda-do-eucalipto, *T. arnobia* é um lepidóptero com ampla distribuição pelo território brasileiro, que migrou de hospedeiros nativos para o hospedeiro exótico *Eucalyptus* spp. (ALMEIDA et al., 2021a), sendo considerada uma das principais pragas dos plantios de eucalipto (ALMEIDA et al., 2021b) podendo desfolhar completamente as plantações em situações de surto populacional (ZANUNCIO et al., 2021).

Os maiores danos ocasionados por *T. arnobia* são observados nos últimos ínstars de desenvolvimento da lagarta, causando maior desfolha, levando ao menor desenvolvimento e dependendo da intensidade do ataque pode ocasionar a mortalidade das árvores (ALMEIDA et al., 2021b), resultando em perdas econômicas de até 79,7% (MATRANGOLO et al., 2010), necessitando realizar medidas de controle.

Na literatura são descritos métodos de controle mecânico, físico, silvicultural, comportamental, resistência de plantas, biológico e químico para o controle de *T. arnobia* (ZANUNCIO et al., 2021). Os mais utilizados são os métodos de controle químico (deltametrina, lufenuron e tebufenozida) e biológico (*Bacillus thuringiensis*) (AGROFIT, 2022).

Neste último método citado, o controle biológico, alguns inimigos naturais como os parasitoides *Tetrastichus howardi* Olliff, 1893 (Hymenoptera: Eulophidae), *Trichospilus diatraeae* Cherian e Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) e *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) merecem destaque por interromper o ciclo de desenvolvimento ao parasitar pupas de *T. arnobia*, e já estão sendo estudados em laboratório visando controle de lepidópteros-praga (PEREIRA et al., 2021).

2.2.2 *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae)

Espécie desfolhadora do eucalipto, *I. panopla* tem atingido níveis populacionais elevados (LUCCHETTA et al., 2022) e somente em 2021, esse lepidóptero desfolhador causou danos em mais de 180.000 ha de plantios, localizados no Estado de Mato Grosso do Sul (WILCKEN e PEREIRA, 2021). Até o momento poucos estudos foram publicados sobre a espécie, porém, pertencentes ao mesmo gênero existem dados correlacionando outras espécies a plantios de eucalipto, é o caso da presença de *Iridopsis* spp. em Curvelo, MG (ZACHÉ et al., 2012), de *Iridopsis subferaria* Walker, 1860 em *Eucalyptus urophylla* em Três Marias, MG (PEREIRA et al., 2001) e *Iridopsis syrnaria* Guenée, 1857 em *Eucalyptus cloeziana* no município de Carbonita, MG, Brasil (ASSIS JÚNIOR, 2021).

Os danos de *I. panopla* são causados durante a alimentação na fase de larva, com duração média de 23 a 45 dias, dependendo da espécie de eucalipto, causando desfolha parcial ou total da copa da árvore, reduzindo em até 40% o volume final da madeira (WILCKEN e PEREIRA, 2021). As medidas de controle adotadas até o momento são baseadas em recomendações para o desfolhador *T. arnobia*, utilizando biológicos como *B. thuringiensis* (FERREIRA, 2021), percevejos predadores, parasitoides de pupa e de ovos de lepidópteros e também o inseticida regulador de crescimento Lufenuron (WILCKEN e PEREIRA, 2021).

2.3 Uso de parasitoides para o controle de lepidópteros desfolhadores do eucalipto

São denominados parasitoides, insetos que necessitam de um único hospedeiro, para completar seu desenvolvimento, matando este ao final, apresentando um adulto com vida livre (PARRA et al., 2021). Estes insetos são reconhecidos como inimigos naturais de muitas espécies denominadas como pragas florestais, sendo amplamente utilizados em programas de controle biológico visando a redução populacional de seus hospedeiros naturais (PEREIRA et al., 2016).

Várias espécies de parasitoides já foram relatadas parasitando naturalmente lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto, como *T. diatraeae* em pupa de *T. arnobia* (PEREIRA et al., 2008b) e de *I. panopla* (LUCCHETTA et al., 2022; ZACHÉ et al., 2012), *P. elaeisis* em pupa de *T. arnobia* (PEREIRA et al., 2010), *Brachymeria annulata* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Chalcididae) em pupas de *I. panopla* (LUCCHETTA et al., 2022) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *I. panopla* (SANTOS et al., 2021). Em ensaio de semi-campo, Palombo et al., (2020) fez o primeiro registro de *T. howardi* parasitando e emergindo de lagartas e pupas de *T. arnobia*.

A utilização destes inimigos naturais em programas de controle biológico com eucalipto se mostra promissora e viável, por ser possível reproduzi-los em grande escala em

hospedeiros alternativos, porém, é necessário conhecer as condições ambientais e climáticas de cada local para determinação de qual espécie é mais indicada a ser utilizada (PEREIRA et al., 2021). *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) é o principal hospedeiro alternativo para criação massal de *Trichogramma* spp., podendo ser criada em dietas artificiais de baixo custo, produzindo ovos com qualidade nutricional que favorece a oviposição, o desenvolvimento larval e a emergência de adultos de vespas parasitoides com alta eficiência para ser utilizado em campo (MOGHADDASSI et al., 2019).

Tetrastichus howardi é um endoparasitoide gregário de Lepidoptera e Coleoptera (TIAGO et al., 2019). Consegue parasitar e se desenvolver em larvas, pupas e até mesmo em adultos de *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) (PEREIRA et al., 2015). Já foi relatado parasitando diferentes hospedeiros em várias culturas como pupas de *Oxydia vesulia* Cramer, 1779 (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto (FAVORETO et al., 2021), pupas de *Plutella xylostella* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) em couve (SILVA-TORRES et al., 2010) e pupas de *Erinnyis ello* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Sphingidae) em mandioca (BARBOSA et al., 2015).

Trichospilus diatraeae é um parasitoide de pupas gregário, com preferência por hospedeiros da Ordem Lepidoptera (ZACHÉ et al., 2012), pertencente à família Eulophidae e já foi encontrado parasitando pupas de *T. arnobia* em eucalipto (PEREIRA et al., 2008b). Apresenta potencial promissor para utilização em programas de controle biológico, pois, além de ser generalista, sua produção é favorecida em laboratório, promovendo ótimos índices de emergência de fêmeas e longevidade dos adultos (OLIVEIRA et al., 2018).

O parasitoide *P. elaeisis* possui hábito gregário e se desenvolve em pupas de Lepidópteros e Coleópteros (ZANUNCIO et al., 2008; BARBOSA et al., 2016). É polífago e já foi constatado que consegue se desenvolver em hospedeiros considerados pragas de espécies florestais com importância econômica como *T. arnobia* (BARBOSA et al., 2016) e *P. denticulata* (ZANUNCIO et al., 2015). Por ser amplamente reproduzido em hospedeiros alternativos, sua produção massal é indicada para o controle de lepidópteros desfolhadores de florestas (MARTINS et al., 2019).

Com ampla utilização em programas de controle biológico de lepidópteros desfolhadores, parasitoides pertencentes ao gênero *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) vem sendo criados em hospedeiros alternativos (DUDCZAK et al., 2017; PARRA e COELHO Jr., 2019). *T. pretiosum* é uma das espécies mais utilizadas para controle de diferentes pragas e está associada a ambientes agrícolas (PARRA e COELHO Jr., 2019) e recentemente foi encontrado em ovos de *I. panopla* em povoamentos de eucalipto (SANTOS et al., 2021). Já a espécie *Trichogramma brunii* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera:

Trichogrammatidae) é associada a ambientes florestais (QUERINO e ZUCHI, 2019), porém, já foi encontrado em ambientes agrícolas (DUDCZAK et al., 2017) e apesar de recentes estudos sobre sua biologia e seletividade (PAIVA, 2019), são escassas as informações sobre sua eficácia em programas controle de lepidópteros-praga em florestas.

2.4 Densidade de liberação e dispersão de parasitoides em campo

Para o desenvolvimento de um programa de controle biológico de sucesso utilizando parasitoides, é necessário conhecer o comportamento desses agentes em campo na cultura e no hospedeiro de interesse (PASTORI, MONTEIRO e BOTTON, 2008). As análises de campo permitem definir a densidade a ser liberada, compreender como será a dispersão do parasitoide em campo e determinar o melhor método de liberação para ser utilizado (PARRA, 2021). O conhecimento da densidade adequada de inimigos naturais a ser liberada garante uma melhor distribuição desses agentes em campo (BARBOSA et al., 2019).

A capacidade de dispersão em campo é um dos atributos mais difíceis de ser estimado, pois é influenciada pelas condições locais e climáticas, densidade da praga, arquitetura da planta hospedeira, fatores relacionados ao parasitoide como o tamanho da fêmea e ao hospedeiro como quantidade de ovos e/ou pupas depositadas no ambiente (PEREIRA et al., 2021). Apesar da dificuldade de se estimar, a identificação desses dados é importante, pois refletem a capacidade do parasitoide localizar o hospedeiro e ser efetivo para ser utilizado em programas de controle biológico (OLIVEIRA et al., 2020).

Entre os métodos utilizados para estimar a dispersão de parasitoides, é possível listar a utilização de armadilhas amarelas, recaptura de insetos liberados e utilização de hospedeiros alternativos e/ou naturais (SUVERKROPP et al., 2009; PRATISSOLI et al., 2005; ENDO, HERNANDES e CONTE, 2018). Deste modo, conhecer a forma adequada de liberar esses agentes e determinar o número de pontos de liberação e a quantidade ideal a ser liberada por hectare é fundamental para conhecer a mobilidade do parasitoide e fazer com que o controle biológico seja o mais uniforme possível na área (BARBOSA et al., 2019).

3. OBJETIVO GERAL¹

Comparar o desenvolvimento de *T. bruni* e *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* e *C. includens*, e a capacidade de *T. bruni* se dispersar horizontalmente e parasitar ovos de *I. panopla* em campo, bem como determinar a densidade ideal a ser liberada por hectare de *T. howardi*, *T. diaetraeae* e *P. elaeisis* para o controle de *T. arnobia* em plantios comerciais de eucalipto.

4. HIPÓTESE(S)

- 1- *Trichogramma bruni* e *T. pretiosum* conseguem parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* e *C. includens*.
- 2- *Trichogramma bruni* consegue se dispersar até 25 metros de distância em plantios de eucalipto em 48 horas.
- 3- *Trichogramma bruni* consegue encontrar, parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* em plantios de eucalipto com 3,5 anos de idade.
- 4- O diferente número de adultos de *T. howardi*, *T. diaetraeae* e *P. elaeisis* liberados por hectare em florestas de eucalipto influencia no parasitismo de pupas de *T. arnobia*.
- 5- *Tetrastichus howardi*, *T. diaetraeae* e *P. elaeisis* conseguem controlar surtos populacionais de *T. arnobia* em povoamento de eucalipto.

¹Esta tese está de acordo com as “Normas para Redação de Dissertações e Teses” do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. 2022. File Online http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. (Accessed: 20 abril 2022).

ALMEIDA C.A.C., GONÇALVES F. S., RODRIGUES M.B., SANTOS J.M., BREDA M.O. 2021a. Food preference of *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) on native and exotic hosts. *Revista Árvore*. **45**: 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-908820210000011>

ALMEIDA C.A.C., GONÇALVES F.S., RODRIGUES M.B., ANDRADE A.B.A., SANTOS J.M., BREDA M.O., SANTANA A.E.G. 2021b. Compostos orgânicos voláteis (COVs) cuticulares em *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae). *Ciência Florestal*., **31**: 948-958. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509844521>

ARRUDA L.A., LEITE R. C., TONQUELSKI G.V., LEAL A.F., BORGES F.S.P., RODRIGUES L.A. 2014. Eficiência do parasitismo de três espécies de *Trichogramma* (*T. galloi*, *T. atopovirilia* e *T. bruni*) sobre ovos da praga *Diatraea Saccharalis*. *Global Science and Technology*. **7**: 67–75.

ASSIS JÚNIOR S.L. 2021. *Iridopsis syrniaria*. (In: Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras. LEMES P.G., ZANUNCIO J.C. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros): 431-434.

BALIEIRO F.C., SANTOS F.M., CHAER G.M., COSTA C.T.R.C. 2021. Benefícios dos plantios mistos de eucalipto e acácia em solo arenoso. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 78. Pp14.

BARBOSA L. R., QUEIROZ D. L., REIS FILHO W. 2014. Pragas de importância econômica. (In: Sistemas de produção: cultivo do eucalipto. SANTOS P. E. T. (Ed.). 4. ed. Brasília, DF: Embrapa. File Online <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. (Accessed: 29 abril 2022).

BARBOSA R.H., PEREIRA F.F., MOTOMIYA A.V.A., KASSAB S.O., ROSSONI C., TORRES J.B., MUSSURY R.M., PASTORI P.L. 2019. *Tetrastichus howardi* density and

dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer. *Neotropical Entomology*. **48**: 323-331.

BARBOSA R.H., ZANUNCIO J.C., PEREIRA F.F., KASSAB S.O., ROSSONI C., 2016. Foraging activity of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) at various densities on pupae of the eucalyptus defoliator *Thyrintina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). *Fla. Entomol.* **99**: 686–690.

BARBOSA R.H., KASSAB S.O., PEREIRA F.F., ROSSONI C., COSTA D.P., BERNDT M.A. 2015. Parasitismo e aspectos biológicos de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae). *Ciência Rural.*, **45**: 185-188.

BERTI FILHO E. 1974. Biologia de *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae) observações sobre a ocorrência de inimigos naturais. Unpublished. Tese, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba. Pp.74.

DALL’OGLIO O.T., ZANUNCIO J.C., FREITAS F.A., PINTO R. 2003. Himenópteros parasitoides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal.*, **13**: 123-129.

DUDCZAK A.C., QUERINO R.B., FOERSTER M.R., FOERSTER L.A. 2017. First Occurrence of *Trichogramma bruni* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Parasitizing Eggs of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae) in Brazil. *Neotrop Entomol.* **46**: 471-472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0521-3>

ENDO K.M., HERNANDES E.P., CONTE, H. 2018. Pupal parasitoids for the biological control of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae). *Biotemas.* **31**: 1-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2018v31n4p1>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Perguntas e Respostas - Portal Embrapa*. 2019. File Online <https://www.embrapa.br/pt/web/portal/florestas/transferencia-detecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>. (Accessed: 23 junho 2022).

FERREIRA F. R. B. Lagartas: Prejuízos e soluções contra a praga. *Revista Campo e Negócios.* 14 de setembro de 2021. File Online <https://revistacampoenegocios.com.br/lagartas-prejuizos-e-solucoes-contr-a-praga/>. (Accessed: 16 julho 2022).

FAVORETO A.L., PAVANI R.F., RIBEIRO M.F., ZANUNCIO A.J.V., SOARES M.A., ZANUNCIO J.C., WILCKEN C.F. 2021. *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae): first report of parasitism in *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). Brazilian Journal of Biology. **81**: 406 – 410.

GONZAGA E.P., BREDA M.O., XAVIER M.E.V., SANTOS J.M., SANTOS T.F., SANTOS, D.S. 2021. Diversidade inicial da entomofauna em povoamento florestal de eucalipto, no município de Rio Largo, Alagoas. Diversitas Journal, **6**: 2931-2945. DOI: https://doi.org/10.48017/Diversitas_Journal-v6i3-1815

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual IBÁ 2021. 2021. Pp.93. File Online <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. (Accessed: 23 junho 2022).

KOLLIKER-OTT U.M., BIGLER F., HOFFMANN A.A. 2004. Field dispersal and host location of *Trichogramma brassicae* is influenced by wing size but not wing shape. Biological Control. **31**: 1-10.

LEMES P.G., ZANUNCIO J.C., SERRÃO J.E., LAWSON S.A. 2016. Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy and integrated pest management in certified tropical plantations. Environmental Science and Pollution Research. **24**: 13.

LEMES P.G., ZANUNCIO J.C. 2021. Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Pp.996.

LUCCHETTA J.T., PEREIRA F.F., CARDOSO C.R.G., WILCKEN C.F., SANTOS F.A., PALOMBO I.L., SANTOS J.P., RAMOS L.F.N., SIMONELLI B.C., TAVARES M.T. 2022. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in eucalyptus (Myrtaceae). The Canadian Entomologist, **154**: 1–8. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>

MAIA V.C., AZEVEDO M.A.P. 2009. Micro-himenópteros associados com galhas de Cecidomyiidae (Diptera) em Restingas do Estado do Rio de Janeiro (Brasil). Biota Neotropica. **9**: 151-164.

MARTINS D.J., SANTOS M.M., SALES T.S., SILVA I.M., SOARES M.A., ASSIS JÚNIOR S.L. 2019. Do parasitoid density and host age affect the parasitism of *Palmistichus*

elaeisis (Hymenoptera: Eulophidae)? Arquivos do Instituto Biológico. **86**: 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000772017>

MATRANGOLO, C.A.R, CASTRO, R.V.O., LUCIA, T.M.C.D., LUCIA, R.M.D., MENDES, A.F.N., COSTA, J.M.F., LEITE, H.G. 2010. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial., Pesquisa Agropecuária Brasileira. **45**: 952-957.

MOGHADDASSI Y., ASHOURI A., BANDANI A.R., LEPPLA N.C., SHIRK P.D. 2019. Effect of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) Larval Diet on Egg Quality and Parasitism by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Journal of Insect Science, **19**: 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez076>

OLIVEIRA H.N., ZANUNCIO T.V., ZANUNCIO J.C., SERRÃO J.E. 2008. The eucalypt defoliator *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) protects its eggs from parasitism. Biological Letters. **45**: 23-28.

OLIVEIRA F.A.L.D., SILVA R.O., OLIVEIRA N.R.X.D., ANDRADE G.S., PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., COUTINHO C.R., PASTORI P.L. 2018. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) with different densities and parasitism periods in *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) Pupae. Folia Biologica (Kraków). **66**: 103-110.

OLIVEIRA R.C.M, PASTORI P L, BARBOSA M. G., PEREIRA F.F., MELO J. W. S., ANDRE T. P. 2020. Dispersal of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in cabbage, cucumber, and sweet corn. Anais da Academia Brasileira de Ciências. **92**: 1-11.

PAIVA L.G.G. 2019. *Trichogramma bruni* (Hymenoptera: Trichogrammatidae): capacidade de parasitismo em ovos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) e susceptibilidade de fases imaturas à inseticidas. Unpublished. Dissertação, Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza. Pp.62.

PARRA J.R.P. 2021. Criação massal de inimigos naturais. (In: Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira. PARRA J.R.P., PINTO A.S., NAYA D.E., OLIVEIRA R.C. DE O., DINIZ A.J.F. FEALQ, Piracicaba): 379-400.

