

FRANCIELY DA SILVA PONCE

MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM BRÁSSICAS COM USO DE
Trichogramma pretiosum Riley (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

Botucatu

2021

FRANCIELY DA SILVA PONCE

**MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM BRÁSSICAS COM USO DE
Trichogramma pretiosum Riley (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia/Horticultura

Orientadora: Profa. Dra. Regiane Cristina
de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Santino Seabra
Júnior

Botucatu

2021

P792m	Ponce, Franciely da Silva Manejo de lepidópteros-praga em brássicas com uso de <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) / Franciely da Silva Ponce. – Botucatu, 2021 167 p. : il., tabs., mapas Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientadora: Regiane Cristina de Oliveira Coorientador: Santino Seabra Júnior 1. Controle biológico. 2. <i>Plutella xylostella</i>. 3. <i>Chrysodeixis includens</i>. 4. Seletividade. 5. Custo e rentabilidade. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM BRÁSSICAS COM USO DE
Trichogramma pretiosum Riley (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE)

AUTORA: FRANCIELY DA SILVA PONCE

ORIENTADORA: REGIANE CRISTINA DE OLIVEIRA

COORDENADOR: SANTINO SEABRA JÚNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. REGIANE CRISTINA DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. BRUNO ALEXIS ZACHRISSON SALAMINA (Participação Virtual)
Laboratório de Entomologia do centro de Pesquisa Agropecuária Oriental / Instituto de Investigação
Agropecuária de Panamá

Prof. Dr. DIRCEU PRATISSOLI (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Universidade Federal do Espírito Santo

Profa. Dra. ALESSANDRA REGINA BUTNARIU (Participação Virtual)
Agronomia / Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Prof. Dr. CARLOS FREDERICO WILCKEN (Participação Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 25 de outubro de 2021

Aos queridos professores aposentados Luiz
Carlos Forti e João Rodrigues Domingos, por
escolher continuar compartilhando conosco seus
conhecimentos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Maria, padrasto Feliciano, irmã Ana Claudia pelo apoio durante esses anos de jornada.

Aos meus filhos Vinicius e Clara Luiza.

Aos meus filhos de patas Manolo e companhia que tiveram e têm um papel mais que especial em minha jornada, fazendo o caminho menos duro e iluminado.

À Universidade do Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, pela oportunidade oferecida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

À Profa. Dra. Regiane, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de profissional, mãe e mulher.

Ao meu querido coorientador pelo apoio e ensinamentos durante esta e as demais jornadas que trilhamos juntos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

À Empresa Folhas da terra, através da pessoa do Luiz Felipe Baldini e Antônio Baldini, pela disponibilidade da área e por acreditar neste projeto.

Às funcionárias do grupo Folhas da terra Sheron, Antônia e Cristina, pelo auxílio durante a pandemia e recepção sempre calorosa.

Ao produtor Sérgio por possibilitar a coleta das linhagens de *Trichogramma pretiosum* intituladas Vitoriana I e II.

Ao Dr. Sérgio Benvenga por auxiliar na captura das linhagens de *Trichogramma pretiosum* intituladas SB I e II.

Aos meus colegas de laboratório, Thais Carolina Cirino, Simone da Silva Vieira, Nadja Nara P. Silva, Melissa Generoso, Verônica Novais, Pedro Ikuno, Ana Beatriz Ramos e Lucas de Oliveira, que me auxiliaram durante a jornada e a todos do Grupo de Pesquisa AGRIMIP que participaram de alguma forma na execução dos trabalhos.

Ao meu querido bolsista Moisés Daniel de Oliveira, pela grande ajuda parceria e amizade.

À amiga e colega de laboratório Claudia Ap. de Lima Toledo pelo auxílio, amizade e companheirismo.

À querida tia Sandra Mioni, sempre prestativa, dedicada e amorosa com todos.

Aos vizinhos e amigos Maura, Mike e Márcio pelo auxílio nos momentos difíceis.

Ao amigo Willian Monesi pelo auxílio durante a condução de parte dos experimentos.

À Luciana Fernandes Silva, estagiária e posteriormente técnica do laboratório AGRIMIP, pelo companheirismo, amizade e milhares de caixinhas de liberação que você gentilmente fez, durante o tempo de estágio.

À estagiária Raquel pelas inúmeras caixinhas de liberação confeccionadas.

Ao querido amigo Paulo Roberto Rodrigues pelo companheirismo e ajuda.

À Professora Silvia Renata Wilcken e Vanessa Rafaela de Carvalho pela disponibilidade de espaço e tempo para realização das análises moleculares.

Aos amigos conquistados durante a estada em Nova Mutum-MT, Fernanda Dipple, Antônia e Gilberto Dipple.

À querida amiga mais que preciosa quem me estendeu a mão, sem hesitar, Tainara Romani.

Aos professores da Universidade Estadual Paulista com os quais eu tive o prazer de ter aulas, pelos ensinamentos que perpassam o âmbito acadêmico. Em especial aos Professores Filipe Pereira Giardini Bonfim, Giuseppina Pace Pereira Lima, João Domingos Rodrigues e Luiz Carlos Forti pela disponibilidade, carinho e auxílio.

“Eu não sou um ser humano, sou uma ideia. Uma ideia não se pode aprisionar”

da Silva, L. I. L. **Discurso feito em frente ao Sindicato dos Metalúrgicos do ABC Paulista** - São Bernardo do Campo - SP, 08 de abril de 2018.

RESUMO

As brássicas compõem algumas das hortaliças mais cultivadas no Brasil e no mundo. A ocorrência de lepidópteros-praga durante o ciclo produtivo é o principal entrave a produção. Dessa forma, esta tese foi dividida em seis capítulos em que objetivou-se selecionar linhagens de *T. pretiosum* aptas para utilização no manejo biológico de lepidópteros praga no cultivo de brássicas. Para tanto, os capítulos abordam exigências térmicas, seleção de linhagens, capacidade de dispersão, seletividade de produtos fitossanitários e liberação de *T. pretiosum*. Além do custo e rentabilidade do manejo biológico empregando este agente de controle em cultivos de couve e repolho. A temperatura influenciou nas características biológicas das linhagens avaliadas e cada população apresentou temperaturas ideais de desenvolvimento distintas. No entanto, a temperatura constante de 36°C foi prejudicial tanto para o parasitismo, como para viabilidade, longevidade das fêmeas e razão sexual, não sendo recomendada para a multiplicação das linhagens em laboratório. A linhagem 'Folhas da terra', apesar de estar na 54ª geração, foi a que apresentou maior número de insetos voadores, fêmeas voadoras e razão sexual, sendo a mais indicada também para o manejo de *Chrysodeixis includens*. A combinação de endossimbiontes *Cardinium*, *Spiroplasma* e *Serratia* proporcionou a linhagem 'Folhas da terra' a maior proporção de fêmeas. A dispersão no período de 24 horas das fêmeas de *T. pretiosum* atingiu um raio de 6,26 metros em couve e 6,07 metros em repolho, correspondendo a uma área de dispersão de 81,23 e 79,03 m², respectivamente, podendo-se adotar 123 pontos de liberação por hectare para a cultura da couve e 126 para o repolho. Produtos denominados adubos foliares, podem ser tão prejudiciais quanto inseticidas a *T. pretiosum*, quanto ao contato tarsal. Da mesma forma, os fungicidas podem ser nocivos quanto ao contato tarsal, e inofensivos quando pulverizados sobre os ovos que serão ofertados a *T. pretiosum*. Apesar de seletivo quando exposto via contato tarsal, o Agree[®] promoveu uma redução na viabilidade dos ovos parasitados, quando a pulverização ocorreu sobre os ovos de *Anagasta kuehniella*. Os adubos foliares, Actilase Intense[®], Alcygol B[®], Boroplex[®], Duo organo[®], Organo cálcio[®], não foram seletivos a *T. pretiosum*, exceto quando utilizado em mistura entre Boroplex[®], Duo organo[®], Organo cálcio[®]. Em cultivo comercial de repolho a liberação de 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* é capaz de manter a população de *Plutella xylostella*, *C. includens* e *Helulla undalis* a

baixo do nível de controle, reduzindo as necessidades de pulverização com inseticidas químicos em 100%, mesmo em períodos com condições climáticas mais favoráveis a reprodução dos insetos. As liberações inundativas de *T. pretiosum* representaram até 36,2% das operações manuais realizadas no cultivo de couve. No cultivo de repolho, os custos com monitoramento e liberação de *T. pretiosum* representaram até 19,2% das operações manuais. O custo de aquisição dos parasitoides representou 34,1% dos custos com materiais no cultivo de repolho verde, e 14,0% no repolho roxo. Nos cultivos de couve, representou apenas 20,9% dos custos com material de consumo. As liberações de *T. pretiosum* tem custo até 50% menor quando comparado ao da pulverização com inseticidas químicos. Além de proporcionar lucro operacional durante todos os cultivos realizados ao longo de um ano, proporcionando índices de lucratividade superiores a 70% e 50% nos cultivos de repolho verde e roxo, respectivamente. O índice de lucratividade no cultivo de couve foi superior a 85%.

Palavras-chave: controle biológico; *Plutella xylostella*; *Chrysodeixis includens*; seletividade; custo e rentabilidade

ABSTRACT

Brassicas make up some of the most cultivated vegetables in Brazil and in the world. The occurrence of pest Lepidoptera during the production cycle is the main obstacle to production. Thus, this thesis was divided into six chapters in which the objective was to select *T. pretiosum* strains suitable for use in the biological management of Lepidoptera pests in the cultivation of brassica. Therefore, the chapters address thermal requirements, selection of strains, dispersibility, selectivity of phytosanitary products and release of *T. pretiosum*. In addition to the cost and profitability of biological management using this control agent in kale and cabbage crops. The temperature influenced the biological characteristics of the evaluated strains and each population had different ideal development temperatures. However, the constant temperature of 36°C was harmful to parasitism, viability, female longevity and sex ratio, and is not recommended for the multiplication of strains in the laboratory. The 'Folhas da Terra' strain, despite being in the 54th generation, had the highest number of flying insects, flying females and sex ratio, being also the most suitable for the management of *Chrysodeixis includens*. The combination of *Cardinium*, *Spiroplasma* and *Serratia* endosymbionts provided the 'Folhas da Terra' lineage with the highest proportion of females. The 24-hour dispersal of *T. pretiosum* females reached a radius of 6.26 meters in kale and 6.07 meters in cabbage, corresponding to a dispersal area of 81.23 and 79.03 m², respectively. -to adopt 123 release points per hectare for kale and 126 for cabbage. Products called foliar fertilizers can be as harmful as insecticides to *T. pretiosum*, as to tarsal contact. Likewise, fungicides can be harmful in terms of tarsal contact, and harmless when sprayed on the eggs that will be offered to *T. pretiosum*. Despite being selective when exposed via tarsal contact, Agree[®] promoted a reduction in the viability of the parasitized eggs when spraying took place on the eggs of *Anagasta kuehniella*. Foliar fertilizers, Actilase Intense[®], Alcygol B[®], Boroplex[®], Duo organo[®], Organo Calcio[®], were not selective for *T. pretiosum*, except when used in a mixture between Boroplex[®], Duo organo[®], Organo cálcio[®]. In commercial cabbage cultivation, the release of 200,000 females of *T. pretiosum* is able to keep the population of *Plutella xylostella*, *C. includens* and *Hellulla undalis* below the control level, reducing spraying requirements with chemical insecticides by 100%, even in periods with more favorable weather conditions for insect reproduction Flood releases of *T. pretiosum*

accounted for up to 36.2% of manual operations performed in kale cultivation. In cabbage cultivation, costs with monitoring and release of *T. pretiosum* accounted for up to 19.2% of manual operations. The acquisition cost of the parasitoids represented 34.1% of material costs in the cultivation of green cabbage, and 14.0% in red cabbage. In kale crops, it represented only 20.9% of the costs with consumables. Releases of *T. pretiosum* cost up to 50% less when compared to spraying with chemical insecticides. In addition to providing operating profit for all crops carried out over the course of a year, providing profitability rates above 70% and 50% in green and red cabbage crops, respectively. The profitability index in kale cultivation was higher than 85%.

Keywords: biological control; *Plutella xylostella*; *Chrysodeixis includes*; selectivity; cost and profitability.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	17
CAPÍTULO 1 - CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E TABELA DE VIDA DE LINHAGENS DE <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) EM OVOS DE <i>Anagasta kuehniella</i> (ZELLER) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) EM OITO TEMPERATURAS CONSTANTES.....	19
1.1 INTRODUÇÃO.....	21
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
1.2.1 Obtenção das linhagens de <i>Trichogramma pretiosum</i>	22
1.2.2 Características biológicas das linhagens de <i>T. pretiosum</i> coletadas em cultivos de brássicas e tomate.....	23
1.2.3 Tabela de vida de fertilidade.....	24
1.2.4 Capacidade de voo de linhagens de <i>T. pretiosum</i>	25
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO 2- SELEÇÃO DE LINHAGENS DE <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARA O MANEJO DE <i>Chrysodeixis includens</i> (WALKER, [1858]) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E DETERMINAÇÃO DE ENDOSSIMBIOTES.....	45
2.1 INTRODUÇÃO.....	47
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.2.1 Criação de <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae).....	48
2.2.2 Coleta e identificação das linhagens de <i>T. pretiosum</i>	49
2.2.3 Criação das linhagens de <i>T. pretiosum</i>	49
2.2.4 Criação de <i>C. includens</i>	50
2.2.5 Seleção de linhagens de <i>T. pretiosum</i> para o manejo de <i>C. includens</i>	51
2.2.6 Análise estatística.....	53
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
REFERÊNCIAS.....	62
CAPÍTULO 3 - DISPERSÃO DE <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM CULTIVOS DE COUVE E REPOLHO.....	66
3.1 INTRODUÇÃO.....	68
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	69
3.2.1 Obtenção dos insetos.....	69
3.2.1.1 Criação de <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae).....	69
3.2.1.2 Criação das linhagens de <i>T. pretiosum</i>	69
3.2.2 Capacidade de dispersão de <i>T. pretiosum</i> em couve e repolho.....	70
3.2.3 Procedimentos estatísticos.....	72
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	77
CAPÍTULO 4 - SELETIVIDADE DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS UTILIZADOS NO CULTIVO DE BRÁSSICAS A ADULTOS DE <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE).....	80
4.1 INTRODUÇÃO.....	82

4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	83
4.2.1	População de <i>T. pretiosum</i>	83
4.2.2	Condução do experimento de contato tarsal.....	83
4.2.3	Condução do experimento de efeito subletal.....	88
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
	REFERÊNCIAS.....	110
	CAPÍTULO 5 - LIBERAÇÃO DE <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARA MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM REPOLHO EM ÉPOCAS DE CULTIVO.....	115
5.1	INTRODUÇÃO.....	117
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	118
5.2.1	Obtenção dos insetos.....	118
5.2.1.1	Criação de <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae).....	118
5.2.1.2	Obtenção da linhagem de <i>Trichogramma pretiosum</i>	118
5.2.1.3	Criação da linhagem de <i>T. pretiosum</i>	119
5.2.2	Descrição da área de produção comercial de repolho.....	119
5.2.3	Cartelas de liberação.....	121
5.2.4	Implantação e condução dos ensaios de campo com <i>T. pretiosum</i> em repolho.....	121
5.2.5	Análise dos ensaios de campo com <i>T. pretiosum</i> em repolho.....	122
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	123
	REFERÊNCIAS.....	132
	CAPÍTULO 6 - CUSTO E RENTABILIDADE DO CONTROLE BIOLÓGICO DE <i>Plutella xylostella</i> L. (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) UTILIZANDO <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) NO CULTIVO DE COUVE e REPOLHO.....	135
6.1	INTRODUÇÃO.....	137
6.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	138
6.2.1	Obtenção dos insetos.....	138
6.2.1.1	Obtenção da linhagem de <i>Trichogramma pretiosum</i>	138
6.2.1.2	Criação de <i>T. pretiosum</i>	138
6.2.2	Descrição da área	139
6.2.3	Liberação de <i>T. pretiosum</i>	140
6.2.4	Coleta de dados.....	141
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	142
	REFERÊNCIAS.....	163
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	165
	REFERÊNCIAS (da introdução geral)	167

INTRODUÇÃO GERAL

As brássicas são o alimento básico em muitas partes do mundo e estão entre as 10 culturas de maior importância econômica, fornecem 14% do biocombustível e é a terceira fonte de óleo comestível depois da soja e da palma (FAO - FAOSTAT, 2019). A produção mundial de brássicas para o consumo humano foi de aproximadamente 93 milhões toneladas, sendo 71,4 milhões de toneladas correspondentes à produção de couves e outras brássicas e 22,3 milhões de toneladas correspondentes a couve-flor e brócolis totalizando 3,7 milhões de hectares cultivados (FAO - FAOSTAT, 2019). No Brasil, no ano de 2017, segundo o CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo), foram comercializadas 93,1 mil toneladas de couve, brócolis, couve-flor e repolho, totalizando uma receita em torno de R\$ 177,7 milhões de reais. As brássicas são classificadas como importante componente de uma dieta humana saudável, devido aos altos níveis de nutrientes e fitoquímicos (FRANCISCO et al., 2017). São uma fonte valiosa de fibra dietética, vitamina A, C e vitaminas B como a Tiamina e Niacina, cálcio, ferro, fósforo e bioflavonoides, glucosinolatos (compostos anticancerígenos), sendo caracterizadas como “super alimento” (JEON, et al., 2018).

Durante o cultivo, a infestação de insetos-praga é responsável por cerca de 40% de perdas na produção de brássicas. Estima-se que anualmente sejam gastos entre 4 e 5 bilhões de dólares na tentativa de manejo da principal praga de brássicas, a *Plutella xylostella*, L. (Lepidoptera: Plutellidae). As perdas provocadas por essa praga podem chegar a 100%, enquanto que os custos com manejo podem representar 50% dos custos de produção (ZALUCKI et al., 2012). O manejo da *P. xylostella* é realizado, principalmente, com pulverizações de inseticidas sintéticos, no entanto, este tipo de manejo tem se mostrado ineficiente, quando utilizado de forma isolada, uma vez que há rápida seleção de populações resistentes, a partir de poucas gerações de *P. xylostella*, devido ao caráter de resistência apresentar-se como dominante (LIAO, 2019). Atualmente, tem-se registro de populações de *P. xylostella* resistentes a 95 inseticidas, sendo classificada como uma das pragas mais importantes para o cultivo de brássicas (IRAC, 2021).

Nesse contexto, buscar por ferramentas que sejam capazes de entregar resultados eficazes no manejo de lepidópteros-praga é de extrema importância, não só pelo aspecto produtivo, mas pela necessidade de minimizar as contaminações de

solo, água, trabalhadores e produto final, que ocorrem na produção de hortaliças. O controle biológico de lepidópteros-praga utilizando parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma*, tem sido bastante estudado e utilizado, e, quando bem aplicado, a liberação de *Trichogramma*, pode apresentar eficácia superior a 80% no manejo de ovos de lepidópteros, sendo uma estratégia que interrompe o desenvolvimento da praga antes mesmo do dano ocorrer, uma vez que os ovos não chegam a eclodir. Tal característica justifica o fato de o *Trichogramma* ser o agente de controle biológico mais utilizado em programas de controle biológico no mundo (VAN LENTEREN, 2018). Até o momento foram identificadas cerca de 241 espécies de *Trichogramma* no mundo e no Brasil foram registradas 25 espécies, sendo o *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a mais comumente encontrada (NOYES, 2021).

Apesar dos diversos exemplos de sucesso no emprego de *Trichogramma* spp. em programas de controle biológico, a seleção de linhagens é indispensável, pois as características como capacidade de parasitismo, voo e forrageamento podem mudar de uma espécie/linhagem para a outra. O momento, a frequência de liberação e número ideal, além dos múltiplos fatores que afetam a liberação, como clima, cultura, hospedeiro, predação, produtos fitossanitários e dispersão variam conforme a espécie/linhagem, além do cenário de utilização que compõem os parâmetros de seleção. Fatores qualitativos como capacidade de parasitismo e razão sexual também são importantes na escolha de uma linhagem de parasitoides, influenciando diretamente no resultado das liberações.

Desta forma, objetivou-se selecionar linhagens de *T. pretiosum* aptas para utilização no manejo biológico de pragas no cultivo de brássicas. Para tanto, esta tese foi dividida em seis capítulos em que objetivou-se selecionar linhagens de *T. pretiosum* aptas para utilização no manejo biológico de pragas no cultivo de brássicas. Pelo exposto, esta tese foi dividida em seis capítulos que avaliaram as exigências térmicas, seleção de linhagens, capacidade de dispersão, seletividade de produtos fitossanitários e liberação de *T. pretiosum*. Bem como o custo e rentabilidade do manejo biológico empregando este agente de controle em cultivos de couve e repolho.

CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E TABELA DE VIDA DE LINHAGENS DE *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA, TRICHOGRAMMATIDAE) EM OVOS DE *Anagasta kuehniella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) EM OITO TEMPERATURAS CONSTANTES

Franciely da Silva Ponce, Moisés Daniel de Oliveira, Claudia Aparecida de Lima Toledo, Santino Seabra Júnior, Regiane Cristina de Oliveira

RESUMO

Após a coleta de espécies/linhagens de *T. pretiosum* a campo, é preciso realizar estudos bases que auxiliem na criação massal. Desta forma, objetivou-se avaliar as características biológicas, Tabela de vida de fertilidade e capacidade de voo de cinco espécies/linhagens de *T. pretiosum*, como subsídio para criação massal e liberações inundativas. De cada linhagem de *T. pretiosum* foram utilizadas 20 fêmeas com 12 horas de vida, submetidas a oito temperaturas constantes (15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e 36 °C). Como hospedeiro, utilizou-se ovos de *A. kuehniella*. Os parâmetros avaliados foram parasitismo, viabilidade, longevidade e razão sexual. Além disso, foram feitos cálculos para estimar duração média de uma geração (T), taxa líquida de reprodução (R0), a razão infinitesimal de aumento (Rm) e razão finita de aumento (λ). Como critério de avaliação de qualidade, realizou-se teste de voo. A temperatura influenciou em todos os parâmetros avaliados, no entanto as linhagens apresentaram temperaturas ideais de criação distintas. A temperatura constante de 36 °C foi a mais prejudicial para a criação massal para todas as linhagens avaliadas. A linhagem 'Folhas da terra' apresentou maior proporção de indivíduos voadores, fêmeas voadoras e razão sexual ótima apesar de estar na 54ª geração em laboratório.

Palavras-chave: controle biológico; parasitoide de ovos; criação massal; controle de qualidade.

ABSTRACT

After the collection of species/lineages of *T. pretiosum* in the field, it is necessary to carry out basic studies to help mass rearing. Thus, the objective was to evaluate the biological characteristics, fertility life table and flight capacity of five species/lineages of *T. pretiosum*, as a subsidy for mass rearing and flooding releases. From each lineage of *T. pretiosum*, 20 females with 12 hours of life were used, submitted to eight constant temperatures, 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 and 36 °C, as host, eggs were used of *A. kuehniella*. The parameters evaluated were parasitism, viability, longevity and sex ratio. In addition, calculations were made to estimate the cycle duration from egg to adult, average duration of a generation (T), net reproduction rate (R₀), infinitesimal ratio of increase (R_m) and finite ratio of increase (λ). As a quality assessment criterion, a flight test was performed. The temperature influenced all the evaluated parameters; however the lineages had different ideal breeding temperatures. A constant temperature of 36 °C was the most harmful for mass rearing of all lines evaluated. The lineage 'Folhas da terra' presented the highest proportion of flying individuals, flying females and sex ratio, despite being in the 54th generation in the laboratory.

Keywords: biological control; egg parasitoid; mass rearing; quality control.

1.1 INTRODUÇÃO

Parasitoides do gênero *Trichogramma* são amplamente utilizados em programas de controle biológico no mundo, principalmente no manejo de lepidópteros-praga, sendo empregados em mais de 15 milhões de hectares em mais de 40 países (ZANG et al., 2021). *Trichogramma pretiosum* é uma das espécies mais comuns, encontrada em vários países, principalmente em ambientes perturbados, como agroecossistemas. A coleta de linhagens de *T. pretiosum* na área em que serão liberados, tem como objetivo eliminar o custo adaptativo, proporcionando assim, o manejo da praga sem custos de adaptação para o parasitoide. No entanto, cada espécie/linhagem pode apresentar características distintas, que precisam de estudos com relação à reprodução, temperatura ideal de desenvolvimento, capacidade de parasitismo de ovos de praga, adaptabilidade à criação massal e ao hospedeiro alternativo e manutenção em laboratório.

Sempre que é realizada a coleta de uma nova espécie e/ou linhagem é necessário que estudos de biologia e Tabela de vida sejam realizados, para direcionar a melhor forma de criação e utilização em um programa de controle biológico (QUERINO; ZUCCHI, 2003). Além disso, os agroecossistemas apresentam características distintas, os insetos submetidos a campo aberto são expostos a condições climáticas distintas às observadas em ambiente protegido. Sendo necessário que o agente de controle biológico esteja adaptado a essas condições distintas.

A temperatura é um dos fatores que mais influencia no parasitismo, desenvolvimento e duração de ciclo dos parasitoides do gênero *Trichogramma*, sendo uma variável importante para a criação massal (BLEICHER; PARRA, 1990; PEREIRA et al., 2004; ZAGO et al., 2003), mas também para a obtenção de bons resultados de parasitismo a campo. Além da duração do ciclo, a capacidade de parasitismo e, portanto, de reprodução, a razão sexual e a capacidade voo compõem fatores determinantes para a escolha de uma espécie/linhagem. A capacidade de vôo é um dos parâmetros de qualidade dos agentes de controle biológico multiplicados em laboratório, pois a locomoção irá influenciar no forrageamento e alcance dos ovos das pragas em campo, sendo um importante fator na escolha de uma espécie/linhagem de agentes de

controle biológico.

Além das características biológicas, a Tabela de vida de fertilidade são metodologias comuns para avaliação dos aspectos reprodutivos e aumento populacional, determinando a dinâmica populacional das espécies/linhagens de *T. pretiosum* (HANSEN et al., 1999; PRATISSOLI; PARRA, 2000).

Desta forma, objetivou-se avaliar as características biológicas, Tabela de vida de fertilidade e capacidade de voo de cinco linhagens de *T. pretiosum*, como subsídio para criação massal e liberações inundativas.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Obtenção das linhagens de *Trichogramma pretiosum*

As cinco linhagens de *T. pretiosum* utilizadas no trabalho foram coletadas em cultivos comerciais de brássicas e tomate, através do posicionamento de cartelas sentinelas contendo 200 ± 20 ovos de *A. kuehniella*, previamente inviabilizados através de exposição de luz germicida ultravioleta, por 50 minutos, a uma distância de 10 centímetros. As cartelas sentinelas foram fixadas às plantas com auxílio de um grampeador em áreas de cultivo de cada cultura. Por hectare foram colocadas 200 cartelas sentinelas, de forma aleatória respeitando um espaçamento mínimo de oito metros por planta. O tempo de exposição das cartelas sentinelas no campo foi de 24 horas, após foram recuperadas e mantidas em sala climatizada, regulada com temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h e observadas por cinco dias para a constatação de parasitismo. Os ovos parasitados foram isolados em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm), fechados com filme plástico de PVC, até a emergência dos adultos. As coletas realizadas resultaram na obtenção de cinco espécies/linhagens de *T. pretiosum* (Tabela 1).

Tabela 1 - Linhagens de *Trichogramma pretiosum* coletadas em diferentes locais e culturas.

Linhagem	Data de coleta	Local de coleta	Cultura	Coordenadas geográficas
Folhas da terra	Jul/2019	Pardinho-SP	Couve e repolho	23°0'41"S e 48°3'80"W
Vitoriana I	Jan/2020	Botucatu-SP	Tomate	22°77'8"S e 48°40'43"W
Vitoriana II	Fev/2020	Botucatu-SP	Tomate	22°77'8"S e 48°40'43" W
SB I	Fev/2020	Mogi Guaçu-SP	Tomate	22°19'15.9"S e 46°56'18.1"W
SB II	Abr/2020	Mogi Guaçu-SP	Tomate	22°19'15.9"S e 46°56'18.1"W

A identificação da espécie foi feita através da comparação taxonomica da genitália dos machos, para cada linhagem (QUERINO; ZUCCHI, 2019; QUERINO; ZUCCHI, 2011). As linhagens de *T. pretiosum* estudadas foram mantidas em seu hospedeiro alternativo *A. kuehniella* conforme a metodologia Parra (1997). O hospedeiro alternativo *A. kuehniella* foi criada em dieta à base de farinha de trigo integral (97%) e levedura de cerveja (3%) (Parra 1997).

Para acondicionamento dos insetos adultos foram utilizados potes plásticos transparente de 3,5 litros, vedados com plástico filme de PVC e a alimentação utilizou-se mel puro, disponibilizado em finos filetes na lateral interna dos potes. Os recipientes contendo os adultos das espécies/linhagens de *T. pretiosum* foram mantidos em sala climatizada, com temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas para o desenvolvimento dos parasitoides. Para evitar a contaminação das linhagens através da mistura de indivíduos, as criações foram mantidas em salas distintas.

1.2.2 Características biológicas das linhagens de *T. pretiosum* coletadas em cultivos de brássicas e tomate

O experimento foi desenvolvido nos laboratórios do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas na Agricultura – AGRIMIP, na Faculdade de Ciências Agrônômicas da FCA – UNESP em Botucatu-SP. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos (temperaturas) cinco linhagens e 20 repetições. Para determinação da longevidade, capacidade de parasitismo, e duração de ciclo dos insetos das linhagens de *T. pretiosum* coletadas, foram individualizadas 20 fêmeas de cada linhagem com

até 12 h de emergidas, em tubos do tipo Duran transparentes de 5 mL (12 x 7,5 milímetros), contendo uma gotícula de mel puro e vedados com filme plástico de PVC. Os tubos contendo os insetos foram acondicionados em câmara climatizada tipo BOD com temperaturas de 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e 36 °C, umidade de $70 \pm 2\%$ e fotoperíodo de 14 h. a faixa de temperatura foi estabelecida a fim de estabelecer a escolha de linhagens de *T. pretiosum* ideais para campo e ambiente protegido, que apresentam temperatura elevada durante as horas mais quentes do dia.

Para determinação da capacidade de parasitismo, para cada fêmea foi ofertada diariamente, uma fita contendo 0,5 cm² de ovos de *A. kuehniella* inviabilizados, aproximadamente 80 ± 20 ovos. A fita com ovos foi substituída a cada 24 h para as fêmeas sobreviventes, e após o parasitismo, as fitas foram individualizadas em sacos plásticos (5 x 22 cm) preenchidos com oxigênio.

Em cada temperatura, foram levados em consideração os parâmetros número total de ovos (ofertados), número de ovos parasitados (ovos escuros), porcentagem de emergência (viabilidade); longevidade de fêmeas, duração do ciclo (ovo - adulto) e razão sexual. A razão sexual foi estimada através da fórmula:

$$rs = n^{\circ} \text{ fêmeas} / n^{\circ} \text{ total de indivíduos}$$

As médias obtidas foram submetidas à verificação de normalidade Shapiro-Wilk e posteriormente submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1.2.3 Tabela de vida de fertilidade

A metodologia utilizada para obter a Tabela de vida de fertilidade foi baseada em Silveira Neto et al. (1976), em que avaliou-se a duração de uma geração, o parasitismo (%), a viabilidade (%) e a razão sexual das linhagens 'Folhas da terra', 'Vitoriana I', 'Vitoriana II', 'SB I' e 'SB I' na 54°, 39° e 38°, 37° e 27° geração de laboratório respectivamente, para calcular a taxa líquida de reprodução (R_0), a razão infinitesimal de aumento (R_m), razão finita de aumento (λ) e duração média de uma geração (T) nas oito temperaturas constante.

1.2.4 Capacidade de voo de linhagens de *T. pretiosum*

Para avaliação da capacidade de voo utilizou-se a metodologia proposta por Dutton e Bigler (1995) e adaptada por Prezotti et al. (2002). Em que cartelas de 4 cm² contendo de 200 ± 20 ovos de *A. kuehniella* parasitados foram acondicionadas em tubos de vidro de fundo chato (9 x 2,5 cm) contendo gotículas de mel puro. Os tubos por sua vez foram colocados em uma gaiola confeccionada com tudo de PVC de 18 centímetros de altura e 11 cm de diâmetro, revestidas com papel colorset preto. A vedação inferior da gaiola foi feita com isopor de 20 milímetros de espessura. Na parte interna da gaiola a uma distância de 3,5 cm foi colocada uma fita de acetato com 0,5 cm de largura revestida com cola entomológica. Para a vedação da parte superior da gaiola foi utilizada uma placa de petri de vidro contendo cola entomológica espalhada por toda a superfície interna.

As gaiolas foram expostas a uma fonte de luz por cinco dias, para que os insetos, buscando a luz, fossem no sentido ascendente. Sendo assim os voadores voaram até o topo da gaiola e ficaram presos à placa de petri, os caminheiros escalaram a lateral da gaiola e foram presos à fita de acetato e os indivíduos que permaneceram no tubo de vidro foram considerados defeituosos.

As avaliações foram feitas com o auxílio de Estereomicroscópio. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos compostos pelas linhagens de *T. pretiosum* (Folhas da terra, Vitoriana I e II, SB I e II) e 20 repetições. Foram avaliados o número total de insetos voadores, número fêmeas voadoras, proporção de fêmeas, número de insetos caminheiros e defeituosos. As médias obtidas foram submetidas à verificação da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e posteriormente submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a temperatura 36°C diminuiu a capacidade de parasitismo das fêmeas de *T. pretiosum* das cinco linhagens, bem como a viabilidade dos ovos parasitados (Tabela 2). A linhagem 'Folhas da terra' teve

maior parasitismo quando exposta a 30 e 32°C, com menor faixa de adaptação. A linhagem 'Vitoriana I' não teve diferença de parasitismo nas temperaturas 18, 21, 25, 27, 30 e 32°C, podendo ser utilizada em ambientes de cultivo com grande variação de temperatura, devido a sua ampla adaptabilidade térmica (Tabela 2). Ao passo que a linhagem 'Vitoriana II' demonstrou maior parasitismo em temperaturas entre 25 a 32°C. As linhagens 'SB I' e 'SB II' apresentaram maior parasitismo a 15, 25, 27, 30 e 32°C (Tabela 2).

Tabela 2 - Parasitismo e viabilidade de cinco linhagens de *Trichogramma pretiosum* submetidas a temperaturas constantes de 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e 36 °C

T °C	Folhas da terra	Vitoriana I	Vitoriana II	SB I	SB II
Parasitismo					
15	7,2 ± 4,6 de	8,0 ± 5,9 bc	5,6 ± 3,6 de	16,5 ± 9,0 a	8,3 ± 4,8 b
18	11,8 ± 9,7 bcd	14,6 ± 17,6 ab	12,1 ± 4,2 bcd	7,0 ± 4,2 cd	6,8 ± 8,0 bc
21	11,2 ± 10,1 cd	12,3 ± 8,4 ab	11,4 ± 7,9 cd	8,3 ± 5,1 bc	7,8 ± 4,7 bc
25	15,01 ± 9,2 abcd	17,3 ± 14,0 ab	23,1 ± 10,2 a	16,7 ± 8,1 a	17,7 ± 12,7 a
27	19,3 ± 9,3 abc	15,2 ± 11,0 ab	16,8 ± 8,4 abc	18,9 ± 7,4 a	8,8 ± 5,3 b
30	22,0 ± 11,0 a	13,8 ± 8,7 ab	18,0 ± 7,9 abc	14,7 ± 7,8 ab	12,6 ± 8,5 ab
32	19,7 ± 10 ab	20,3 ± 16,0 a	18,8 ± 11,2 ab	14,9 ± 7,8 ab	11,5 ± 9,7 ab
36	0,8 ± 2,3 e	0,75 ± 3,3 c	1,0 ± 1,9 e	0,9 ± 1,4 d	0,5 ± 0,9 c
CV%	65,5	90,9	56,8	55,7	81,9
T °C	Folhas da terra	Vitoriana I	Vitoriana II	SB I	SB II
Viabilidade					
15	89,7 ± 30,7 a	96,5 ± 9,7 a	82,8 ± 35,8 a	86,9 ± 14,1 ab	94,6 ± 22,3 a
18	85,7 ± 29,81 a	81,0 ± 35,4 a	94,7 ± 6,1 a	84,5 ± 23,2 ab	70,3 ± 35,6 ab
21	72,3 ± 43,4 a	77,9 ± 40,2 a	85,5 ± 54,4 a	76,2 ± 29,9 ab	77,6 ± 29,0 ab
25	84,71 ± 36,5 a	89,1 ± 24,9 a	94,9 ± 5,6 a	96,6 ± 3,7 a	97,9 ± 3,1 a
27	99,01 ± 1,26 a	81,9 ± 30,2 a	86,8 ± 30,1 a	77,3 ± 14,7 ab	81,3 ± 35,2 ab
30	93,9 ± 22,2 a	90,2 ± 22,2 a	88,3 ± 22,5 a	76,2 ± 27,6 ab	89,6 ± 30,6 ab
32	89,7 ± 30,7 a	87,6 ± 30,1 a	68,9 ± 33,1 a	64,2 ± 25,6 b	61,3 ± 38,2 b
36	15,0 ± 36,6 b	5,0 ± 22,4 b	14,2 ± 27,7 b	24,7 ± 41,0 c	23,3 ± 42,0 c
CV%	39,7	37,1	40,0	33,9	42,5

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Tukey ($p \leq 0,05$) de probabilidade.

A temperatura exerce grande influência na longevidade, parasitismo e desenvolvimento dos insetos, no caso das linhagens de *T. pretiosum* estudadas observou-se que há a possibilidade da utilização das mesmas em ambientes distintos, com amplitude térmica elevada, como é o caso das linhagens 'Vitoriana I' e 'SBI' e 'SB II' ou em condições de temperatura elevada, como é o caso das linhagens 'Folhas da terra' e 'Vitoriana II'. Normalmente, em laboratório, a temperatura adotada para criação massal de *T. pretiosum* é de

25°C, no entanto, conhecer os efeitos da temperatura sobre o parasitismo e demais parâmetros biológicos dos parasitoides, auxiliará na escolha da linhagem que melhor se adapte às condições de cultivo. Em estufas, por exemplo, a temperatura no período mais quente do dia, pode ultrapassar 40°C, enquanto que em campo aberto, no período de inverno a diferença entre temperatura diurna e noturna poderá interferir no desempenho dos parasitoides.

Grande parte das linhagens do gênero *Trichogramma* desenvolve-se melhor em temperaturas próximas a 25°C, sendo a temperatura adotada para criação massal em laboratório (PARRA, 1997). Porém, as espécies, ou mesmo linhagens podem apresentar grande variabilidade quanto a temperatura ótima para o desenvolvimento (PRATISSOLI et al., 2007, PIZZOL et al., 2010), o local de coleta pode exercer influência sobre a adaptação dos insetos, sendo o habitat natural, um importante fator de condicionamento das espécies.

A longevidade, parasitismo diário e acumulado também foram afetados pela temperatura (Figuras 1, 2, 3, 4, 5). A linhagem 'Folhas da terra' apresentou maior longevidade quando mantida em temperatura constante de 18 °C, decaindo a partir de 30 °C, sendo a menor longevidade registrada a 36 °C, em que as fêmeas sobreviveram apenas 24 h (Figura 1). Em 30 °C, temperatura com maior taxa de parasitismo, as fêmeas atingiram 80% de parasitismo dos ovos ofertados no 3º dia de experimento. Atingiu-se 80% de parasitismo dos ovos de *A. kuehniella* ofertados às fêmeas de *T. pretiosum* nas temperaturas 15, 18, 21, 25, 30, 32 e 36 °C, após 5, 6, 7, 4, 4, 3, 2,5 e 1,5 dias após o início do experimento, respectivamente.

Normalmente, a taxa de parasitismo máxima das fêmeas de *T. pretiosum* é observada nos três primeiros dias de vida (de FREITAS BUENO, PARRA; de FREITAS BUENO, 2012), sendo uma das métricas mais discutidas, pois após esse período, o parasitismo decresce muito. Na criação massal é importante estabelecer o período de máximo parasitismo para que haja uma regularidade na produção dos parasitoides e em campo, o parasitismo pontual facilita o uso conjunto do controle químico e biológico.

A linhagem Vitoriana I, quando submetida às temperaturas constantes obteve maior taxa de parasitismo a 32 °C, temperatura que proporcionou parasitismo de 80% dos ovos após 2,5 dias. Nas temperaturas 15, 18, 21, 25,

27, 30 e 36 °C, 80% do parasitismo dos ovos foi obtidos 3,5, 5,5, 3,5, 8, 4 e 2,5 dias, respectivamente. A linhagem foi coletada em plantas de tomateiro conduzidas em casa de vegetação, onde as temperaturas máximas podem atingir mais de 40 °C, desta forma, os parasitoides devido ao condicionamento prévio, podem ter se adaptado a temperaturas mais elevadas (Figura 2). No entanto, a partir de 27 °C, a sobrevivência dos parasitoides reduziu, a seis dias a 30 e 32 °C e a 36 °C, a sobrevivência foi de 24 h.

A linhagem Vitoriana II obteve maior adaptabilidade às faixas de temperatura, sobrevivendo bem tanto em 15 e 18 °C, como a 21, 25, 27 e 30 °C (Figura 3), reduzindo a partir da temperatura 32 °C. A longevidade registrada quando as fêmeas de *T. pretiosum* foram mantidas a 25 °C foi de 19 dias, levando sete dias para alcançar 80% de parasitismo dos ovos ofertados.

Figura 1- Longevidade, parasitismo diário e acumulado de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* linhagem Folhas da terra submetida à temperatura constante de 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e 36 °C

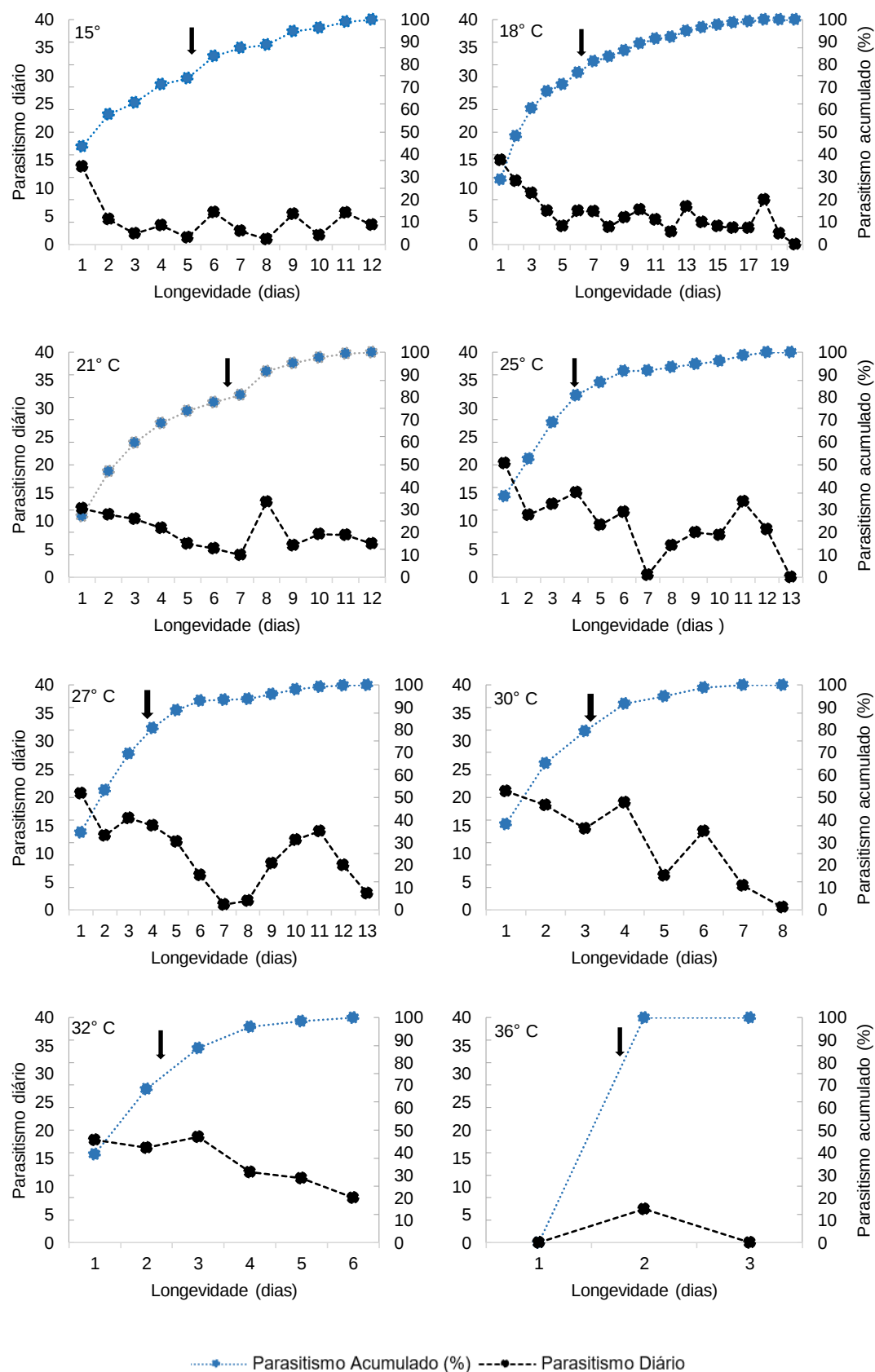


Figura 2- Longevidade, parasitismo diário e acumulado de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* linhagem Vitoriana I submetida à temperatura constante de 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e 36 °C

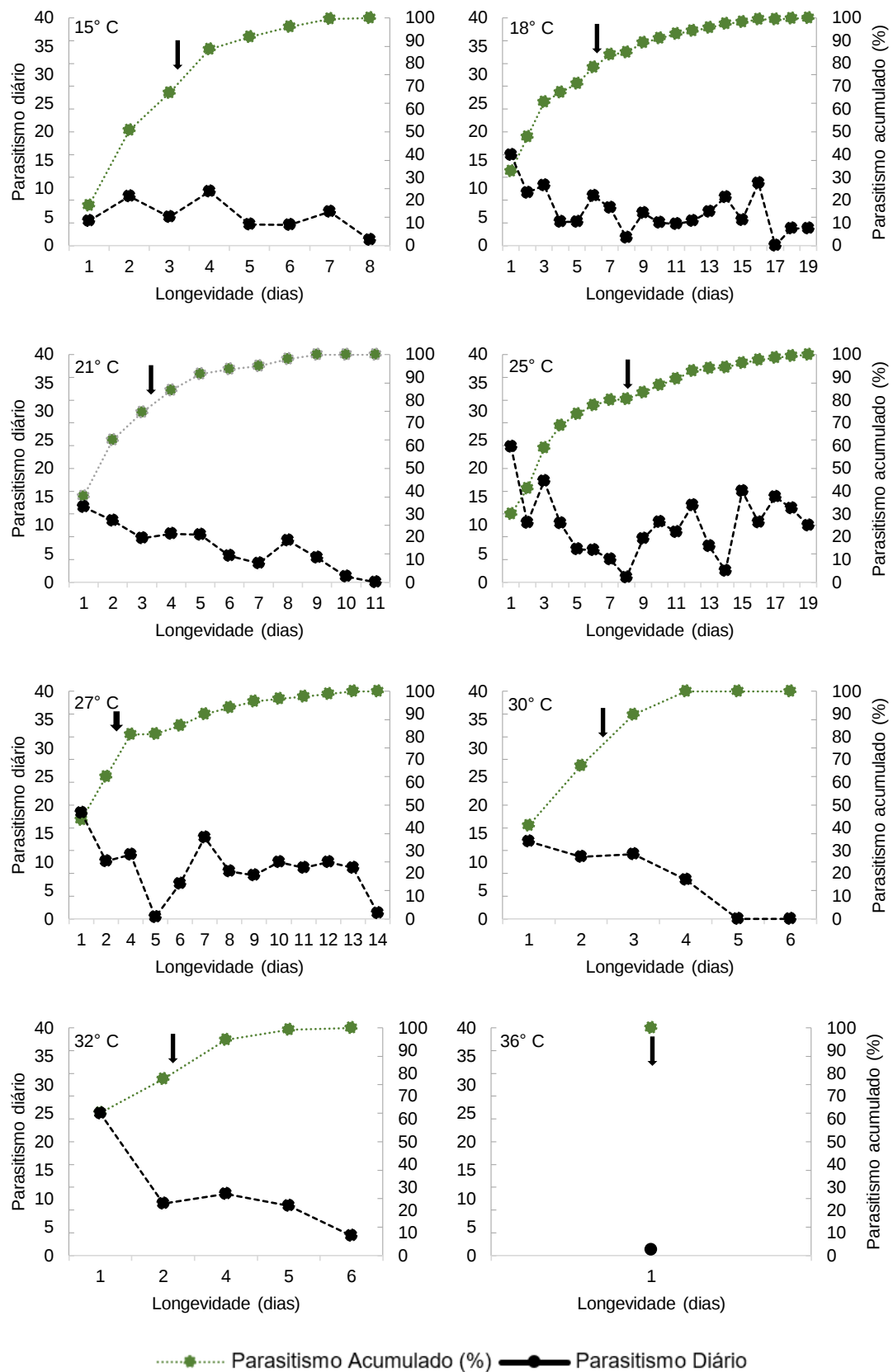
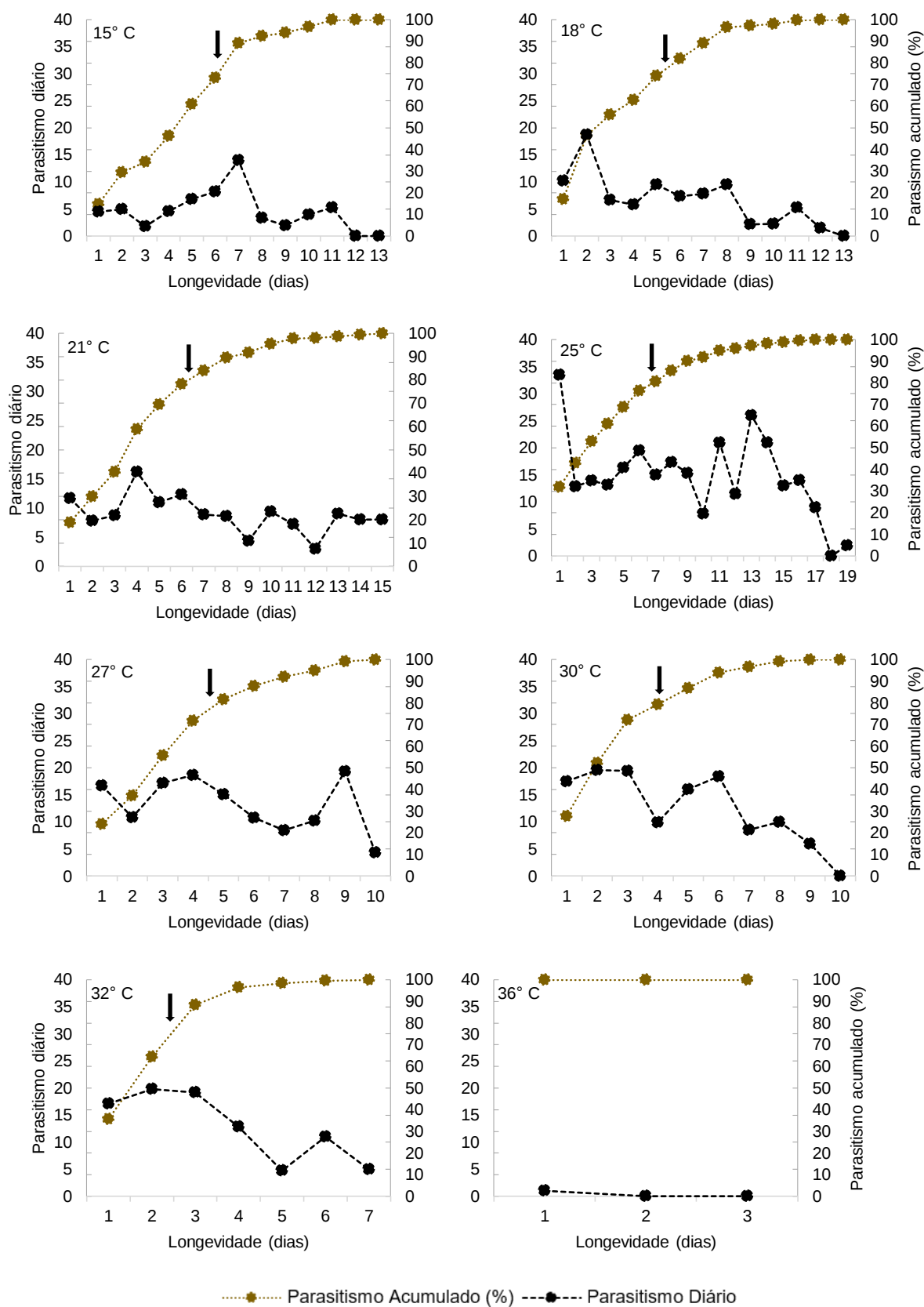


Figura 3- Longevidade, parasitismo diário e acumulado de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* linhagem Vitoriana II submetida à temperatura constante de 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e 36 °C



A linhagem 'SB I' apresentou um aumento de longevidade em função do aumento de temperatura até os 25 °C, decrescendo a partir de 27 °C (Figura 4). Nas temperaturas 15, 25 e 27 °C, o parasitismo de 80 °C dos ovos ofertados foi observado 3,5, 3,5 e 3 dias após o início do experimento, respectivamente. Experimentos com temperatura constante auxiliam na determinação da temperatura ideal para a multiplicação massal dos parasitoides, pois mesmo linhagens que foram coletadas em um mesmo local, podem apresentar diferenças fisiológicas e necessidades distintas.

A linhagem 'SB II' obteve maior longevidade a 25 °C, tanto temperaturas abaixo como acima influenciaram na sobrevivência das fêmeas (Figura 5). O parasitismo de 80% dos ovos de *A. kuehniella* ofertados às fêmeas de *T. pretiosum* nas temperaturas 15, 18, 21, 25, 30, 32 e 36 °C foi obtido 2,5, 3,5, 3,5, 4,5, 4,5, 3,5, 2,5 e 1,5 dias após o início do experimento, respectivamente. A biologia das linhagens de *T. pretiosum* coletadas com o interesse de multiplicação massal é um aspecto importante para o estabelecimento das criações em laboratório. Ao avaliar o desenvolvimento de *T. pretiosum* em ovos de *Bonagota salubricola* (Lepidoptera: Tortricidae) (Meyrick), Pastori et al. (2007), estabeleceu temperaturas entre 18 e 22 °C, como a ideal, e que com o aumento da temperatura, a longevidade das fêmeas diminuiu, devido a característica ligada a linhagem de *Trichogramma*.