PARRA J.R.P., COELHO A. 2019. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. *Journal of Insect Science*. **19**: 5. Doi: <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>

PARRA J.R.P., PINTO A.S., NAYA D.E., OLIVEIRA R.C.O., DINIZ A.J.F. 2021. Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira. FEALQ, Piracicaba. Pp.592.

PASTORI P.L., PEREIRA F.F., ANDRADE G.S., SILVA R.O., ZANUNCIO J.C., PEREIRA A.I.A. 2012. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in pupae of two lepidopterans defoliators of eucalypt. *Revista Colombiana de Entomologia*. **38**: 91-93.

PASTORI P.L., MONTEIRO L.B., BOTTON M. 2008. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em pomar adulto de macieira. *Boletim de Sanidad Vegetal Plaga*. **34**: 239-245.

PEREIRA E.S., CALDEIRA Z.V., SOARES M.A. 2016. Manejo integrado de pragas na eucaliptocultura: inseticidas e parasitoides são compatíveis? *Revista Agri-Environmental Sciences*. **2**: 1-13.

PEREIRA F.F., PASTORI P.L., KASSAB S.O., TORRES J.B., CARDOSO C.R.G., FERNANDES W.C., OLIVEIRA H.N., ZANUNCIO J.C. 2021. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. ((In: Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira. PARRA J.R.P., PINTO A.S., NAYA D.E., OLIVEIRA R.C. DE O., DINIZ A.J.F. FEALQ, Piracicaba): 317–361.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO T.V., ZANUNCIO J.C., PRATISSOLI D., TAVARES M.T. 2008a. Species of Lepidoptera Defoliators of Eucalyptus as New Host for the Parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. **51**: 259-262.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., TAVARES M.T., PASTORI P.L., JACQUES G.C., VILELA E.F. 2008b. New record of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as a parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) in Brazil. *Phytoparasitica*. **36**:304-306.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., SERRÃO J.E., ZANUNCIO T.V., PRATISSOLI D.; PASTORI P.L. 2010. The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. **82**:323-231.

PEREIRA F.F., KASSAB S.O., VARGAS E.L., CALADO V.R.F., OLIVEIRA H.N., ZANUNCIO J.C. 2015. Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on the caterpillars, pupae and adults of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *The Florida Entomologist*. **95**: 384-387.

PEREIRA J.M.M., ZANUNCIO T.V., ZANUNCIO J.C., PALLINI A. 2001. Lepidoptera pests collected in *Eucalyptus urophylla* (Myrtaceae) plantations during five years in Três Marias, State of Minas Gerais, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*., **49**: 1073-1082.

PRATISSOLI D., VIANNA U. R., ZAGO H. B., PASTORI P. L. 2005. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* em tomateiro estaqueado. *Pesq. agropec. bras.* **40**: 613-616.

QUERINO R.B., ZUCCHI R. A. 2019. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. *Zootaxa*. **4656**: 201–231.

RIBEIRO G.T., ZANUNCIO J.C., TAVARES S.W., RAMALHO S.F., SERRÃO J.E. 2016. Constancy, Distribution, and Frequency of Lepidoptera Defoliators of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* (Myrtaceae) in Four Brazilian Regions. *Neotropical Entomology*. **45**: 629–636.

SANTOS F.H.M., PEREIRA F.F., CARDOSO C.R.G., WILCKEN C.F., SILVA N.N.P., XAVIER A.M. 2021. Primeiro registro de *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Iridopsis panopla* (Lep.: Geometridae) em eucalipto. (In: Encontro Entomologia e Conservação da Biodiversidade UFGD, 2, Anais. Dourados. CD-Rom).

SILVA-TORRES C. S. A., PONTES I. V. A. F., TORRES J. B., BARROS R. 2010. New Records of Natural Enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. *Neotropical Entomology*. **39**: 835-838.

SUVERKROPP, B. P.; BIGLER, F.; VAN LENTEREN, J. C. 2009. Dispersal behaviour of *Trichogramma brassicae* in maize fields. Bulletin of insectology. **62**: 113-120. File Online <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol62-2009-113-120suverkropp.pdf>.

(Accessed: 19 julho 2022).

TALEBI A. A., KHORAMABADI A. M., RAKHSHANI E. 2011. Checklist of eulophid wasps (Insecta: Hymenoptera: Eulophidae) of Iran. Check List: Journal of Species Lists and Distribution. **7**: 708-719.

WILCKEN C.F., PEREIRA F.F. 2021. Lagartas medideira do eucalipto *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae): surtos em florestas de eucalipto no MS. Piracicaba: Programa de proteção florestal – PROTEF/IPEF – Alerta Profet. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Pp.11.

ZACHÉ B., ZACHÉ R.R.C., SOUZA N.M., DALPOGETTO M.H.F.A., WILCKEN C.F. 2012. Evaluation of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as parasitoid of the eucalyptus defoliator *Eupseudosoma aberrans* Schaus, 1905 (Lepidoptera: Arctiidae), Biocontrol Science and Technology. **22**: 363-366.

ZANUNCIO J.C., PLATA A., LEMES P.G., BRÜGGER B.P. 2021. *Thyrintina arnobia*. (In: LEMES P.G., ZANUNCIO J.C. Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais): 487-499.

ZANUNCIO J.C. Lagartas desfolhadoras em plantios florestais. 2017. Revista Opiniões. **46**: 24-25. File Online <https://issuu.com/opinioesbr/docs/opcp46?fr=sYjU5MDEzOTgzMDA>. (Accessed: 13 julho 2022).

ZANUNCIO J.C., PEREIRA F.F., JACQUES G.C., TAVARES M.T., SERRÃO J.E., 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). The Coleopt. Bull. **62**: 64–66.

ZANUNCIO J.C., VINHA G.L., RIBEIRO R.C., FERNANDES B.V., KASSAB S.O., WILCKEN C.F., ZANUNCIO T.V. 2015. *Psorocampa denticulata* (Lepidoptera: Notodontidae) pupae as an alternative host for *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). Fla. Entomol. **98**: 1003–1005.

ZANUNCIO T.V., ZANUNCIO J.C., MIRANDA M.M.M., MEDEIROS A.G.B. 1998. Effect of plantation age on diversity and population fluctuation of Lepidoptera collected in eucalyptus plantations in Brazil. *Forest Ecology Management*. **108**: 91-98.

ZANUNCIO J.C., GUEDES R.N.C., CRUZ A.P., MOREIA A.M. 1992. Eficiência de *Bacillus thuringiensis* e de deltametrina, em aplicação aérea, para o controle de *Thyrintaina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) em eucaliptal no Pará. *Acta Amazonica*. **22**: 485-492.

Capítulo 1

Trichogramma bruni e *T. pretiosum* parasitam e desenvolvem em ovos de *Chrysodeixis includens* e *Iridopsis panopla*

Trichogramma bruni e *T. pretiosum* parasitam e se desenvolvem em ovos de *Chrysodeixis includens* e *Iridopsis panopla*

Juliana Pereira Santos; Fabricio Fagundes Pereira, Jéssica Terilli Lucchetta; Carlos Reinier Garcia Cardoso.

Engenheira Florestal, Doutoranda em Entomologia e Conservação da Biodiversidade – UFGD

Email: julianapsantos19@hotmail.com

RESUMO

Trichogramma bruni e *Trichogramma pretiosum* são parasitoides de ovos utilizados no controle biológico de lepidópteros-praga. O objetivo comparar o desenvolvimento de *T. bruni* e de *T. pretiosum* em ovos de *Chrysodeixis includens* e *Iridopsis panopla*. Para condução do experimento, foram utilizados ovos dos hospedeiros com 24 horas, que foram colocados separadamente sobre cartelas de cartolina azul celeste, com uma fêmea adulta de *T. bruni* ou de *T. pretiosum* recém emergida, em micro tubos de plástico transparente (10,3 x 40,5 mm). O parasitismo foi permitido por 24 h, a 25 ± 2 °C, 70 ± 10 % de umidade relativa e fotofase de 14 h. O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2, consistindo em duas espécies de parasitoides (*T. bruni* e *T. pretiosum*) e duas espécies de hospedeiros (*C. includens* e *I. panopla*). Foram avaliados: Parasitismo (%), duração do ciclo ovo/adulto, razão sexual, número de indivíduos por ovo, viabilidade do parasitismo e longevidade dos adultos. Os dados das características biológicas foram submetidos a análise de variância, (ANOVA, teste F) até 5% de probabilidade de erro, e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ambas as espécies foram capazes de parasitar ovos de *I. panopla* e *C. includens*, sem diferenças significativas entre elas nos hospedeiros avaliados. Em *I. panopla*, o parasitismo foi alto para ambas as espécies, com uma porcentagem média de 85,33% para *T. bruni* e 82,66% para *T. pretiosum*. No entanto, em *C. includens*, *T. bruni* apresentou um maior parasitismo em comparação com *T. pretiosum* (53,66% e 40,33%, respectivamente), com uma diferença significativa entre as espécies. A duração do ciclo de vida de *T. bruni* foi maior em *C. includens* em comparação com *I. panopla*, enquanto o ciclo de vida de *T. pretiosum* não diferiu entre os hospedeiros. A progênie de *T. bruni* desenvolvida em ovos de *I. panopla* teve um maior número de indivíduos por ovo em comparação com a progênie de *T. pretiosum* tanto em *I. panopla* quanto em *C. includens*. No entanto, *T. pretiosum* obteve um número significativamente maior de indivíduos por ovo em *I. panopla* em comparação com *C. includens*. *T. bruni* também parasitou um maior número de ovos de *C. includens* em comparação com *T. pretiosum*, com uma diferença estatisticamente significativa. A viabilidade do parasitismo e a razão sexual não mostraram diferenças significativas entre as espécies e hospedeiros avaliados. A longevidade das fêmeas e machos de *T. pretiosum* foi maior em *I. panopla* em comparação com *C. includens* e *T. bruni*. No entanto, não houve diferença significativa na longevidade das fêmeas de *T. bruni* entre os hospedeiros. Esses resultados indicam que tanto *T. bruni* quanto *T. pretiosum* são capazes de parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* e *C. includens*, com algumas diferenças no desempenho entre as espécies. Essas informações são relevantes para o desenvolvimento de programas de controle biológico de *I. panopla* em plantios comerciais de eucalipto, tanto em ambientes agrícolas como florestais.

Palavras-chave: Controle biológico; Parasitoide; Lepidóptero desfolhador.

ABSTRACT

Trichogramma bruni and *Trichogramma pretiosum* are egg parasitoids used in the biological control of lepidopteran pests. The aim of this study was to compare the development of *T. bruni* and *T. pretiosum* in eggs of *Chrysodeixis includens* and *Iridopsis panopla*. For the experiment, eggs from the hosts were collected 24 hours after oviposition and placed separately on light blue cardboard strips with a recently emerged adult female of either *T. bruni* or *T. pretiosum*, in transparent plastic microtubes (10.3 x 40.5 mm). Parasitism was allowed for 24 hours at 25±2°C, 70±10% relative humidity, and a 14-hour photophase. The experimental design was completely randomized in a 2x2 factorial scheme, consisting of two parasitoid species (*T. bruni* and *T. pretiosum*) and two host species (*C. includens* and *I. panopla*). The following parameters were evaluated: parasitism rate (%), egg-to-adult development duration, sex ratio, number of individuals per egg, parasitism viability, and adult longevity. The biological data were subjected to analysis of variance (ANOVA, F test) at a 5% probability level, and mean comparisons were performed using Tukey's test at a 5% probability level. Both species were able to parasitize eggs of *I. panopla* and *C. includens*, with no significant differences between them in the evaluated hosts. In *I. panopla*, the parasitism rate was high for both species, with an average percentage of 85.33% for *T. bruni* and 82.66% for *T. pretiosum*. However, in *C. includens*, *T. bruni* showed higher parasitism compared to *T. pretiosum* (53.66% and 40.33%, respectively), with a significant difference between the species. The life cycle duration of *T. bruni* was longer in *C. includens* compared to *I. panopla*, while the life cycle of *T. pretiosum* did not differ between the hosts. The progeny of *T. bruni* developed in *I. panopla* had a higher number of individuals per egg compared to the progeny of *T. pretiosum* in both *I. panopla* and *C. includens*. However, *T. pretiosum* obtained a significantly higher number of individuals per egg in *I. panopla* compared to *C. includens*. *T. bruni* also parasitized a greater number of *C. includens* eggs compared to *T. pretiosum*, with a statistically significant difference. Parasitism viability and sex ratio showed no significant differences between the evaluated species and hosts. The longevity of *T. pretiosum* females and males was higher in *I. panopla* compared to *C. includens* and *T. bruni*. However, there was no significant difference in the longevity of *T. bruni* females between the hosts. These results indicate that both *T. bruni* and *T. pretiosum* are capable of parasitizing and developing in eggs of *I. panopla* and *C. includens*, with some performance differences between the species. This information is relevant for the development of biological control programs for *I. panopla* in commercial eucalyptus plantations, in both agricultural and forest environments.

Keywords: Biological control; Egg parasitoid; Defoliator lepidopteran.

1. INTRODUÇÃO

Parasitoides do gênero *Trichogramma* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) possuem ampla utilização em todo o mundo no controle biológico de lepidópteros desfolhadores (DUDCZAK et al., 2017). A produção destes insetos e hospedeiros alternativos favorecem a criação massal e diminui custos, porém a adaptação a cada tipo de hospedeiro pode variar (DIAS et al., 2008). Atributos como volume, conteúdo nutricional, idade e dureza do córion do ovo do hospedeiro, assim como parâmetros relacionados a porcentagem de parasitismo, emergência, razão sexual, longevidade e número de parasitoides por ovo auxiliam na determinação da qualidade do hospedeiro (NAVA et al., 2007).

Trichogramma bruni Nagaraja, 1983 é uma espécie associada à ambientes florestais (QUERINO e ZUCHI, 2019), porém foi encontrado em áreas de soja (DUDCZAK et al., 2017) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) à ambientes com culturas agrícolas (PARRA e COELHO Jr., 2019), entretanto, já possui ocorrência em plantios de eucalipto (SANTOS et al., 2021). A criação massal desses insetos no Brasil tem sido realizada principalmente nos hospedeiros alternativos *Corcyra cephalonica* Stainton, 1865 (Lepidoptera: Pyralidae) e *Ephestia (Anagasta) kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) respectivamente (PARRA e COELHO Jr., 2019).

Para se utilizar parasitoides em um programa de controle biológico é necessário conhecer seus parâmetros biológicos de desenvolvimento tanto em hospedeiros naturais como em alternativos (OLIVEIRA et al., 2021). *E. kuehniella* é um hospedeiro alternativo recomendado para produção de *Trichogramma* spp., por favorecer o parasitismo, desenvolvimento e a longevidade dos parasitoides, além de apresentar uma dieta a base de farelo de trigo, com baixo custo e fácil aquisição (LIMA FILHO et al., 2001).

Iridopsis panopla Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) é um lepidóptero desfolhador, que tem alcançado níveis populacionais elevados, especialmente na cultura do eucalipto, no Estado de Mato Grosso do Sul (LUCCHETTA et al., 2022), e se apresenta como um potencial hospedeiro natural para *T. bruni*. Assim como *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida espécie-praga de importantes culturas de importância econômica como a soja (*Glycine max*), algodão (*Gossypium hirsutum*), feijão (*Phaseolus* spp.), entre outros (BOTELHO et al., 2019), e é um hospedeiro natural de *T. pretiosum*.

Mediante os levantamentos acima, objetivou-se comparar o desenvolvimento de *T. bruni* e de *T. pretiosum* em ovos de *C. includens* e *I. panopla*, visando gerar informações para

que sejam utilizados com êxito em programas de controle biológico desses hospedeiros naturais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) situado em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.1 Criação e manutenção de insetos para condução dos experimentos

2.1.1 *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae)

Para a criação, foi adaptada a metodologia proposta por Parra e Zucchi (1997) (Figura 1), acondicionando 0,150g de ovos de *E. kuehniella* em bandejas plásticas (32x25x10 cm), contendo dieta artificial à base de farelo de trigo (97%) e levedo de cerveja (3%). A bandeja foi coberta com tampa adaptada contendo tecido 'voil' para promover a ventilação. As bandejas foram mantidas em condições de Temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

A emergência dos adultos iniciou a partir dos 45 dias. Os adultos foram transferidos a cada 48 horas para gaiolas de PVC com 20 cm de diâmetro x 25 cm de altura, contendo tela de nylon como suporte para oviposição. Cada gaiola foi vedada com tela tipo filó e elástico de borracha para evitar a fuga das mariposas. Para retirada dos ovos, foi utilizado um pincel de cerdas macias, visando desprender os ovos da tela, e posteriormente, foram limpos com um aspirador de pó, modelo Acqua Power AQP20 Electrolux® de 1400W de potência. Parte dos ovos foram utilizados para manutenção de criações e parte para realização de experimentos. A coleta de ovos para o experimento foi realizada 24 horas após a montagem da gaiola.

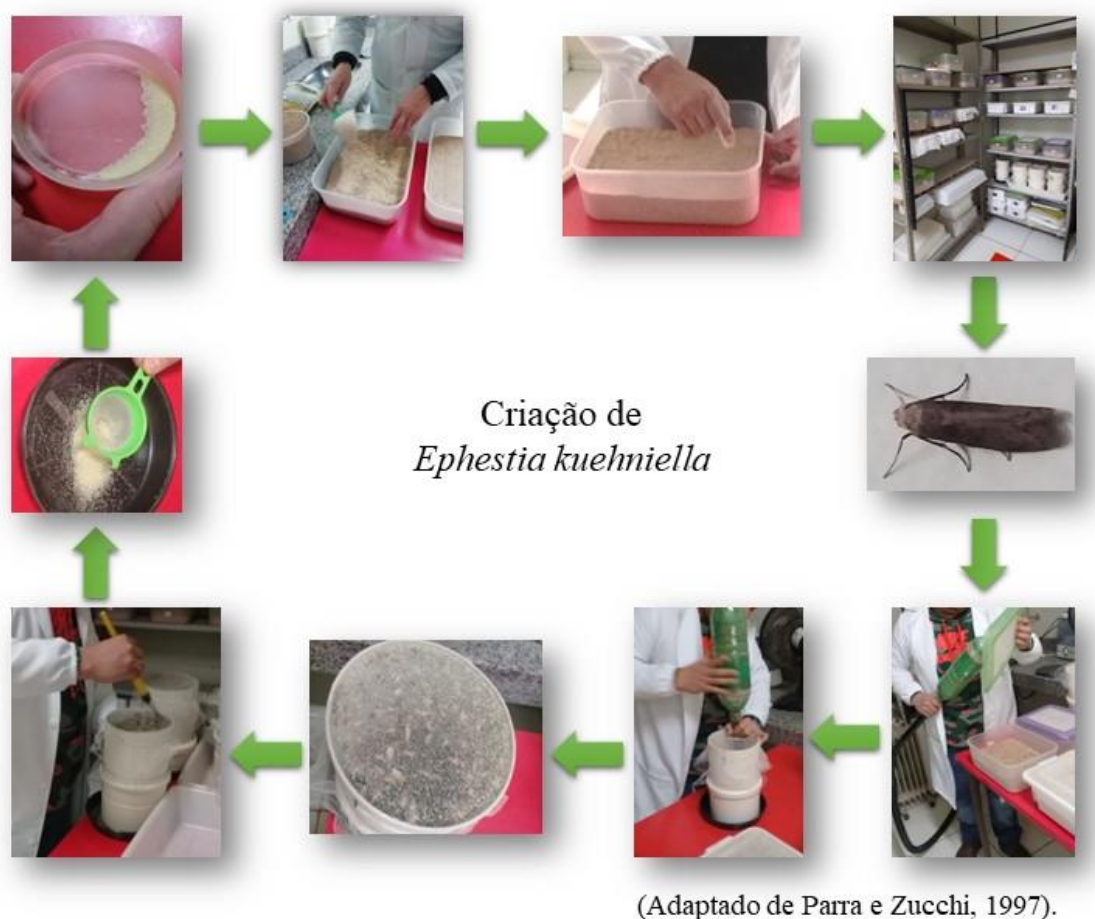


Figura 1. Esquema de criação de *E. kuehniella* no LECOBIOLOGICAL.

2.1.2 *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae)

Os ovos de *C. includens* para realização do experimento foram obtidos de criação já estabelecida no LECOBIOLOGICAL (UFGD), seguindo a metodologia descrita por Barbosa (2022), onde a criação foi iniciada obtendo as lagartas da espécie *C. includens* através da empresa Pragas.com. As lagartas foram mantidas em copos plásticos com dieta artificial até se transformarem em pupas. As pupas foram separadas por sexo e colocadas em gaiolas de PVC com papel sulfite e disponibilizada solução de mel para as mariposas após a emergência. Elas foram mantidas sob iluminação artificial por 14 horas para estimular a cópula e oviposição. A oviposição foi coletada em papéis sulfite e inserida em potes plásticos (Figura 2). Após a eclosão, as lagartas foram mantidas em potes e alimentadas com dieta artificial até atingir o 3º instar e se transformarem em pupas novamente, reiniciando o ciclo.



Figura 2. Gaiola com *C. includens* realizando a postura e detalhe da folha de sulfite contendo os ovos. Fonte: Barbosa (2022).

2.1.3 *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae)

Adultos de *I. panopla* (Figura 3) foram coletados em campo, no município de Ribas do Rio Pardo - MS, na fazenda São Guilherme e, após transportados para o LECOBIOL, foram acondicionados em gaiolas de tela filó contendo mudas de eucalipto, e alimentados com solução a base de mel a 10%. A gaiola foi observada diariamente para verificar a ocorrência de oviposições, sendo os ovos com até 24 horas coletados para o experimento.

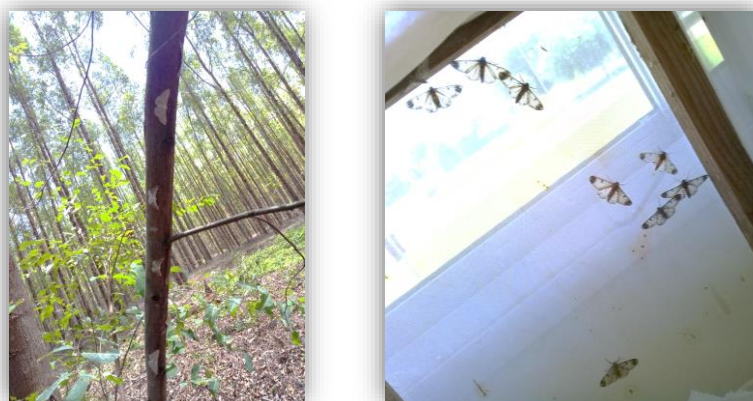


Figura 3. Adultos de *Iridopsis panopla* coletados em povoamento de eucalipto em Ribas do Rio Pardo.

Os colaboradores Carlos Frederico Wilcken e Fábio Araújo dos Santos coletaram e enviaram adultos de um lepidóptero desfolhador de eucalipto ao Prof. Dr. Alberto Soares

Côrrea, do Laboratório de Ecologia Molecular de Artrópodes, Departamento de Entomologia e Acarologia, da ESALQ/USP, para a identificação por técnicas moleculares. Foi amplificado e sequenciado a região do gene mitocondrial COI do DNA da amostra enviada e comparado com o banco de dados BOLD, obtendo 100 % de homologia com a espécie *I. panopla*.

2.1.4 *Trichogramma bruni* e *T. pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Os indivíduos de *T. bruni* utilizados neste experimento foram disponibilizados para multiplicação a partir de criação já estabelecida no LECOBIO. A criação inicial foi proveniente de ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) colocados em armadilhas em fragmento de mata nativa. Após quatro dias, as armadilhas foram retiradas e levadas ao LECOBIO. Lâminas com os espécimes foram preparadas por Nahara Gabriela Piñeyro, e a espécie foi identificada como *T. bruni* pela Dra. Ranyse Barbosa Querino utilizando a literatura pertinente (QUERINO e ZUCCHI, 2011). Esta população de *T. bruni* por ter sido coletada em Dourados, MS foi denominada de Linhagem Dourados.

Os indivíduos de *T. pretiosum* utilizados neste experimento foram disponibilizados para multiplicação a partir de criação já estabelecida no LECOBIO. A criação inicial foi proveniente de ovos parasitados de *Erinnyis ello* Linnaeus, 1758 que foram coletados em plantios de mandioca, na região de Ivinhema, nas seguintes coordenadas geográficas latitude 22° 20' 57" S, longitude 53° 54' 37" W, e posteriormente levados ao LECOBIO (SILVA, 2017). Depois de estabilizada a criação do parasitoide, lâminas com os espécimes foram preparadas por Nahara Gabriela Piñeyro, e a espécie foi identificada pela Dra. Ranyse Barbosa Querino e utilizando a literatura pertinente (QUERINO e ZUCCHI, 2011). Esta população de *T. pretiosum* por ter sido coletada em Dourados, MS foi denominada de Linhagem MS1.

A multiplicação de ambas as espécies de *Trichogramma* (Figura 4) foram realizadas em ovos de *E. kuehniella*, inviabilizados por exposição à luz UV, em câmara de fluxo laminar por 45 minutos para impedir a eclosão das lagartas e posteriormente colados em retângulos de cartolina azul celeste (1,5 x 3,5 cm), com goma arábica diluída a 30%. A multiplicação foi realizada aumentando o número de cartelas para serem parasitadas com ovos inviabilizados de *E. kuehniella* em câmaras climatizadas a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas em copos de acrílico transparente de 50 ml. Cada copo continha uma gotícula de mel puro na parede interna para alimentação dos adultos desses parasitoides. Esses recipientes foram fechados com filme plástico de PVC.



Figura 4. Esquema de criação de *Trichogramma bruni* e *Trichogramma pretiosum* no LECOBIOIOL.

2.2 Biologia de *Trichogramma bruni* e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Os experimentos foram conduzidos entre os meses de maio a setembro de 2020. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, consistindo em duas espécies de parasitoides (*T. bruni* e *T. pretiosum*) e duas espécies de hospedeiros (*C. includens* e *I. panopla*). Nos experimentos com *C. includens* foram utilizados 300 ovos desse hospedeiro, obtidos de criação já estabelecida no LECOBIOIOL, para compor as 15 repetições com 20 ovos de lepidóptero de cada tratamento (Figura 5).

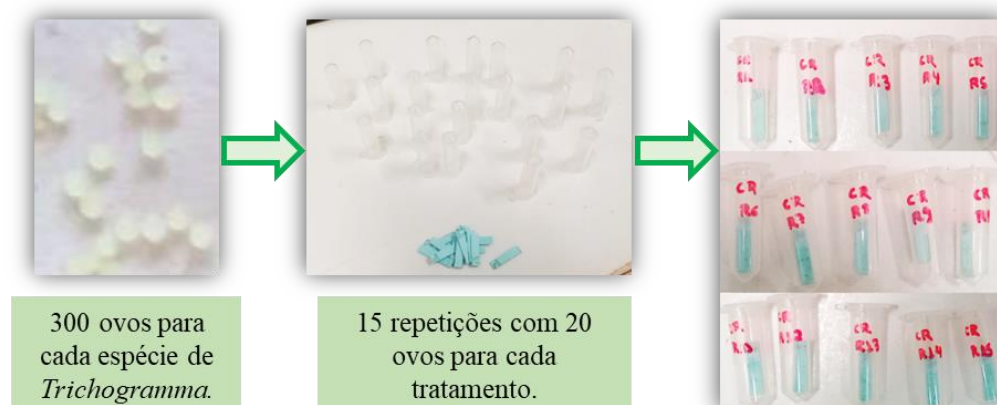


Figura 5. Representação da montagem dos tratamentos *Trichogramma bruni* e *Trichogramma pretiosum* em ovos *Chrysodeixis includens*.

Para realização da biologia com o hospedeiro *I. panopla*, foram coletadas as posturas das fêmeas com 24h. Foram utilizados 75 ovos desse hospedeiro para cada espécie de *Trichogramma*, para compor as 15 repetições com 5 ovos de cada tratamento (Figura 6). O menor número de ovos em relação aos hospedeiros destacados anteriormente, se deve ao maior tamanho do ovo deste hospedeiro e conseqüentemente a menor quantidade que este deposita no ambiente.

Os ovos de cada hospedeiro foram colados com goma arábica (30%) em cartelas de cartolina azul-celeste (0,5 cm de largura e 2,0 cm de comprimento). Cada cartela contendo ovos foi exposta ao parasitismo por uma fêmea de *Trichogramma* spp. recém-emergida e mantida em tubos de plástico contendo uma gotícula de solução a base de mel (10%), o que serviu para alimentação e manutenção da hidratação do parasitoide.

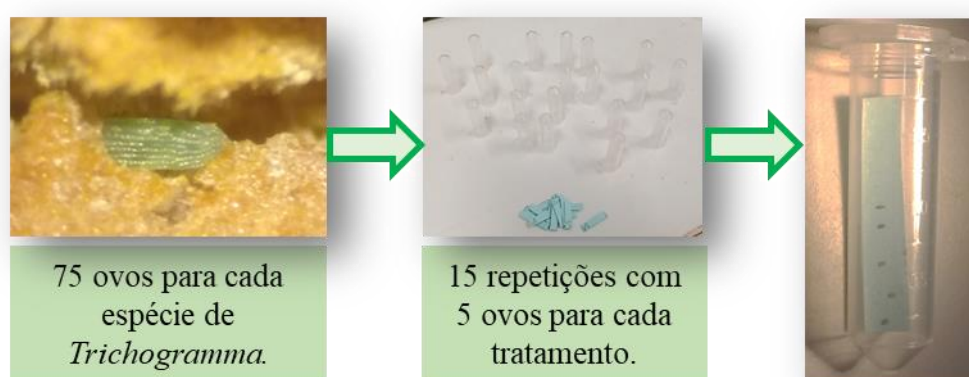


Figura 6. Representação da montagem dos tratamentos *Trichogramma bruni* e *Trichogramma pretiosum* em ovos *Iridopsis panopla*.

O parasitismo foi permitido por 24 h, a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Foram avaliados:

- **Porcentagem de parasitismo:**

$$\% \text{ parasitismo} = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ de ovos escuros}}{\text{total de ovos}} \right) * 100$$

- **Duração do ciclo ovo/adulto (dias):** Período de desenvolvimento da fase do ovo até a emergência do adulto.
- **Número de indivíduos por ovo:** Quantidade de indivíduos emergidos de cada ovo.
- **Razão sexual:**

$$\text{Razão sexual} = \frac{\text{Total de fêmeas}}{\text{Total de indivíduos emergidos}}$$

- **Viabilidade do parasitismo:**

$$\text{Viabilidade do parasitismo} = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ de ovos com orifício}}{\text{número de ovos escuros}} \right) * 100$$

- **Longevidade dos adultos:** Após a emergência das progênes, 10 fêmeas e 10 machos de cada espécie/tratamento foram individualizadas em tubos de plástico contendo solução a base de mel (10%) para avaliação da longevidade dos adultos (dias).

Após a coleta de dados das características biológicas, procedeu-se a análise fatorial. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA, teste F) e as médias comparadas foi realizada pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

O parasitismo de *T. bruni* e de *T. pretiosum* foi evidenciado em ovos de todos os hospedeiros avaliados (Figura 7), com maior porcentagem em *I. panopla* (85,33±4,5% e 82,66±4,5% respectivamente), não diferindo entre si nesse hospedeiro (Tabela 1). *T. bruni* apresentou maior parasitismo em *C. includens* (53,66±4,5%), quando comparado ao *T. pretiosum* (40,33±4,5%) diferindo significativamente.

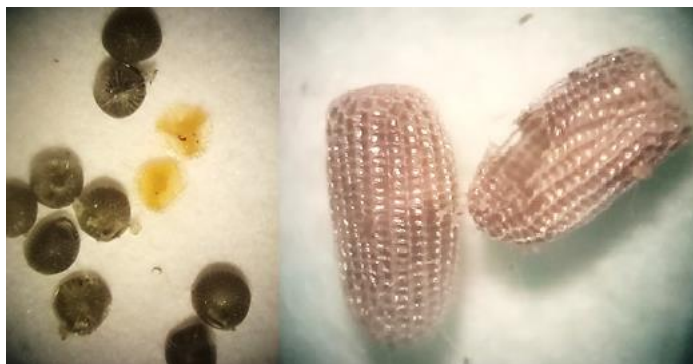


Figura 7. Ovos de (A) *Chrysodeixis includens* e (B) *Iridopsis panopla* parasitados por *Trichogramma* spp.

A duração do ciclo de vida de *T. bruni* e *T. pretiosum* em *I. panopla* foi de exatamente 10,00±0,00 dias. Em *C. includens*, *T. bruni* teve o ciclo de vida maior que o observado para *T. pretiosum* (11,0±0,0 dias e 10,00±0,00 dias, respectivamente), tendo seu ciclo de vida favorecido nesse hospedeiro, diferindo significativamente de *I. panopla* (Tabela 1). A duração do ciclo de vida de *T. pretiosum* não diferiu entre os hospedeiros.

Maior número de indivíduos por ovo foi observado na progênie de *T. bruni* desenvolvida em ovos de *I. panopla* (3,85±0,15 indivíduos), diferindo significativamente das progênes de *T. pretiosum* desenvolvida no mesmo hospedeiro (3,11±0,15 indivíduos) e em

C. includens ($1,18 \pm 0,15$ indivíduos), respectivamente. *T. pretiosum* obteve maior número de indivíduos por ovo no hospedeiro *I. panopla* ($3,11 \pm 0,15$ indivíduos), diferindo significativamente da progênie desenvolvida em *C. includens* ($1,17 \pm 0,15$ indivíduos). Não houve diferença significativa entre *T. bruni* e *T. pretiosum* para esta variável no hospedeiro *C. includens* (Tabela 1).

Trichogramma bruni parasitou mais ovos de *C. includens* ($10,73 \pm 0,62$ ovos), diferindo significativamente do desempenho observado para *T. pretiosum* neste hospedeiro ($8,06 \pm 0,62$ ovos). Não houve diferença quanto ao número de ovos parasitados entre as espécies de *Trichogramma* avaliadas no hospedeiro *I. panopla* (Tabela 1).

A viabilidade do parasitismo e a razão sexual não apresentaram diferença estatística entre as espécies e os hospedeiros avaliados (Tabela 1), sendo considerada a média geral de $85,29 \pm 2,28$ e de $0,73 \pm 0,02$ respectivamente.

A longevidade de fêmeas e machos de *T. pretiosum* foram maiores em *I. panopla* ($15,0 \pm 0,58$ e $9,9 \pm 0,50$ dias respectivamente) diferindo significativamente do observado para as fêmeas e machos emergidas em *C. includens* ($9,2 \pm 0,58$ e $6,5 \pm 0,50$ dias respectivamente) e de *T. bruni* ($10,40 \pm 0,58$ e $7,20 \pm 0,50$ dias respectivamente) (Tabela 1). A longevidade de fêmeas e machos de *T. bruni* foram semelhantes (Tabela 1), apresentando sobrevivência média de $9,63 \pm 0,84$ dias para fêmeas emergidas de para *I. panopla* e *C. includens*. Já a longevidade de machos de *T. bruni* foi de $7,73 \pm 0,49$ dias.

4. DISCUSSÃO

O parasitismo em ovos de *C. includens* e *I. panopla*, confirma o potencial de *T. bruni* e *T. pretiosum* como agentes de controle biológico dessas espécies de lepidópteros-praga. A capacidade de parasitismo demonstra que o parasitoide foi capaz de parasitar e se desenvolver nas espécies hospedeiras avaliadas (VALENTE et al., 2016).

Trichogramma bruni e *T. pretiosum* tiveram seus desenvolvimentos favorecidos em *I. panopla*, apresentando maior porcentagem de parasitismo e número de indivíduos por ovo. O favorecimento deste último parâmetro se deve ao maior tamanho do ovo deste hospedeiro, que apresentou quantidade de nutrientes capaz de suportar o desenvolvimento de mais de um indivíduo viável por ovo, favorecendo que a fêmea tivesse maior taxa de oviposição. Porém, para programas de controle biológico pode ser menos vantajoso ter maior número de indivíduos por ovo, pois pode reduzir a quantidade de ovos parasitados em campo (NAVA et al., (2007).

A duração do ciclo de vida de *T. bruni* em *C. includens* foi maior que o observado para *I. panopla*. O menor tempo de duração do ciclo de vida em *I. panopla*, pode estar

relacionado ao fato de uma maior densidade de parasitoides por ovo do hospedeiro, pode contribuir para uma menor quantidade de nutrientes disponíveis, levando a redução no ciclo de vida (NAVA et al., 2007). O desenvolvimento de *T. bruni* em *C. includens* confirma o potencial de uso desta espécie como hospedeiro alternativo.

As fêmeas e os machos de *T. pretiosum* desenvolvidas em ovos de *I. panopla* apresentaram maior longevidade que o encontrado para *C. includens*. A longevidade reflete maior tempo para o parasitoide procurar e parasitar os ovos do seu hospedeiro em campo, sendo, deste modo mais eficaz para controlar futuros surtos de pragas (PRATISSOLI et al., 2007).

Os dados de viabilidade do parasitismo, razão sexual e longevidade observados para *T. bruni* e *T. pretiosum* nos hospedeiros testados são semelhantes aos encontrados por outros autores, como para *T. galloi* desenvolvidos em ovos de *Diatraea flavipennella* Box, 1931 (Lepidoptera: Crambidae) e *D. saccharalis* (VALENTE et al., 2016) e em linhagens de *T. pretiosum*, *T. bruni*, *T. atopovirilia* Oatman e Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Trichogrammatoidea annulata* De Santis, 1972 desenvolvidos em ovos de *Stenoma catenifer* Walsingham, 1909 (Lepidoptera: Elachistidae) (NAVA et al., 2007).