Figura 4- Longevidade, parasitismo diário e acumulado de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* linhagem SBI submetida à temperatura constante de 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e

36 °C

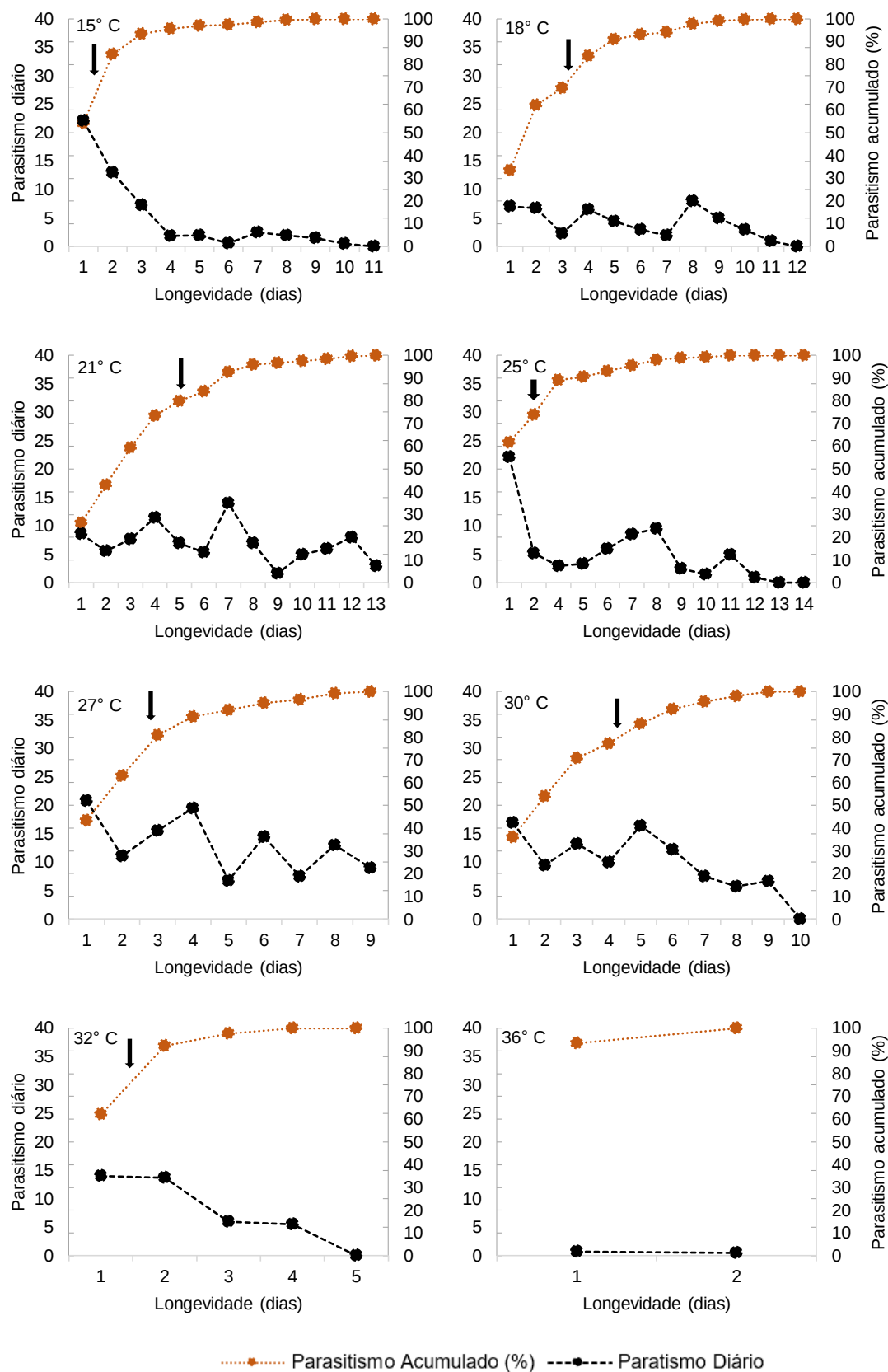
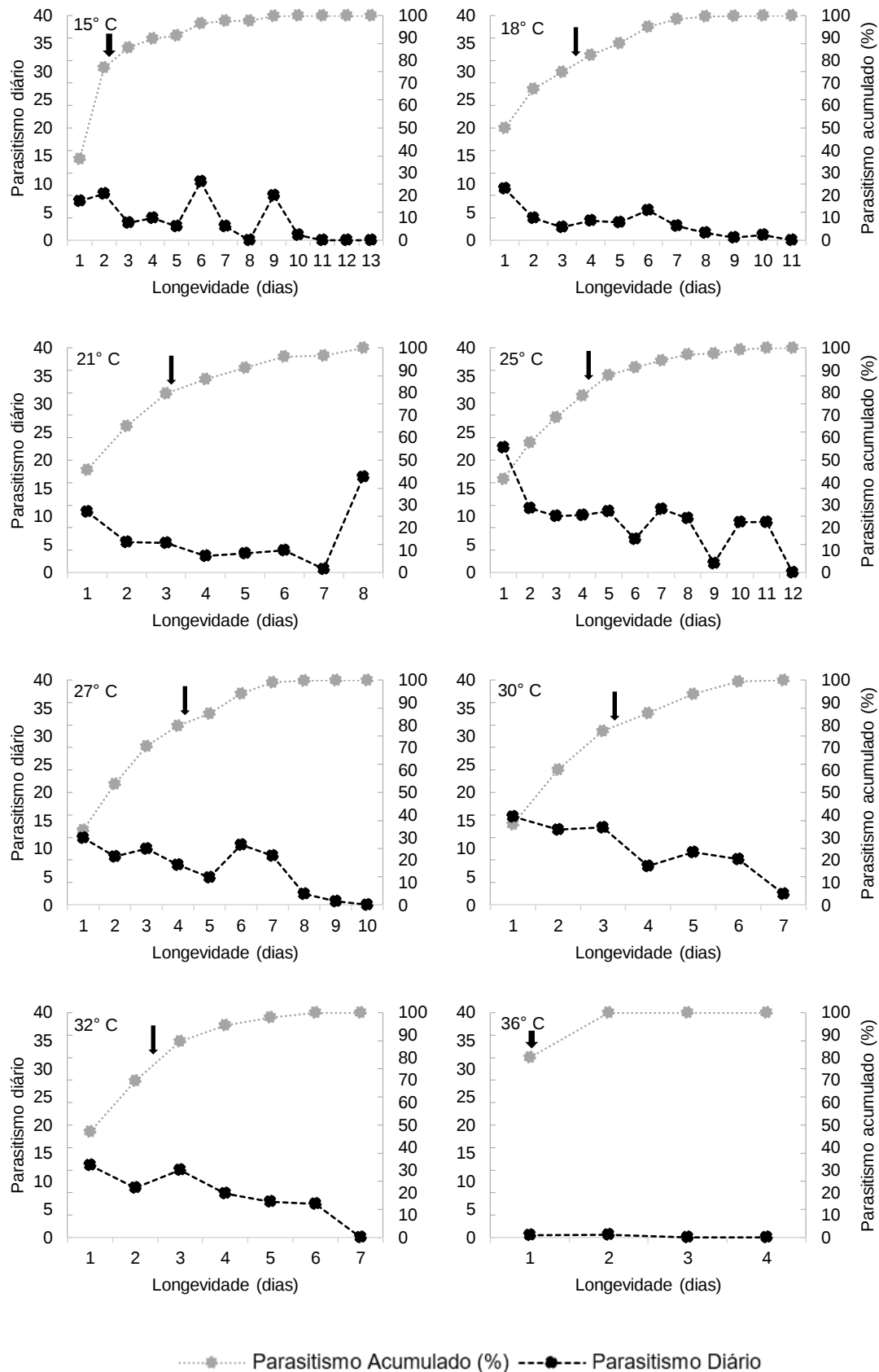


Figura 5- Longevidade, parasitismo diário e acumulado de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* linhagem SBII submetida à temperatura constante de 15, 18, 21, 25, 27, 30, 32 e 36 °C



Tanto a temperatura como a umidade relativa do ar influenciam na longevidade e fecundidade das fêmeas de *T. pretiosum* (CALVIN et al., 1984, REZNIK; VAGHINA, 2006), no entanto mesmo dentro da espécie, ocorrem diferença nas necessidades climáticas. Apesar da espécie *T. pretiosum* ser uma das mais usadas e comuns em todo o mundo, não há uma padronização, as linhagens chegam a ser descritas como espécies crípticas, sendo possível que mesmo que iguais morfologicamente, haja diferenças que só possam ser constatadas a nível genômico (BORBA et al., 2005, SANTOS et al. 2015, WU et al. 2016); sendo assim, entre uma linhagem e outra podem ocorrer diferenças biológicas pré estabelecidas pelo código genético.

Grande parte das espécies cultivadas apresenta temperatura ótima de desenvolvimento próximo a 25 °C, na cadeia multitrófica formada pelas plantas, insetos herbívoros e seus parasitoides, existe uma correlação profunda, em que o melhor desenvolvimento das plantas, implica em maior substrato de desenvolvimento dos herbívoros e seus parasitoides. O acúmulo de graus-dia interfere na duração do ciclo dos insetos, além disso, o aumento da temperatura acelera o metabolismo, no entanto, podem ocorrer variações quanto à tolerância. Maceda, et al. (2003), avaliando as características biológicas de *T. pretiosum* observaram um aumento no parasitismo até 25 °C, havendo declínio a partir dessa temperatura, sendo a linhagem avaliada menos tolerante a temperaturas mais altas.

O parasitismo em temperaturas extremas é afetado ainda por características da espécie hospedeira, o córion do ovo dos hospedeiros pode sofrer enrijecimento, influenciando na capacidade de parasitismo dos parasitoides de ovos (SILVA et al., 2018; GRANDE et al., 2021), ou mesmo na viabilidade devido a redução da qualidade ou mesmo ressecamento.

Quanto à Tabela de vida de fertilidade, o tempo de duração médio (T) de uma geração variou em função da temperatura, quanto maior a temperatura, menor o tempo de duração entre ovo e adulto (Tabela 4). O tempo de duração de cada geração de *T. pretiosum* variou em função da temperatura para todas as linhagens, em que a menor duração foi observada a 36 °C, e a maior foram observadas a 15°C independente da linhagem avaliada.

Tabela 4 – Duração média de uma geração (T) taxa líquida reprodutiva (R0), razão infinitesimal de aumento (rm), razão finita de aumento (λ) de cinco linhagens de *Trichogramma pretiosum* submetidas a temperaturas constantes de 15, 18, 21, 25, 30, 32 e 36 °C

Temperaturas	T (dias)	R0	rm	λ
Folhas da terra				
15 °C	13,83	25,40	0,23	1,26
18 °C	12,19	39,85	0,30	1,35
21 °C	11,15	35,60	0,32	1,38
25 °C	9,99	44,75	0,38	1,46
27 °C	9,14	49,00	0,43	1,53
30 °C	8,05	44,35	0,47	1,60
32 °C	7,00	37,80	0,52	1,68
36 °C	6,90	1,05	0,01	1,01
Vitoriana I				
15 °C	14,23	17,15	0,20	1,22
18 °C	12,28	30,05	0,28	1,32
21 °C	11,15	24,35	0,29	1,33
25 °C	10,60	49,10	0,37	1,44
27 °C	9,50	30,00	0,36	1,43
30 °C	9,07	22,95	0,35	1,41
32 °C	8,85	29,75	0,38	1,47
36 °C	7,20	0,70	-0,05	0,95
Vitoriana II				
15 °C	14,47	20,30	0,21	1,23
18 °C	11,99	41,95	0,31	1,37
21 °C	10,55	44,00	0,36	1,43
25 °C	10,55	73,95	0,41	1,50
27 °C	8,41	49,10	0,46	1,59
30 °C	8,26	45,30	0,46	1,59
32 °C	8,09	34,25	0,44	1,55
36 °C	7,20	0,60	-0,07	0,93
SB I				
15 °C	14,06	28,70	0,24	1,27
18 °C	12,07	13,70	0,22	1,24
21 °C	11,97	22,30	0,26	1,30
25 °C	10,03	23,65	0,32	1,37
27 °C	9,88	32,60	0,35	1,42
30 °C	9,11	32,05	0,38	1,46
32 °C	8,22	14,80	0,33	1,39
36 °C	7,50	0,40	-0,12	0,88
SB II				
15 °C	14,06	13,65	0,19	1,20
18 °C	13,04	12,25	0,19	1,21

21 °C	12,16	16,70	0,23	1,26
25 °C	10,13	35,30	0,35	1,42
27 °C	9,29	24,45	0,34	1,41
30 °C	8,90	29,45	0,38	1,46
32 °C	8,25	17,90	0,35	1,42
36 °C	7,47	0,35	-0,14	0,87

A taxa líquida reprodutiva (R_0) é um importante parâmetro para avaliar uma criação massal e representa uma característica inerente a população e refere-se a capacidade de aumento de indivíduos em cada geração. Os menores valores de taxa líquida reprodutiva foram obtidos quando as fêmeas de *T. pretiosum* foram submetidas a 36 °C, independente da linhagem (Tabela 4). Sendo observados valores baixíssimos de R_0 a 36°C, para a linhagem 'Folhas da terra', enquanto que para as demais linhagens obtiveram-se valores negativos, evidenciando que nessas condições não haverá estabelecimento da população de parasitoides.

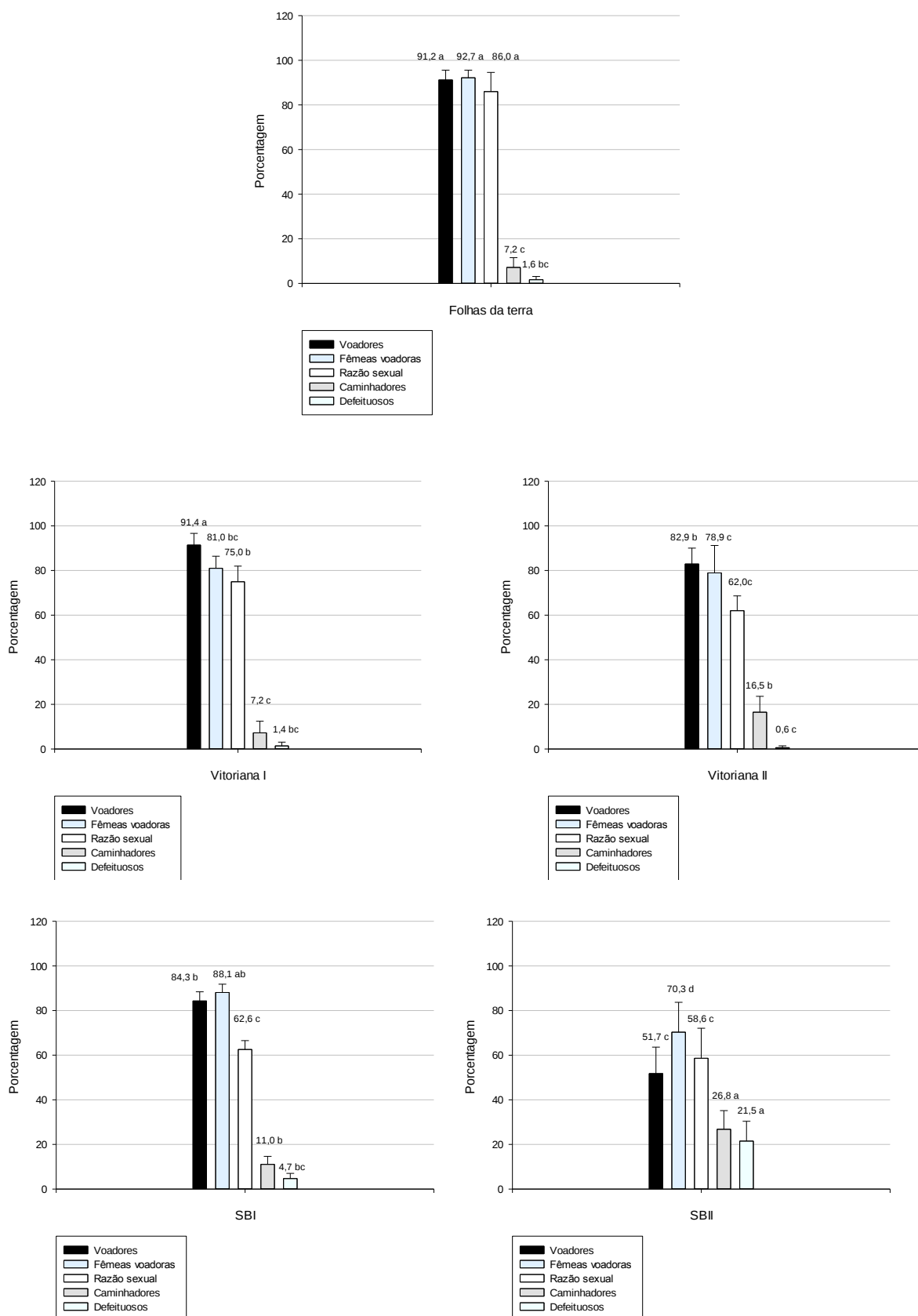
A R_0 da linhagem 'Folhas da terra' foi crescente até 27°C, sendo observada tanto a influência da temperatura baixa, quanto das mais elevadas. Da mesma forma, as linhagens 'Vitoriana I e II' apresentaram R_0 crescente até 25°C, sendo a temperatura em que melhor expressaram sua capacidade reprodutiva. Enquanto que 'SB I' apresentou melhor adaptação à variação de temperatura, como o evidenciado na capacidade de parasitismo. A linhagem, 'SB II' teve resultados de R_0 quando submetida a 25, 27 e 30 °C, apresentando redução tanto quando submetida a temperaturas mais elevadas, quanto a temperaturas menores (Tabela 4).

A razão infinitesimal de aumento (rm) refere-se à taxa de crescimento populacional por fêmea e foi menor a 36°C para todas as linhagens avaliadas. O mesmo foi observado com relação à razão finita de aumento (λ), calculada com base na rm . A temperatura influencia na longevidade, tempo de duração da geração, além da capacidade reprodutiva dos insetos. Isso devido ao acúmulo de graus dia, que diminui o tempo de desenvolvimento. No entanto acima de 30°C observa-se redução na taxa reprodutiva e longevidade da maioria das espécies de *Trichogramma*, podendo variar conforme a linhagem (MACEDA, HOHMANN; SANTOS, 2003; de FREITAS BUENO et al., 2012; PASTORI et al., 2007).

As condições climáticas sofrem grande variação ao longo do dia, desta forma, linhagens de *T. pretiosum* que tolerem maior amplitude térmica terão resultados melhores com relação ao parasitismo e sobrevivência. Dentre as linhagens

estudadas, a 'SB I' apresentou maior adaptação à variação de temperatura. Além das características inerentes a criação massal e adaptabilidade, a capacidade de voo compõe um dos parâmetros de qualidade mais importantes, pois pode limitar a capacidade de forrageamento das fêmeas de *T. pretiosum* em campo, portanto um fator que pode influenciar na seleção de linhagem (GARDNER; LENTEREN, 1986). Para tanto, foram realizados testes de voo para avaliar a capacidade de locomoção dos parasitoides. A linhagem Folhas da terra apresentaram a maior proporção de insetos voadores, fêmeas voadoras e razão sexual (Figura 6).

Figura 6 - Porcentagens de insetos voadores (CV%: 9,1), fêmeas voadoras (CV%:11,3), razão sexual (%) (12,3%), insetos caminheiros (CV%: 44,8) e defeituosos (CV%: 73,9) das linhagens de *Trichogramma pretiosum* Folhas da terra, Vitoriana I, Vitoriana II, SBI e SBII



A linhagem 'SB II' apresentou as menores médias de insetos voadores, fêmeas voadoras e razão sexual, ao passo que a proporção de insetos caminheiros e defeituosos. Com o passar do tempo, devido a inúmeras gerações em laboratório, ocorrem algumas mudanças nas linhagens, devido à depressão por endogamia, relatado por vários autores (FRANKHAM 2008; HENTER 2003; HOPPER et al. 1993 ;WOODWORTH et al. 2002; BERTIN, PAVINATO; PARRA 2018). No caso do *T. pretiosum* essas mudanças independem do número de indivíduos que deram origem a população (PREZOTTI et al., 2004). A linhagem 'SB II', mesmo sendo a que estava há menos tempo em condições de laboratório, apresentou baixa capacidade de voo, além de reduzida proporção de fêmea e alta proporção de insetos defeituosos.

A razão sexual de *T. pretiosum* pode ser influenciada pela presença de endossimbiontes, estima-se que essas bactérias estejam presentes em mais de 70% das espécies de insetos (NEDOLUZHKO, 2017; ISHIKAWA, 2003). A *Wolbachia* é um dos endossimbiontes mais conhecidos por estar relacionado à feminilização das populações não só de *Trichogramma*, porém, várias outras bactérias endossimbiontes estão envolvidas na razão sexual das populações (WERREN; BALDO; CLARK 2008, ZUG; HAMMERSTEIN 2012).

A temperatura influenciou em todos os parâmetros avaliados, no entanto, a temperatura 36 °C foi prejudicial a todas as linhagens. Para a multiplicação massal em laboratório, as populações apresentaram temperaturas ideais distintas. Os parâmetros que compõem a Tabela de vida e de fertilidade também foram influenciados pela temperatura, e o tempo de ovo a adulto foi maior quando submetidos a baixas temperaturas, decrescendo com o aumento da temperatura.

A linhagem 'Folhas da terra' proporcionou a maior porcentagem de indivíduos voadores, porcentagem de fêmeas voadora e proporção de fêmeas, mesmo sendo a população com maior número de gerações em laboratório (54°).

REFERÊNCIAS

- BERTIN, A.; PAVINATO, V. A. C.; PARRA, J. R. P. Effects of intraspecific hybridization on the fitness of the egg parasitoid *Trichogramma galloi*. **Biocontrol**, v. 63, n. 4, p. 555-563, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10526-018-9883-7>
- BLEICHER, E.; PARRA, J. R. P. Espécies de *Trichogramma* parasitoides de *Alabama argillacea*. Determinação das exigências térmicas de três populações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 25, n. 1, p. 215-219, 1990.
- BORBA, R. S.; GARCIA, M. S.; KOVALESKI, A.; OLIVEIRA, A. C.; ZIMMER, P. D.; BRANCO, J. S. C.; MALONEN, G. Genetic dissimilarity of lines of *Trichogramma Westwood* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) through ISSR markers. **Neotrop. Entomol.** v. 34: p. 565–569. 2005.
- CALVIN, D. D.; KNAPP, M. C. WELCH, S. M., POSTON, F. L.; ELZINGA, R. J. Impact of environmental factors on *Trichogramma pretiosum* reared on southwestern corn borer eggs. **Environmental Entomology**, 13(3), 774-780. 1984. <https://doi.org/10.1093/ee/13.3.774>
- DE FREITAS BUENO, R. C. O.; PARRA, J. R. P.; DE FREITAS BUENO, A. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **Bulletin of entomological research**, v. 102, n. 1, p. 1-8, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.11.005>
- DUTTON, A.; BIGLER, F. Flight activity assessment of the egg parasitoid *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) in laboratory and field conditions. **Entomophaga**, v. 40, n. 2, p. 223-233, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF02373070>
- FRANKHAM, R. Genetic adaptation to captivity in species conservation programs. **Mol Ecol** 17:325–333. 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03399.x>
- GARDNER, S.M., VAN LENTEREN, J.C. Characterisation of the arrestment responses of *Trichogramma evanescens* . **Oecologia** 68, 265–270 (1986). <https://doi.org/10.1007/BF00384798>
- GRANDE, M. L. M.; DE QUEIROZ, A. P.; GONÇALVES, J.; HAYASHIDA, R.; VENTURA, M. U.; de FREITAS BUENO, A. Impact of Environmental Variables on Parasitism and Emergence of *Trichogramma pretiosum*, *Telenomus remus* and *Telenomus podisi*. **Neotropical Entomology**, 1-10. 2021. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00874-2>
- HANSEN, D. L.; BRODSGAAD, H. F.; ENKEGAARD. A. Life table characteristics of *Macrophus caliginosus* preying upon *Tetranychus urticae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** v. 93: p. 269-275. 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1999.00587.x>

HENTER, H. J. Inbreeding depression and haplodiploidy: experimental measures in a parasitoid and comparisons across diploid and haplodiploid insect taxa. **Evolution** n. 57: p. 1793–1803. 2003. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2003.tb00587.x>

HOPPER, K. R.; ROUSH, R. T.; POWELL, W. Management of genetics of biological control introductions. **Annu Rev Entomol** n. 38: p. 27–51. 1993.

Comitê de Ação a Resistência a Inseticidas-IRAC. Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*. Disponível em: <<https://www.irac-br.org/plutella-xylostella>> acesso em: abril de 2021.

ISHIKAWA, H. Insect Symbiosis: An Introduction. In: BOURTZIS, K; MILLER, T. A. Insect Symbiosis, Boca Raton: CRC Press, 2003. cap. 1, p. 1-21.

MACEDA, A.; HOHMANN, C. L.; SANTOS, H. R. dos. Temperature effects on *Trichogramma pretiosum* Riley and *Trichogrammatoidea annulata* de Santis. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, p. 27-32, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132003000100005>

NEDOLUZHKO, A.V.; KADNIKOV, V.V.; BELETSKY, A.V.; SHARKO, F.S.; TSYGANKOVA, S.V.; MARDANOV, A.V.; RAVIN, N.V.; SKRYABIN, K.G. Microorganisms associated with microscopic insects *Megaphragma amalphantum* and *Scydosella musawasensis*. **Microbiology** n.86, v. 4: p. 533-535. 2017. <https://doi.org/10.1134/S0026261717040099>

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. *Trichogramma e o controle biológico aplicado*, p. 121-150, 1997.

PASTORI, P. L.; MONTEIRO, L. B.; BOTTON, M.; PRATISSOLI, D. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) sob diferentes temperaturas. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 926-931. 2007.

PEREIRA, F. F.; BARROS R.; PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Planter (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criados em ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Neotropical Entomology**. Vacaria, v. 33, n.1, p. 231-236, 2004.

PIZZOL, J.; PINTUREAU, B.; KHOUALDIA, O.; DESNEUX, N. Temperature-dependent differences in biological traits between two strains of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Pest Science**, v. 83, n. 4, p. 447-452. 2010. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0327-0>

PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35: p. 12841-1288. 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000700001>

- PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; ANDRADE, G. S.; HOLTZ, A. M.; SILVA, A. F. D.; PASTORI, P. L. 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**, v. 37, p. 618-622. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300003>
- PREZOTTI, L.; PARRA, J. R. P.; VENCovsky, R.; COELHO, A. S.; CRUZ, I. Effect of the size of the founder population on the quality of sexual populations of *Trichogramma pretiosum*, in laboratory. **Biological Control**, v. 30, n. 2, p. 174-180. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.01.011>
- QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. **Zootaxa**, v. 4656, n. 2, p. 201–231-201–231. 2019. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4656.2.1>
- QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Caracterização morfológica de dez espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) registradas na América do Sul. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 597-613, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000400010>
- QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE), 2011.
- REZNIK, S. YA.; VAGHINA, N. P. Temperature effects on induction of parasitization by females of *Trichogramma principium* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Entomological Review**, v. 86, n. 2, p. 133-138, 2006. <https://doi.org/10.1134/S0013873806020023>
- SANTOS, N. R.; ALMEIDA, R. P.; PADILHA, I. Q.; ARAÚJO, D. A.; CREÃO DUARTE, A. J. Molecular identification of *Trichogramma* species from regions in Brazil using the sequencing of the ITS2 region of ribosomal DNA. **Braz. J. Biol.** v. 75: p. 391–395. 2015. <https://doi.org/10.1134/S0013873806020023>
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica. **Ceres**, 1976. 419p.
- SILVA, G. V.; BUENO, A. F.; NEVES, P. M. O. J.; FAVETTI, B. M. Biological characteristics and parasitism capacity of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) on Eggs of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **J Agric Sci** v.10, p. 210–220. 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p210>
- WU, L. H., HOFFMANN, A. A.; THOMSON, L. J. Taiwanese *Trichogramma* of Asian corn borer: morphology, ITS-2 rDNA characterization, and natural Wolbachia infection. **J. Insect Sci.** v. 16 n. 1: p. 1–7. 2016. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew006>
- WOODWORTH, L. M.; MONTGOMERY, M. E.; BRISCOE, D. A.; FRANKHAM, R. Rapid genetic deterioration in captive populations: causes and conservation

implications. **Conserv Genet** n. 3: p. 277–288. 2002.
<https://doi.org/10.1023/A:1019954801089>

ZAGO, H. B.; PRATISSOLI, D.; BARROS, R.; GONDIM JUNIOR, M. G. C. Tabela de vida de fertilidade de *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi, 2003 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em hospedeiros alternativos, sob diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1214-1217.2008.

ZANG, L.; SHENG, L.; WANG, S.; ZHANG, F.; DESNEUX, N. Biological Control with *Trichogramma* in China: History, Present Status and Perspectives. **Annu Rev Entomol.** 2021; 66:463–484. pmid:32976724 <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060120-091620>

WERREN, J. H.; BALDO, L.; CLARK, M. E. *Wolbachia*: master manipulators of invertebrate biology. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, n. 10, p. 741-751, 2008.
<https://doi.org/10.1038/nrmicro1969>

ZUG, R.; HAMMERSTEIN, P. Still a host of hosts for *Wolbachia*: analysis of recent data suggests that 40% of terrestrial arthropod species are infected. **PloS one**, v. 7, n. 6, p. e38544, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038544>

CAPÍTULO 2

SELEÇÃO DE *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARA O MANEJO BIOLÓGICO DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, [1858]) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Franciely da Silva Ponce, Moisés Daniel de Oliveira, Claudia Aparecida de Lima Toledo, Vanessa Rafaela de Carvalho, Santino Seabra Júnior, Regiane Cristina de Oliveira

RESUMO

A seleção de linhagens de *T. pretiosum* é uma etapa importante para obter êxito em programas de controle biológico. Dessa forma, objetivou-se selecionar a partir da análise biológica e molecular de cinco linhagens de *T. pretiosum*, a espécie/linhagem mais adequada para compor o programa de controle biológico de *Chrysodeixis includens* em cultivo de brássicas. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (linhagens) e 20 repetições, foram ofertados para cada fêmea 20 ovos de *C. includens*. Os parâmetros avaliados foram: parasitismo (diário e acumulado), viabilidade, número de adultos emergidos por ovos, longevidade e razão sexual. Através da análise de reação polimerase em cadeia (PCR) foram identificados os endossimbiontes presentes nas linhagens. A linhagem Folhas da terra obteve maior longevidade, número de adultos por ovo e razão sexual, sendo a mais indicada para uso no controle biológico de *C. includens* em brássicas, mesmo não obtendo o maior parasitismo de ovos. A análise de componente principal (PCA) e análise de agrupamento de Cluster evidenciaram que a linhagem Folhas da terra juntamente com SBI respondeu a 64,86% das variáveis analisadas. Dentre os endossimbiontes avaliados, foram encontrados *Cardinium*; *Carsonella*; *Spiroplasma*; *Serratia* em três das cinco linhagens avaliadas, em que a combinação de *Cardinium*, *Spiroplasma* e *Serratia* podem estar envolvidas nos resultados expressos pela espécie/linhagem Folhas da terra.