De modo geral, as espécies de *T. bruni* e *T. pretiosum* se desenvolveram adequadamente nos hospedeiros avaliados. Os elevados índices de parasitismo de *T. bruni* e *T. pretiosum*, aliado ao fato da ocorrência de migração de *T. bruni* para áreas agrícolas (DUDCZAK et al., 2017) e de *T. pretiosum* para áreas florestais (SANTOS et al., 2021), fazem com que as duas espécies sejam promissoras para serem utilizadas em programas de controle biológico. Por *T. bruni* (Figura 8) estar associado a ambientes florestais, é interessante a ampliação de programas utilizando este agente para controle de *I. panopla* em plantios de eucalipto, contudo, na ausência deste, *T. pretiosum* também oferece ótimos resultados sobre o hospedeiro nativo avaliado.



Figura 8. *Trichogramma bruni* parasitando ovos de *Iridopsis panopla* em condições de laboratório, a temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h.

Por fim, dentro dos resultados encontrados nesta pesquisa para porcentagem de parasitismo, duração do ciclo de vida, número de ovos parasitados e longevidade do macho, indica-se para o controle de *C. includens* a espécie *T. bruni*. Porém, na ausência de disponibilidade da espécie, pode ser utilizado *T. pretiosum*.

5. CONCLUSÕES

Trichogramma bruni e *T. pretiosum* conseguem parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* e *C. includens* sendo este o primeiro registro de desenvolvimento no hospedeiro *I. panopla* em condições de laboratório.

Trichogramma bruni teve melhor desenvolvimento em *C. includens* comparado ao *T. pretiosum*, apresentando maior porcentagem de parasitismo, duração do ciclo de vida, número de ovos parasitados e longevidade do macho.

Ambas as espécies podem ser utilizadas tanto em ambientes agrícolas como florestais e estes resultados são importantes para a concepção de um programa de controle biológico de *I. panopla* em plantios comerciais de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, M. S. 2022. **Seletividade de inseticidas a *Tetrastichus howardi* (OLLIFF, 1893) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) e seu desenvolvimento em pupa de *Chrysodeixis includens* (WALKER, [1858]) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).** Dourados, MS: FCBA/UFGD. 134f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.
- BOTELHO A.B.R.Z., SILVA I.F., ÁVILA C.J. 2019. Aspectos biológicos da lagarta-falsa-medideira e sua criação em laboratório com dieta artificial., Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 47. Pp.24.
- DIAS N. S., PARRA J.R.P., LIMA T.C.C. 2008. Seleção de hospedeiro alternativo para três espécies de tricogramatídeos neotropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. **43**: 1467-1473. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100004>
- DUDCZAK A.C., QUERINO R.B., FOERSTER M.R., FOERSTER L.A. 2017. First Occurrence of *Trichogramma bruni* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Parasitizing Eggs of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae) in Brazil. *Neotrop Entomol*. **46**: 471-472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0521-3>

LIMA FILHO M., FAVERO S., LIMA J.O.G. 2001. Produção de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) com a Utilização de Fubá de Milho na Dieta Artificial., Neotropical Entomology. **30**: 37-42.

LUCCHETTA J.T., PEREIRA F.F., CARDOSO C.R.G., WILCKEN C.F., SANTOS F.A., PALOMBO I.L., SANTOS J.P., RAMOS L.F.N., SIMONELLI B.C., TAVARES M.T. 2022. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in eucalyptus (Myrtaceae). The Canadian Entomologist. **154**: 1–8. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>

NAVA D.E., TAKAHASHI K.M., PARRA J.R.P. 2007. Linhagens de *Trichogramma* e *Trichogrammatoidea* para controle de *Stenomoma catenifer*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. **42**: 9-16. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000100002>

OLIVEIRA L.L.G.S., SILVA G.C.D.B., SILVA M.A. 2021. Zoneamento agroecológico de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Revista Brasileira de Meio Ambiente **9**: 131-144.

PARRA J.R.P., COELHO A. 2019. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. Journal of Insect Science. **19**:5. Doi: 10.1093/jisesa/iey112.

PARRA J.R.P., ZUCCHI R.A. 1997. *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. FEALQ. Piracicaba. Pp.324.

PRATISSOLI D., POLANCZYK R.A., ANDRADE G.S., HOLTZ A.M., SILVA A.F., PASTORI P.L. 2007. Tabela de vida de fertilidade de cinco linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae) criadas em ovos de *Tuta absoluta* (Merick) (Lep.: Gelechiidae), sob temperaturas constantes e alternadas. Ciência Rural., **37**: 618-622.

QUERINO R.B., ZUCCHI R. A. 2019. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. Zootaxa. **4656**: 201–231.

QUERINO R.B., ZUCCHI R.A. 2011. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. Pp.103.

SANTOS F.H.M., PEREIRA F.F., CARDOSO C.R.G., WILCKEN C.F., SILVA N.N.P., ALENCAR, M.X. 2021. Primeiro registro de *Trichogramma pretiosum* (hym.: trichogrammatidae) parasitando ovos de *iridopsis panopla* (lep.: geometridae) em eucalipto. (In: Encontro Entomologia e Conservação da Biodiversidade UFGD, 2, Anais. Dourados. CD-Rom). File Online <https://portal.ufgd.edu.br>. (Accessed 14 Julho 2022).

SILVA A. de S. 2017. **Controle biológico de *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) com parasitoides na cultura da mandioca.** Dourados, MS: FCBA/UFGD. 85f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

VALENTE E.C.N., BROGLIO S.M.F., PASSOS E.M., LIMA A.S.T. 2016. Desempenho de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre ovos de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae). Pesquisa Agropecuária Brasileira. **51**: 293-300.

TABELA 1. Características biológicas de *Trichogramma bruni* e de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Chrysodeixis includens* e *Iridopsis panopla* em condições de laboratório, a temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h.

	<i>C. includens</i>		<i>I. panopla</i>	
	Parasitismo (%)			
<i>T. bruni</i>	53,66 \pm 4,5	Ab	85,33 \pm 4,5	Aa
<i>T. pretiosum</i>	40,33 \pm 4,5	Bb	82,66 \pm 4,5	Aa
	Duração do ciclo de vida (dias)			
<i>T. bruni</i>	11 \pm 0,0	Ab	10 \pm 0,0	Aa
<i>T. pretiosum</i>	10 \pm 0,0	Ba	10 \pm 0,0	Aa
	Número de indivíduos por ovo			
<i>T. bruni</i>	1,18 \pm 0,15	Ab	3,85 \pm 0,15	Aa
<i>T. pretiosum</i>	1,17 \pm 0,15	Ab	3,11 \pm 0,15	Ba
	Número de ovos parasitados			
<i>T. bruni</i>	10,73 \pm 0,62	A	4,26 \pm 0,62	A
<i>T. pretiosum</i>	8,06 \pm 0,62	B	4,13 \pm 0,62	A
	Razão sexual			
<i>T. bruni</i>	0,65 \pm 0,05	Aa	0,75 \pm 0,05	Aa
<i>T. pretiosum</i>	0,72 \pm 0,05	Aa	0,76 \pm 0,05	Aa
	Viabilidade do parasitismo			
<i>T. bruni</i>	85,80 \pm 3,71	Aa	83,44 \pm 3,71	Aa
<i>T. pretiosum</i>	85,89 \pm 3,71	Aa	92,33 \pm 3,71	Aa
	Longevidade ♀ (dias)			
<i>T. bruni</i>	9,80 \pm 0,58	Aa	10,40 \pm 0,58	Ba
<i>T. pretiosum</i>	9,20 \pm 0,58	Ab	15,00 \pm 0,58	Aa
	Longevidade ♂ (dias)			
<i>T. bruni</i>	8,50 \pm 0,50	Aa	7,20 \pm 0,50	Ba
<i>T. pretiosum</i>	6,50 \pm 0,50	Bb	9,90 \pm 0,50	Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Capítulo 2

Trichogramma bruni encontra, parasita e desenvolve em ovos de *Iridopsis panopla* em plantios de eucalipto

Trichogramma bruni encontra, parasita e se desenvolve em ovos de *Iridopsis panopla* em plantios de eucalipto

Juliana Pereira Santos; Fabricio Fagundes Pereira, Jéssica Terilli Lucchetta; Carlos Reinier Garcia Cardoso.

Engenheira Florestal, Doutoranda em Entomologia e Conservação da Biodiversidade – UFGD

Email: julianapsantos19@hotmail.com

RESUMO

A capacidade de parasitoides do gênero *Trichogramma* de se dispersar, localizar e conseguir parasitar hospedeiros em campo, reflete no sucesso de programas de controle biológico que utilizam esses agentes no controle de pragas. Nesta pesquisa, objetivou-se estimar a capacidade de dispersão horizontal de *Trichogramma bruni* em povoamentos de eucalipto e sua capacidade de parasitismo em ovos de *Iridopsis panopla* em campo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, contendo uma área testemunha (sem liberação de parasitoides) e cinco tratamentos (raios de 5, 10, 15, 20 e 25 metros de circunferência com liberação de 5.000 parasitoides no centro de cada círculo). Foram distribuídos de forma intercalada na circunferência de cada raio, cartelas contendo os ovos inviabilizados de *Ephestia kuehniella* e armadilhas adesivas amarelas, apresentando uma distância de 5 metros entre estas. Após 48 horas no campo, todo material foi recolhido e encaminhado ao laboratório para verificar a dispersão média de *T. bruni* por raio. Para verificar o parasitismo de *T. bruni* em ovos de *I. panopla*, foram liberados em campo 30.000 adultos recém-emergidos, em oito pontos por hectare, em um plantio comercial de *Eucalyptus urograndis* com 3,5 anos de idade. Uma área de um hectare sem liberação foi utilizada para avaliar o parasitismo natural. Após nove dias, ovos de *I. panopla* foram coletados nos troncos de 10 árvores de eucalipto aleatoriamente, nas áreas com e sem liberação e levados ao laboratório para observação dos ovos parasitados, e possível emergência de lagartas ou de parasitoides. As características biológicas avaliadas foram: porcentagem de parasitismo e porcentagem de emergência. A distância média de dispersão de *T. bruni* nos tratamentos foi de 4,93 m, com uma área de distribuição média na cultura de eucalipto de 110,27 m², sendo verificada a presença de adultos em todos os blocos e raios de dispersão avaliados, com maior frequência nos raios de 25 m de diâmetro. O parasitismo de *T. bruni* sobre o hospedeiro natural foi de 21,64%, com emergência de 100% em ovos de *I. panopla*. Ovos de *I. panopla* coletados na área sem liberação não foram parasitados. *T. bruni* consegue se dispersar por aproximadamente 25 m a partir do ponto de liberação, em 48 horas, bem como encontrar, parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla*, em plantios de eucalipto.

Palavras-chave: Controle biológico; Lepidópteros desfolhadores; Parasitoides.

ABSTRACT

The ability of parasitoids of the genus *Trichogramma* to disperse, locate and parasitize hosts in the field is reflected in the success of biological control programs that use these agents to control pests. The objective of this research was to estimate the horizontal dispersal capacity of *Trichogramma bruni* in eucalyptus stands and its capacity for parasitism in eggs of *Iridopsis panopla* in the field. The experimental design was in randomized blocks, containing a control area (without release of parasitoids) and five treatments (radius of 5, 10, 15, 20 and 25 meters in circumference with release of 5,000 parasitoids in the center of each circle). Cards containing unfeasible *Ephestia kuehniella* eggs were distributed interspersed around the circumference of each ray. and yellow sticky traps, with a distance of 5 meters between them. After 48 hours in the field, all material was collected and sent to the laboratory to verify the average dispersion of *T. bruni* per ray. To verify the parasitism of *T. bruni* on eggs of *I. panopla*, 30,000 newly emerged adults were released into the field, at eight points per hectare, in a commercial plantation of *Eucalyptus urograndis* at 3.5 years old. An area of one hectare without release was used to evaluate natural parasitism. After nine days, eggs of *I. panopla* were randomly collected from the trunks of 10 eucalyptus trees, in areas with and without release, and taken to the laboratory for observation of parasitized eggs, and possible emergence of caterpillars or parasitoids. The biological characteristics evaluated were: percentage of parasitism and percentage of emergence. The average dispersal distance of *T. bruni* in the treatments was 4.93 m, with an average distribution area in the eucalyptus crop of 110.27 m², with the presence of adults being verified in all blocks and dispersion rays evaluated, more frequently in rays of 25 m in diameter. *T. bruni* parasitism on the natural host was 21.64%, with 100% emergence in *I. panopla* eggs. *I. panopla* eggs collected in the area without release were not parasitized. *T. bruni* can disperse for approximately 25 m from the point of release, in 48 hours, as well as find, parasitize and develop in eggs of *I. panopla*, in eucalyptus plantations.

Keywords: Biological control; Defoliating lepidopterans; Parasitoids.

1. INTRODUÇÃO

Trichogramma bruni é uma espécie associada a ambientes florestais (QUERINO e ZUCHI, 2019), que já foi encontrada parasitando ovos de lepidópteros em plantios de soja (DUDCZAK et al., 2017). A espécie apresenta alta especificidade em relação ao habitat e aos hospedeiros selvagens (QUERINO e ZUCCHI, 2002) e até o presente momento escassas são as informações sobre seu comportamento no campo, visando sua utilização efetiva em um programa de controle biológico de lepidópteros em plantios de eucalipto.

Estudos sobre a capacidade de dispersão de parasitoides e índices de parasitismo no campo são atributos importantes, e refletem a capacidade de localizar o hospedeiro e ser um agente efetivo para ser utilizado em programas de controle biológico (OLIVEIRA et al., 2020). A dispersão é difícil de ser estimada em laboratório (KÖLLIKER-OTT et al., 2004), e é influenciada por fatores como: condições climáticas, densidade da praga, arquitetura da planta hospedeira e fatores intrínsecos ao parasitoide como o tamanho da fêmea, e do hospedeiro e, quantidade de ovos e/ou pupas no ambiente. Conhecer a forma de realizar a liberação correta, estabelecendo número de pontos de liberação e densidade de parasitoides por hectare é importante para que a distribuição desses agentes de controle biológico seja a mais uniforme possível na área (BARBOSA et al., 2019).

O Brasil é um grande produtor de eucalipto, com cerca de 7,47 milhões de hectares de área com florestas plantadas, que se encontram distribuídas principalmente entre os Estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia (IBÁ, 2021). Porém, nestas áreas de plantio vem crescendo o ataque de pragas com importância econômica (PESSOA et al., 2020), com destaque para espécies de lepidópteros desfolhadores (PEREIRA et al., 2016), causadores de danos significativos às plantas e financeiros aos produtores.

Entre as principais pragas do eucalipto destacam-se espécies nativas como *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) que pode ocasionar desfolha total em situações de surto (LEMES e ZANUNCIO, 2021), chegando a perdas econômicas de 79,7% (MATRANGOLO et al., 2010). E mais recentemente *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae), que somente no ano de 2021, ocasionou danos em mais de 180.000 hectares de plantios comerciais de eucalipto, localizados em Mato Grosso do Sul (WILCKEN e PEREIRA, 2021). Ambas as espécies têm seu desenvolvimento favorecido nos períodos mais secos do ano (WILCKEN e PEREIRA, 2021; ZANUNCIO et al., 2021).

Para o controle de *T. arnobia* existem recomendações de manejo, utilizando métodos de controle biológico, com aplicação de inseticidas a base de *Bacillus thuringiensis* (AGROFIT, 2022), uso de parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* spp., parasitoides

de pupas como *Trichospilus diatraeae* Cherian e Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), *Tetrastichus howardi* Olliff, 1893 (Hymenoptera: Eulophidae) e *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) e predadores como *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) (WILCKEN e PEREIRA, 2021; LEMES e ZANUNCIO, 2021). Inseticidas químicos a base de deltametrina, lufenuron e tebufenozida também são recomendados (AGROFIT, 2022).

Ainda não existem produtos registrados para o controle de *I. panopla*, por se tratar de uma nova espécie praga para o eucalipto (WILCKEN e PEREIRA, 2021). Resultados promissores para o controle em condições de laboratório foi observado por Lucchetta et al., (2022), alcançando 93,3% de parasitismo em pupas de *I. panopla* por *T. diatraeae* e por Santos et al., (2021) que observaram 84% de parasitismo dos ovos de *I. panopla* por *Trichogramma bruni* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *T. pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Diante do exposto, objetivou-se nessa pesquisa, estimar a capacidade de dispersão horizontal de *T. bruni* em povoamentos de eucalipto, e avaliar sua liberação no controle de *I. panopla* em campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Criação de *Trichogramma bruni* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

A espécie de *T. bruni* foi multiplicada no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) situado em Dourados, MS, utilizando material da criação já estabelecida, cujo material foi coletado em ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em fragmento de mata nativa. A identificação da espécie foi realizada por meio de lâminas preparadas com os espécimes por Nahara Gabriela Piñeyro, e a espécie foi identificada como *T. bruni* pela Dra. Ranyse Barbosa Querino utilizando a literatura pertinente (QUERINO e ZUCCHI, 2011).

Para a criação foram utilizados ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae), inviabilizados por exposição à luz UV, em câmara de fluxo laminar por 45 minutos e colados em retângulos de cartolina azul celeste (1,5 x 3,5 cm), com goma arábica diluída a 30%. A multiplicação das vespas parasitoides foi realizada aumentando o número de cartelas (4,0 x 3,5 cm) contendo ovos inviabilizados de *E. kuehniella* para serem parasitados por *T. bruni* em câmaras climatizadas a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas em copos de acrílico transparente de 50 ml. Cada copo

continha uma gotícula de mel puro na parede interna para alimentação dos adultos desses parasitoides, sem ocorrência de reposição. Esses recipientes foram fechados com filme plástico de PVC.

2.2 Capacidade de dispersão de *Trichogramma bruni* em eucalipto

O experimento de dispersão foi realizado em plantio comercial de eucalipto na Fazenda São Guilherme, localizada no município de Ribas do Rio Pardo - MS. As parcelas foram instaladas em 55,0 ha do talhão 118 (Latitude: -20.556155 e Longitude: -53.499921) e em 49,4 ha do talhão 119 (Latitude: -20.555621 e Longitude: -53.500240), ambos contendo plantio de *Eucalyptus urograndis*, variedade VT 01 + 144, em espaçamento 4 X 2 m, com idade de 3,5 anos, apresentando de 11 a 20% de desfolha.

O experimento foi instalado entre os dias 14 - 16 de setembro de 2020 e, no momento de instalação e liberação, verificou-se 29 °C, 32% de UR e, 2,14 m/s de vento.

O delineamento foi realizado em blocos ao acaso, contendo testemunha (área com distribuição de cartelas e armadilhas amarelas sem liberação dos parasitoides) e 5 tratamentos (raios de 5, 10, 15, 20 e 25 metros de circunferência com liberação de 5.000 parasitoides (OLIVEIRA, 2017) no centro de cada círculo) (Figura 1 e 2). Foram liberados cerca de 25.000 parasitoides em cada bloco (Figura 3).

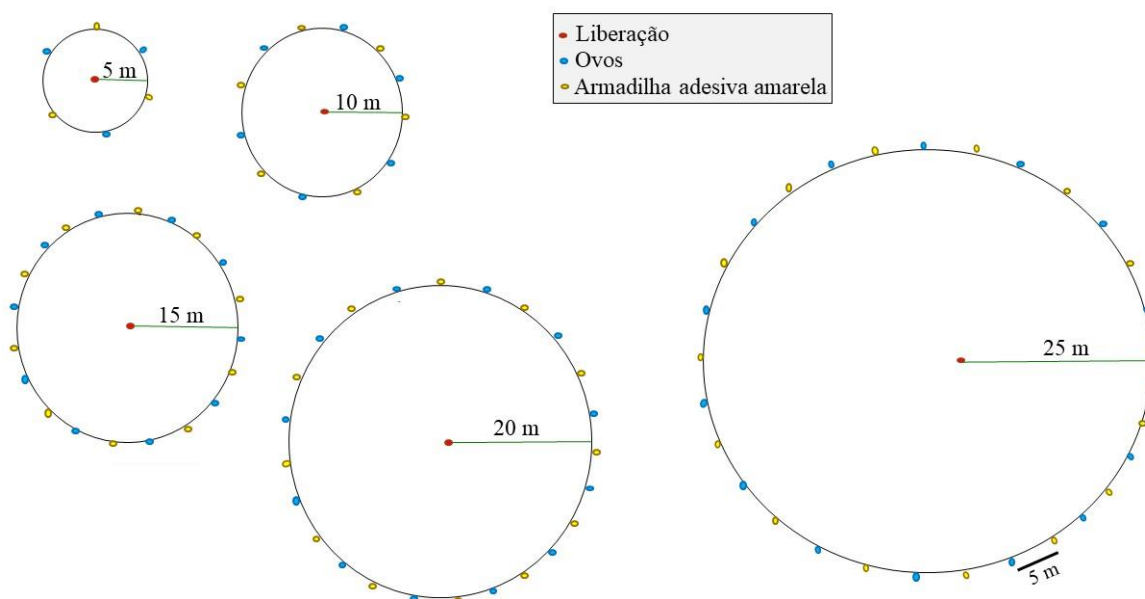


Figura 1. Croqui da distribuição espacial dos ovos de *E. kuehniella* e armadilhas amarelas, em círculos de acordo com o tamanho do raio.



Figura 2. Detalhe da distribuição das cartelas com ovos de *E. kuehniella* e das armadilhas adesivas amarelas para montagem do raio, em povoamento de eucalipto.



Figura 3. *Trichogramma bruni* para ser liberado em plantio de eucalipto, para verificar sua capacidade de dispersão.

Os exemplares de *T. bruni* utilizados neste experimento foram multiplicados em ovos de *E. kuehniella*, conforme descrito no item 2.1. Para determinar a capacidade de dispersão horizontal deste parasitoide em eucalipto, foram utilizadas cartelas de cartolina azul celeste (4,0 x 3,5 cm) contendo ovos inviabilizados de *E. kuehniella* (o uso deste hospedeiro alternativo, é devido à dificuldade de se obter ovos de hospedeiros naturais suficientes para montar o experimento). Estas foram distribuídas de forma intercalada na circunferência de cada raio, cartelas contendo os ovos inviabilizados e armadilhas adesivas amarelas, apresentando uma distância de 5 metros entre estas (Figura 4 A e B). A distância de um tratamento para o outro foi de 100 metros.

A retirada das cartelas foi realizada após 48 horas no campo, individualizando cada cartela com ovos de *E. kuehniella*, colocando-as no interior de copos acrílicos transparentes, devidamente identificados e vedados com plástico filme para serem transportados para LECOBIO, onde permaneceram em condições controladas de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ de umidade

relativa e 14 horas de fotoperíodo até emergência dos insetos. Foi calculado a presença média de adultos por raio somando a quantidade de indivíduos recapturados nas cartelas com ovos de *E. kuehniella* de cada raio para todos os blocos e dividindo pelo número de cartelas distribuídas para raio avaliado. Já as armadilhas amarelas retiradas do campo, foram observadas em microscópio estereoscópico binocular (LAB Motic) para verificar se houve ou não recaptura do parasitoide na área (Figura 5).



Figura 4. (A) Unidade de parasitismo contendo ovos de *Ephestia kuehniella* inviabilizados; (B) Armadilha adesiva amarela.



Figura 5. Avaliação dos materiais retirados do campo no experimento de dispersão de *Trichogramma bruni*.

Os dados coletados foram submetidos a análise de regressão e análise de variância (ANOVA, teste F) até 5% de probabilidade de erro. O ajuste dos modelos foi escolhido com

base no coeficiente de determinação (R^2) e na significância dos coeficientes de regressão (β_i), pelo teste t, até 5% de probabilidade de erro. A distância média (DM) e a área de dispersão (s^2) foram calculadas utilizando modelos matemáticos de Dobzhanski e Wright (1943).

2.3 Parasitismo de *Trichogramma bruni* em *Iridopsis panopla* em eucalipto

Para a realização do experimento, foi realizada a criação de *T. bruni* conforme descrito no item 2.1. A identificação de *I. panopla* foi realizada pelos Dr. Carlos Frederico Wilcken e Fábio Araújo dos Santos que coletaram e enviaram adultos do lepidóptero ao Prof. Dr. Alberto Soares Côrrea, do Laboratório de Ecologia Molecular de Artrópodes, Departamento de Entomologia e Acarologia, da ESALQ/USP, para a identificação por técnicas moleculares. Foi amplificado e sequenciado a região do gene mitoncondrial COI do DNA da amostra enviada e comparado com o banco de dados BOLD, obtendo 100 % de homologia com a espécie *I. panopla*.

A liberação de *T. bruni* ocorreu no dia 25 de fevereiro de 2021, sendo liberados em campo, 30.000 adultos recém-emergidos por ha e previamente alimentados com mel puro. Os parasitoides foram distribuídos em oito pontos por hectare, com distância de 25 metros entre os pontos de liberação no talhão 5 de um plantio comercial de *Eucalyptus urograndis* (-52.32584244; -21.45218906), com 3,5 anos de idade e espaçamento de 3,4 x 2,3 m, situado em Brasilândia, Mato Grosso do Sul. No momento da liberação, infestação por *I. panopla* era de 8 a 11 lagartas/100 folhas e verificou-se 28 °C, 70% de UR e, 2,24 m/s de vento.

Uma área correspondente à um hectare, sem liberação de parasitoides foi utilizada para avaliar o parasitismo natural. A área total deste experimento foi de sete hectares e o total de parasitoides liberados foi de 180.000. Nove dias após a liberação dos parasitoides, ovos de *I. panopla* foram coletados em troncos de 10 árvores de eucalipto de forma aleatória dentro das áreas correspondentes aos tratamentos e na testemunha. Os ovos foram acondicionados em potes do tipo coletor universal de 80 mL e transportados ao até o LECOBIO, sendo mantidos em sala climatizada à $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas para observação diária de ovos parasitados e, possível emergência de lagartas ou de parasitoides. Avaliou-se assim o parasitismo (%) $[(n^\circ \text{ de ovos escuros}/n^\circ \text{ total de ovos}) \times 100]$, e a emergência (%) $[(n^\circ \text{ de ovos com orifício}/n^\circ \text{ de ovos escuros}) \times 100]$.

3. RESULTADOS

A distância média de dispersão de *T. bruni* foi de 4,93 m, com uma área de distribuição média na cultura de eucalipto de 110,27 m² (Tabela 1). Verificou-se presença de

adultos de *T. bruni* em todos os tratamentos e raios de dispersão avaliados, sendo encontrado com maior frequência nos raios correspondentes à 25 m de diâmetro (Figura 9).



Figura 6. (A) Identificação de indivíduos de *Trichogramma bruni* nas armadilhas amarelas; (B e C) Indivíduos de *T. bruni* visualizados colados nas armadilhas amarelas.

A presença de *T. bruni* na área de cada tratamento foi confirmada devido aos adultos capturados nas armadilhas adesivas amarelas (Tabela 2 e Figura 6). Houve baixa recaptura dos indivíduos nas armadilhas contendo ovos inviabilizados de *E. kuehniella*. Na área testemunha não foi capturado nenhum adulto de *T. bruni*, nas armadilhas amarelas, demonstrando assim ausência desse parasitoide.

No teste em campo, constatou-se parasitismo por *T. bruni* de 21,64% (Figura 7) e emergência de 100% em ovos de *I. panopla*. Ovos de *I. panopla* coletados na área testemunha, onde não houve liberação, não foram parasitados, demonstrando que o parasitismo observado nas áreas foi de fato ocasionado pelos parasitoides liberados. Este é o primeiro relato de que *T. bruni* consegue encontrar, parasitar e se desenvolver-se em ovos de *I. panopla* em plantios de eucalipto, após sua liberação em condições naturais.



Figura 7. Ovos de *Iridopsis panopla*. O ovo escuro foi parasitado em campo e emergiu *Trichogramma bruni*. Fonte: Fabricio Fagundes Pereira.

4. DISCUSSÃO

A distância média de dispersão encontrada para *T. bruni* (4,93 m) foi semelhante a encontrada para a cultura do milho estágio V4 (4,7 m), do repolho (5,6 m) e do pepino (6,0 m) em liberações com *T. pretiosum* (OLIVEIRA et al., 2020). Já em tomateiro foram observadas distâncias médias de 7,94 e 7,37 m para *T. pretiosum* (PRATISSOLI et al., 2005). A distância de dispersão de parasitoides do gênero *Trichogramma* deve ficar em torno de 10 m (SÁ LAN, PARRA e SILVEIRA NETO, 1993). As variações observadas nessa média são atribuídas às características do parasitoide e da cultura, como a arquitetura foliar, distribuição na área e altura das plantas (PASTORI et al., 2012).

Pesquisas de dispersão em plantios de eucalipto utilizando espécies de *Trichogramma*, são importantes para obtenção de informações que contribuam para uma maior eficiência na taxa de parasitismo desses parasitoides em programas de controle biológico.

Como as árvores de eucalipto com 3,5 anos de idade apresentam altura média entre 12 e 15 m, é necessário entender como o parasitoide se comportará nesse agroecossistema. Na dispersão de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae), em plantio de eucalipto, a maior recaptura do parasitoide foi a uma altura de 2 m, sugerindo que devido alguns lepidópteros realizarem grande parte da postura e pupação na copa da árvore, a dispersão do parasitoide na área é influenciada pela preferência hospedeira (CANDELÁRIA, 2013). *I. panopla* realiza a postura dos seus ovos na casca do tronco do eucalipto, preferencialmente onde há a presença de fissuras (Figura 8), sem altura média conhecida. Fatores climáticos como temperatura, direção e velocidade do vento, entre outros também influenciam na dispersão (OLIVEIRA et al., 2020).



Figura 8. Detalhes de *I. panopla* realizando a postura de ovos no tronco de uma árvore de eucalipto. Fonte: Fabricio Fagundes Pereira.

A área de distribuição média observada para *T. bruni* na cultura do eucalipto (110,27 m²) e recaptura nos raios de 25 m comprovam que houve uma boa distribuição dos indivíduos no campo. Essa informação permite planejar o número de pontos de liberação por hectare e utilizar equipamentos como drones para libera-los, pois favorece prever o deslocamento do parasitoide na área.

As armadilhas adesivas amarelas são úteis para verificar a presença de *T. bruni* em plantios de eucalipto. A efetividade das armadilhas amarelas em recapturar parasitoides é uma importante ferramenta nas pesquisas de controle biológico, por ajudar a entender o comportamento do inimigo natural no ambiente (CANDELÁRIA, 2013). Em campo existem outros fatores que podem interferir na avaliação, como a presença de outros hospedeiros mais facilmente encontrados que o hospedeiro alternativo, sendo importante incluir outras ferramentas que auxiliem na avaliação da dispersão dos parasitoides (PASTORI et al., 2013).

Neste estudo pode ser comprovada a efetividade de *T. bruni* em parasitar *I. panopla*, em eucalipto e de se realizar a liberação a cada 25 m de distância entre os pontos, pois foram verificadas taxas de parasitismo e de emergência em ovos desse hospedeiro em campo. Nem todas as espécies de lepidópteros desfolhadores de eucalipto podem ter seus ovos parasitados por *Trichogramma*, é o que observamos com algumas espécies pertencentes a família Geometridae como a *Thyrinteina arnobia* (OLIVEIRA, 2001). Não foi observado parasitismo de *Trichogramma maxacalii* Voegelé e Pointel, 1979 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Trichogramma acacioi* Brun Moraes e Soares, 1984 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *T. pretiosum* em ovos de *T. arnobia*, e foi observado alta mortalidade dos parasitoides, sugerindo a ocorrência de substância química nos ovos deste hospedeiro que impede seu parasitismo por *Trichogramma* (OLIVEIRA, 2001).

Os resultados obtidos com realização deste trabalho são fundamentais para utilização de *T. bruni* em futuros programas de controle biológico na cultura do eucalipto, e servirá de base para premissas posteriores que definirão densidades adequadas de parasitoides a serem liberados e quantidade de liberações necessárias por hectare em função da infestação de *I. panopla* presente em cada povoamento, visando seu possível registro como produto biológico no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

5. CONCLUSÕES

Trichogramma bruni consegue se deslocar por aproximadamente 25 m, à partir do ponto de liberação, em plantios de eucalipto com 3,5 anos de idade em 48 horas.

Trichogramma bruni consegue encontrar, parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* em plantios de eucalipto com 3,5 anos de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. 2022. File Online http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. (Accessed 20 Abril 2022).

BARBOSA R.H., PEREIRA F.F., MOTOMIYA A.V.A., KASSAB S.O., ROSSONI C., TORRES J.B., MUSSURY R.M., PASTORI P.L. 2019. *Tetrastichus howardi* density and dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer. *Neotropical Entomology*. **48**: 323-331.

CANDELÁRIA M.C. 2013. *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) densidade e idade do parasitoide e do hospedeiro alternativo e dispersão em plantação de eucalipto. Unpublished. Dissertação, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, UNESP, Botucatu. Pp.84.

DOBZHANSKY T., WRIGHT S. 1943. Genetics of natural populations x dispersion rates in *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics*. **28**: 304-340.

DUDCZAK A.C., QUERINO R.B., FOERSTER M.R., FOERSTER L.A. 2017. First Occurrence of *Trichogramma bruni* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Parasitizing Eggs of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebididae) in Brazil. *Neotrop Entomol*. **46**: 471-472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0521-3>.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual IBÁ 2021. 2021. File Online <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. (Accessed 23 Junho 2022).

KOLLIKER-OTT U.M., BIGLER F., HOFFMANN A.A. 2004. Field dispersal and host location of *Trichogramma brassicae* is influenced by wing size but not wing shape. *Biological Control*. **31**: 1-10.

LEMES P.G., ZANUNCIO J.C. 2021. Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros. Pp.996.

LUCCHETTA J.T., PEREIRA F.F., CARDOSO C.R.G., WILCKEN C.F., SANTOS F.A., PALOMBO, I.L.; SANTOS J.P., RAMOS L.F.N., SIMONELLI B.C., TAVARES M.T. 2022. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae)

and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in eucalyptus (Myrtaceae). The Canadian Entomologist. **154**: 1–8. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>

MATRANGOLO C.A.R., CASTRO R.V.O., LUCIA T.M.C.D., LUCIA R.M.D., MENDES A.F.N., COSTA J.M.F., LEITE H.G. 2010. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial., Pesquisa Agropecuária Brasileira. **45**: 952-957.

OLIVEIRA R.C.M. 2017. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae): parasitismo natural em broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) e dispersão nas culturas do repolho, do pepino estaqueado e do milho-verde. Unpublished. Dissertação, Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza. Pp.60.

OLIVEIRA RUAN CARLOS DE MESQUITA, PASTORI P L, BARBOSA M. G., PEREIRA F.F, MELO J. W. S., ANDRE, T. P. 2020. Dispersal of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in cabbage, cucumber, and sweet corn. Anais da Academia Brasileira de Ciências. **92**: 1 - 11.

OLIVEIRA H.N. 2001. Potencial de uso de *Trichogramma* como agente de controle biológico de lepidópteros desfolhadores de *Eucalyptus* e sua associação com percevejos predadores. Unpublished. Tese, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa. Pp.92.

PASTORI, P. L.; PEREIRA, F. F.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; OLIVEIRA, F. A. L. ; ZAIDAN, U. R. 2013. Dispersão de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) em plantio de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, **8**: 85-89.

PASTORI P.L., PEREIRA F.F., ANDRADE G.S., SILVA R.O., ZANUNCIO J.C., PEREIRA A.I.A. 2012. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in pupae of two lepidopterans defoliators of eucalypt. Revista Colombiana de Entomologia. **38**: 91-93.

PEREIRA E.S., CALDEIRA Z.V., SOARES M.A. 2016. Manejo integrado de pragas na eucaliptocultura: inseticidas e parasitoides são compatíveis? Revista Agri-Environmental Sciences. **2**: 1-13.

PRATISSOLI D., VIANNA U. R., ZAGO H. B., PASTORI P. L. 2005: Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* em tomateiro estaqueado. *Pesq. agropec. bras.* **40**: 613-616.

QUERINO R.B., ZUCCHI R. A. 2019. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. *Zootaxa.* **4656**: 201–231.

QUERINO R.B., ZUCCHI R.A. 2011. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. Pp.103.

QUERINO R.B., ZUCCHI R.A. 2002. Intraspecific variation in *Trichogramma bruni* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with different hosts. *Journal of Biology.* **62**: 665-679.

SÁ L.A.N., PARRA J.R.P., SILVEIRA NETO S. 1993. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para o controle de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) em milho. *Scientia Agricola.* **50**: 226-231.

SANTOS J.P., LUCCHETTA J.T., CARDOSO C.R.G., SANTOS F.H.M., DOMINGUES A., PEREIRA F.F. 2021. Biologia comparada de *Trichogramma bruni* e *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) em ovos de *Iridopsis panopla* (Lep.: Geometridae). (In: (In: Encontro Entomologia e Conservação da Biodiversidade UFGD, 2, Anais. Dourados. CD-Rom). File Online [https://portal.,ufgd.edu.br](https://portal.ufgd.edu.br). (Accessed 14 Julho 2022).