Palavras-chave: endossimbiontes; *Cardinium*; *Carsonella*; *Spiroplasma*; *Serratia*.

ABSTRACT

The selection of *T. pretiosum* strains is an important step to successfully employ a biological control programs. Thus, the objective was to select, from the biological and molecular analysis of five strains of *T. pretiosum*, the most suitable lineage to compose the biological control program for *Chrysodeixis includens* in brassica cultivation. A completely randomized design was used, with five treatments (lines) and 20 replications. Twenty eggs of *C. includens* were offered to each female. The parameters evaluated were: parasitism (daily and accumulated), viability, number of adults emerged from eggs, longevity and sex ratio. Through polymerase chain reaction (PCR) analysis, the endosymbionts present in the lineages were identified. The lineage 'Folhas da terra' had the greatest longevity, number of adults per egg and sex ratio, being the most suitable for use in biological control of *C. includens* in brassicas, even though it did not obtain the greatest parasitism of eggs. The principal component analysis (PCA) and cluster analysis showed that the lineage Folhas da terra together with SBI responded to 64.86% of the analyzed variables. Among the endosymbionts evaluated, were found *Cardinium*; *Carsonella*; *Spiroplasma*; *Serratia* in three of the five lineages evaluated, in which the combination of *Cardinium*, *Spiroplasma* and *Serratia* may be involved in the results expressed by the lineage 'Folhas da terra'.

Keywords: endosymbionts; *Cardinium*; *Carsonella*; *Spiroplasma*; *Serratia*.

2.1 INTRODUÇÃO

A lagarta falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga polífaga, importante nos cultivos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (PANIZZI, 2013; BORTOLOTTI et al., 2015; SORGATTO et al., 2015), e que se tornou uma praga bastante expressiva no cultivo de brássicas. A adaptação, dispersão, capacidade reprodutiva, de completar seu ciclo em várias plantas hospedeiras, faz com que ocorram surtos dessa praga em várias culturas (STACKE et al., 2020).

No cultivo de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*), repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) e outras brássicas, a população de *C. includens* ocorre durante o cultivo, com maior intensidade durante os períodos mais quentes e chuvosos. Trata-se de uma praga bastante agressiva, capaz de promover intensa desfolha e perda na qualidade dos produtos. Podendo consumir de 90 a 190 cm² em área foliar em outras culturas como soja (BUENO et al., 2011). Além da *C. includens*, no cultivo de hortaliças brássicas ocorre a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella* L. Lepidoptera: Plutellidae), a broca das couves (*Hellula undalis* (Fabricius) Lepidoptera: Pyralidae) e outros lepidópteros polípagos, como o complexo de *Spodoptera* spp. (Lepidoptera, Noctuidae).

O manejo das pragas no cultivo de brássicas ainda é feito quase que totalmente pela aplicação de inseticidas químicos, favorecendo a seleção de populações resistentes, tanto de *C. includens*, quanto de outras pragas como *P. xylostella* (PERINI et al., 2021; STACKE et al., 2020; IRAC, <http://www.irac-online.org/> 2021). Além de eventos de resistência, a contaminação do solo, água, produtos e trabalhador rural têm impulsionado a busca por alternativas que minimizem o uso de produtos fitossanitários nos cultivos hortícolas. Dessa forma, o controle biológico no cultivo de hortaliças surge como um aliado forte no manejo das pragas, pois além minimizar o uso de inseticidas químicos, proporciona a menor contaminação pelos produtos.

No entanto, o êxito em qualquer programa de controle biológico, é necessário conhecimento bioecológico dos agentes de controle empregados. Principalmente quando se utiliza parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma*, pois devido ao grande número de espécies e linhagens, pode apresentar diferenças nas características biológicas e de adaptabilidade ao local de liberação, bem como ao

hospedeiro alvo (HASSAN, 1989; BUENO et al., 2009). Dentre as espécies conhecidas e estudadas, o *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a mais comum, ocorrendo com maior frequência em ambientes perturbados como agroecossistemas.

A seleção de linhagens é uma etapa essencial para a implantação de um programa de controle biológico. Algumas características dos insetos, como capacidade de parasitismo, desempenho ótimo, razão sexual, são definidas por bactérias que vivem no corpo dos insetos em simbiose, os chamados endossimbiontes (NEDOLUZHKO et al., 2017). Sendo assim, a seleção de espécies/linhagens que melhor atendam a necessidade da implantação de um programa de controle biológico, passa também pela avaliação molecular dos endossimbiontes presentes nas populações, como critério de seleção. Dessa forma, objetivou-se selecionar a partir da análise biológica e molecular de cinco populações de *T. pretiosum*, a espécie/linhagem mais adequada para compor o programa de controle biológico de *C. includens* em cultivo de brássicas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae)

Para a criação do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*, utilizou-se dieta á base de farinha de trigo integral (97%) e levedura (3%) conforme o proposto por Parra et al. (1989). Em potes de 4,5 litros contendo um quilograma de dieta foram inoculados 0,36 gramas de ovos frescos de *A. kuehniella*, em seguida, os potes foram vedados com fita plástica adesiva e mantidos em sala climatizada, para o desenvolvimento larval com temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 14 horas. Os potes permaneceram na sala de desenvolvimento larval até o surgimento dos primeiros adultos, logo após foram transferidos para a sala de adultos, com temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 14 horas, onde os adultos foram coletados diariamente.

Para a utilização na coleta, criação e liberação de *T. pretiosum*, os ovos de *A. kuehniella* foram inviabilizados através da exposição dos mesmos a luz germicida UV (ultravioleta) por 50 minutos, a 10 cm da fonte de luz.

2.2.2 Coleta e identificação das linhagens de *T. pretiosum*

Os parasitoides foram coletados em áreas de cultivo comercial de brássicas e tomate, utilizando armadilhas sentinelas contendo ovos inviabilizados de *A. kuehniella*. O tempo de exposição das armadilhas sentinelas no campo foi de 24 horas, e foram obtidas cinco linhagens de *T. pretiosum* (Tabela 1).

Tabela 1 - Linhagens de *Trichogramma pretiosum* coletadas em diferentes locais e culturas

Espécie/linhagem	Data de coleta	Local de coleta	Cultura
Folhas da terra	Julho/2019	Pardinho-SP	Brássicas
Vitoriana I	Janeiro/2020	Botucatu-SP	Tomate
Vitoriana II	Fevereiro/2020	Botucatu-SP	Tomate
SB I	Fevereiro/2020	Mogi Guaçu-SP	Tomate
SB II	Abril/2020	Mogi Guaçu-SP	Tomate

Para a confirmação das espécies, foram montadas lâminas, em meio Hoyers, e através da genitália dos machos, foram identificados taxonomicamente. As seguintes características indicaram que se tratava de *T. pretiosum*: Cerdas flageliformes alongadas e delgadas, afinando gradualmente para o ápice; lâmina dorsal estendendo-se até o nível de vértice volselar; crista ventral curta, não alcançando o meio da cápsula genital; processos ventrais próximos à base do processo intervolselar, que é pontudo e longo, não se estendendo até o ápice da volsela (QUERINO; ZUCCHI, 2019; QUERINO; ZUCCHI, 2011).

2.2.3 Criação das linhagens de *T. pretiosum*

Os insetos foram multiplicados em ovos de *A. kuehniella*, hospedeiro alternativo mais indicado para criação em condições de laboratório (GOMES, 1997; GOMES; PARRA, 1998). A criação de *T. pretiosum* foi realizada conforme a metodologia de Stein e Parra (1987). Para acondicionamento dos insetos adultos foram utilizados potes plásticos transparentes de 3,6 litros, vedados com plástico filme de PVC (Policloreto de vinila) e para alimentação utilizou-se mel puro, disponibilizado em finos filetes na lateral interna dos potes. Os recipientes contendo os adultos das espécies/linhagens de *T. pretiosum* foram mantidos em sala

climatizada, com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. Para evitar a contaminação das linhagens através da mistura de indivíduos, as criações foram mantidas em salas distintas.

2.2.4 Criação de *C. includens*

A população de *C. includens* utilizada no estudo é oriunda de lagartas e pupas coletadas em plantas de couve e repolho, em área de produção comercial de brássicas. Os ovos utilizados descenderam da população F1 de laboratório, e foi criada em plantas de couve, isentas de aplicação de qualquer produto químico. Após os adultos emergirem, a cópula foi permitida por 72 horas, após este período foram transferidos para gaiola de 150 mm, confeccionadas em PVC e vedadas por tela antiafídio. Como fonte de alimento foi ofertado mel a 10%, e como substrato de ovoposição, utilizou-se papel pardo, fixado na lateral das gaiolas.

2.2.5 Seleção de linhagens de *T. pretiosum* para o manejo de *C. includens*

Foram individualizadas 20 fêmeas de cada linhagem, com no máximo 24 horas de emergidas, em tubos de fundo chato (25 x 85 milímetros), contendo uma gotícula de mel puro, para a alimentação. Os tubos foram vedados com plástico PVC, e diariamente foram ofertados 20 ovos de *C. includens* para cada fêmea, com no máximo, 24 h. Os tubos contendo as fêmeas foram mantidos em BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ com fotofase de 14 h e umidade relativa de $70 \pm 5\%$. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (linhagens) e 20 repetições.

As cartelas contendo os ovos parasitados foram individualizadas em sacos plásticos de 100 mililitros preenchidos com oxigênio. Após a emergência e morte dos parasitoides foram realizadas as avaliações. Os parâmetros avaliados foram: capacidade de parasitismo (diária e acumulada), viabilidade, número de adultos emergidos por ovo, longevidade e razão sexual através da fórmula:

$$rs = \frac{N^{\circ} \text{de fêmeas}}{N^{\circ} \text{de parasitoides}}$$

2.2.6 Análise estatística

As médias obtidas foram testadas quanto à normalidade e homogeneidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5%. Para escolha da linhagem utilizou-se uma análise de agrupamento (Cluster analysis), além de uma multivariada com o auxílio do software XLSTAT®.

2.2.7 Amostragem, extração de DNA e detecção de endossimbiontes via reação polimerase em cadeia (PCR)

Foram separados 50 indivíduos adultos de *T. pretiosum* de cada linhagem. Os indivíduos foram macerados e homogeneizados em tubo de polipropileno (tipo eppendorf) em uma solução contendo 50 mL de Chelex a 10% e 5 mL de protease K. Os tubos foram então agitados por 5 segundos em Vortex Biomixer MOD QL901 e minicentrífuga de bancada Ministar a 6200 rpm. A seguir, a mistura foi transferida para termociclador Infinigen modelo TC-96CG e incubada por 20 minutos a 95°C para rompimento da membrana e tecidos celulares. O DNA extraído foi utilizado seguindo a metodologia de reação em cadeia de polimerase (PCR) para a detecção molecular dos endossimbiontes do gênero: *Arsenophonus*, *Hamiltonella*, *Cardinium*, *Spiroplasma*, *Rickettsia*, *Serratia*, *Wolbachia* e *Sodalis* utilizando primers específicos (Tabela 2).

Tabela 2- Lista de primers na sequência de endossimbiontes testados para *Trichogramma pretiosum*

Endossimbiontes	Gene Alvo	Sequência do Primer 5'>3'	(pb)	Referências
<i>Arsenophonus</i>	16S rRNA	F-CGTTTGATGAATTCATAGTCAAA R- GGTCCTCCAGTTAGTGTTACCCAAC	600	Thao; Baumann, (2004)
<i>Cardinium</i>	16S rRNA	F-TACTGTAAGAATAAGCACCGGC R-GTGGATCACTTAACGCTTTTCG	900	Zchori-Fein; Pearlman, (2004)
<i>Hamiltonella</i>	16S rRNA	F-TGAGTAAAGTCTGGAATCTGG R-AGTTCAAGACCGCAACCTC	700	Zchori-Fein; Brown, (2002)
<i>Spiroplasma</i>	16S rRNA	F-GCTTAAGTCCAGTTCGCC R-CCTGTCTCAATGTTAACCTC	800	Montenegro et al. (2005)
<i>Rickettsia</i>	16S rRNA	F-GCTCAGAACGAACGCTATC R-GAAGGAAAGCATCTCTGC	900	Gottlieb et al. (2006)
<i>Serratia</i>	16S rRNA	F- CGCAGGCGGTTTGTTAAGTC R- CTTCAAGGGCACAACCTCCA	268	Ribeiro et al. (2019)
<i>Wolbachia</i>	16S rRNA	F-CGGGGGAAAAATTTATTGCT R-AGCTGTAATACAGAAAGTAAA	700	Heddi et al. (1999)
<i>Sodalis</i>	16S rRNA	F-ACCGCATAACGTCGCAAGACC R- CTTAACCCAACATTTCTCAACACGAG	1000	Nováková et al., (2009)
<i>Carsonella</i>	16S rRNA	CACGTGCTACAATGAGTAAAACAA GGTTCCCCTACAGCTACCTTG	279	Thao et al. (2000)

* pb - base pairs

O mix de PCR utilizado totalizou um volume de 25µL, composto por 12,5µL de Taq DNA Polimerase (NeoBio), 7,5µL água miliQ, 1,0µL de cada primer e 3,0µL de DNA da amostra. As reações de PCR foram executadas seguindo condições específicas para cada endossimbionte (Tabela 3).

O produto resultante das PCRs foi visualizado e lido em gel de agarose 1%, contendo 80 mL de solução tampão TBE; 0,8g de agarose (Neo3Bio) e 0,4µL de intercalante de DNA GelRed (NeoBio), no qual foi adicionado marcador molecular 100pb (Norgen) e a visualização realizada em transiluminador de luz UV (Major Science).

Com os endossimbiontes que deram positivo foram realizadas reações de PCR dupla, com o dobro do mix de solução para cada reação, depois foi realizada a purificação e quantificação de DNA.

Tabela 3 - Condições de execução das reações de PCR para os endossimbiontes *Arsenophonus*, *Hamiltonella*, *Spiroplasma*, *Rickettsia*, *Serratia*, *Wolbachia*, *Sodalis* e *Carsonela*

Endossimbiontes	
<i>Arsenophonus</i> e <i>Hamiltonella</i>	Temperatura de desnaturação inicial a 95°C por 2 minutos, seguido de 30 ciclos de 95°C a 30 segundos, 58°C a 30 segundos, 72°C a 1 minuto e extensão final a 72°C por 5 minutos, em um total de 1 hora e 24 minutos.
<i>Spiroplasma</i>	Temperatura de desnaturação inicial a 94°C por 5 minutos, seguido de 30 ciclos de 94°C a 1 minuto, 52°C a 1 minuto, 72°C a 2 minutos e extensão final de 72°C por 5 minutos.
<i>Rickettsia</i>	Temperatura de desnaturação inicial a 95°C por 2 minutos, seguido de 30 ciclos de 92°C a 30 segundos, 58°C a 30 segundos, 72°C a 30 segundos e extensão final de 72°C por 5 minutos.
<i>Serratia</i>	Temperatura de desnaturação inicial a 95°C por 10 minutos, seguido de 35 ciclos de 95°C a 1 minuto, 62°C a 1 minuto, 72°C a 1 minuto e extensão final de 72°C por 1 minuto.
<i>Wolbachia</i>	Temperatura de desnaturação inicial a 95°C por 3 minutos, seguido de 30 ciclos de 95°C a 30 segundos, 55°C a 30 segundos, 72°C a 30 segundos e extensão final de 72°C por 5 minutos, totalizando um ciclo de 1 hora e 12 minutos.
<i>Sodalis</i>	Temperatura de desnaturação inicial a 94°C por 5 minutos, seguido de 30 ciclos de 94°C a 1 minuto, 62°C a 1 minuto, 72°C a 2 minutos e extensão final de 72°C por 5 minutos.
<i>Carsonela</i>	Temperatura de desnaturação inicial a 94°C por 3 minutos, seguido de 35 ciclos de 94°C a 0:30 segundos, 50°C a 0:30 minutos, 72°C a 1 minuto e extensão final de 72°C por 10 minutos.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A linhagem ‘Folhas da terra’ obteve maior número de adultos por ovo, longevidade e razão sexual, no entanto, a ‘SBII’ foi mais eficiente quanto à porcentagem de ovos parasitados de *C. includens* (Tabela 4). Devido à sobrevivência das fêmeas, a linhagem Folhas da terra recebeu mais ovos durante a condução do experimento, o que refletiu na média da capacidade de parasitismo por fêmea (Tabela 4).

Tabela 4 - Parasitismo (%), longevidade (dias), viabilidade, número de adultos por ovo e razão sexual de cinco linhagens de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Chrysodeixis includens*

Linhagens	Parasitismo (%)	Longevidade	Viabilidade (%)	Número de adultos/ovo	Razão sexual
Folhas da terra	17,9 ± 8,2 ab	8,6 ± 3,77 a	100 ± 0,0 ^{NS}	1,7 ± 0,2 a	0,76 ± 0,64 a
Vitoriana I	10,3 ± 6,3 b	4,9 ± 3,1 b	99,8 ± 1,1 ^{NS}	1,1 ± 0,3 bc	0,52 ± 0,26 b
Vitoriana II	15,4 ± 8,2 ab	5,2 ± 2,0 b	97,5 ± 9,3 ^{NS}	1,0 ± 0,4 bc	0,58 ± 0,22 ab
SBI	16,1 ± 7,0 ab	5,3 ± 2,5 b	98,6 ± 5,6 ^{NS}	1,3 ± 0,4 b	0,62 ± 0,18 ab
SBII	22,3 ± 22,7 a	4,3 ± 3,2 b	100 ± 0,0 ^{NS}	0,8 ± 0,5 c	0,63 ± 0,28 ab
CV%	74,2	52,1	4,9	32,1	34,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

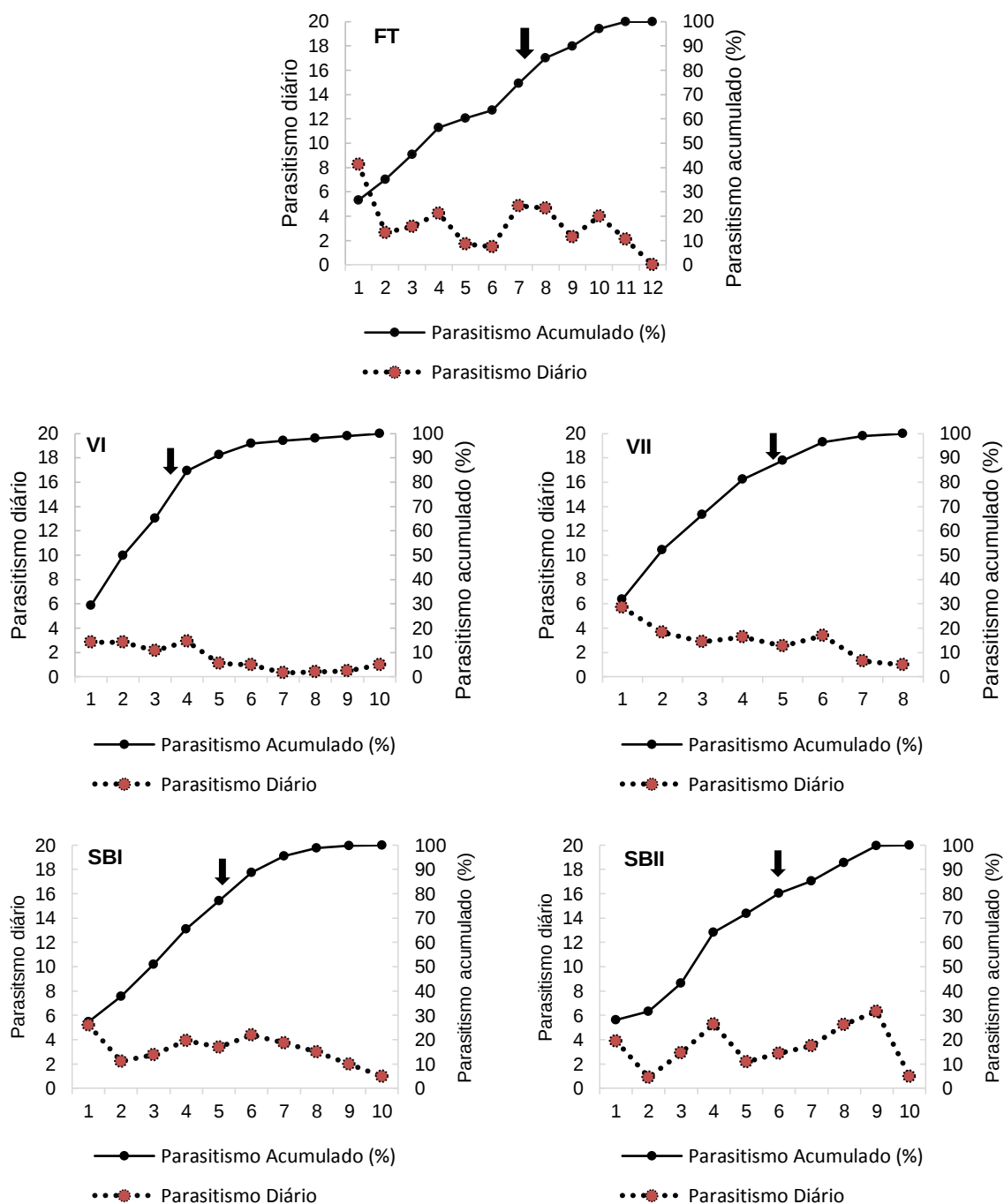
A longevidade das fêmeas pode favorecer o parasitismo, no entanto, quando é realizada uma liberação inundativa de um agente de controle biológico, o ideal é que o parasitismo ocorra nas primeiras 24 h, pois caso tenham que ser realizadas pulverizações, ou mesmo se houver mudanças climáticas, não interfira na eficiência do parasitoide, para que o alvo da liberação seja atingido (POORJAVAD et al., 2011; PINTO; FERNANDES, 2020). Mesmo que a intenção das liberações inundativas não seja promover a colonização das áreas de cultivo, a sobrevivência dos agentes de controle biológico na área promove redução da população de lepidópteros-praga nas gerações seguintes, logo, a maior longevidade garante a permanência do parasitoide por mais tempo no campo, forrageando ovos de novas posturas.

Não houve diferença entre as linhagens quanto à viabilidade dos ovos, em que a maior parte dos ovos parasitados deu origem a adultos. Os ovos de *C. includens* apresentam tamanho 0,5 mm (MOSCARDI et al., 2012), o que representa um volume pelo menos três vezes maior que o dos ovos do hospedeiro alternativo, *A. kuehniella*, resultando na emergência de mais de um adulto de *T. pretiosum* por ovo. A linhagem ‘Folhas da terra’ obteve maior número de adultos de *T. pretiosum* por ovo parasitado, o que favorece a multiplicação do parasitoide do parasitoide no campo.

A razão sexual refere-se à proporção de fêmeas de uma população, deste modo, a linhagem ‘Folhas da terra’ apresentou maior razão sexual, sendo 31,7% superior a ‘Vitoriana I’, 23,8% em relação à Vitoriana II e 18,1 e 17,6% em relação às linhagens SBI e SBII respectivamente. A razão sexual é um parâmetro importante na escolha da linhagem a ser liberada, pois apenas as fêmeas parasitam, sendo

essencial que representem a maior parte dos indivíduos, ou será necessário liberar mais parasitoides para que se atinja o parasitismo capaz de controlar a praga alvo (Figura 1).

Figura 1- Parasitismo diário e parasitismo acumulado (%) de cinco linhagens de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Chrysodeixis includens*

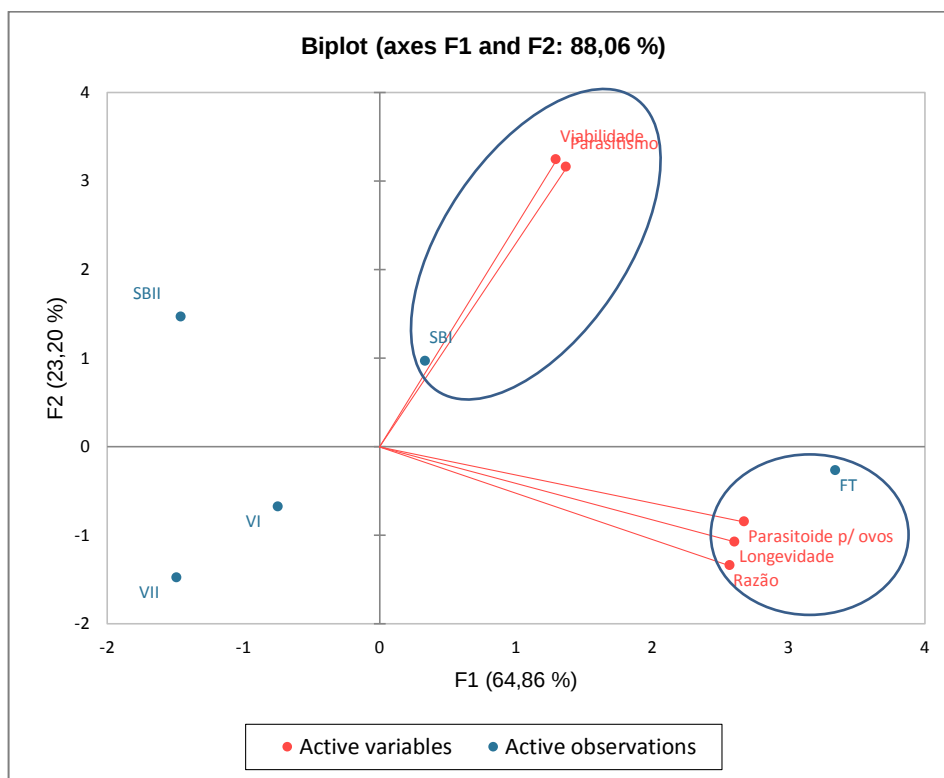


A linhagem 'Folhas da terra' alcançou 80% de parasitismo dos ovos ofertados no oitavo dia de experimento, o parasitismo diário variou ao longo dos dias. As linhagens 'Vitoriana I' e 'Vitoriana II' alcançaram 80% de parasitismo dos ovos ofertados no quarto dia, enquanto que as linhagens SBI e II obtiveram 80% do parasitismo entre o quinto e sexto dia.

Normalmente o máximo de parasitismo é o obtido nas primeiras 24 h, decrescendo dia após dia ao longo da vida das fêmeas de *T. pretiosum*, que em condições de laboratório, podem viver mais de 20 dias. Em campo, considera-se que o pico de parasitismo de *T. pretiosum* ocorra nas primeiras 24 h de emergência, e que em 72 h, não haja mais atividade parasítica. O tempo de parasitismo das fêmeas de *T. pretiosum* variou para todas as linhagens. Normalmente após a liberação inundativa de *T. pretiosum* recomenda-se um intervalo de três dias para o posicionamento de inseticidas químicos, para que não haja interferência da pulverização no parasitismo. No entanto, as linhagens testadas atingiram 80% de parasitismo após cinco dias no mínimo. Precisando ser repensado o período de intervalo entre a liberação de *T. pretiosum* e a aplicação de produtos fitossanitários.