WILCKEN C.F., PEREIRA F.F. 2021. Lagartas medideira do eucalipto *Iridopsis panopla* (Lepidoptera:Geometridae): surtos em florestas de eucalipto no MS. Piracicaba: Programa de proteção florestal – PROTEF/IPEF – Alerta Profef. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Pp.11.

ZANUNCIO J.C., PLATA A., LEMES P.G., BRÜGGER B.P. 2021. *Thyrintina arnobia*. (In: Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras. LEMES P.G.; ZANUNCIO J.C. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros): 487-499.

TABELA 1. Distância média (m) e Área de dispersão (s^2) (m^2) de *Trichogramma bruni* em povoamento de eucalipto, em Ribas do Rio Pardo, em setembro de 2020.

<i>Bloco</i>	<i>DM (m)</i>	$s^2 (m^2)$
1	5,02	111,09
2	2,32	49,40
3	6,17	147,59
4	6,23	133,03
Média	4,93	110,27

TABELA 2. Parâmetros climáticos durante a realização do experimento em plantios de eucalipto, em Ribas do Rio Pardo, em setembro de 2020.

Dia	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)		Radiação solar global (KJ/m ²)	Precipitação (mm)	Velocidade do vento (m/s)
	Máxima	Mínima	Média	7:00 a.m	13:00 p.m			
1	29,9	27,7	28,7	40	26	16638,3	0	1,96
2	29,1	26,7	27,9	67	43	18647,0	0	2,13
3	30,2	27,9	29,0	49	31	1485,83	0	2,34

*Dados obtidos do banco de dados meteorológicos INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

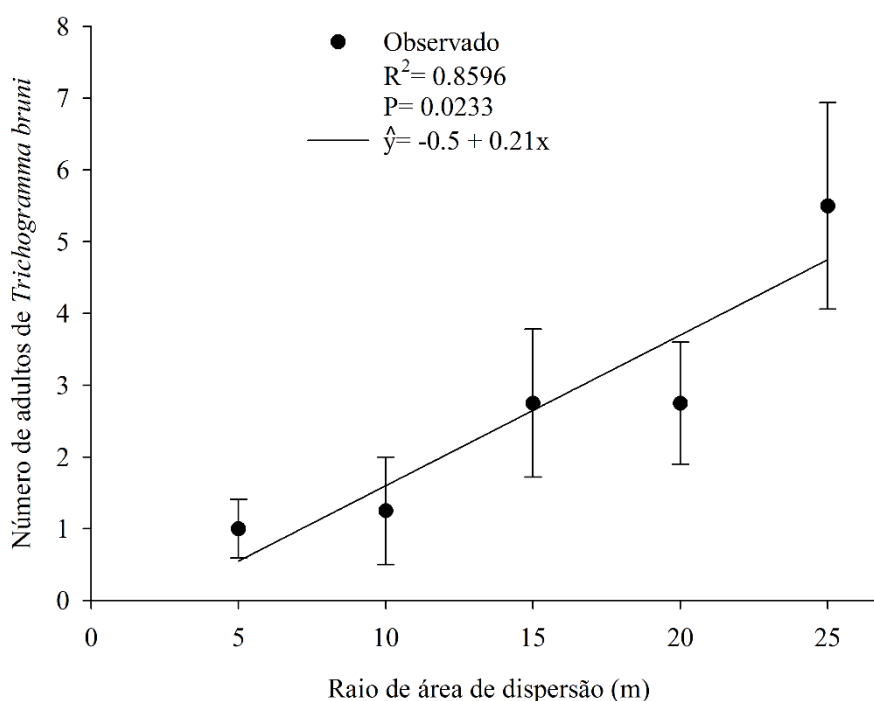


Figura 9. Número médio de adultos de *Trichogramma bruni* encontrados nas armadilhas amarelas por raio de área de dispersão, em plantios de eucalipto, em Ribas do Rio Pardo, em setembro de 2020.

Capítulo 3

Redução da população de *Thyrinteina arnobia* em plantios de eucalipto com parasitoides *Trichospilus diatraeae*, *Tetrastichus howardi* e *Palmistichus elaeisis* em campo.

Redução da população de *Thyriniteina arnobia* em plantios de eucalipto com parasitoides *Trichospilus diatraeae*, *Tetrastichus howardi* e *Palmistichus elaeisis* em campo.

Juliana Pereira Santos; Fabrício Fagundes Pereira, Jéssica Terilli Lucchetta; Carlos Reinier Garcia Cardoso.

Engenheira Florestal, Doutoranda em Entomologia e Conservação da Biodiversidade –
UFGD

Email: julianapsantos19@hotmail.com

RESUMO

O conhecimento da quantidade de parasitoides a ser liberado em uma área com infestação de praga, é primordial para garantir uma boa distribuição destes no campo e alcançar uma efetividade maior no controle. Deste modo, objetivou-se nessa pesquisa determinar a densidade ideal a ser liberada por hectare das espécies *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae*, *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) e conhecer a sua efetividade no controle populacional de *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) em campo. Os experimentos foram conduzidos em plantios comerciais de eucalipto, com delineamento em blocos inteiramente casualizados, contendo cinco tratamentos (Testemunha: área sem liberação (T1) e 4 densidades de parasitoides - para *T. howardi* e *T. diatraeae* foram de 30 (T2); 60 (T3); 120 (T4) e 430 fêmeas (T5) da espécie por pupa e para *P. elaeisis* foi de 20 (T2); 40 (T3); 80 (T4) e 160 fêmeas (T5) da espécie por pupa) e quatro repetições. Cada bloco continha oito unidades de parasitismo com 2 pupas de *Diatrea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) em cada. As fêmeas dos parasitoides com 24 a 48 horas de idade foram liberadas no ponto central das parcelas. O parasitismo foi permitido por 48 horas e posteriormente as pupas foram retiradas, identificadas e levadas para o laboratório para verificar se havia ocorrência ou não de parasitismo. Para avaliar a efetividade da liberação desses eulofídeos em área com infestação de *T. arnobia*, foram selecionadas áreas distintas para cada espécie, contendo 16 árvores com nível de desfolha entre 5 a 10% e em torno de uma a cinco lagartas de *T. arnobia*/100 folhas. Cada parcela do tratamento continha 1 hectare, foram realizados dois tratamentos (tratamento 1: aproximadamente 1.200 fêmeas adultas em 4 pontos/hectare, sendo em média 300 fêmeas adultas por ponto de liberação e tratamento 2: Controle. Área sem liberação) em blocos ao acaso, com quatro repetições para cada. Os parasitoides foram liberados antes da emergência em pupas de *D. saccharalis*, que foram colocadas no interior de sacos de papel kraft SOS à 1,5 m do solo. As avaliações foram realizadas aos 15, 30, e 45 dias após a liberação, observando o número de lagartas por 100 folhas, número de pupas, número de pupas parasitadas, número de adultos do inseto-praga e índice de desfolha. O parasitismo encontrado em pupas de *D. saccharalis* para densidades das espécies liberadas foi semelhante entre os tratamentos T2 e T5 (*T. diatraeae*: 19,69% e 24,17% respectivamente; *T. howardi*: 42,7±1,04% média geral e *P. elaeisis*: 27,7±16,6 % média geral). O parasitismo em pupas de *T. arnobia* encontrados aos 15 dias foram: 24,30 % para *T. diatraeae*, 12,30 % para *T. howardi* e 12,53 % para *P. elaeisis*, diferindo das áreas testemunhas. Aos 30 dias não foi verificado infestação de *T. arnobia* nas áreas com liberação de *T. howardi* e *T. diatraeae*, e ocorreu redução populacional desta praga na área com liberação de *P. elaeisis*. Aos 45 dias a população de *T. arnobia* foi praticamente igual a zero nos três experimentos. Deste modo, a densidade de 1.200 indivíduos por hectare das espécies *T. diatraeae*, *T. howardi* e *P. elaeisis* são indicadas para liberação em plantios com eucalipto que apresentem infestação de 5 a 10 % de desfolha, 1 a 5 lagartas/100 folhas, sendo suficiente para reduzir a população de *T. arnobia* após 30 dias da aplicação.

Palavras-chave: Controle biológico; Parasitoides; *Thyrinteina arnobia*; Densidade de parasitoides; Eulofídeos.

ABSTRACT

Knowledge of the amount of parasitoids to be released in an area with pest infestation is essential to ensure good distribution of these in the field and achieve greater effectiveness in control. Thus, the objective of this research was to determine the ideal density to be released per hectare of the species *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae*, *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) and to know its effectiveness in the population control of *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) in the field. The experiments were carried out in commercial eucalyptus plantations, with a completely randomized block design, containing five treatments (Control: area without release (T1) and 4 parasitoid densities - for *T. howardi* and *T. diatraeae* they were 30 (T2); 60 (T3); 120 (T4) and 430 females (T5) of the species per pupa and for *P. elaeisis* it was 20 (T2); 40 (T3); 80 (T4) and 160 females (T5) of the species per pupa) and four replicates. Each block contained eight parasitism units with 2 pupae of *Diatrea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in each. Parasitoid females aged 24 to 48 hours were released at the central point of the plots. Parasitism was allowed for 48 hours and then the pupae were removed, identified and taken to the laboratory to verify whether or not parasitism had occurred. To evaluate the effectiveness of the release of these eulophids in an area infested with *T. arnobia*, different areas were selected for each species, containing 16 trees with a defoliation level between 5 and 10% and around one to five caterpillars of *T. arnobia*/ 100 sheets. Each treatment plot contained 1 hectare, two treatments were carried out (treatment 1: approximately 1,200 adult females in 4 points/hectare, with an average of 300 adult females per release point and treatment 2: Control. Area without release) in randomized blocks, with four repetitions for each. The parasitoids were released before emergence in *D. saccharalis* pupae, which were placed inside SOS kraft paper bags 1.5 m above the ground. Evaluations were performed at 15, 30, and 45 days after release, observing the number of caterpillars per 100 leaves, number of pupae, number of parasitized pupae, number of pest insect adults and defoliation index. The parasitism found in *D. saccharalis* pupae for released species densities was similar between treatments T2 and T5 (*T. diatraeae*: 19.69% and 24.17% respectively; *T. howardi*: $42.7 \pm 1.04\%$ overall average and *P. elaeisis*: $27.7 \pm 16.6\%$ overall average). The parasitism in *T. arnobia* pupae found at 15 days were: 24.30% for *T. diatraeae*, 12.30% for *T. howardi* and 12.53% for *P. elaeisis*, differing from the control areas. At 30 days, there was no infestation of *T. arnobia* in areas with release of *T. howardi* and *T. diatraeae*, and there was a population reduction of this pest in the area with release of *P. elaeisis*. At 45 days the population of *T. arnobia* was practically equal to zero in the three experiments. Thus, the density of 1,200 individuals per hectare of the *T. diatraeae*, *T. howardi* and *P. elaeisis* species are indicated for release in eucalyptus plantations that present infestation of 5 to 10% of defoliation, 1 to 5 caterpillars/100 leaves, being enough to reduce the population of *T. arnobia* after 30 days of application.

Keywords: Biological control; Parasitoids; *Thyriniteina arnobia*; Density of parasitoids; Eulophids.

1. INTRODUÇÃO

As florestas plantadas com espécies do gênero *Eucalyptus* abrangem uma área em torno 7,47 milhões de hectares do território brasileiro (IBÁ, 2021). A expansão dos plantios de eucalipto ocorre em decorrência da versatilidade de uso, crescimento rápido e adaptação das espécies as condições climáticas presentes no país (ROSS, 2021).

Essas extensas áreas com plantios em sistema de monocultura favorecem o aparecimento de insetos que ocasionam danos atingindo assim importância econômica (BARBOZA et al., 2021). Entre essas pragas, destacam-se espécies de lepidópteros desfolhadores, que migraram de hospedeiros nativos para os plantios de eucalipto em busca de alimento (VALENTE et al., 2021). Destaca-se a espécie *Thyrintina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae), um dos principais agentes desfolhadores e portanto, causadores de danos na cultura (ALMEIDA et al., 2021b), sendo considerada o principal desfolhador (ALMEIDA et al., 2021a).

Os danos causados pela espécie são maiores nos últimos instares de desenvolvimento da lagarta (ALMEIDA et al., 2021b), e podem ocasionar desfolha total (em situação de populações que rapidamente ultrapassam o nível de controle), redução no volume médio de madeira e mortalidade de árvores (OLIVEIRA, PEDRUZZI e PEREIRA, 2010), resultando em perdas econômicas de até 79,7% (MATRANGOLO et al., 2010).

Os prejuízos causados por *T. arnobia* exigem que os produtores adotem medidas de controle e, dentre essas, pode-se destacar o controle mecânico, físico, comportamental, cultural, biológico e/ou químico (ZANUNCIO et al., 2021). Dentre os mais utilizados estão o desenvolvimento de híbridos resistentes e uso de inseticidas químicos (deltametrina, lufenuron e tebufenozida) e biológicos, como *Bacillus thuringiensis* (AGROFIT, 2022) e a liberação de parasitoides e predadores (HORTA et al., 2018).

Eulophidae, a maior família em Chalcidoidea, apresenta endoparasitoides ou ectoparasitoides de ovos, larvas ou pupas de vários insetos (MAIA e AZEVEDO, 2009), e muitas dessas espécies têm sido estudadas e utilizadas com sucesso em programas de controle biológico (TALEBI et al., 2011). É o caso dos parasitoides eulofídeos *Tetrastichus howardi* Olliff, 1893 (Hymenoptera: Eulophidae), *Trichospilus diatraeae* Cherian e Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) e *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) que interrompem o ciclo de desenvolvimento dos hospedeiros ao parasitar as pupas e, por isso vem sendo estudados visando o controle de lepidópteros-praga (PEREIRA et al., 2021).

O sucesso de um programa de controle biológico depende de pesquisas que avaliem a eficiência do parasitoide em campo (PASTORI et al., 2008) sendo a capacidade de dispersão e localização do hospedeiro atributos difíceis de se estimar, por serem influenciados por fatores como o local de liberação, fatores intrínsecos ao parasitoide, ao hospedeiro e a planta hospedeira, mas, são importantes para determinar a distribuição uniforme dos parasitoides no momento da liberação (PEREIRA et al., 2021). Portanto, conhecer a densidade ideal de inimigos naturais a ser liberada na área de interesse é muito importante, para melhor distribuição destes agentes em campo (BARBOSA et al., 2019).

Diante do exposto, nesta pesquisa objetivou-se determinar a densidade ideal a ser liberada por hectare das espécies *T. howardi*, *T. diatraeae*, *P. elaeisis* e conhecer a sua efetividade no controle populacional de *T. arnobia*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) situado em Dourados, MS e em plantios comerciais de eucalipto das empresas Brasilwood e Eldorado, associadas à Reflore (Associação Sul mato-grossense de produtores e consumidores de Florestas Plantadas), localizadas nos municípios de Nova Andradina, Três Lagoas e Ribas do Rio Pardo - MS.

2.1 Criação do hospedeiro para multiplicação dos parasitoides.

Ovos de *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) foram acondicionados em frascos de vidro (8,5 cm de diâmetro e 13 cm altura) contendo dieta artificial a base de farelo de soja, germe de trigo, vitaminas, sais minerais e antibióticos para alimentação das lagartas recém-eclodidas, onde permaneceram até o terceiro ínstar. Essas lagartas foram transferidas para placas de Petri (6,5 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura) contendo um cubo de dieta de realimentação (3 cm de largura, 3 cm comprimento e 1,5 cm de altura) mantidas a 26 ± 2 °C, umidade relativa de $60\pm 10\%$ e 14 horas de fotoperíodo em sala climatizada até a formação das pupas. As pupas foram recolhidas e separadas por sexo (20 machos e 30 fêmeas) em gaiolas cilíndricas de PVC (10 cm de diâmetro e 22 cm altura) revestidas internamente com folha de papel sulfite como substrato para oviposição (PARRA, 2007).

2.2 Criação dos parasitoides.

Foram estabelecidas criações separadas de cada espécie de parasitoide. Assim, adultos de *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis*, onde adultos desses parasitoides foram mantidos em tubos de vidro (1 cm de diâmetro e 10 cm de altura) vedados com algodão e contendo uma gotícula de mel para sua alimentação. Pupas de *D. saccharalis* com 24 a 48 horas de idade foram expostas ao parasitismo de fêmeas durante 24 horas e, após esse período, foram retiradas e mantidas a $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 10\%$ e 14 horas de fotofase em sala climatizada até a emergência dos adultos parasitoides. Para realização das criações foram utilizados indivíduos de criações já estabelecidas no LECOBIO, cujas identificações foram realizadas da seguinte maneira:

Os espécimes de *T. diatraeae* emergidos de pupas de *T. arnobia*, foram fixados em álcool 70% e enviados para identificação e depósito de vouchers. 40 exemplares de espécimes de *P. elaeisis* emergidos de uma pupa de *T. arnobia* foram encaminhados para a identificação. Já *T. howardi* foi coletado de pupa de *Diatraea* sp. na Fazenda Experimental da UFGD, fixada em álcool 85% e foi enviado para depósito de vouchers no Departamento de Ciências Biológicas da UFES.

2.3 Estimativa de fêmeas de Eulofídeos por pupa de *D. saccharalis* em eucalipto.

2.3.1 *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

O experimento foi desenvolvido em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* na fazenda São Cristóvão I, da empresa Brasilwood, no município de Nova Andradina – MS em novembro de 2019. O delineamento foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos (área sem liberação dos parasitoides e densidades de 20; 40; 80 e 160 fêmeas da espécie por pupa de *D. saccharalis* em quatro repetições). As parcelas (60 m de largura x 70 m de comprimento) receberam oito unidades de parasitismo com 2 pupas/parcela (Figura 1 e 2). As fêmeas dos parasitoides com 24 a 48 horas de idade foram liberadas no ponto central das parcelas. A distância mínima entre as parcelas foi de 100 metros. No momento do experimento a temperatura variou entre mínima de 19°C e máxima de 37°C , a umidade relativa do ar ficou em 64%, não havendo precipitação acumulada para o período.