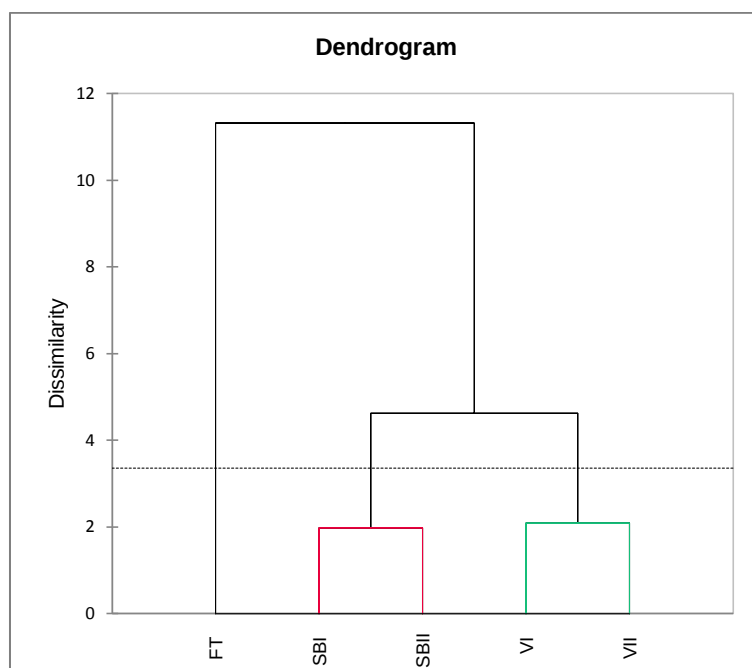
Para facilitar a visualização dos resultados utilizou-se a análise de componente principal (PCA), que separou as linhagens em dois grupos, sendo 'Folhas da terra' a linhagem que obteve maior número de adultos por ovo de *C. includens*, longevidade e razão sexual atendendo juntamente com a linhagem SBI 88,06% dos parâmetros avaliados, dos quais 64,86% é respondido no eixo 1 (Figura 2). Evidenciando que a linhagem 'Folhas da terra' mostrou-se a mais indicada para o controle biológico de *C. includens*.

Figura 2 - Projeção bidimensional e pontuações de parasitismo, adultos por ovos, longevidade, viabilidade e razão sexual de linhagens de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Chrysodeixis includens*



A análise de agrupamento (cluster analysis) separou três grupos distintos a 100% de distância, o primeiro grupo é composto pela espécie/linhagem 'Folhas da terra' e o segundo e o terceiro composto pelas demais linhagens (Figura 3). As linhagens 'Vitoriana I' e 'Vitoriana II' apresentaram resultados bem próximos, da mesma forma, as linhagens 'SBI' e 'SBI', evidenciando uma proximidade de características, proporcionada pelo local em que foram coletadas. Dessa forma, *T. pretiosum* 'Folhas da terra' é a linhagem com maior potencial para ser utilizada no controle biológico de *C. includens* em brássicas.

Figura 3 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento realizada com base nos parâmetros biológicos avaliados (parasitismo, número de adultos por ovo, longevidade e razão sexual de cinco linhagens de *Trichogramma pretiosum* (Folhas da terra, Vitoriana I e Vitoriana II, SBI e SBII) em ovos de *Chrysodeixis includens*



Para esclarecer os resultados obtidos, foram realizadas análises moleculares no intuito de identificar os endossimbiontes presentes nas linhagens estudadas. Foram constatados quatro endossimbiontes, *Cardinium*, *Spiroplasma*, *Carsonella* e *Serratia*, em três das cinco linhagens estudadas, 'Folhas da terra', 'SBI' e 'Vitoriana II' (Tabela 5).

Tabela 5 - Endossimbiontes identificados nas linhagens de *Trichogramma pretiosum*. via PCR

Linhagens de <i>Trichogramma pretiosum</i>					
Endossimbiontes	Folhas da terra	SB I	SB II	Vitoriana I	Vitoriana II
Rickettsia	-	-	-	-	-
Hamiltonella	-	-	-	-	-
Wolbachia	-	-	-	-	-
Arsenophonus	-	-	-	-	-
Cardinium	+	+	-	-	+
Sodalis	-	-	-	-	-
Nosema	-	-	-	-	-
Carsonella	-	-	-	-	+
Spiroplasma	+	-	-	-	-
Serratia	+	+	-	-	-

Em ‘Folhas da terra’, foram encontrados os endossimbiontes *Cardinium*, *Spiroplasma* e *Serratia*, em ‘SB I’ foi constatada a presença de *Cardinium* e *Serratia*, enquanto que na linhagem ‘Vitoriana II’ constatou-se a presença de *Cardinium* e *Carsonella*.

Os endossimbiontes podem estar envolvidos na reprodução, sobrevivência, desintoxicação ou nutrição do hospedeiro, aumentando a habilidade de sobreviver em dietas pouco nutricionais e na eficiência da digestão, provendo vitaminas, impedindo a contaminação por bactérias patogênicas, influenciando na cópula e nos sistemas reprodutivos, entre outros (NEDOLUZHKO, 2017; ISHIKAWA, 2003). A relação dos insetos com as bactérias endossimbiontes pode ser benéfica ou maléfica, em caso de patógenos. Muitas dessas relações ainda são desconhecidas, havendo poucos estudos que elucidem os efeitos da relação mutualística que ocorre entre hospede e hospedeiro, no entanto estima-se que 70% dos insetos vivam em simbiose com microrganismos intracelulares (NEDOLUZHKO, 2017; ISHIKAWA, 2003).

O endossimbionte *Cardinium* é uma bactéria do grupo Bacteroidetes, que promove em seus hospedeiros, alterações reprodutivas, como incompatibilidade citoplasmática, partenogênese e feminilização. Dentre as linhagens estudadas, a ‘Folhas da terra’ possui mais de 70% de fêmeas, no entanto, a linhagem ‘SBI’ e ‘Vitoriana II’ apresentaram razão sexual próximo ao das demais linhagens, evidenciando que em *Trichogrammatidae*, a bactéria *Cardinium* pode estar envolvida em outras respostas fisiológicas dos insetos. Ou mesmo, a presença combinada de *Spiroplasma* e *Serratia* juntamente com *Cardinium* na linhagem ‘Folhas da terra’, possa resultar em maior número de fêmeas e longevidade.

O endossimbionte *Spiroplasma*, encontrado na linhagem ‘Folhas da terra’, apresenta como principal efeito um aumento na mortalidade de machos (BALLINGER; PERLMAN, 2019), evidenciando que a ação conjunta de *Spiroplasma* e *Cardinium* na linhagem ‘Folhas da terra’ pode ter proporcionado uma população com maior proporção de fêmeas. Além disso, *Spiroplasma* apresenta a função defensiva, protegendo através da inativação ribossomos tóxicos aos hospedeiros através de proteínas (BALLINGER; PERLMAN, 2019). Ao longo do tempo, na criação massal de *T. pretiosum* a razão sexual pode mudar, sendo acrescida de uma maior quantidade de fêmeas, principalmente devido à pouca variabilidade genética

dos indivíduos, ou mesmo eventos de partenogênese e transferência vertical de endossimbiontes (FARIA et al., 2009).

Além de *Cardinium*, na linhagem ‘Vitoriana II’ foi encontrado o endossimbionte *Carsonella*, conhecida bactéria obrigatória de psílídeo (Hemiptera: Psylloidea) (THAO et al., 2001). Em psílídeo, a *Carsonella* está envolvida em funções nutricionais, produzindo aminoácidos essenciais à sobrevivência do hospedeiro, e que devido ao tipo de dieta deficiente, a associação do hospedeiro com a bactéria é obrigatório (THAO et al., 2000). A função exercida pela bactéria *Carsonella* (*Gamma Proteobacterium*) em associação com *T. pretiosum* pode estar ligada também a nutrição. Em vida livre, a alimentação de adultos de *T. pretiosum* é baseada em néctar e pólen, podendo ser insuficiente para nutrição desses insetos, no entanto, essas afirmações precisam de mais estudos para ser elucidadas.

O endossimbionte *Serratia* foi encontrado nas linhagens ‘Folhas da terra’ e ‘SBI’ e atua como endossimbionte secundário, benéfico em afídeos, associado ao aumento da tolerância a altas temperaturas e ação de patógenos, mas também exerce função nutricional, de síntese de aminoácidos, além de diminuir a longevidade dos predadores que se alimentam do inseto infectado com *Serratia* (PETERSEN et al., 2013; COSTOPOULOS et al., 2014; FORAY et al., 2014).

Alguns endossimbiontes são obrigatórios em insetos, como os gêneros *Baumannia*, *Blochmannia*, *Buchnera*, *Carsonella*, *Nardonella*, *Portiera*, *Sulcia*, *Tremblaya* e *Wigglesworthia*, e necessitam de um hospedeiro para sobreviver, enquanto que os gêneros *Arsenophonus*, *Cardinium*, *Fritschea*, *Hamiltonella*, *Regiella*, *Rickettsia*, *Serratia*, *Sodalis*, *Spiroplasma* e *Wolbachia*, são facultativos, podendo existir em vida livre (KIKUCHI, 2009).

Dentre as cinco linhagens avaliadas, a Folhas da terra foi a que apresentou resultados mais promissores, tanto para a análise de parâmetros biológicos, como em relação a longevidade, número de adultos de *T. pretiosum* por ovo parasitado, além de se destacar tanto na análise de componente principal, quanto na análise de agrupamento de Cluster. Além disso, a análise molecular evidenciou que a combinação do endossimbionte *Cardinium*, *Spiroplasma* e *Serratia* pode ter favorecido tanto a maior porcentagem de fêmeas e longevidade. A relação dos endossimbiontes com parasitoides do gênero *Trichogramma* ainda precisa ser aprofundada. Apesar de não ter proporcionado o maior parasitismo, a linhagem

Folhas da terra obteve resultados de outras variáveis que justificam sua utilização para o uso no controle biológico de *C. includens* no cultivo de brássicas.

REFERÊNCIAS

- BALLINGER, M. J.; PERLMAN, S. J. The defensive *Spiroplasma*. Current opinion in insect science, v. 32, p. 36-41, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.10.004>
- BORTOLOTTTO, O. C.; POMARI-FERNANDES, A.; BUENO, R. D. F.; BUENO, A. D. F.; DA KRUIZ, Y. K. S.; QUEIROZ, A. P.; SANZOVO, A.; Ferreira, R. B. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE). (2015).
- BUENO, R. C. O. F. de; PARRA, J.R.P.; BUENO, A. F. de. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **B. Entomol. Res.**, v. 102 n. 1, p. 1-8. 2011. <https://doi.org/10.1017/S0007485311000289>
- BUENO, R. C.; PARRA, J. R.; BUENO, A. D. F.; HADDAD, M. L. Desempenho de tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, 38, 389-394, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000300015>
- BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F.; MOSCARDI, F.; POSTALI PARRA, J. R.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. *Pest Management Science*, v. 67, n.2, p.170-174. 2011.
- COSTOPOULOS, K.; KOVACS, J. L.; KAMINS, A.; GERARDO, N. M. Aphid facultative symbionts reduce survival of the predatory lady beetle *Hippodamia convergens*. **BMC ecology** v.14, n. 1: p. 5. 2014. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-14-5>
- FARIA, Vitor Gouveia. Mecanismos de transmissão vertical e horizontal do endossimbionte Wolbachia. 2009. Tese de Doutorado. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10451/1409>>
- FORAY, V.; GRIGORESCU, A.S.; SABRI, A.; HAUBRUGE, E.; LOGNAY, G.; FRANCIS, F.; FAUCONIER, M. L.; HANCE, T.; THONART, P. Whole-genome sequence of *Serratia symbiotica* strain cwbi-2.3 t, a free-living symbiont of the black bean aphid *Aphis fabae*. **Genome announcements** v. 2, n. 4: e00767-14. 2014. <https://doi.org/10.1128/genomeA.00767-14>
- GOMES, S. M.; PARRA, J. R. P. The parasitization as a tool for factitious host for *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum*. *Mitteilungen Ans Der Biologischen Bundesanstalt Für land Und Forstwirtschaft Berlin*, v. 5, n.1, p.13-23, 1998.
- GOMES, S. M. **Comparação de três hospedeiros alternativos para criação de produção massal de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 e *T. galloi* Zucchi, 1988.** 1997. 106 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

GOTTLIEB, Y.; GHANIM, M.; CHIEL, E.; GERLING, D.; PORTNOY, V.; STEINBERG, S.; TZURI, G.; HOROWITZ, A. R.; BELAUSOV, E.; MOZES-DAUBE, N.; KONTSEDALOV, S.; GERSHON, M.; GAL, S.; KATZIR, N.; ZCHORI-FEIN, E. Identification and localization of a *Rickettsia* sp in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Applied Environmental Microbiology**. v.72 n. 5, p. 3646–3652, 2006. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.5.3646-3652.2006>

HASSAN, S. A. Selection of suitable *Trichogramma* strains to control the codling moth *Cydia pomonella* and the two summer fruit tortrix moths *Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana* [Lep.: Tortricidae]. **Entomophaga**, v. 34, n. 1, p. 19-27, 1989. <https://doi.org/10.1007/BF02372583>

HEDDI, A.; GRENIER, A.M.; KHATCHADOURIAN, C.; CHARLES, H.; NARDON, P; Four intracellular genomes direct weevil biology: Nuclear, mitochondrial, principal endosymbiont, and *Wolbachia*. **Proceedings of the National Academy Sciences**. v. 96, n.12: p. 6814–6819, 1999. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.12.6814>

Comitê de Ação a Resistência a Inseticidas-IRAC. Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*. Disponível em: <<https://www.irac-br.org/plutella-xylostella>> acesso em: abril de 2021.

ISHIKAWA, H. Insect Symbiosis: An Introduction. In: BOURTZIS, K; MILLER, T. A. Insect Symbiosis, Boca Raton: CRC Press, 2003. cap. 1, p. 1-21.

KIKUCHI, Y. Endosymbiotic bacteria in insects: their diversity and culturability. **Microbes and Environments** v. 24 n. 3 p. 195-204. 2009. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME09140S>

MONTENEGRO, H.; SOLFERINI, V. N.; KLACZKO, L. B.; HURST, G. D. D. Male-killing *Spiroplasma* naturally infecting *Drosophila melanogaster*. **Insect Molecular Biology** v.14 n. 3 p. 281-287, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2583.2005.00558.x>

MOSCARDI, F.; BUENO, A.F.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; POMARI, A.F.; CORSO, I.C.; YANO, S.A.C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: Hoffmann Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F (Eds.) Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Londrina: **Embrapa Soja**. p. 213–334. (2012).

NEDOLUZHKO, A.V.; KADNIKOV, V.V.; BELETSKY, A.V.; SHARKO, F.S.; TSYGANKOVA, S.V.; MARDANOV, A.V.; RAVIN, N.V.; SKRYABIN, K.G. Microorganisms associated with microscopic insects *Megaphragma amalphantum* and *Scydosella musawasensis*. **Microbiology** v. 86, n. 4: p. 533-535. 2017. <https://doi.org/10.1134/S0026261717040099>

NOVÁKOVÁ, E.; HYPŠA, V.; MORAN, N.A *Arsenophonus*, an emerging clade of intracellular symbionts with a broad host distribution. **BMC Microbiology** v. 9, n. 1: p. 143. 2009. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-9-143>

PANIZZU, A. R. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. **Neotropical entomology**, v. 42, n. 2, p. 119-127, 2013. DOI 10.1007/s13744-013-0111-y

PARRA, J. R.; SERRA, H. J.; LOPES, J. R.; SALES, J. R. O. Metodologia de criação *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. v. 18 n. 2 (1989). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v18i2.603>

PETERSEN, L.M.; TISA, L.S. Friend or foe? A review of the mechanisms that drive *Serratia* towards diverse lifestyles. **Canadian Journal of Microbiology** v. 59, n. 9: p. 627–640. 2013. <https://doi.org/10.1139/cjm-2013-0343>

PERINI, C. R.; TABULOC, C. A.; CHIU, J. C.; ZALOM, F. G.; STACKE, R. F.; BERNARDI, O.; NELSON, D. R.; GUEDES, J. C. Transcriptome Analysis of Pyrethroid-Resistant *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) Reveals Overexpression of Metabolic Detoxification Genes. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 1, p. 274-283, 2021. <https://doi.org/10.1093/jeet/toaa233>

PINTO, J. R. L.; FERNANDES, O. A. Parasitism capacity of *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* on eggs of moth pests of peanut. **Bull. Insectol**, v. 73, p. 71-78. 2020.

POORJAVAD, N.; GOLDANSAZ, S. H.; HOSSEININAVEH, V.; NOZARI, J.; DEHGHANIY, H.; ENKEGAARD, A. Fertility life table parameters of different strains of *Trichogramma* spp. collected from eggs of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae*.- **Entomological Science**, v. 14: p.245-253.2011. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2011.00443.x>

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. *Zootaxa*, v. 4656, n. 2, p. 201–231-201–231. 2019. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4656.2.1>

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE), 2011.

RIBEIRO, Murilo Fonseca. Parasitismo de populações de *Anaphes nitens* (Hymenoptera: Mymaridae) em *Gonipteris platensis* (Coleoptera: Curculionidae) e endossimbiontes associados. 2019.

SORGATTO, R. J.; BERNARDI, O.; OMOTO, C. Survival and development of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on *Bt* cotton and implications for resistance management strategies in Brazil. **Environmental Entomology**, v. 44, n. 1, p. 186-192, 2015. <https://doi.org/10.1093/ee/nvu018>

STACKE, R. F., GODOY, D. N., HALBERSTADT, S. A., BRONZATTO, E. S., GIACOMELLI, T., HETTER, B. L.; MURARO, D. S.; GUEDES, J.V.C.; BERNARDI, O. V.C. Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance, fitness costs and cross-

resistance to other pyrethroids in soybean looper, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), **Crop Protection**, v. 131, 2020, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105096>.

STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Aspectos biológicos de *Trichogramma* sp. em diferentes hospedeiros. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 16, n. 1, p. 163-169, 1987.

THAO, M. L.; BAUMANN, P. Evolutionary relationships of primary prokaryotic endosymbionts of whiteflies and their hosts. **Applied Environmental Microbiology** v. 70, n. 6: p. 3401– 3406, 2004. DOI: 10.1128/AEM.70.6.3401–3406.2004

THAO, M. L.; MORAN, N. A.; ABBOT, P.; BRENNAN E. B.; BURCKHARDT; D. H.; BAUMANN, P. Cospeciation of psyllids and their primary prokaryotic endosymbionts. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 66:p. 2898–2905. 2000. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.7.2898-2905.2000>

THAO, M. L., CLARK, M. A., BURCKHARDT, D. H., MORAN, N. A., BAUMANN, P. Phylogenetic analysis of vertically transmitted psyllid endosymbionts (*Candidatus Carsonella ruddii*) based on atpAGD and rpoC: comparisons with 16S–23S rDNA-derived phylogeny. **Current microbiology**, v. 42 n. 6, p.419-421. 2001.

ZCHORI-FEIN, E.; BROWN, J. K. Diversity of prokaryotes associated with *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). **Annals of the Entomological Society of America** v. 95, n. 6: p. 711– 718, 2002. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0711:DOPAWB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0711:DOPAWB]2.0.CO;2)

ZCHORI-FEIN, E.; PERLMAN, S.J. Distribution of the bacterial symbiont *Cardinium* in arthropods. **Molecular Ecology** v.13 n.7 p. 2009-2016, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02203.x>

CAPÍTULO 3

¹DISPERSÃO DE *Trichogramma pretiosum* Riley (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM CULTIVOS DE COUVE E REPOLHO

Franciely da Silva Ponce, Moisés Daniel de Oliveira, Lucas Alves de Oliveira, Willian Ricardo Monesi, Santino Seabra Júnior, Regiane Cristina de Oliveira

RESUMO

Parasitoides do gênero *Trichogramma* são utilizados em todo o mundo para o manejo de pragas. A capacidade de dispersão desses insetos em cultivos determina o número de pontos necessários de liberação para que haja resultados satisfatórios quanto ao parasitismo e, consequentemente, o manejo da praga. Para determinação da capacidade de dispersão de *T. pretiosum* em cultivos de couve e repolho, foram demarcadas áreas de 26 x 26 m, em que foram colocadas cartelas contendo ovos de *A. kuehniella* distribuídas de forma concêntrica e equidistante. No centro de cada área foram liberados 100 mil parasitoides e o parasitismo foi permitido por 24 horas. O delineamento experimental inteiramente casualizados, com cinco tratamentos (distância) e quatro repetições. A distância média dispersada foi de 6,27 metros em couve e 6,07 em repolho, enquanto que área de dispersão foi de 81,23 metros quadrados na couve e 79,03 metros no repolho, sendo possível determinar que por hectare são necessários 123 pontos de liberação para couve e 126 para repolho.

Palavras-chave: manejo integrado de pragas; liberação inundativa; programa de controle biológico.

¹ Capítulo elaborado com base nas diretrizes do periódico e submetido à Comunicata Scientiae.

**DISPERSION OF *Trichogramma pretiosum* Riley (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) IN KALE AND CABBAGE CROPS**

ABSTRACT

Parasitoids of the *Trichogramma* genus are used worldwide for pest management. The ability to disperse these insects in crops determines the number of release points necessary for there to be satisfactory results in terms of parasitism and, consequently, pest management. To determine the dispersal capacity of *T. pretiosum* in kale and cabbage crops, 26 x 26 m areas were demarcated, in which cards containing *A. kuehniella* eggs were placed, distributed in a concentric and equidistant manner. In the center of each area, 100.000 parasitoids were released and parasitism was allowed for 24 hours. The experimental design used was in completely randomized, with five treatments (distance) and four replications. The average dispersed distance was 6.27 meters in kale and 6.07 in cabbage, while the dispersion area was 81.23 square meters in kale and 79.03 in cabbage, making it possible to determine 123 release points required for kale and 126 for cabbage.

Key words: integrated pest management; flood release; biological control program.

3.1 INTRODUÇÃO

Parasitoides do gênero *Trichogramma* são os mais utilizados em programas de controle biológico no mundo (ZANG et al., 2021). No Brasil, foram descritas 25 espécies de *Trichogramma*, sendo o *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a espécie mais abundante e uma das mais utilizadas, por ser de fácil adaptação a multiplicação em laboratório. Além de apresentar um grande número de hospedeiros, esta espécie pode ser empregada no manejo dos lepidópteros-praga, como *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae), *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), entre outros (OLIVEIRA, et al., 2020; BUENO et al., 2011; PARRA; COELHO JÚNIOR, 2019).

Em cultivos hortícolas, a utilização de parasitoides de ovos como *T. pretiosum* pode representar uma importante ferramenta no manejo de pragas de difícil controle, como é o caso da *P. xylostella*, principal praga de brássicas em todo o mundo (WANG et al., 2020). No entanto, estudos que orientem a implantação de programas de controle biológico para brássicas precisam ser desenvolvidos. Os estudos de liberação controlada em campo são necessários para compreender a capacidade de dispersão das microvespas e determinar a quantidade de pontos de liberação para o manejo da praga, em uma determinada cultura.

Apesar do *T. pretiosum* ser uma espécie bastante estudada, características biológicas, como a atividade de voo, podem variar de uma linhagem para outra. Além de fatores intrínsecos aos insetos, podemos destacar ainda, características relacionadas à cultura, como estágio fenológico, altura, capacidade de proteção, além dos fatores climáticos que podem limitar a dispersão dos parasitoides, como vento, chuva e temperatura. Pelo exposto, a avaliação da capacidade de dispersão, em uma determinada cultura, torna-se um parâmetro importante para a implantação de programas de controle biológico, possibilitando estabelecer o número de pontos de liberação por hectare, fator este, que implicará no custo das liberações. Outros estudos de dispersão de *T. pretiosum* foram realizados em tomateiro estaqueado, repolho, milho doce e pepino, onde verificou-se que a dispersão variou de 138,72m², 56,8m², 60,3 m² e 62,2 m² respectivamente, sendo assim, a dispersão para uma mesma espécie pode variar em função da cultura, ou mesmo da linhagem utilizada (PRATISSOLI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2020).

Desta forma, objetivou-se avaliar a capacidade de dispersão de uma linhagem de *T. pretiosum* em área de cultivo de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), como forma de determinação do número de pontos de liberação do agente de controle biológico por hectare, visando a implantação de programas de controle biológico dos principais lepidópteros-praga em brássicas.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Obtenção dos insetos

3.2.1.1 Criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae)

Para a criação do hospedeiro alternativo *A. kuehniella* utilizaram-se potes plásticos de (4,5 litros), contendo um quilograma de dieta a base de farinha de trigo integral (97%) e levedura (3%). Cada pote foi inoculado com 0,36 gramas de ovos frescos de *A. kuehniella*, em seguida foram vedados com fita plástica adesiva e mantidos em sala climatizada, para o desenvolvimento larval com temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 14 horas. Os potes permaneceram na sala de desenvolvimento larval até o surgimento dos primeiros adultos, logo após foram transferidos para a sala de adultos, com temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 14 horas, onde os mesmos foram coletados diariamente.

Para a utilização na coleta, criação e liberação de *T. pretiosum*, os ovos de *A. kuehniella* foram inviabilizados através da exposição dos mesmos a luz germicida UV (ultra violeta) por 50 minutos, a 10 cm da fonte de luz.

3.2.1.2 Criação das linhagens de *T. pretiosum*

Os parasitoides foram multiplicados em ovos de *A. kuehniella*, hospedeiro alternativo mais indicado para criação em condições de laboratório (GOMES; PARRA, 1998). Para acondicionamento dos insetos adultos foram utilizados potes plásticos transparente de 3,5 litros, vedados com plástico filme de PVC e para alimentação utilizou-se mel puro, disponibilizado em finos filetes na lateral interna dos potes. Os recipientes contendo os adultos das linhagens de *T. pretiosum* foram mantidos em sala climatizada, com temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e

fotofase de 14 horas para o desenvolvimento dos parasitoides.

3.2.2 Capacidade de dispersão de *T. pretiosum* em couve e repolho

O experimento foi instalado em área de plantio comercial de brássicas (latitude 23°0'41"S e longitude 48°3'80"W), localizada no município de Pardinho – SP. As áreas experimentais possuíam 26 x 26 metros, divididas em quatro quadrantes, com distâncias concêntricas de 3, 5, 8, 10 e 13 metros a partir do ponto central. Cada quadrante recebeu cartelas contendo ovos de *A. kuehniella*, previamente inviabilizados e distribuídos de forma equidistante (Tabela 1).

Tabela 1 - Distância, área e número de cartelas de ovos de *Anagasta kuehniella* utilizados para determinação da dispersão de *Trichogramma pretiosum* em couve e repolho.

Distância (m)	Área (m ²)	Número de cartelas
3	9	4
5	25	12
8	64	28
10	100	52
13	169	68

Utilizaram-se cartelas de 0,5 x 1,5 cm contendo 160 ± 20 ovos de *A. kuehniella* previamente inviabilizados. As cartelas sentinela foram fixadas na parte abaxial das folhas, distribuídas nos pontos determinados, espaçados entre si de forma equidistante. No centro de cada área de dispersão, foram liberados cerca de 100 mil parasitoides com no máximo 24 horas de emergidos, e previamente alimentados, sendo a dispersão permitida por 24 h (Figura 1).

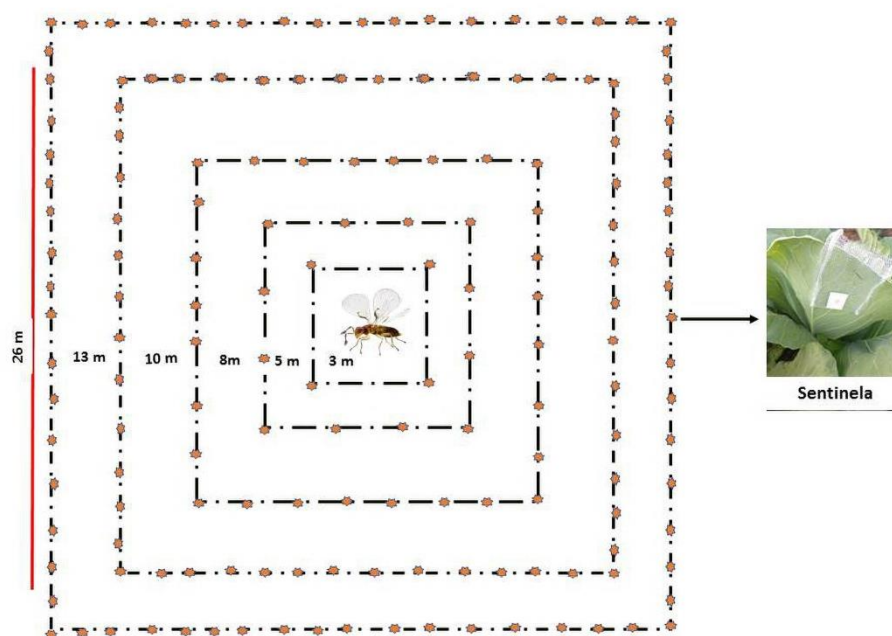


Figura 1 - Representação esquemática da área experimental de dispersão de *Trichogramma pretiosum* em área de cultivo comercial de couve e repolho

No momento da liberação, a temperatura do ar era de $24 \pm 1^\circ\text{C}$, além da temperatura, e a velocidade e direção do vento (registradas com anemômetro digital modelo Tan 100 Incoterm T-ANE-0010) variaram entre 0,02 a 0,021 m/s Leste. Além das áreas demarcadas para a realização dos experimentos, armadilhas sentinelas contendo ovos foram colocadas em áreas distantes 100 metros do local dos experimentos, para avaliar o parasitismo natural, permitindo a correção do parasitismo através de Abbot (1925). As parcelas experimentais eram distantes entre si no mínimo 100 metros entre as culturas.