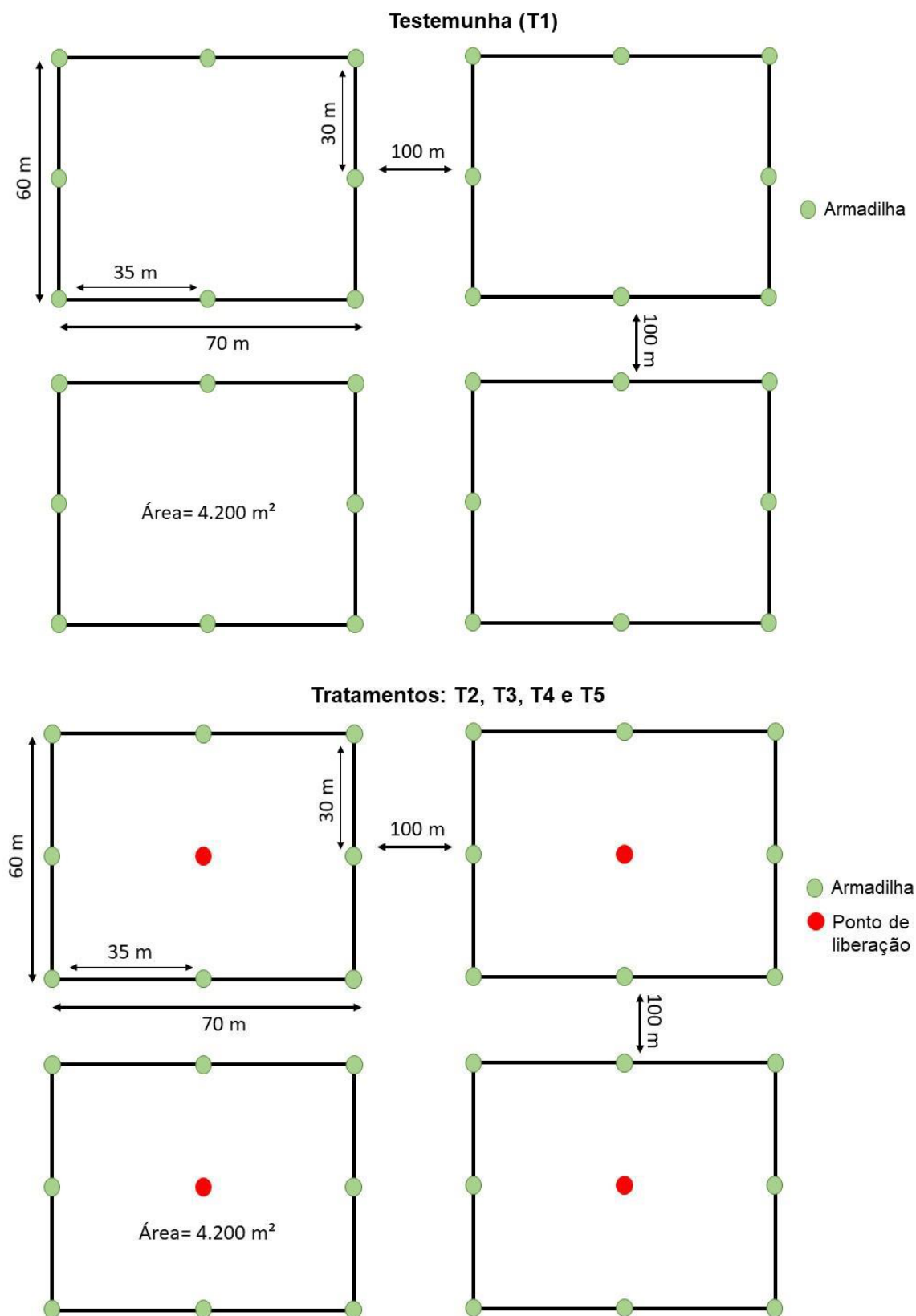


Figura 1. Desenho amostral da organização das parcelas experimentais da testemunha – T1 (sem liberação), e das parcelas experimentais – T2, T3, T4 e T5, realizado para cada experimento de densidade de liberação de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* para o controle de *Tyrinteina arnobia*, em um bloco com liberação de parasitoides, intercalando diferentes tratamentos dentro do mesmo bloco, em plantios comerciais de eucalipto, localizados em MS.



Figura 2. Unidade experimental contendo pupas do hospedeiro alternativo *Diatrea saccharalis* em plantio de *Eucalyptus urograndis*, em Nova Andradina, MS.

2.3.2 *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae)

O experimento foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus urophylla*, na empresa Eldorado, localizado na fazenda Santo Antônio Cláudio Franco, no município de Três Lagoas – MS em fevereiro de 2020. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, contendo cinco tratamentos (área sem liberação dos parasitoides e densidades de 30; 60; 120 e 430 fêmeas da espécie por pupa de *D. saccharalis*) com quatro repetições cada. As parcelas (60 m de largura x 70 m de comprimento) receberam oito unidades de parasitismo com 2 pupas/parcela (Figura 1). As fêmeas dos parasitoides com 24 a 48 horas de idade foram liberadas no ponto central das parcelas (figura 3). A distância mínima entre as parcelas foi de 100 metros. No momento do experimento a temperatura variou entre mínima de 20°C e máxima de 31° C, sendo a média de 25,3 °C, a umidade relativa do ar média ficou em 63% não havendo precipitação para o período.



Figura 3. Indivíduos de *Trichospilus diatraeae* sendo liberados em talhão de eucalipto, em Três Lagoas, MS.

2.3.3 *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae)

O experimento foi realizado em um povoamento de *E. urograndis*, na empresa Brasilwood, localizado na fazenda São Guilherme, no município de Ribas do Rio Pardo – MS em setembro de 2020. O delineamento foi em blocos ao acaso, contendo cinco tratamentos (área sem liberação dos parasitoides e densidades de 30; 60; 120 e 430 fêmeas da espécie por pupa de *D. saccharalis*) com quatro repetições cada. As parcelas (60 m de largura x 70 m de comprimento) receberam oito unidades de parasitismo com 2 pupas/parcela (Figura 1). As fêmeas dos parasitoides com 24 a 48 horas de idade foram liberadas no ponto central das parcelas. A distância mínima entre as parcelas foi de 100 metros. No momento do experimento a temperatura variou entre 22 °C a 40 °C, com média de 34,6 °C e a umidade relativa do ar ficou em 17%. Não houve precipitação para o período.

O parasitismo foi permitido para as três espécies de eulofídeos por 48 horas no campo, após as pupas de foram retiradas, individualizadas, colocadas no interior de potes coletores universais, tampadas, identificadas e transportadas para o LECOBIO, onde foram transferidas para tubos de ensaio vedados com algodão (Figura 4) e permaneceram em condições controladas de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo até a emergência dos insetos. A porcentagem de parasitismo foi calculada em função do número de pupas parasitadas x 100/número total de pupas encontradas em cada tratamento e em cada parcela. Foi considerada pupa parasitada aquela que apresentou emergência ou presença de parasitoides imaturos em seu interior.



Figura 4. Acondicionamento das pupas de *Diatrea saccharalis* em tubos de ensaio, após retorno do campo, para observar o parasitismo.

2.3.4 Análises estatísticas

Os dados de parasitismo (%) coletados foram submetidos a análise de regressão na análise de variância (ANOVA, teste F) até 5% de probabilidade de erro. O ajuste dos modelos foi escolhido com base no coeficiente de determinação (R^2) e na significância dos coeficientes de regressão (β_i), pelo teste t, até 5% de probabilidade de erro.

2.4. Liberação de eulofídeos para controle populacional de *Thyrintina arnobia*

Para avaliar a efetividade da liberação dos eulofídeos em área com infestação de *T. arnobia*, foi conduzido experimento na Fazenda São Guilherme, localizada em Ribas do Rio Pardo, MS, entre os dias 24 e 26 de julho de 2020 em plantio comercial de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), variedade VT 01, com idade de 6,5 anos (área *P. elaeisis*) e 7,5 anos (área *T. howardi* e área *T. diaetraeae*), com espaçamento entre linhas e entre plantas de 3,70 x 2,20m.

Áreas distintas foram selecionadas para cada espécie parasitoide, contendo 16 árvores com nível de desfolha entre 5 a 10% e em torno de uma a cinco lagartas de *T. arnobia*/100 folhas, confirmada por amostragem no local. Cada parcela continha 1 hectare com 4 pontos de coleta x 4 repetições, totalizando 4 hectares para cada espécie e 16 hectares considerando a área testemunha.

Foram realizados 2 tratamentos em blocos ao acaso, com quatro repetições para cada espécie:

Tratamento 1: Estimativa de 1.200 fêmeas adultas em 4 pontos/hectare, sendo 300 fêmeas adultas por ponto de liberação, e a distância entre os pontos de liberação de 50 metros.

Tratamento 2: Controle. Área sem liberação.

A montagem para as três espécies ocorreu no mesmo dia, com condições ambientais no momento da liberação de 22,1 °C de temperatura média do ar e 64% de umidade relativa. A liberação dos parasitoides foi realizada entre 7:00 e 17:30h.

Para liberação dos parasitoides foi utilizado sacos de papel kraft SOS contendo em seu interior 2 pupas de *D. saccharalis* com os parasitoides na fase de pupa próximos da emergência totalizando cerca de 1.200 indivíduos liberados. Os sacos foram presos em galhos de eucalipto, à 1,5 metros da superfície do solo. Aos 15, 30, e 45 dias após a liberação dos parasitoides foram realizadas avaliações do número de lagartas de *T. arnobia* por 100 folhas, o número de pupas de *T. arnobia*, o número de pupas parasitadas, o número de adultos do inseto-praga e o índice de desfolha. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância (ANOVA, teste F) até 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS

O parasitismo de *T. diatraeae* em pupas de *D. saccharalis* dispostas em armadilhas em plantas de eucalipto, foi de 19,69% quando liberou-se 30 indivíduos por pupa e 24,17% quando liberados 430 indivíduos, sem diferença entre as médias (Figura 5). Comprovando que o resultado de indivíduos liberados por hectare no tratamento 2 (aproximadamente 1.143 fêmeas/hectare - Figura 6), alcançou parasitismo semelhante ao observado no tratamento 5 (16.381 fêmeas/hectare – Figura 6). A predação de pupas em campo foi de 11,32%.

Os dados de parasitismo observados para *T. howardi* em pupas de *D. saccharalis*, foram semelhantes, com média geral foi de $42,7 \pm 1,04\%$ (Tabela 1). Com um percentual de predação das pupas em campo de 14,06%. Esses dados demonstram que a quantidade de fêmeas liberadas no tratamento 2 (1.143 fêmeas/hectare) não diferiu dos resultados encontrados com a liberação de realizada no tratamento 5 (16.381 fêmeas/hectare), sugerindo que a menor quantidade liberada neste experimento é suficiente para uma boa distribuição dos parasitoides na área, não influenciando no percentual de parasitismo observado.

Para *P. elaeisis* foi observado um parasitismo de $27,7 \pm 16,6\%$ em pupas de *D. saccharalis*, com uma predação de 19,58%. A taxa de parasitismo neste experimento foi afetada negativamente pela predação que ocorreu na área experimental, onde foi observado ataque de formigas e vespas as pupas sentinelas expostas. Nos tratamentos 2 e 3 não ocorreu parasitismo nas pupas sentinelas expostas (Tabela 2). É possível que as condições climáticas no momento de liberação tenham prejudicado a performance de *P. elaeisis*, pois a área recentemente havia passado por podas, apresentando pouca presença de extrato herbáceo no sub-bosque, que possivelmente deixou a espécie mais exposta ao calor excessivo, bem como, pode ter afetado a sanidade das pupas sentinelas em determinados talhões.

Os resultados observados do parasitismo em *D. saccharalis* por cada uma das espécies estudadas, serviram de base para definir a densidade de liberação de 1.200 fêmeas/hectare a ser liberada de *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis*, em uma área com infestação para avaliar a eficiência em encontrar e parasitar o hospedeiro natural *T. arnobia* (Tabela 3).

O índice de desfolha praticamente foi constante durante os 45 dias de experimento nos três experimentos (Tabela 3). A porcentagem de parasitismo de pupas de *T. arnobia* por fêmeas de *T. diatraeae* foi de 24,30% em plantios de eucalipto. Não sendo observado a presença de lagartas ou pupas 30 dias após a liberação, diferindo da testemunha.

A porcentagem de parasitismo de pupas de *T. arnobia* por fêmeas de *T. howardi* (Tabela 3, Figura 7A) foi de 12,30% em plantios de eucalipto. O número de adultos de *T.*

arnobia foi menor aos 30 dias, no tratamento com parasitoide, o que pode ser explicado pela sua ação sobre as pupas ao longo desse período.

A porcentagem de parasitismo de pupas de *T. arnobia* por fêmeas de *P. elaeisis* (Tabela 3, Figura 7B) foi de 12,53% em plantios de eucalipto. Houve uma redução na população de adultos de *T. arnobia* 30 dias após a liberação dos parasitoides, quando comparado ao observado na testemunha.



Figura 7. (A) *Tetrastichus howardi* emergindo na pupa de *Thyrinteina arnobia*. (B) Fêmea de *Palmistichus elaeisis* parasitando pupa de *Thyrinteina arnobia*. Fonte: Fabricio Fagundes Pereira.

O parasitismo em pupas provenientes da testemunha foi nulo nos três experimentos realizados (Tabela 3). Fato que comprova a eficiência desses parasitoides em encontrar e parasitar pupas deste lepidóptero em eucalipto e que nestas áreas que foram realizados os experimentos não havia este parasitoide. Nessa condição de baixa infestação, as pupas estão em baixas quantidades, o que pode ser empecilho para o parasitoide encontrá-la. Aos 45 dias, a população do inseto-praga foi praticamente a zero nos três experimentos (Tabela 3).

4. DISCUSSÃO

As três espécies de eulofídeos avaliadas nesta pesquisa foram bem sucedidas em buscar e parasitar as pupas do hospedeiro alternativo *D. saccharalis*, dando uma noção de como se comportam em uma área com plantios de eucalipto, demonstrando potencial para serem utilizados em futuros programas de controle biológico na cultura. Para que um programa de controle biológico com parasitoides seja bem-sucedido, o inimigo natural deve conseguir encontrar e parasitar seu hospedeiro em campo (PEREIRA et al., 2010; PRATISSOLI et al., 2005). A localização do hospedeiro pelo parasitoide ocorre por meio de

sinais químicos como voláteis das plantas (LOPES et al., 2012), concentrações de substâncias químicas depositadas pelo hospedeiro (caïromônios) (SPATARO e BERNSTEIN, 2007) entre outros sinais emitidos pelo hospedeiro antes do parasitismo (PASTORI et al., 2012). A ausência de parasitismo nas áreas testemunhas, demonstram que nenhuma das espécies avaliadas nesta pesquisa estavam presentes na área de estudo antes da liberação.

Para *T. diatraeae* e *T. howardi* a ausência de diferença na quantidade liberada por parcela sobre o índice de parasitismo sugere que a liberação de 1.146 fêmeas/hectare é adequada, não necessitando aumentar custos com maior produção de parasitoides a serem liberados por área, para que o controle seja efetivo. Conhecer a quantidade adequada de parasitoides a ser liberada aumenta as chances de sucesso em programas de controle biológico aplicado (PEREIRA et al., 2010). A liberação de grande quantidade de parasitoides na mesma área pode ocasionar a competição intraespecífica e diminuir a eficiência biológica do inimigo natural (BARBOSA, 2014).

Foi verificada a ocorrência de predação de pupas do hospedeiro *D. saccharalis* em todos os experimentos para determinação de densidade, ocasionados principalmente por formigas cortadeiras. A alta predação ocorreu pela presença natural destes inimigos no povoamento florestal, não ficando as pupas disponíveis apenas para o parasitismo pelos parasitoides.

Possivelmente a elevada temperatura de 37 °C tenha prejudicado a performance de *P. elaeisis* na busca pelo hospedeiro alternativo, pois a abertura de dossel devido à poda recente permitiu maior entrada de calor no interior do povoamento, fator que pode ter influenciado na qualidade das pupas expostas, dificultando o parasitismo pelo parasitoide e favorecendo a predação devido à baixa oferta de disponibilidade de alimento aos inimigos naturais presentes naquelas condições. Menores índices de parasitismo em ensaio de semi-campo com *P. elaeisis* foram observados em pupas do hospedeiro alternativo *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de *E. grandis*, que atingiu cerca de 76% na densidade de 32 parasitoides por pupas e utilizando 1.152 indivíduos por parcela, quando comparado a resultados de parasitismo da espécie com hospedeiro natural em condições de laboratório (PEREIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2008). Além disso, o parasitismo em campo pode variar devido a preferência do parasitoide pelo hospedeiro, a fenologia da planta e pelo número de parasitoides liberado na área (PEREIRA et al., 2010).

Com a análise experimental das três espécies de eulofídeos (*T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis*) sobre o hospedeiro natural *T. arnobia* em campo, foi possível comprovar a diferença na capacidade de parasitismo entre condições de laboratório e campo. Essa diferença se deve principalmente a fatores bióticos e abióticos, como competição

interespecífica, condições climáticas, capacidade de pupas ficarem em diferentes locais nas árvores, sobrevivência do parasitoide em condições adversas.

Em condições de laboratório, avaliação de características biológicas das três espécies presentes neste estudo foram realizadas em *T. arnobia*, obtendo parasitismo por *T. diatraeae* em 100,00% das pupas, com emergência em 89,25% das pupas, sendo 94% dos parasitoides fêmeas (SOUSA et al., 2021). O parasitismo de *T. howardi* em pupas de *T. arnobia* foi de 72,22%, com emergência por pupa de aproximadamente 68,86 indivíduos, sendo 96% fêmeas, apresentado a vantagem de que essa espécie também parasita lagartas (PALOMBO et al., 2020), porém, no experimento de campo, observou-se que apesar de *T. howardi* parasitar lagarta, o seu desempenho não foi tão bom como o observado para *T. diatraeae* (Tabela 3). Já para *P. elaeisis* o parasitismo verificado em *T. arnobia* foi de 75%, com ocorrência de emergência em 74,63% das pupas parasitadas, sendo 94% dos indivíduos emergidos fêmeas, que são as responsáveis pelo parasitismo, e conseqüentemente pela reprodução e aumento de sua população no campo nas gerações posteriores (SOUSA et al., 2021).

A menor quantidade de adultos de *T. arnobia* aos 30 dias após a liberação, quando comparado a testemunha, pode ser explicada pela ação destes parasitoides sobre as pupas ao longo do período de estudo (SOUSA et al., 2021). A ausência de inseto-praga aos 45 dias em todos os tratamentos provavelmente foi devida as condições climáticas, principalmente a temperatura de 38,7 °C, registrada no dia 13 de setembro de 2020, em Ribas do Rio Pardo, MS, que pode ter causado o declínio da população. Caso continuasse o surto, a população do inseto-praga poderia ser menor devido o provável estabelecimento da população do parasitoide, reduzindo inclusive a imigração da população da praga para outros talhões.

5. CONCLUSÃO

A densidade de 1.200 indivíduos por hectare para as espécies *T. diatraeae*, *T. howardi* e *P. elaeisis* para liberação em plantios de eucalipto com infestação de 5 a 10 % de desfolha, 1 a 5 lagartas/100 folhas é suficiente para reduzir a população de *T. arnobia* após 30 dias da liberação, demonstrando que estes parasitoides são efetivos na redução da população desse hospedeiro natural em plantios de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. 2022. File Online http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. (Accessed 20 Abril 2022).

ALMEIDA C.A.C., GONÇALVES F.S., RODRIGUES M.B., SANTOS J.M., BREDA M.O. 2021a. Food preference of *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) on native and exotic hosts. *Revista Árvore*. **45**: 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-908820210000011>

ALMEIDA C.A.C., GONÇALVES F.S., RODRIGUES M.B., ANDRADE A.B.A., SANTOS J.M., BREDA M.O., SANTANA A.E.G. 2021b. Compostos orgânicos voláteis (COVs) cuticulares em *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae). *Ciência Florestal*, **31**: 948-958. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509844521>

BARBOSA R.H., PEREIRA F.F., MOTOMIYA A.V.A., KASSAB S.O., ROSSONI C., TORRES J.B., MUSSURY R.M., PASTORI P.L. 2019. *Tetrastichus howardi* density and dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer. *Neotropical Entomology*. **48**: 323-331.

BARBOSA L.R., QUEIROZ D.L., REIS FILHO W. 2014. Pragas de importância econômica. (In: Sistemas de produção: cultivo do eucalipto. SANTOS P.E.T. (Ed.). 4. ed. Embrapa. Brasília). File Online <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. (Accessed 29 Abril 2022).

BARBOZA L.R., QUEIROZ D.L., NICKELE M.A., QUEIROZ E.C., REIS FILHO W., IEDE E.T., PENTEADO S. R.C. 2021. Pragas de eucaliptos. (In: O eucalipto e a Embrapa: Quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. OLIVEIRA E.B., PINTO JÚNIOR J.E (Ed.). Embrapa. Brasília): 751-780.

HORTA A.B., ARDISSON-ARAUJO D.M.P., SILVA L. A., MELO F.L., MORGADO F.S., LEMOS M.V.F., RIBEIRO Z.A., BOIÇA A.L., WILCKEN C.F., RIBEIRO B.M. 2018. Genomic analysis of a cypovirus isolated from the eucalyptus brown looper, *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae). *Virus Research*. **253**: 62-67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2018.05.026>

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual IBÁ 2021. 2021. File Online <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. (Accessed 23 Junho 2022).

LOPES A. P. S., DINIZ I. R., MORAES M. C. B., BORGES M., LAUMANN R. A. 2012: Defesas induzidas por herbivoria e interações específicas no sistema tritrófico soja-percevejos-parasitoides de ovos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. **47**: 875-878.

MAIA V.C., AZEVEDO M.A.P. 2009. Micro-himenópteros associados com galhas de Cecidomyiidae (Diptera) em Restingas do Estado do Rio de Janeiro (Brasil). *Biota Neotropica*. **9**: 151-164.

MATRANGOLO C.A.R, CASTRO R.V.O., LUCIA T.M.C.D., LUCIA R.M.D., MENDES A.F.N., COSTA J.M.F., LEITE H.G. 2010. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial., *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. **45**: 952-957.

OLIVEIRA H.D., PEDRUZZI E.P., PEREIRA F.F. 2010. Técnica de Criação de *Thyrintaina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 105. Pp.21.

PALOMBO I. de L., LUCCHETTA J.T., CARDOSO C.R.G., NEVES R.L.F., SANTOS J.P., PEREIRA F.F. 2020. Parasitismo de *Tetrastichus howardi* em lagartas de *Thyrintaina arnobia* em semi-campo. (In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão UFGD, 14. Dourados. Anais. CD-Rom).

PARRA J.R.P. 2007. Técnicas de Criação de Insetos para Programa de Controle Biológico. 6ª ed. ESALQ/FEALQ. Piracicaba. Pp.134.

PASTORI P.L., PEREIRA F.F., ANDRADE G.S., SILVA R.O., ZANUNCIO J.C., PEREIRA A.I.A. 2012. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in pupae of two lepidopterans defoliators of eucalypt. *Revista Colombiana de Entomologia*. **38**: 91-93.

PASTORI P.L., MONTEIRO L.B., BOTTON M. 2008. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em pomar adulto de macieira. *Boletim de Sanidad Vegetal Plaga*. **34**:239-245.

PEREIRA F.F., PASTORI P.L., KASSAB S.O., TORRES J.B., CARDOSO C.R.G., FERNANDES W.C., OLIVEIRA H.N., ZANUNCIO J.C. 2021. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. ((In: Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira. PARRA J.R.P., PINTO A.S., NAYA D.E., OLIVEIRA R.C. DE O., DINIZ A.J.F. FEALQ, Piracicaba): 317–361.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO T.V., ZANUNCIO J.C., PRATISSOLI D., TAVARES M.T. 2008. Species of Lepidoptera Defoliators of Eucalyptus as New Host for the Parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). Brazilian Archives of Biology and Technology: an International Journal., **51**: 259-262.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., PASTORI P.L., PEDROSA A.R.P., OLIVEIRA H.N. 2010: Parasitismo de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiro alternativo sobre plantas de eucalipto em semi-campo. Rev. cienc. agron. **41**: 715-720.

PRATISSOLI D., VIANNA U.R., ZAGO H.B., PASTORI, P.L. 2005: Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* em tomateiro estaqueado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. **40**: 613-616.

ROSS J.L.S. 2021. Sistemas ambientais naturais e núcleos de concentração de eucaliptos. (In: Eucalipto no Brasil: Expansão geográfica e impactos ambientais. RODRIGUES G.S.S.C., ROSS J.L.S., TEIXEIRA G., SANTIAGO O.R.P.L, FRANCO C. Composer. Uberlândia): 46-64.

SOUZA A.A., PALOMBO I.L., CARDOSO C.R.G., LUCCHETTA J. T., RAMOS L.F.R.N., PEREIRA F.F. 2021. Biologia comparada de eulofídeos em pupas de *Thyrintina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). (In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão UFGD, 14. Dourados. Anais. CD-Rom). File Online <http://eventos.ufgd.edu.br/enepex/anais/arquivos/4328.pdf>. (Accessed 18 Julho 2022).

SPATARO T., BERNSTEIN C. 2007. Influence of environmental conditions on patch exploitation strategies of parasitoids. Behavioral Ecology. **18**: 742-749. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/beheco/arm042>

TALEBI A.A, KHORAMABADI A.M., RAKHSHANI E. 2011. Checklist of eulophid wasps (Insecta: Hymenoptera: Eulophidae) of Iran. Check List: Journal of Species Lists and Distributionn. **7**: 708-719.

VALENTE C., GONÇALVES C., VASQUES J., MANTA A.C., BRAGANÇA H., BRANCO M. 2021. Pragas e Doenças Associadas aos Eucaliptos. (In: As plantações de eucalipto e os recursos naturais em Portugal: avanços recentes e desafios. MANTA A.C., DIAS A.C., QUINTELA A., CARVALHO A.S., AIRES A., NETO C.P., VALENTE C., *et al.*, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. Portugal): 159-175.

ZANUNCIO J.C., PLATA A., LEMES P.G., BRÜGGER B.P. 2021. *Thyrinteina arnobia*. (In: Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras. LEMES P.G.; ZANUNCIO J.C. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros): 487-499.

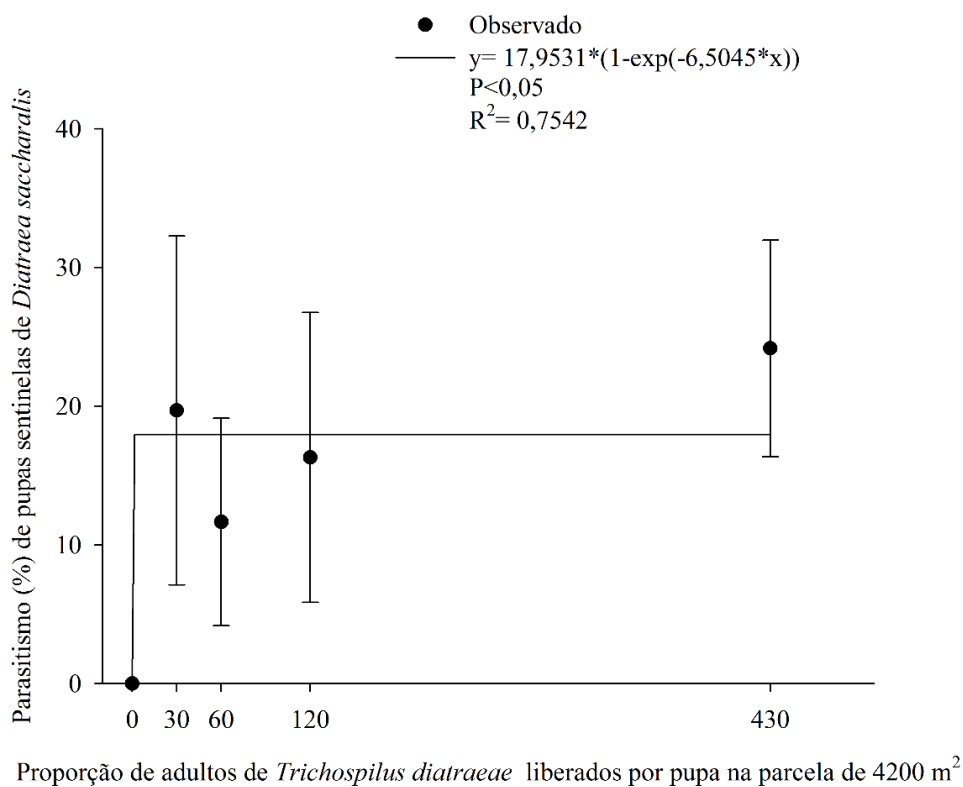


Figura 5. Parasitismo de *Trichospilus diatraeae* em pupas sentinelas de *Diatraea saccharalis* por parcela, em diferentes densidades de liberação, em plantio comercial de *Eucalyptus urophylla* localizado em Três Lagoas – MS.

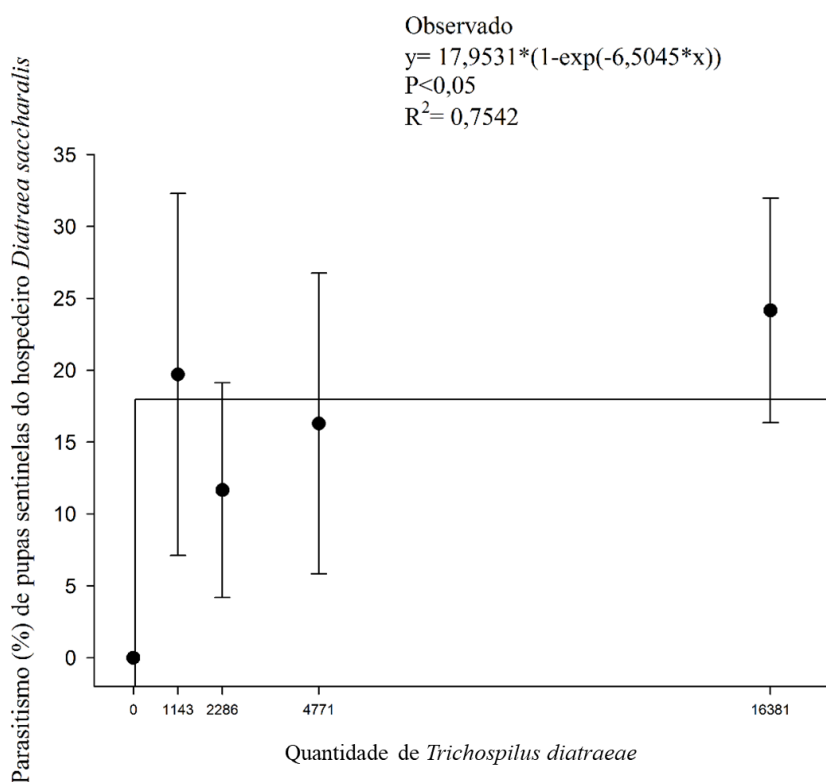


Figura 6. Parasitismo de *Trichospilus diatraeae* em pupas sentinelas de *Diatraea saccharalis* por hectare, em diferentes densidades de liberação, em plantio de *Eucalyptus urophylla* localizado em Três Lagoas – MS.

TABELA 1. Porcentagem de parasitismo de fêmeas de *Tetrastichus howardi* em pupas sentinelas de *Diatraea saccharalis*, liberadas em diferentes quantidades por parcela e hectare, em plantio de *Eucalyptus urograndis* localizado em Ribas do Rio Pardo, MS.

Tratamentos	Quantidade liberada/ parcela	Quantidade liberada/hectare	% de parasitismo
T1- Testemunha	0	0	0
T2 – 30 fêmeas/ha	480	1.143	41,67
T3 – 60 fêmeas/ha	960	2.286	41,67
T4 – 120 fêmeas/ha	1.920	4.571	45,83
T5 – 430 fêmeas/ha	6.880	16.381	41,67

TABELA 2. Porcentagem de parasitismo de fêmeas de *Palmistichus elaeisis* em pupas sentinelas de *Diatraea saccharalis*, liberadas em diferentes quantidades por parcela e hectare, em plantio de *Eucalyptus urograndis* localizado em Ribas do Rio Pardo, MS.

Tratamentos	Quantidade liberada/ parcela	Quantidade liberada/hectare	% de parasitismo
T1- Testemunha	0	0	0
T2 – 20 fêmeas/ha	320	762	0
T3 – 40 fêmeas/ha	640	1.524	0
T4 – 80 fêmeas/ha	1280	3.048	44,4
T5 – 160 fêmeas/ha	2560	6.096	66,7

TABELA 3. Eficiência biológica de *Trichospilus diatraeae*, *Tetrastichus howardi* e *Palmistichus elaeisis* na quantidade de 1200 parasitoides por hectare, com infestação de 5 a 10 % de desfolha, 1 a 5 lagartas de *Thyrintina arnobia*/100 folhas, em plantio de *Eucalyptus urograndis* localizado em Ribas do Rio Pardo, MS.

		Número de lagartas por 100 folhas	Número médio de Pupas	Número de adultos praga	Número de Pupas da parasitadas (%)	Índice de desfolha (%)
<i>Trichospilus diatraeae</i>	Liberação	6,87	1,0	0,0	0,00	5 a 10%
	15 DAL	4,00	1,87	0,0	24,30	5 a 10%
	30 DAL	0,0	0,0	0,0	0,0	5 a 10%
	45 DAL	0,0	0,0	0,0	0,0	5 a 10%
	Testemunha					
	Liberação	7,80	1,00	0	0,00	5 a 10%
	15 dias	6,37	1,18	0	0,00	5 a 10%
	30 dias	5,50	0,00	1,25	0,00	5 a 10%
45 dias	0,00	0,00	0,0	0,00	5 a 10%	
<i>Tetrastichus howardi</i>	Liberação	4,00	1,37	0,0	0,00	5 a 10%
	15 DAL	4,38	1,69	0,0	12,30	5 a 10%
	30 DAL	4,5	1,43	0,25	15,12	5 a 10%
	45 DAL	0,0	0,0	0,0	0,0	5 a 10%
	Testemunha					
	Liberação	7,80	1,00	0	0,00	5 a 10%
	15 dias	6,37	1,18	0	0,00	5 a 10%
	30 dias	5,50	0,00	1,25	0,00	5 a 10%
45 dias	0,00	0,00	0,0	0,00	5 a 10%	
<i>Palmistichus elaeisis</i>	Liberação	6,37	0,35	0,0	0,00	5 a 10%
	15 DAL	5,50	0,56	0,0	12,53	5 a 10%
	30 DAL	0,0	0,0	0,37	0,0	5 a 10%
	45 DAL	0,0	0,0	0,0	0,0	5 a 10%
	Testemunha					
	Liberação	7,80	1,00	0	0,00	5 a 10%
	15 dias	6,37	1,18	0	0,00	5 a 10%
	30 dias	5,50	0,00	1,25	0,00	5 a 10%
45 dias	0,00	0,00	0,0	0,00	5 a 10%	

Liberação = Dia da montagem do experimento; DAL = Dias após a liberação em 24 de julho de 2020. Ribas do Rio Pardo, MS.

CONCLUSÕES GERAIS

1. *Trichogramma bruni* e *T. pretiosum* conseguem parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* e *C. includens* em condições de laboratório.
2. Este o primeiro registro de parasitismo e desenvolvimento de *T. bruni* e *T. pretiosum* no hospedeiro *I. panopla*, em condições de laboratório.
3. *Trichogramma bruni* teve melhor desenvolvimento em *C. includens* comparado ao *T. pretiosum*, apresentando maior porcentagem de parasitismo, duração do ciclo de vida, número de ovos parasitados e longevidade do macho.
4. *Trichogramma bruni* consegue se deslocar por aproximadamente 25 m em plantios de eucalipto com 3,5 anos de idade, em 48 horas.
5. As armadilhas adesivas amarelas são úteis para verificar a presença de *T. bruni* em plantios de eucalipto com 3,5 anos de idade.
6. *Trichogramma bruni* consegue encontrar, parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla*, em plantios de eucalipto.
7. A densidade de 1.200 indivíduos por hectare para as espécies *T. diatraea*, *T. howardi* e *P. elaeisis* para liberação em plantios de eucalipto com infestação de 5 a 10 % de desfolha, 1 a 5 lagartas/100 folhas é suficiente para reduzir a população de *T. arnobia* após 30 dias da liberação, demonstrando que estes parasitoides são efetivos na redução da população desse hospedeiro natural, em plantios de eucalipto.
8. Estes resultados são importantes para a concepção de um programa de controle biológico de *C. includens* com *T. bruni* e *T. pretiosum* em plantios de soja.
9. Estes resultados são importantes para a concepção de um programa de controle biológico de *Iridopsis panopla* e *T. arnobia* em plantios comerciais de eucalipto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho ampliam os conhecimentos sobre a biologia de *T. bruni*, trazendo grande contribuição ao constatar em campo a efetividade deste parasitoide no controle de lepidópteros desfolhadores com importância econômica, como a *I. panopla* em plantios de eucalipto.

Os elevados índices de parasitismo de *T. bruni* e *T. pretiosum*, já são um ótimo indicativo de que essas espécies podem ser utilizadas em programas de controle biológico tanto em ambientes agrícolas como florestais.

Essa pesquisa permite estimar a quantidade ideal de eulofídeos a ser liberada por hectare em campo, proporcionando otimização e efetividade no controle de pragas nativas como *T. arnobia* e *I. panopla*, possibilitando prever o número de pontos de liberação por parcela.

Esse trabalho contribui para a ampliação de programas de controle biológico em florestas de eucalipto e oferece conhecimento sobre ferramentas possíveis de serem aplicadas e testadas para outras espécies de parasitoides. Deste modo, também colabora para uma produção silvicultural mais sustentável, proporcionando alternativas ao uso de produtos químicos, contribuindo para um ambiente mais equilibrado.