Após o período de 24 h, as cartelas foram recolhidas e acomodadas individualmente em sacos plásticos (2 x 22 cm), preenchidos com oxigênio, após a emergência e morte dos parasitoides procedeu-se as avaliações. Foram avaliados o número total de ovos (contido nas cartelas), número de ovos parasitados (os que apresentavam coloração escura, característica de ovos parasitados), através da dissecação dos ovos com o auxílio de um estilete de ponta. A distância média de dispersão (MD) e a área de dispersão (s^2) de *T. pretiosum* foram determinadas de acordo com fórmulas adaptadas daquelas propostas por Dobzhansky e Wright (1943), do seguinte modo:

$$MD = \frac{\sum \left(r^2 * \frac{i}{a} \right)}{\sum \left(r * \frac{i}{a} \right) + \hat{C}/2\pi}$$

$$S2 = \frac{\sum \left(r^3 * \frac{i}{a} \right)}{\sum \left(r * \frac{i}{a} \right) + \hat{C}/2\pi}$$

Em que s2 = área de dispersão (m²); MD= distância média de dispersão (m); r = distância (m) do centro aos pontos de infestação; a= número de pontos de infestação por círculo; $\hat{C}$ = porcentagem média de massas de ovos parasitados no círculo central; e i = número total de massas de ovos parasitados em cada círculo. Criamos círculos concêntricos em torno dos pontos marcados para calcular os valores MD e s2.

3.2.3 Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (distância) e quatro repetições para cada cultura. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de normalidade (Shapiro-Wilk) as médias de porcentagem de parasitismo em couve foram transformadas em $X=\sqrt{x}$ (normalidade: valor: 0,91106 p-valor: 0,06676) enquanto as médias de parasitismo em repolho foram transformadas em $X=\log_{10}(x)$ (normalidade: valor: 0,95414 p-valor 0,43426). As médias transformadas foram submetidas a análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias através do teste de Tukey a 5% de significância pelo software ASSISTAT® 2017 (SILVA; AZEVEDO, 2016). Posteriormente, foi realizada uma análise de regressão linear através do software SigmaPlot® 2016.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O parasitismo decresceu à medida que aumentou a distância do ponto de liberação, a três metros de distância, obtiveram-se cerca de 30% de parasitismo de ovos sentinelas para ambas as culturas (Tabela 2). Ao parasitar as cartelas mais próximas, as chances das fêmeas parasitarem os ovos mais distantes reduzem. No sentido de diminuir este efeito, a três metros são utilizadas apenas quatro cartelas e

quanto maior à distância, mais cartelas são disponibilizadas. Além disso, a presença de ovos de lepidópteros praga nas áreas experimentais pode ter contribuído reduzir as taxas de parasitismo nas cartelas sentinela, quando compara-se a outros estudos, como em tomateiro estaqueado que obteve-se mais parasitismo variando de 53.1% a 87.3% (PRATISSOLI et al., 2005).

Tabela 2 - Capacidade de dispersão e porcentagem de parasitismo ovos de *Anagasta kuehniella* por *Trichogramma pretiosum* em cultivos de couve e repolho.

Distância (m)	Couve*	Repolho**
	Parasitismo (%)	
3	32,3 ± 1,9 a	31,0 ± 4,4 a
5	24,0 ± 3,9 a	15,4 ± 4,5 b
8	9,0 ± 2,8 b	8,2 ± 2,4 c
10	6,2 ± 2,6 bc	5,0 ± 1,4 c
13	2,5 ± 1,4 c	2,7 ± 0,4 d
CV%	12,5	11,1

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) de probabilidade. (*Médias transformadas em $X = \sqrt{x}$) (**Médias transformadas em $X = \log(X)$).

Em cultivo de repolho, Oliveira et al. (2020) obtiveram valores próximos a 30% de parasitismo por *T. pretiosum*, logo, os resultados, podem ser atribuídos a espécie, ou mesmo a combinação de inseto/planta. Ocorrem inúmeras interações entre plantas e insetos, que envolvem tanto as plantas e os insetos herbívoros, quanto os três níveis tróficos, planta/herbívoro/parasitoide e predadores. Desta forma, a combinação da planta de repolho e a liberação de *T. pretiosum* resultaram em resultados próximo, mesmo tendo sido conduzidos em regiões distintas, com linhagens distintas do parasitoide.

Outro ponto importante a ser destacado é que em condições de infestação natural, ocorrem interações tróficas em que a planta infestada sinaliza, através de voláteis, que está sendo atacada (TURLINGS; ERB, 2018). A liberação dos voláteis guiará os parasitoides até o hospedeiro (HILKER; FATOUROS, 2015), o que promoveu uma competição entre os ovos de pragas presentes nos cultivos e os ovos das cartelas sentinelas.

À medida que se distancia do ponto central de liberação, há um aumento no número de plantas e na área a ser percorrida para alcançar os ovos distribuídos, havendo um menor número de parasitoides por área, o que dificulta o forrageamento. Além disso, a arquitetura das plantas, tamanho de folha, compostos fitoquímicos e presença de nectário floral podem influenciar na dispersão dos insetos (CHEN, 2008; MORAES et al., 2008), que buscam abrigo, alimento e substrato para sobrevivência da prole.

As plantas da família Brassicaceae são de porte herbáceo, couve (*B. oleracea* var. *acephala*) e repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) e couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*) possuem um mesmo ancestral, sendo praticamente idênticas até 50 dias após a semeadura. As plantas apresentam características muito parecidas de altura de planta, tamanho de folhas e componentes fitoquímicos, desta forma, disponibilizam o mesmo substrato de proteção para os parasitoides. Dentre os compostos químicos, podemos destacar os glucosinolatos, que atuam na defesa das plantas brássicas, sendo relacionados à resistência contra a herbivoria (KOS et al., 2012). A produção de voláteis, como o ácido jasmônico, sinaliza a herbivoria, e serve como atrativo para parasitoides (ALJBORY; CHEN, 2018).

O raio de dispersão decresceu de forma linear tanto para couve, como para repolho, sendo possível estimar que o parasitismo estivesse próximo à zero após 13 metros (Figura 1).

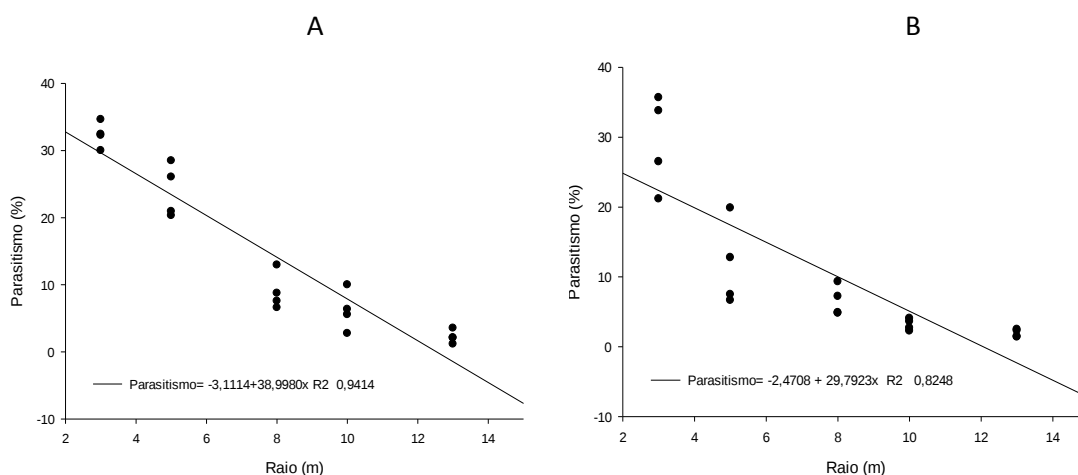


Figura 2 - Raio de dispersão de *Trichogramma pretiosum* e parasitismo em ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* em couve (A) ($F = 140,1$ e $P = 0,08$) repolho (B) ($F = 38,3$ e $P = 0,51$)

A maioria dos parasitoides não se dispersa em voos longos, forrageando alvos próximos ao ponto de liberação ou de emergência (SUVERKROPP et al., 2009). Insetos com corpos pequenos, como *T. pretiosum*, se dispersam poucos metros em 24 horas, no entanto, o raio de dispersão pode atingir centenas de metros, com a ação do vento (BUENO et al., 2011). O vento é o fator climático de maior influência na dispersão (MAHRUGHAN et al., 2015), no momento da liberação dos parasitoides, a velocidade do vento foi aferida para que a influência do mesmo fosse uma justificativa a mais para a distância dispersada. No entanto, a velocidade era bem baixa (0,02 a 0,021 m/s L), sendo a influência do vento baixa na realização deste experimento, tendo em vista que o parasitismo observado nas cartelas sentinelas decresceu quanto mais se distanciou do ponto central da liberação.

A distância média de dispersão foi de 6,26 metros para couve e 6,07 para repolho, e a área de dispersão obtida variou de 81,23 a 79,03 m², para couve e repolho, respectivamente (Tabela 3). A partir desses dados, podemos estabelecer os pontos de liberação necessários para cada cultura, podendo ser utilizados 123 pontos de liberação por hectare para couve e 126 para repolho com a linhagem empregada no trabalho. Reforçando a importância da distribuição dos parasitoides de forma satisfatória na área de cultivo, uma vez que o parasitismo máximo de *T. pretiosum* é observado até 72 horas após a emergência.

Tabela 3 - Distância média de dispersão (DM), área de dispersão (S^2) e equação para a linhagem 'Folhas da terra' de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Anagasta kuehniella* em couve e repolho.

	DM	S^2	R^2	Equação
Couve	6,26	81,23	0,941	$y = -3,1114 + 38,9980x$
Repolho	6,07	79,03	0,824	$y = -2,4708 + 29,7923x$

Os valores elevados do coeficiente de determinação (R^2) atestam a confiabilidade dos resultados. A distância de dispersão de espécies de *Trichogramma* fica próxima a 10 metros (SÁ et al., 1993), podendo variar conforme a espécie utilizada, bem como pela linhagem e estágio de desenvolvimento da cultura, sendo necessários ajustes para cada situação. Os resultados obtidos ficaram próximos aos pontos determinados para liberação de *T. pretiosum* em soja, estabelecido por Zachrisson e Parra (1998), enquanto Oliveira et al. (2020), estudando a dispersão da mesma espécie de parasitoide, obteve resultados que determinaram 176 pontos de liberação/há, no cultivo de repolho. Não há outros estudos até o presente momento sobre a dispersão de *T. pretiosum* em couve.

O dossel das plantas também pode influenciar na dispersão dos parasitoides. Em tomate a dispersão em 24 horas foi de 120,2 e 138,7 m², dependendo do estágio de desenvolvimento das plantas, o que representou 75 pontos de liberação/ha (PRATISSOLI et al., 2005). Para o manejo de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), no cultivo de milho, são recomendados 100 pontos/ha (SÁ et al., 1993). Deste modo, o número de pontos de liberação pode variar, conforme o local, linhagem empregada, além da cultura em que será empregado o agente de controle biológico.

A capacidade de dispersão de *T. pretiosum* 24 horas após a liberação atingiu um raio de 6,26 metros em couve e 6,07 em repolho o que correspondeu a uma área de dispersão de 81,23 e 79,03 m², respectivamente. Desta forma, para o controle biológico dos lepidópteros-praga em repolho, recomenda-se adotar 123 pontos de liberação por hectare para a cultura da couve e 126 para a do repolho.

REFERÊNCIAS

- ABBOT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925.
- ALJBORY, Z., CHEN, M.-S. Indirect plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, 25, 1: 2-23. 2018. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12436>
- BUENO, R. C. O. F. de; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. de. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **B. Entomol. Res.**, v.102, n. 1, p. 1-8. 2011. <https://doi.org/10.1017/S0007485311000289>.
- PARRA, J. P.; COELHO JÚNIOR, A. R. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 5, 2019. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>
- CHEN, M. S. Inducible direct plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, v.15, p.101-114, 2008. DOI: 10.1111/j.1744-7917.2008.00190.x.
- DOBZHANSKY, T. H. & WRIGHT, S. Genetics of natural populations. X. Dispersion rates in *Orosophila pseudoobscura*. **Genetics**. 28:304-340. 1943.
- HILKER, M.; FATOUROS, N.E. Plant responses to insect egg deposition. **Annual Review of Entomology**, v.60: p.493-515. 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020620>
- GOMES, S. M.; PARRA, J. R. P. The parasitization as a tool for factitious host for *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum*. *Mitteilungen Ans Der Biologischen Bundesanstalt Für land Und Forstwirtsch aft Berlin*, v. 5, n.1, p.13-23, 1998.
- GOMES, S.M. **Comparação de três hospedeiros alternativos para criação de produção massal de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 e *T. galloi* Zucchi, 1988.** 1997. 106 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- KOS, M., HOUSHYANI, B., WIETSMA, R., KABOUW, P., VET, L.E., VAN LOON, J.J., DICKE, M. Effects of glucosinolates on a generalist and specialist leaf-chewing herbivore and an associated parasitoid. **Phytochemistry**, 77: 162-170. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.01.005>.
- MAHRUGHAN, A.; SHIRAZI, J.; AMIR MAAFI, M.; DADPOUR, H. Dispersal of *Trichogramma brassicae* in tomato field. **Journal of Crop Protection**, v. 4, n. 2, p. 173-180. 2015.
- MORAES, M.C.B.; PAREJA, M.; LAUMANN, R.A.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; BORGES, M. Response of the parasitoid *Telenomus podisi* to induced volatiles from soybean damaged by stink bug herbivory and oviposition. **Journal of Plant Interactions**, v.3, p.111-118, 2008. Doi: 10.1080/17429140701810724.

OLIVEIRA, R. C. M.; PASTORI, P. L.; BARBOSA, M. G.; PEREIRA, F. F.; MELO, J. W. S.; ANDRE, T. P. Dispersal of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in cabbage, cucumber, and sweet corn. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 92. 2020. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190412>

PARRA, J. P.; COELHO JÚNIOR, A. R. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 5, 2019. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>

PARRA, J. R.; SERRA, H. J.; LOPES, J. R.; SALES, J.R. O. (1989). Metodologia de criação *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. v. 18 n. 2 (1989). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v18i2.603>

PRATISSOLI, D.; VIANNA, U. R.; ZAGO, H. B.; PASTORI, P. L. Capacidade de dispersão de *Trichogramma* em tomateiro estaqueado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 613-616. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000600013>

SÁ, L. N.; PARRA, J. R. P.; SILVEIRA NETO, S. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para controle de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) em milho. **Scientia Agricola**, v. 50: p. 226–231. 1993. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161993000200009>

SILVA, F. de A. S. e; de AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Aspectos biológicos de *Trichogramma* sp. em diferentes hospedeiros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 16, n. 1, p. 163-169, 1987.

SUVERKROPP, B. P.; BIGLER, F.; VAN LENTEREN, J. C. Dispersal behaviour of *Trichogramma brassicae* in maize fields. **Bull Insectology** v. 62: p. 113-120. 2009.

TURLINGS, T. C.; ERB, M. Tritrophic interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: mechanisms, ecological relevance, and application potential. **Annual review of entomology**, 63, 433-452. 2018. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043507>

ZACHRISSON, B.; PARRA, J. R. P. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para o controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 em soja. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 133-137, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000100021>

ZANG, L.; SHENG, L.; WANG, S.; ZHANG, F.; DESNEUX, N. Biological Control with *Trichogramma* in China: History, Present Status and Perspectives. **Annu Rev**

Entomol. 2021; 66:463–484. pmid:32976724. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060120-091620>

CAPÍTULO 4

SELETIVIDADE DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS UTILIZADOS NO CULTIVO DE BRÁSSICAS A ADULTOS DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

Franciely da Silva Ponce, Moisés Daniel de Oliveira, Claudia Aparecida de Lima Toledo, Santino Seabra Júnior, Regiane Cristina de Oliveira

RESUMO

As brássicas são componentes importantes de uma dieta saudável, no entanto os insetos-praga são o principal entrave ao cultivo dessas hortaliças. Para obtenção de êxito no emprego de liberações inundativas de *T. pretiosum* de maneira conjunta com o controle químico, a seletividade dos produtos fitossanitários a esses agentes de controle biológico precisa ser verificada. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de inseticidas, fungicidas, adubos foliares e das misturas de tanque utilizadas no cultivo comercial de brássicas sobre adultos de *T. pretiosum*. Utilizou-se a metodologia da International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS), para testagem quanto à exposição de adultos de *T. pretiosum* através do contato tarsal aos produtos fitossanitários comumente utilizados no cultivo de brássicas. Foram 11 inseticidas, um adjuvante, seis fungicidas, oito adubos foliares e uma mistura de adubos e seis misturas de tanque. Dos inseticidas testados, apenas o Agree® foi considerado inócuo a exposição tarsal de *T. pretiosum*. Dentre os fungicidas testados, a Cantus®, Ranman® e Revus® foram seletivos. Apesar dos adubos foliares não apresentarem função inseticida, apenas o adubo a Botanix Terpex® (nitrogênio e boro) e a mistura de Boroplex®, Duo organo® e Organocálcio® foram seletivos. Nenhuma das seis misturas de tanque foi seletiva a *T. pretiosum* quando realizada a exposição tarsal. O inseticida Agree® proporcionou menor viabilidade, enquanto Actara®, Delegate® e Tracer® proporcionaram redução do efeito benéfico dos parasitoides. Os fungicidas avaliados e adubos foliares não reduziram a capacidade benéfica dos parasitoides.

Palavras-chave: adubo foliar; mistura de tanque; efeito deletério.

ABSTRACT

Brassicas are important components of a healthy diet, however insect pests are the main obstacle to the cultivation of these vegetables. In order to successfully employ *T. pretiosum* flooding releases in conjunction with chemical control, the selectivity of phytosanitary products to these biological control agents needs to be verified. Thus, the objective was to evaluate the effect of insecticides, fungicides, foliar fertilizers and tank mixtures used in the commercial cultivation of brassica on adults of *T. pretiosum*. The methodology of the International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS) was used to test the exposure of adults of *T. pretiosum* through tarsal contact to phytosanitary products commonly used in the cultivation of brassicas. There were 11 insecticides, an adjuvant, six fungicides, eight foliar fertilizers and a mixture of fertilizers and six tank mixtures. Of the insecticides tested, only Agree[®] was considered harmless to tarsal exposure of *T. pretiosum*. Among the tested fungicides, Cantus[®], Ranman[®] and Revus[®] were selective. Although foliar fertilizers do not have an insecticidal function, only the fertilizer using Botanix Terpex[®] (nitrogen and boron) and the mixture of Boroplex[®], Duo organo[®] and Organo calcio[®] were selective. None of the six tank mixes was selective to *T. pretiosum* when performing tarsal exposure. The insecticide Agree[®] provided lower viability, while Actara[®], Delegate[®] and Tracer[®] reduced the beneficial effect of the parasitoids. The evaluated fungicides and foliar fertilizers did not reduce the beneficial capacity of the parasitoids.

Keywords: foliar fertilizer; tank mix; deleterious effect.

4.1 INTRODUÇÃO

Vegetais da família Brassicaceae como repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*), couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*), brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica*), couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) são algumas das hortaliças mais cultivadas e comercializadas, além disso, possuem alto valor nutricional (RAMIREZ et al., 2020). A ocorrência de pragas é o principal entrave a produção, sendo a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) (L.1758) (Lepidoptera: Plutellidae) a principal praga do cultivo de brássicas promovendo perdas severas de até 100%, principalmente quando não controlada (ZALUCKI et al., 2012). Além da traça-das-crucíferas, a *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) ocorre com frequência no cultivo de brássicas, proporcionando elevado consumo de material vegetal e perda de área foliar (BUENO et al., 2011).

O manejo biológico de lepidópteros-praga através de liberações inundativas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) tem proporcionado bons resultados, diminuindo a infestação de insetos-praga e garantindo a produtividade. O parasitoide de ovos *T. pretiosum* tem sido empregado com sucesso em culturas como tomate (*Solanum lycopersicum* L.), abacate (*Persea americana* L.) entre outros (PARRA; COELHO JÚNIOR 2019), podendo ser utilizado de forma conjunta com o controle químico. No entanto, deve haver compatibilidade dos produtos com o agente de controle biológico de forma que as técnicas se complementem.

Além dos inseticidas, no cultivo de brássicas, há ainda o emprego de adubos foliares, que complementam a nutrição mineral, auxiliando no manejo de anomalias fisiológicas, e o emprego de fungicidas. Porém, o efeito desses produtos sobre a entomofauna é desconhecido, podendo ser tão prejudicial ao *T. pretiosum* quanto o a exposição a inseticidas. Alguns estudos foram realizados utilizando principalmente inseticidas (RAKES et al., 2021) e fungicidas (MAGANO et al., 2015; ZANTEDESCHI et al., 2018), em outros casos, houve também testes utilizando herbicidas (KHAN; RUBERSON 2017). No entanto, os adubos foliares e misturas de tanque apresentam pouco ou nenhum estudo, mesmo fazendo parte do manejo convencional.

A mistura de tanque é comum, e mesmo não sendo recomendada, é praticada pelos produtores como forma de reduzir os custos das pulverizações;

sendo corriqueira a utilização de um coquetel de pelo menos dois produtos, podendo conter na mistura inseticidas, adjuvante e adubo foliar. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de inseticidas, fungicidas, adubos foliares e das misturas de tanque utilizadas no cultivo comercial de brássicas sobre adultos de *T. pretiosum*.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 População de *T. pretiosum*

A espécie/linhagem de *T. pretiosum* utilizada no experimento foi obtida em área de cultivo comercial de brássicas, no município de Pardinho - SP, através do posicionamento de armadilhas sentinelas contendo ovos inviabilizados de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). A espécie/linhagem foi identificada como *T. pretiosum* através da comparação taxionômica da genitália dos machos (QUERINO; ZUCCHI, 2019; QUERINO; ZUCCHI, 2011). A criação massal dos parasitoides foi feita em ovos de *A. kuehniella* conforme a metodologia proposta Gomes (1997) e Gomes e Parra (1998), e a criação do hospedeiro alternativo, foi realizada conforme a metodologia proposta por Parra et al. (1989). A espécie/linhagem utilizada foi mantida por seis meses em laboratório, antes da realização deste estudo.

4.2.2 Condução do experimento de contato tarsal

O experimento foi realizado no laboratório do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas na Agricultura (AGRIMIP), localizado no Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Botucatu, São Paulo.

O teste de seletividade foi realizado em conformidade com as normas da International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS). O bioensaio avaliou o efeito direto dos tratamentos nos parasitoides adultos e foram utilizados 11 inseticidas, um adjuvante e seis fungicidas comumente utilizados no cultivo de brássicas. Além de inseticidas e fungicidas, foram avaliados o efeito de oito adubos foliares, utilizados para a complementação mineral das plantas e também seis misturas de tanque. Os produtos e misturas de tanque foram utilizados por serem

utilizadas no cultivo de brássicas. A testemunha negativa utilizada foi água destilada e a testemunha positiva foi o inseticida Talisman® (Metilcarbamato de benzofuranila) FMC, produto que proporciona mortalidade elevada, ideal para comparação com os demais (Tabela 1).

Tabela 1 - Produtos fitossanitários empregados no cultivo de brássicas

Nome comercial	Princípio ativo	Formulação	Ingrediente ativo (i.a.)	Grupo químico	Mecanismo de ação	(g) i.a./100 L H ₂ O
Inseticidas						
Actara®	Tiametoxam	WG	Tiametoxam	Neonicotinoide	Agonista da acetilcolina	200-300
Agree®	<i>Bacillus thuringiensis</i>	WP	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	Inseticida microbiológico	Disruptores microbianos da membrana do mesêntero	750-1000
Avatar®	Indoxacarbe	EC	Indoxacarbe	Oxadiazina	Bloqueadores dos canais de sódio	160
Brilhante®	Methomyl	SL	Methomyl	Metilcarbamato de oxima	Inibidor da ação da enzima acetilcolinesterase	21,5
Decis®	Deltametrina	EC	Deltametrina	Piretroides	Despolarização dos canais de sódio	10
Delegate®	Espinetoram	WG	Espinetoram	Espinosinas	Modulador de alostéricos dos receptores de nicotínicos de acetilcolina	24-40
Fitoneen®	Azadiractina	EC	Azadiractina	Triterpenóide		1500-3000
Nomolt®	Teflubenzuron	SC	Teflubenzuron	Benzoiluréias	Regulador de crescimento (Inibidor da enzima quitina sintase)	25
Prêmio®	Clorantaniliprole	SC	Clorantaniliprole	Antranilamida ou diamida antranílica	Regulador de crescimento (Inibidor da enzima quitina sintase)	7,5
Tracer®	Espinosade	SC	Espinosade	Espinosina	Modulador de alostéricos dos receptores de nicotínicos de acetilcolina	80-100
Verismo®	Metaflumizone	SC	Semicarbazone	Metaflumizone	Modulador dos canais de sódio	80-100
Talisman®	Bifentrina	EC	Bifentrina	Piretroides	Despolarização dos canais de sódio	50
Fungicidas						
Cantus®	Boscalida	WG	Boscalida	Boscalida	Inibidores do complexo II	7,5
Collis®	Boscalida + cresoxim-metílico	SC	Boscalida + cresoxim-metílico	Boscalida: anilida Cresoxim-metílico: estrobilurina	Inibidores do complexo II e III	100/50
		SC	Fluxapiroxade+ Piraclostrobina	Estrobilurina (Piraclostrobina) e carboxamida (Fluxapiroxade)	Inibidor da enzima SDHI (succinato desidrogenase) e através do ingrediente ativo Piraclostrobina como inibidor do transporte de elétrons nas mitocôndrias das células dos fungos	29,1/14,6
Orkestra®	Fluxapiroxade + piraclostrobina					
Previcur®	Cloridrato de propamocarbe	SL	Cloridrato de propamocarbe	Carbamatos		1083
Ranman®	Ciazofamida	SC	Ciazofamida	Imidazol	Inibidor da respiração celular nas mitocôndrias	10-12
Revus®	Mandipropamida	SC	Mandipropamida	Éter Mandelamida	Inibidor da síntese de lipídios e bloqueador da esporulação	40-60
Adubos foliares						
Actilase Intense®	Cálcio	SL	-	-	Fonte de nitrogênio, auxilia na síntese de aminoácidos e proteínas.	
Alcygol B®	Borato de Monoetanolamina	SL	-	-	Fonte de Boro e reduz o estresse das plantas	
Boroplex®	Borato de monoetanolamina	SL	-	-	Fonte de Boro, ação complexante.	

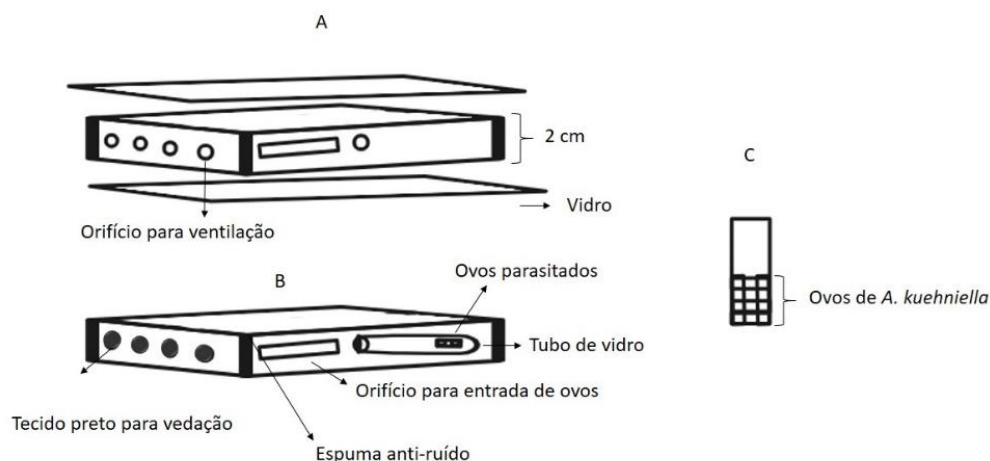
Botanix Terpex®	Nitrogênio e Boro	SL	-	-	Fonte de Nitrogênio e Boro
Duo organo®	Nitrogênio, Potássio e Molibidênio	SL	-	-	Fonte de Nitrogênio, Potássio e Molibidênio
Organo Cálcio®	Cálcio e Magnésio	SL	-	-	Fonte de Cálcio e Magnésio <i>Lithothamnium</i>
Sannin®	Nitrogênio	SL	-	-	Fertilizante foliar simples a base de nitrogênio
Boroplex, Duo e Organocálcio					Mistura de adubos foliares
Adjuvante					
Fighter®	Óleo mineral	-----	-----		
Misturas					
Fighter, Delegate e Agree				Óleo mineral, Espinetoram e <i>B. thuringiensis</i>	
Avatar, Nomolt e Fighter				Indoxacarbe, Teflubenzuron e óleo mineral	
Agree e Prêmio				<i>B. thuringiensis</i> e Clorantaniliprole	
Agree e Avatar				<i>B. thuringiensis</i> e Indoxacarbe	
Agree, Avatar e Nomolt				<i>B. thuringiensis</i> , Indoxacarbe e Teflubenzuron	
Agree e Nomolt				<i>B. thuringiensis</i> e Teflubenzuron	

As caldas dos tratamentos do bioensaio foram preparadas em copos plásticos descartáveis de 200 mL, diluídos em água destilada e o pH foi aferido com o auxílio de um medidor de pH ASKO, modelo AK90 previamente calibrado. A aplicação dos tratamentos para os testes de seletividade e de efeito subletal ocorreu utilizando-se o heliógrafo com tubulação de PVC 200 mm de diâmetro e 0,90 m de altura e na base foram posicionadas uma a uma as placas de vidro. Para cada placa de vidro foram utilizadas 0,8 mL de calda (valor calculado de acordo com o volume de calda empregado por hectare). A calibração de aplicação foi na taxa de 600 L/ha com pressão de 5 psi, e deposição de $1,75 \pm 0,25 \text{ mg/cm}^2$, aferido através da balança eletrônica de precisão, segundo as normas da IOBC. Para pressurização da pulverização foi utilizado uma bomba à vácuo com inversão do sistema de sucção, modelo EL 504. Entre a aplicação de um tratamento e outro o sistema de aplicação foi devidamente esterilizado com acetona.

Para a realização dos testes com *T. pretiosum* na fase adulta, foram separadas por repetição 0,75 cm² de cartela com ovos de *A. kuehniella* parasitados (aproximadamente 180 ovos). Depois de separadas, as cartelas foram colocadas em tubos de Duran de 8,5 x 2,5 cm, contendo um filete de mel puro, vedados por filme plástico e envoltos em papel alumínio. Após a emergência dos adultos, o plástico filme foi retirado e os tubos acoplados nas gaiolas. Os insetos emergidos no interior do tubo colonizaram a gaiola, expondo-se aos produtos aplicados às placas de vidro, havendo desta forma o contato tarsal. As gaiolas foram constituídas de armação de

alumínio com dimensões de 13 x 13 cm de comprimento, 3 cm de altura, com furos de 1 cm nas laterais, revestidos com tecido preto de algodão (Figura 1). Os furos têm como função proporcionar a ventilação das gaiolas, enquanto que o tecido preto impede a fuga dos parasitoides (HASSAN et al., 2000).

Figura 1- Gaiola utilizada para realização dos ensaios de seletividade. Gaiola desmontada (A), gaiola com vedação dos orifícios e totalmente montada (B) e cartela com ovos ofertada para parasitismo diário (C)



A vedação da face superior e inferior da gaiola é feita por placas de vidro transparente de 13 x 13 cm, com abertura frontal de 3,5 x 1 cm, por onde foram inseridas as cartelas contendo os ovos inviabilizados de *A. kuehniella* para o parasitismo. Ainda na face frontal da gaiola, há um furo onde são acoplados os tubos de Duran para a liberação de parasitoides na gaiola. Para a vedação das gaiolas, foram utilizadas placas de vidro de 169 cm² e 2 mm de espessura, presas por elásticos, e para evitar o contato das superfícies da gaiola com o vidro, uma espuma antirruído foi colada nas laterais, garantindo a vedação das gaiolas.

As gaiolas permanecem interligadas durante a realização dos bioensaios através de um sistema de mangueiras de silicone, ligadas a uma bomba de vácuo. A sucção do ar das gaiolas não permite o acúmulo de gases dentro das gaiolas, mantendo a ventilação constante nos tratamentos. A troca gasosa no interior das gaiolas evita o efeito fumigante que alguns produtos podem ter.

Para a exposição dos parasitoides os vidros superiores e inferiores receberam a aplicação dos produtos e da testemunha e logo em seguida, após a secagem,

ambos os vidros serão voltados com a face contaminada para o interior da gaiola. Para que os parasitoides permaneçam no centro, em uma área de 7 x 7 cm, as bordas exteriores do vidro em ambos os lados serão cobertas com colorset preto. Após 24 h da montagem das gaiolas e exposição dos insetos ao vidro pulverizado, foram ofertadas durante três dias consecutivos cartelas de 2,0 x 1,5 cm contendo ovos de *A. kuehniella* inviabilizados. As gaiolas foram desmontadas 96 h após a montagem do experimento, e as cartelas foram individualizadas em sacos plásticos de 2 x 22 cm, preenchidas com oxigênio. A avaliação das cartelas foi realizada após a emergência e morte dos indivíduos originários das mesmas. Foram contabilizados os ovos parasitados, ovos furados, número total de ovos.

Os parâmetros avaliados serviram para calcular a redução do parasitismo e a viabilidade do parasitoide em relação ao tratamento com água destilada correspondente a testemunha negativa. Este parâmetro será calculado por meio da seguinte equação:

$$E(\%) = [100 - (\text{porcentagem média geral do tratamento testemunha}) \times 100]$$

Onde E (%) é a porcentagem de redução da capacidade benéfica do parasitoide (MANZONI et al., 2007; STERK et al., 1999). Sendo que o valor de E (%) calculado para cada tratamento foi utilizado para classificar os produtos segundo as normas padronizadas da International Organization of Biological control- IOBC (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação dos produtos de acordo com a porcentagem de redução do parasitismo

E (%)	Classificação toxicológica	Classe	Classificação de seletividade
E < 30%	Inócuo	Classe 1	Seletivo
30% ≤ 79%	Levemente nocivo	Classe 2	Não seletivo
80% ≤ 99%	Moderadamente nocivo	Classe 3	Não seletivo
E > 99%	Nocivo	Classe 4	Não seletivo

(HASSAN, 1992; MANZONI et al., 2007)

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com 35 tratamentos e cinco repetições. As médias de parasitismo e viabilidade, às 24, 48 e

72 horas após a exposição dos parasitoides aos tratamentos, foram submetidas a teste de normalidade e homogeneidade. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott Knott a 5% pelo software estatístico Agrostat ®.

4.2.3 Condução do experimento de efeito subletal

Para o experimento de efeito subletal, foram utilizadas 20 fêmeas de *T. pretiosum* com no máximo 12 h de emergidas, individualizadas em tubos transparentes de 5 mL (12 x 7,5 milímetros) tipo Duran, vedados com plástico filme PVC. Como alimentação, foram disponibilizadas gotículas de mel, na lateral interna do tubo. As fêmeas entraram em contato com os tratamentos por meio dos ovos inviabilizados previamente pulverizados com inseticidas, fungicidas, adubos foliares, adjuvante e misturas (Tabela 3).

Tabela 3 - Produtos fitossanitários empregados no cultivo de brássicas

Nome comercial	Princípio ativo	Formulação	Ingrediente ativo (i.a.)	Grupo químico	Mecanismo de ação	(g) i.a./100 L H ₂ O
Inseticidas						
Actara®	Tiametoxam	WG	Tiametoxam	Neonicotinoide	Agonista da acetilcolina	200-300
Agree®	<i>Bacillus thuringiensis</i>	WP	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	Inseticida microbiológico	Disruptores microbianos da membrana do mesêntero	750-1000
Delegate®	Espinetoram	WG	Espinetoram	Espinosinas	Modulador de alostéricos dos receptores de nicotínicos de acetilcolina	24-40
Fitoneen®	Azadiractina	EC	Azadiractina	Triterpenóide		1500-3000
Nomolt®	Teflubenzuron	SC	Teflubenzuron	Benzoiluréias	Regulador de crescimento (Inibidor da enzima quitina sintase)	25
Tracer®	Espinosade	SC	Espinosade	Espinosina	Modulador de alostéricos dos receptores de nicotínicos de acetilcolina	80-100
Verismo®	Metaflumizone	SC	Semicarbazone	Metaflumizone	Modulador dos canais de sódio	80-100
Talisman®	Bifentrina	EC	Bifentrina	Piretroide	Despolarização dos canais de sódio	50
Fungicidas						
Cantus®	Boscalida	WG	Boscalida	Boscalida	Inibidores do complexo II	7,5
Collis®	Boscalida + cresoxim-metílico	SC	Boscalida + cresoxim-metílico	Boscalida: anilida Cresoxim-metílico: estrobilurina	Inibidores do complexo II e III	100 + 50
		SC	Fluxapiroxade+ Piraclostrobina	Estrobilurina (Piraclostrobina) e carboxamida (Fluxapiroxade)	Inibidor da enzima SDHI (succinato desidrogenase) e através do ingrediente ativo Piraclostrobina como inibidor do transporte de elétrons nas mitocôndrias das células dos fungos	29,1 +14,6
Orchestra®	Fluxapiroxade + piraclostrobina					
Previcur®	Cloridrato de propamocarbe	SL	Cloridrato de propamocarbe	Carbamatos		1083
Ranman®	Ciazofamida	SC	Ciazofamida	Imidazol	Inibidor da respiração celular nas mitocôndrias	10-12

Revus®	Mandipropamida	SC	Mandipropamida	Éter Mandelamida	Inibidor da síntese de lipídios e bloqueador da esporulação	40-60
Aubos foliares						
Botanix Terpex®	Nitrogênio e Boro	SL	-	-	Fonte de Nitrogênio e Boro	
Sannin®	Nitrogênio	SL	-	-	Fertilizante foliar simples a base de nitrogênio	
Adjuvante						
Fighter®	Óleo mineral	-----				
Misturas						
Fighter, Delegate e Agree				Óleo mineral, Espinetoram e <i>B. thuringiensis</i>		
Fighter, Avatar e Nomolt				Óleo mineral, Indoxacarbe e Teflubenzuron		

Diariamente foram ofertados 120 ± 20 ovos de *A. kuehniella* previamente inviabilizados, pulverizados com a calda de cada produto, conforme a dose, diluídos em água destilada. A aplicação dos tratamentos para os testes de seletividade e de efeito subletal ocorreu utilizando-se o heliógrafo com tubulação de PVC 200 mm de diâmetro e 0,90 m de altura e na base, foram posicionados os ovos. Após o período de parasitismo, as cartelas contendo os ovos foram armazenadas individualmente em sacos plásticos 5 x 22 cm, preenchidos com oxigênio. As avaliações foram realizadas após a emergência e morte dos parasitoides. Os parâmetros avaliados foram parasitismo, viabilidade, longevidade e razão sexual. Os *T. pretiosum* foram mantidos em sala climatizada, com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 18 tratamentos e 20 repetições, como testemunha negativa foi utilizada água destilada e testemunha positiva utilizou-se o inseticida Talisman® (Bifentrina) FMC. As médias obtidas foram submetidas a teste de normalidade e homogeneidade. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott Knott a 5% pelo software estatístico Agrostat ®.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença estatística entre a testemunha positiva (água) e todos os produtos testados no parasitismo de 24 h após a exposição das fêmeas de *T. pretiosum* aos tratamentos. A maior taxa de parasitismo foi observada 24 h após a exposição das fêmeas de *T. pretiosum* a Botanix Terpex®, adubo foliar a base de nitrogênio e boro. Dos inseticidas testados, apenas o Agree® foi classificado como seletivo (classe 1) e Nomolt® pode ser classificado como levemente nocivo (classe 2)

no primeiro dia após a exposição (Tabela 4). Inseticidas a base de Agree[®] agem em local específico e precisariam ser ingeridos, pois o contato tegumentar não é capaz de contaminar os insetos. O *B. thuringiensis* presente no Agree[®] atua nos disruptores microbianos da membrana do mesêntero, atuando no intestino dos insetos da ordem Lepidóptera que apresentam pH ideal para que ocorra a formação dos cristais e consequentemente a perfuração do intestino dos insetos. A ingestão de *B. thuringiensis* por *T. pretiosum*, juntamente com alimento acelera o ritmo do parasitismo (POLANCZYK; ALVES, 2003).

Tabela 4 - Parasitismo, redução da capacidade benéfica do parasitoide (E%), classe toxicológica (c), média de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* quando submetido à ação dos tratamentos em fase adulta e pH das caldas

Princípio ativo	1º D. A. E			2º D. A. E			3º D. A. E			Média		pH	
	Para 24 h	E%	C	Para 48 h	E%	C	Para 72 h	E%	C		E%	C	
Testemunha negativa													
Água	75,7 ± 5,6 b	0,0	1	31,7 ± 6,13 b	0,0	1	12,6 ± 1,6 c	0,0	1	54,3 ± 9,3 a	0,0	1	7,3
Inseticidas													
Actara®	0,83 ± 2,4 h	98,91	3	0,0 ± 1,3 e	100,0	4	0,0 ± 0,5 f	100	4	0,3 ± 9,3 g	99,35	4	7,4
Agree®	61,7 ± 16,2 c	19,31	1	31,6 ± 15,7 b	11,55	1	17,0 ± 4,2 b	-16,25	1	36,9 ± 7,8 c	13,29	1	6,8
Avatar®	48,4 ± 3,0 d	36,63	2	17,9 ± 2,8 c	50,40	2	2,8 ± 1,0 f	80,92	3	46,7 ± 2,6 b	36,02	2	7,2
Brilhante®	0,61 ± 2,2 h	99,20	4	0,26 ± 1,3 e	99,28	4	0,3 ± 0,4 f	97,80	3	0,4 ± 1,3 g	99,06	4	6,9
Decis®	0,0 ± 2,0 h	100,0	4	0,17 ± 0,3 e	99,54	4	0,0 ± 0,5 f	100,0	4	0,0 ± 1,3 g	99,87	4	7,1
Delegate®	19,5 ± 7,4 f	74,43	2	0,99 ± 1,4 e	97,23	3	0,5 ± 0,9 f	96,76	3	7,0 ± 2,8 f	83,52	3	7,6
Fitoneen®	2,0 ± 5,8 h	97,38	3	1,5 ± 1,4 e	95,71	3	0,9 ± 0,7 f	93,84	3	1,5 ± 2,7 g	96,51	3	7,6
Nomolt®	55,4 ± 18,2 c	78,59	2	12,5 ± 1,6 d	88,55	3	1,5 ± 1,9 f	97,36	3	23,3 ± 6,9	86,37	3	7,3
Prêmio®	13,6 ± 2,8 g	82,24	3	7,6 ± 1,13 d	78,90	2	0,9 ± 1,6 f	93,62	3	7,4 ± 1,3 f	82,66	3	6,8
Tracer®	25,9 ± 7,2 f	66,10	2	1,3 ± 1,3 e	96,47	3	0,4 ± 0,6 f	96,93	3	9,2 ± 2,8 f	78,34	2	7,2
Verismo®	13,0 ± 1,6 g	83,00	3	5,6 ± 2,2 d	84,44	3	0,9 ± 2,0 f	93,40	3	6,5 ± 1,8 f	84,65	3	6,7
Fungicidas													
Cantus®	70,7 ± 19,6 b	7,46	1	5,7 ± 3,0 d	84,08	3	3,74 ± 0,8 e	74,46	2	28,4 ± 8,9 d	33,46	2	6,6
Collis®	47,5 ± 10,6 d	37,80	2	11,9 ± 3,7 d	67,09	2	6,7 ± 2,0 e	54,15	2	22,0 ± 4,3 d	48,16	2	7,0
Orkestra®	47,0 ± 12,6 d	38,55	2	17,0 ± 6,1 c	52,87	2	5,1 ± 0,9 e	65,27	2	23,0 ± 5,3 d	45,87	2	7,3
Previcur®	7,2 ± 3,3 g	90,53	3	1,6 ± 2,8 e	95,59	3	0,3 ± 0,4 f	97,85	3	3,0 ± 1,9 g	92,83	3	6,5
Ranman®	68,3 ± 7,0 b	10,64	1	19,7 ± 14,6 c	45,22	2	12,7 ± 3,5 c	13,49	1	35,6 ± 6,7 c	16,29	1	7,0
Revus®	76,2 ± 6,5 b	0,25	1	30,1 ± 8,5 b	16,53	1	12,3 ± 3,1 c	16,01	1	39,5 ± 4,3 c	6,99	1	7,2
Adbos foliares													
Actilase Intense®	7,6 ± 6,3 g	85,52	3	5,8 ± 4,0 d	83,83	3	0,3 ± 0,6 f	97,95	3	5,7 ± 1,3 g	86,52	3	6,8
Alcygol B®	22,4 ± 3,8 f	70,61	2	6,1 ± 3,5 d	83,00	3	0,8 ± 1,5 f	94,32	3	9,8 ± 2,3 f	76,93	2	8,7
Boroplex®	11,8 ± 5,2 g	84,61	3	4,6 ± 2,5 e	87,34	3	0,2 ± 0,6 f	98,64	3	5,5 ± 2,7 g	87,04	3	8,8
Botanix Terpex®	93,6 ± 3,6 a	-22,37	1	39,1 ± 15,6 a	-8,42	1	12,1 ± 3,6 c	17,24	1	48,3 ± 5,8 b	-13,48	1	7,5

Duo organo®	16,3 ± 3,6 g	70,13	2	6,3 ± 2,9 d	75,70	2	12,0 ± 1,2 f	85,68	3	7,8 ± 1,8 f	73,54	2	6,8
Organo Cálcio®	22,8 ± 5,6 f	78,68	2	8,7 ± 4,3 d	82,63	3	2,1 ± 3,3 f	92,95	3	11,2 ± 4,3 f	81,50	3	6,9
Sannin®	11,2 ± 4,4 g	85,27	3	19,2 ± 1,2 c	46,61	2	10,1 ± 1,1 d	30,92	2	13,5 ± 1,8 e	68,14	2	7,0
Boroplex, Duo e Organocálcio	59,2 ± 2,0 c	22,52	1	16,7 ± 3,8 c	53,70	2	8,9 ± 3,4 d	39,53	2	28,8 ± 5,6 d	32,31	2	6,6

Adjuvante

Fighter	26,9 ± 6,5 f	64,76	2	2,7 ± 1,2 e	92,52	3	1,4 ± 0,7 f	90,46	3	10,3 ± 6,5 e	75,68	2	6,9
---------	--------------	-------	---	-------------	-------	---	-------------	-------	---	--------------	-------	---	-----

Misturas

Fighter, Delegate e Agree	0,44 ± 2,2 h	99,41	4	0,0 ± 1,3 e	100,0	4	0,0 ± 0,5 f	99,83	4	0,15 ± 2,2 f	99,63	4	7,1
Avatar, Nomolt e Fighter	11,0 ± 6,5 g	85,66	3	1,9 ± 1,7 e	94,60	3	0,4 ± 0,5 f	97,11	3	4,5 ± 1,4 g	89,49	3	6,9
Agree e Prêmio	36,1 ± 12,6 e	52,71	2	12,2 ± 2,7 d	66,22	2	1,7 ± 1,5 f	88,46	3	16,7 ± 2,4 e	60,79	2	6,8
Agree e Avatar	35,4 ± 14,7 e	53,64	2	19,0 ± 6,7 c	47,29	2	21,0 ± 2,5 a	-43,22	1	24,8 ± 4,8 d	41,68	2	7,0
Agree, Avatar e Nomolt	36,2 ± 21,1 e	52,63	2	27,5 ± 7,5 b	23,74	1	13,7 ± 4,4 c	6,62	1	25,8 ± 6,2 d	39,33	2	7,1
Agree e Nomolt	36,7 ± 14,5 e	-0,03	2	16,4 ± 3,2 c	54,37	2	12,1 ± 3,4 c	17,53	1	21,7 ± 8,9 d	48,88	2	7,0

Testemunha positiva

Talisman®	0,11 ± 9,7 h	100,0	4	0,0 ± 1,3 e	100,0	4	0,0 ± 0,5 f	100,0	4	0,0 ± 1,3	100,0	4	6,8
-----------	--------------	-------	---	-------------	-------	---	-------------	-------	---	-----------	-------	---	-----

CV%	30,4	51,5	43,0	27,6
------------	------	------	------	------

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Apesar do modo de ação de alguns inseticidas biológicos como Agree® ser bem específico, para que o produto tenha estabilidade, vários outros ingredientes são adicionados à fórmula, o que poderia ser prejudicial a insetos de outras ordens, como *T. pretiosum*.

O inseticida Nomolt®, pertencente ao grupo químico das Benzoilureias é um regulador de crescimento que atua como inibidor da síntese de quitina, não apresentando efeito deletério direto aos adultos de *T. pretiosum*, pois se trata de um regulador de crescimento. Carvalho, Moura, Bueno (2006) constataram que Teflubenzuron foi inócuo a *T. pretiosum*, assim como o observado por Paiva, Beloti e Yamamoto (2018).

Além do Nomolt®, os inseticidas Avatar®, Delegate® e Tracer® foram levemente nocivos (classe 2). O inseticida Avatar® possui mecanismo de ação que atua no bloqueio dos canais de sódio e é classificado como seletivo para culturas como couve e repolho. Após a etapa de laboratório, os produtos são submetidos a testes de semi-campo e campo para verificação da seletividade, podendo ter resultados menos nocivos que o observado em laboratório. Os testes de toxicidade realizados em laboratório representam o maior nível de exposição dos indivíduos aos pesticidas, os resultados variam conforme o estágio de desenvolvimento dos insetos (MILLS et al., 2016).

Em condição de campo ou semi-campo, diversos fatores exercem influência podendo ocorrer à degradação das moléculas devido à radiação solar, influência da temperatura, vento e água de irrigação, chuva ou orvalho. Resultando em menor toxicidade das caldas aos parasitoides (DAS et al., 2020). Outro efeito comum é a repelência dos parasitoides aos produtos (PAIVA, Beloti e Yamamoto, 2018). Sendo justificável às diferenças obtidas com os mesmos pesticidas, em condições ambientais distintas, em que um produto pode ser altamente nocivo em condições de laboratório e apresentar efeito distinto em outras condições ambientais (NÖRNBERG et al., 2011 , STEFANELLO et al., 2012 , PASINI et al., 2017).

Os inseticidas Delegate® e Tracer® pertencem ao grupo das Espinosinas, inseticidas neuromusculares moduladores alostéricos dos receptores nicotínicos da acetilcolina e fazem parte dos inseticidas mais seguros da atualidade, não promovendo efeito nocivo a joaninhas e aranhas. Embora tenha baixa toxicidade a abelhas, espinosade tem efeito mais nocivo sobre insetos Himenópteros, como é o caso do *T. pretiosum* (BIONDI et al., 2012).

Os inseticidas Actara®, Fitoneen® e Prêmio® apresentaram efeito moderadamente nocivo, enquanto Brilhante® e Decis® foram tão nocivos quanto à testemunha positiva. O mecanismo de ação de Actara® ocorre por ligação nos receptores nicotínicos da acetilcolina, portanto, não seletivo (MAIENFISCH et al., 2001). O inseticida Fitoneen®, apesar de ter origem vegetal e por vezes ser posicionado como um inseticida natural, não é seletivo para insetos benéficos, como o comprovado no presente estudo. O mecanismo de ação consiste em repelente de insetos e ácaros, regulador de crescimento de insetos e ácaros, além de ser um inibidor de alimentação, portanto não seletivo. Ao utilizar o extrato e produtos comerciais a base de *Azadirachta indica* A. (Juss.), Rampelotti-Ferreira et al. (2017), observaram efeito não seletivo sobre *T. pretiosum*, no entanto, ao testar uma formulação Nano encapsulada de nim obtiveram baixa toxicidade ao parasitoide, desta forma, a formulação dos inseticidas precisa ser repensada no sentido de reduzir a toxicidade a entomofauna benéfica.

Os fungicidas Cantus®, Rannam® e Revus® foram seletivos a *T. pretiosum* e proporcionaram parasitismo próximo ao observado na testemunha negativa nas 24 h após a exposição, no entanto, apenas o fungicida Revus® manteve-se inócuo após 48 e 72 h de exposição (Tabela 4). Os fungicidas Collis® e Orkestra® foram levemente nocivos e moderadamente nocivos, respectivamente, enquanto Previcur® foi moderadamente nocivo e proporcionou uma redução de mais de 90% do parasitismo quando comparado à testemunha negativa. Quando testada sozinha a Boscalida, princípio ativo de Cantus® foi seletiva, no entanto, o produto a base de Boscalida/Cresoxim-metílico (Collis®) não foi seletivo, embora fungicida a base de Cresoxim-metílico tenha sido inócuo quando testado por Manzoni et al. (2007). A junção dos princípios ativos e os inertes podem não surtir o mesmo efeito.

Dentre os elementos mais comuns em fungicidas podemos destacar a presença de cobre e enxofre, que exercem funções preventivas, antifúngicas. Os fungicidas Previcur® e Ranman® apresentam em sua formulação a presença de enxofre, que tem sua toxicidade ligada a processos bioquímicos da formação de quelados, que promovem efeitos deletérios ao sistema respiratório (MAGANO et al., 2015, DEVENDAR; YANG, 2019).

Os adubos foliares são utilizados como complementação a adubação mineral, principalmente quanto à disponibilização de micronutrientes como Molibdênio e Boro, essenciais para o cultivo de brássicas. Não sendo descritos os efeitos sobre

os insetos-praga ou mesmo sobre a entomofauna benéfica. Dos adubos foliares testados, apenas o Botanix Terpex[®] (nitrogênio e boro) e a mistura de Boroplex[®], Duo organo[®] e Organocálcio[®] foram seletivos. O foliar Botanix Terpex[®] é descrito como fertilizante mineral misto foliar, a base de nitrogênio e boro, e é inócuo a *T. pretiosum*. Quando utilizados de forma isolada, Boroplex[®], Duo organo[®] e Organocálcio[®] não foram seletivos, no entanto de forma conjunta, o efeito deletério foi minimizado. Estudos mais aprofundados sobre os efeitos dos adubos foliares sobre insetos-praga e seus parasitoides devem ser priorizados, no intuito de elucidar o real efeito desses produtos sobre a entomofauna.

Outro fator importante que tem sido discutido é a mistura de tanque realizada pela maioria dos produtores. A junção de vários produtos com função inseticida, fungicidas e adjuvantes pode promover reações de incompatibilidade entre os produtos ou mesmo efeito antagônico dos produtos. Foram testadas seis misturas, que combinavam dois inseticidas e a junção de Fighter[®] (óleo mineral) adjuvante.

O Fighter[®] foi levemente nocivo a *T. pretiosum* e quando utilizado em mistura com Delegate[®] e Agree[®], obteve-se efeito nocivo, com baixíssimo parasitismo, sendo a mistura classificada como classe 4, assim como a testemunha positiva, Talisman[®], um piretroide altamente nocivo (Tabela 4). A mistura entre Avatar[®], Fighter[®] e Nomolt[®] foi moderadamente nocivo, enquanto que a junção de Agree[®] e Prêmio[®], Agree[®] e Avatar[®], Agree[®], Avatar[®] e Nomolt[®] foram levemente nocivos. Podendo ser observado uma redução no efeito nocivo de Avatar[®] e Prêmio[®] quando utilizado juntamente com Agree[®]. No entanto, o inseticida biológico que foi seletivo quando utilizado sozinho, em mistura foi levemente nocivo. Ainda são escassos trabalhos que abordem o efeito da mistura de tanque sobre indivíduos não alvo, e os efeitos investigados no presente trabalho proporcionam resultados em nível de exposição extrema do agente de controle biológico e os produtos fitossanitários, sendo a investigação em condições de semi-campo e campo estudos importantes no processo de classificação.

A viabilidade dos ovos parasitados também pode ser influenciada pela aplicação de produtos fitossanitários. No entanto, apenas os inseticidas Actara[®], Decis[®] e Fitoneen[®] e a mistura de Fighter[®], Delegate[®] e Agree[®] proporcionou menor viabilidade de ovos parasitados. Em que o produto Decis[®] foi altamente nocivo assim como a testemunha positiva (Tabela 5). O Fitoneen[®] não influenciou na emergência dos parasitoides quando a pulverização foi realizada sobre os ovos de *A. kuehniella*.

(LUCKMANN et al., 2014). O efeito dos produtos fitossanitários sobre os parasitoides pode ser letal, levando a morte dos indivíduos, ou subletal, proporcionando efeitos sobre a capacidade benéfica dos insetos, podendo interferir no parasitismo, ou mesmo na emergência dos adultos.

O efeito de Actara® sobre a emergência de *T. pretiosum* foi classificado como inócuo em outros estudos (FELTRIN-CAMPOS et al., 2019; SUN et al., 2008), mesmo sendo um inseticida altamente tóxico (PREETHA et al., 2009). Estudos mais recentes avaliando a junção de Lambda-cialotrina + tiametoxam reduziu o parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* (PAIVA, BELOTI; YAMAMOTO, 2018). Quando expostos a aplicações de inseticidas de um mesmo princípio ativo, os insetos-praga passam pela seleção de populações resistentes, sendo necessários estudos que avaliem este efeito sobre a população de indivíduos benéficos, pois para uma mesma espécie, têm sido obtidos resultados distintos quanto à seletividade de produtos fitossanitários.

Tabela 5 - Viabilidade do parasitismo, redução da capacidade benéfica do parasitoide (E%), classe toxicológica (c), média de viabilidade de *Trichogramma pretiosum* quando submetido à ação dos tratamentos em fase adulta

Princípio ativo	1º D. A. E			2º D. A. E			3º D. A. E			Média		
	VP (%)	E%	C	VP (%)	E%	C	VP (%)	E%	C	VP (%)	E%	C
Testemunha positiva												
Água	99,9 ± 2,6 a	0,0	1	85,5 ± 11,17 a	0,0	1	88,0 ± 21,9 a	0,0	1	99,9 ± 3,4 a	0,0	1
Inseticidas												
Actara®	40,0 ± 54,3 b	59,99	2	0,0 ± 3,1 b	100,0	4	0,0 ± 5,8 b	100,0	4	40,0 ± 55,6 b	59,99	2
Agree®	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	87,1 ± 30,2 a	12,91	1	80,0 ± 41,9 a	20,0	1	96,2 ± 5,9 a	3,81	1
Avatar®	100,0 ± 2,6 a	-0,01	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	100,0 ± 5,8 a	10,00	1	99,9 ± 3,5 a	-0,01	1
Brilhante®	80,0 ± 45,5 a	19,97	1	80,0 ± 42,7 a	20,01	1	80,0 ± 46,3 a	20,00	1	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Decis®	0,0 ± 2,6 c	100,0	4	20,0 ± 43,6 b	20,01	1	0,0 ± 5,8 b	80,0	3	20,0 ± 47,6 c	44,72	2
Delegate®	99,6 ± 3,0 a	0,32	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	40,0 ± 56,6 b	60,0	2	99,6 ± 3,5 a	0,34	1
Fitoneen®	40,0 ± 52,5 b	59,99	2	60,0 ± 53,9 a	40,01	2	0,0 ± 5,8 b	100,0	4	60,0 ± 52,2 b	39,99	2
Nomolt®	99,8 ± 2,5 a	19,97	1	100,0 ± 3,14 a	40,01	2	0,0 ± 5,8 b	60,0	2	79,9 ± 41,8 a	19,99	1
Prêmio®	80,0 ± 43,3 a	19,97	1	80,0 ± 42,7 a	20,01	1	80,0 ± 45,3 a	20,0	1	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Tracer®	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	100,0 ± 5,8 a	0,00	1	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Verismo®	100,0 ± 2,6 a	0,03	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	60,0 ± 49,8 a	40,0	2	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Fungicidas												
Cantus®	100,0 ± 2,6 a	0,03	1	60,0 ± 54,1 a	40,0	2	100,0 ± 5,8 a	0,0	1	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Collis®	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	100,0 ± 5,8 a	0,0	1	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Orkestra®	99,9 ± 2,6 a	0,06	1	99,8 ± 3,0 a	0,24	1	80,0 ± 41,9 a	0,0	1	99,9 ± 3,3 a	0,09	1
Previcur®	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	40,0 ± 56,2 b	0,01	1	20,0 ± 44,9 b	80,0	3	100,0 ± 3,5 a	0,01	1
Ranman®	99,9 ± 2,7 a	0,06	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	0,0 ± 5,8 b	100,0	4	79,9 ± 41,9 a	20,01	1
Revus®	99,9 ± 2,6 a	0,01	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	80,0 ± 45,2 a	80,0	3	99,9 ± 3,5 a	0,02	1
Aubos foliares												
Actilase Intense®	68,9 ± 43,3 a	11,03	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	40,0 ± 56,6 b	60,0	2	93,5 ± 10,8 a	6,43	1
Alcygol B®	95,6 ± 4,3 a	4,30	1	99,7 ± 3,3 a	0,27	1	40,0 ± 53,7 b	60,0	2	96,6 ± 5,4 a	3,34	1
Boroplex®	91,2 ± 10,9 a	8,8	1	78,4 ± 40,8 a	21,62	1	60,0 ± 52,7 a	40,0	2	86,6 ± 11,6 a	13,33	1
Botanix Terpex®	99,9 ± 2,6 a	-0,01	1	80,0 ± 45,2 a	20,01	1	80,0 ± 46,3 a	80,0	3	99,9 ± 3,5 a	0,0	1
Duo organo®	96,0 ± 2,9 a	3,89	1	95,9 ± 5,7 a	4,07	1	60,0 ± 53,5 a	40,0	2	95,9 ± 4,5 a	4,07	1

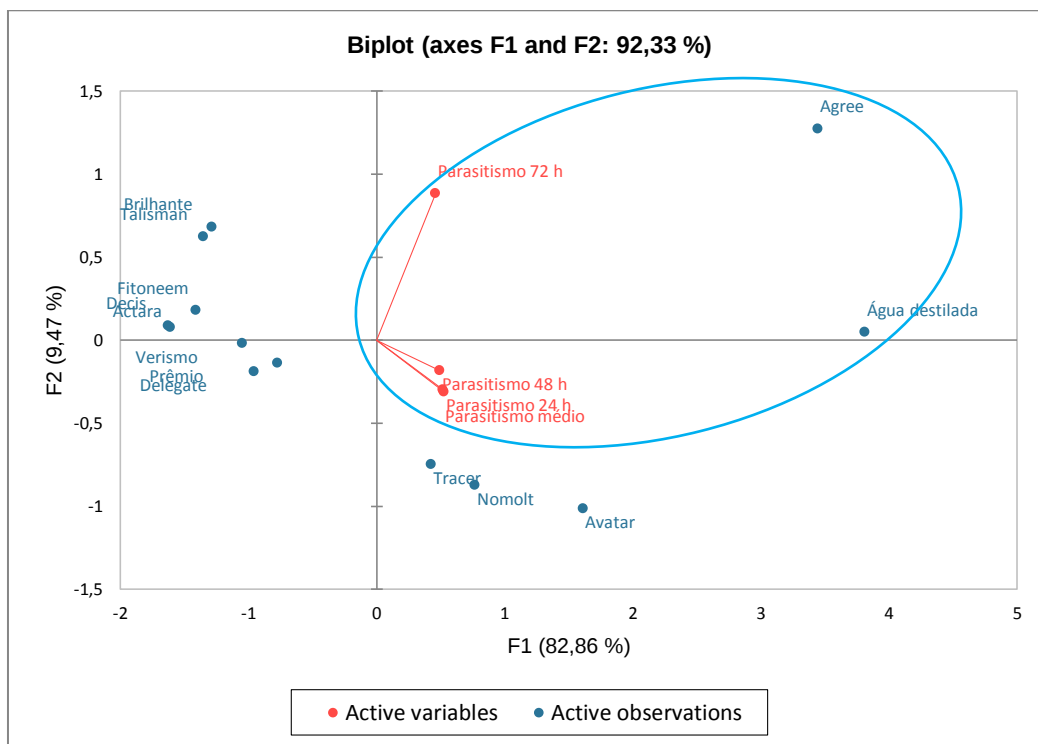
Organo Cálcio®	97,9 ± 2,9 a	2,06	1	95,2 ± 6,2 a	4,80	1	0,0 ± 5,8 b	100,0	4	97,2 ± 4,9 a	2,75	1
Sannin®	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	80,0 ± 43,3 a	20,01	1	40,0 ± 53,9 b	80,0	3	100 ± 3,7 a	-0,45	1
Boroplex, Duo organo e Organocálcio	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	100,0 ± 5,8 a	0,00	1	100,0 ± 3,4 a	-0,01	1
Adjuvante												
Fighter	99,5 ± 2,6 a	0,46	1	99,4 ± 2,5 a	0,60	1	78,8 ± 41,5 a	21,17	1	99,4 ± 3,4 a	0,60	1
Misturas												
Fighter, Delegate e Agree	40,0 ± 54,3 b	59,99	2	0,0 ± 3,14 b	100,0	4	20,0 ± 40,1 b	80,0	3	40,0 ± 53,7 b	59,99	2
Avatar, Nomolt e Fighter	98,2 ± 3,6 a	1,72	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	80,0 ± 41,9 a	20,0	1	98,6 ± 4,3 a	1,36	1
Agree e Prêmio	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	91,5 ± 16,9 a	2,80	1	100,0 ± 5,8 a	0,00	1	98,5 ± 7,4 a	1,49	1
Agree e Avatar	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	99,7 ± 3,5 a	0,28	1	0,0 ± 5,8 b	100,0	4	97,6 ± 3,0 a	2,41	1
Agree, Avatar e Nomolt	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	100,0 ± 5,8 a	0,0	1	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Agree e Nomolt	100,0 ± 2,6 a	-0,03	1	100,0 ± 3,14 a	0,01	1	80,0 ± 41,9 a	20,0	1	100,0 ± 3,5 a	-0,01	1
Testemunha positiva												
Talisman®	20,0 ± 46,0 c	100,0	4	20,0 ± 43,6 b	100,0	4	0,0 ± 5,85 b	100,0	4	0,0 ± 3,5	100,0	4
CV%	27,4			33,0			64,4			24,4		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$)

O inseticida Decis® influenciou na emergência dos adultos de *T. pretiosum*, caracterizando um efeito nocivo sobre a geração F1, dos parasitoides submetidos à exposição tarsal (Tabela 5). Stefanello et al. (2021) observaram efeito nocivo ao expor *T. pretiosum* a inseticidas a base de deltametrina. A mistura de Fighter®, Delegate® e Agree® resultaram na redução da viabilidade, apesar de não ter havido o mesmo resultado ao utilizar os produtos de maneira isolada (Tabela 5), reafirmando que a mistura de tanque pode proporcionar efeitos distintos dos observados com a pulverização da calda simples, contendo apenas um produto, mesmo que o pH não sofra alteração. A utilização de alguns inseticidas em conjunto com adjuvante é necessária, pois auxilia na aderência do produto às folhas das plantas, sendo muitas vezes indispensável no caso de brássicas, devido à cerosidade das folhas. O efeito da junção do inseticida com o adjuvante pode promover toxicidade diferente da observada quando avaliado apenas o contato do *T. pretiosum* com o inseticida isolado.

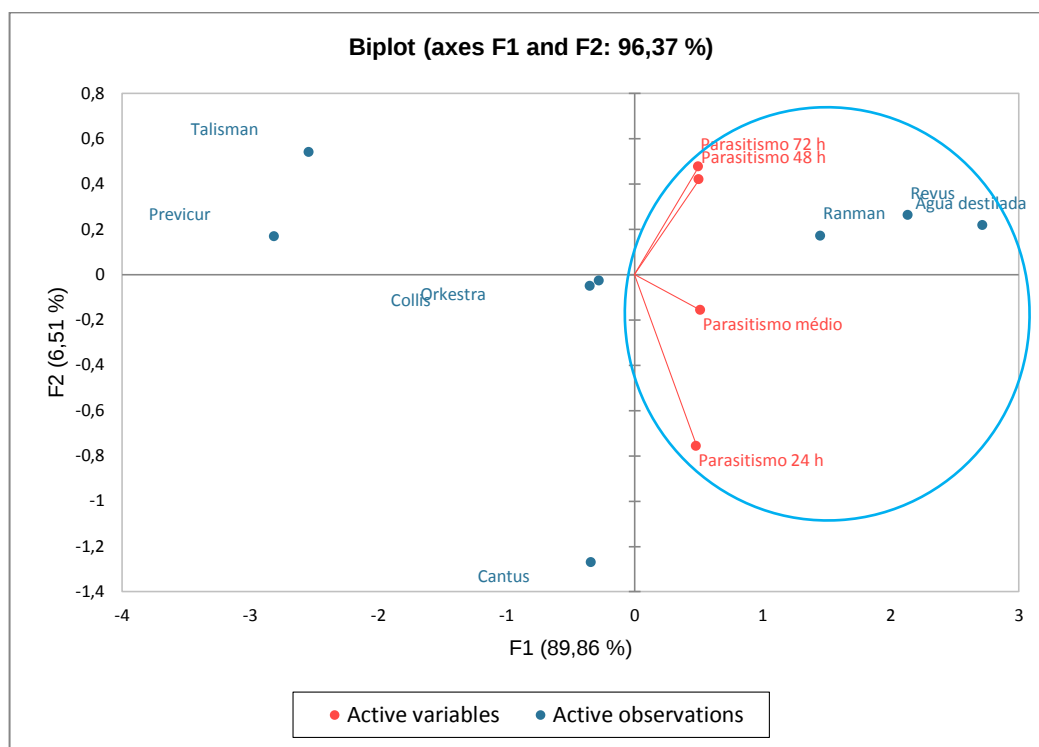
Com o objetivo de estabelecer um modelo descritivo para agrupamento de seletividade dos inseticidas, fungicidas, adubos foliares, adjuvante e misturas foi aplicada ao conjunto de dados a análise de componentes principais (PCA) para auxiliar na compreensão dos resultados. A análise de componente principal separou os inseticidas em quatro eixos, em que o Agree® foi o mais seletivo a *T. pretiosum* na média total e após 24, 48 e 72 h de exposição sendo equivalente a testemunha negativa. (Figura 2). Enquanto que Avatar®, Nomolt® e Tracer® foram classificados como levemente nocivos, no entanto apresentaram valores de parasitismo médio total, 24 e 72 h após a exposição maior que os demais produtos. Os eixos 1 e 2 respondem a 92,33% da análise.

Figura 2 - Projeção bidimensional e pontuações de parasitismo médio
Trichogramma pretiosum em ovos *Anagasta kuehniella* 24, 48 e 72 h de exposição
 a inseticidas e média total de parasitismo



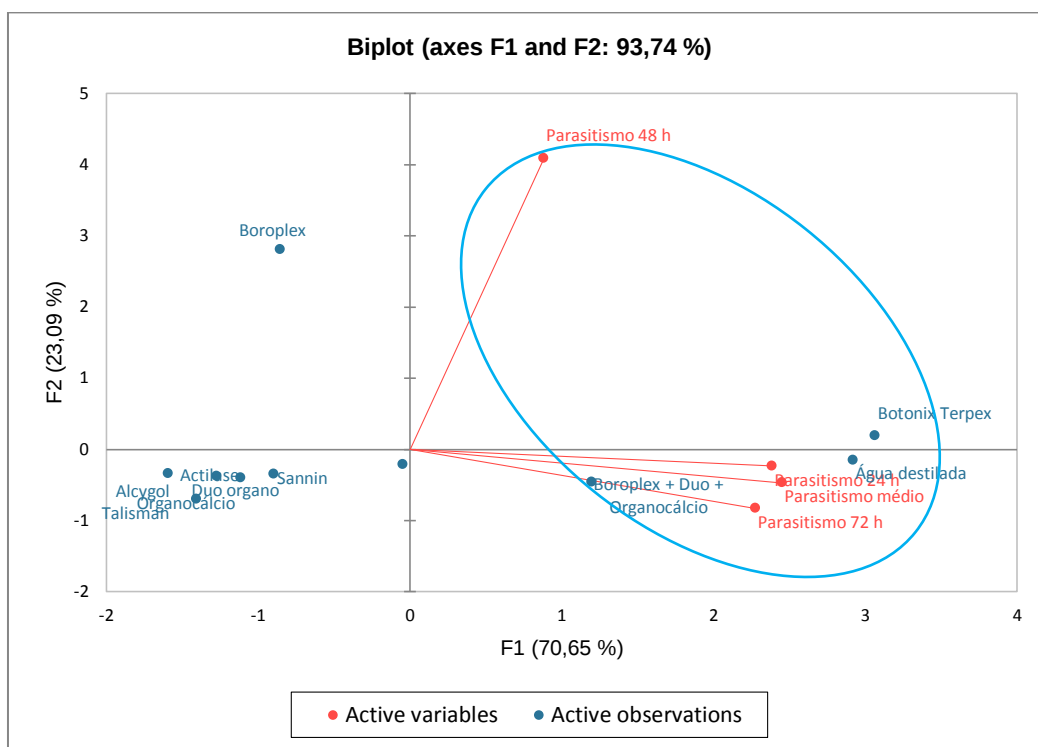
A análise de componente principal separou os fungicidas em dois grupos, o Revus® e Ranman® foram seletivos a *T. pretiosum* e proporcionaram resultados semelhantes ao da testemunha negativa (água) quanto ao parasitismo médio e parasitismo 24, 48 e 72 h após a exposição, sendo os demais fungicidas prejudiciais ao parasitismo do agente de controle biológico, os eixos 1 e 2 respondem a 96,37% da análise (Figura 3).

Figura 3 - Projeção bidimensional e pontuações de parasitismo médio
Trichogramma pretiosum em ovos *Anagasta kuehniella* 24, 48 e 72 h de exposição
 a fungicidas e média total de parasitismo



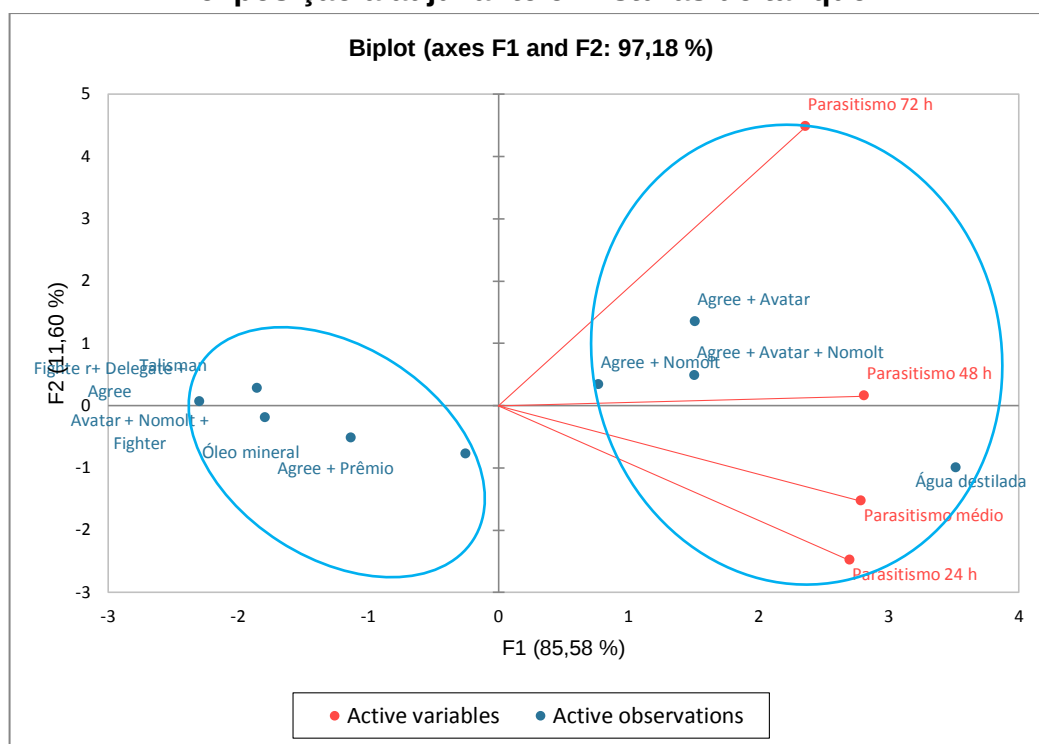
Dentre os adubos foliares avaliados, o Botanix Terpex[®] e a mistura Boroplex[®], Duo organo[®] e Organocálcio[®] foram seletivos a *T. pretiosum* e proporcionaram resultados iguais ao da testemunha negativa (água) quanto ao parasitismo médio, e parasitismo 24, 48 e 72 h após a exposição, sendo os demais adubos foliares prejudiciais ao parasitismo do agente de controle biológico, os eixos 1 e 2 respondem a 93,74% da análise (Figura 4).

Figura 4 - Projeção bidimensional e pontuações de parasitismo médio de *Trichogramma pretiosum* em ovos *Anagasta kuehniella* 24, 48 e 72 h de exposição a adubos foliares e média total de parasitismo



Quanto as misturas avaliadas, Agree[®]/Avatar[®], Agree[®]/Avatar[®]/Nomolt[®] e Agree[®]/Nomolt[®] foram seletivos a *T. pretiosum* e proporcionaram resultados semelhantes ao da testemunha negativa, quanto ao parasitismo médio e parasitismo após 24, 48 e 72 h após a exposição, sendo as demais misturas nocivas a *T. pretiosum* com resultados muito próximos a testemunha positiva (inseticida com elevada mortalidade). Os eixos 1 e 2 respondem a 97,18% da análise (Figura 5).

Figura 5 - Projeção bidimensional e pontuações de parasitismo médio *Trichogramma pretiosum* em ovos *Anagasta kuehniella* após 24, 48 e 72 h de exposição a adjuvante e misturas de tanque



Quanto à análise de efeito subletal, que diz respeito aos efeitos deletérios relacionados não só a longevidade, mas também a redução da capacidade benéfica do agente de controle biológico observou-se que os inseticidas Actara®, Agree®, Delegate®, Fitoneen® e Tracer® apresentaram efeitos nocivos ao parasitoide de ovos *T. pretiosum* (Tabela 6). O inseticida Actara® promoveu menor parasitismo de ovos, enquanto que Agree® reduziu a viabilidade dos ovos parasitados. Os inseticidas Delegate® e Tracer® provocaram redução no número de ovos parasitados, viabilidade, longevidade e redução no número de fêmeas geradas (Tabela 6).

O modo de ação dos inseticidas a base de Agree®, não apresenta riscos a indivíduos da ordem Hymenoptera, o contato via cutícula não é capaz de proporcionar toxicidade, porém a pulverização da calda sobre os ovos pode ter influenciado na qualidade do substrato de ovoposição ou mesmo ter penetrado o cório dos ovos. Por se tratar de um produto a base de bactéria o *Bacillus thuringiensis*, pode ter interação entre o ovo de *A. kuehniella*, com o inseticida que é específico para lepidópteros, promovendo menor viabilidade dos ovos parasitados.

Tabela 6 - Parâmetros biológicos de *Trichogramma pretiosum* quando submetidos a diferentes tratamentos na fase adulta e pH das caldas

Princípio ativo	Parasitismo (%)	Viabilidade (%)	Longevidade (dias)	Razão sexual	pH
Testemunha negativa					
Água	73,3 ± 52,8 a	99,8 ± 0,7 a	5,4 ± 4,5 a	0,73 ± 0,06 a	7,3
Inseticidas					
Actara®	26,2 ± 28,0 b	89,3 ± 30,8 a	4,5 ± 3,0a	0,60 ± 0,22 a	7,4
Agree®	70,9 ± 65,0 a	69,1 ± 46,7 b	6,0 ± 5,5 a	0,51 ± 0,35 b	6,8
Delegate®	5,8 ± 7,7 b	57,1 ± 48,1 b	1,8 ± 0,9 b	0,43 ± 0,41 b	7,6
Fitoneen®	64,6 ± 57,4 a	99,8 ± 2,6 a	5,0 ± 5,2 a	0,69 ± 0,07 a	7,6
Nomolt®	56,7 ± 33,1 a	89,3 ± 21,7a	5,7 ± 4,9 a	0,62 ± 0,23 a	7,3
Tracer®	2,1 ± 2,1 b	45,7 ± 45,3 b	1,1 ± 0,4 b	0,37 ± 0,41 b	7,2
Verismo®	71,7 ± 48,7 a	87,6 ± 30,1 a	6,1 ± 4,3 a	0,66 ± 0,24 a	6,7
Fungicidas					
Cantus®	73,3 ± 46,9 a	95,8 ± 3,7 a	5,9 ± 5,8 a	0,71 ± 0,06 a	6,6
Collis®	58,3 ± 64,8 a	88,8 ± 30,4 a	5,9 ± 5,3 a	0,62 ± 0,23 a	7,0
Orkestra®	48,5 ± 37,2 a	86,1 ± 30,0 a	4,1 ± 3,4 a	0,62 ± 0,22 a	7,3
Previcur®	51,0 ± 47,0 a	82,0 ± 35,6 a	5,7 ± 4,7 a	0,60 ± 0,27 a	6,5
Ranman®	59,8 ± 40,5 a	92,4 ± 22,4 a	5,5 ± 4,4 a	0,67 ± 0,17 a	7,0
Revus®	72,6 ± 71,9 a	97,8 ± 2,7 a	5,4 ± 5,0 a	0,71 ± 0,06 a	7,2
Aubos foliares					
Botanix Terpex®	47,5 ± 41,1 a	87,4 ± 30,7 a	3,9 ± 3,4a	0,62 ± 0,22 a	7,5
Sannin®	76,6 ± 58,4 a	98,0 ± 2,5 a	6,6 ± 4,7 a	0,71 ± 0,08 a	7,0
Adjuvante					
Fighter®	91,7 ± 63,8 a	94,4 ± 3,9 a	6,6 ± 5,9 a	0,72 ± 0,08 a	6,9
Misturas					
Fighter®, Delegate® e Agree®	8,4 ± 11,0 b	53,1 ± 49,6 b	1,9 ± 0,9 b	0,37 ± 0,35 b	7,1
Fighter®, Avatar® e Nomolt®	73,1 ± 55,6 a	86,5 ± 29,9 a	6,7 ± 5,8 a	0,63 ± 0,23 a	6,9
Testemunha positiva					
Talisman®	25,6 ± 21,4 b	84,7 ± 36,5 a	3,9 ± 2,7 a	0,57 ± 0,26 a	6,8
CV%	88,1	35,7	89,1	39,0	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$)

Um mesmo produto utilizado na mesma dosagem pode proporcionar efeitos distintos, podendo ser classificado como inócuo ou altamente nocivo dependendo da exposição (BUENO et al., 2017; GRANDE et al., 2018; RAKES et al., 2021). A testemunha positiva não influenciou na longevidade, viabilidade e razão sexual, no entanto, diminuiu drasticamente a capacidade de parasitismo.

Todos os fungicidas testados não apresentaram efeito deletério sobre fêmeas de *T. pretiosum*. Quando submetidos ao contato tarsal, apenas a Cantus® e Revus® foram seletivos, não reduzindo o efeito benéfico do parasitoide. Desta forma, a liberação de inundativa após a aplicação desses fungicidas pode ser realizada sem diminuição do parasitismo, viabilidade, longevidade e razão sexual. Os adubos

foliares testados, também apresentaram compatibilidade com o emprego de *T. pretiosum*, não interferindo em nenhum dos parâmetros avaliados. Enquanto que a mistura de Fighter®, Delegate® e Agree® foi mais prejudicial que a testemunha positiva, apresentando redução de todos os parâmetros avaliados. O uso da mistura de tanque é bem comum no dia a dia no campo, principalmente para reduzir os custos das aplicações, no entanto, ainda são poucos os estudos que avaliam o efeito sinérgico da junção dos produtos. O óleo mineral Fighter® é inofensivo para os parasitoides, no entanto, trata-se de um adjuvante, empregado em mistura com inseticidas para aumentar a aderência às folhas das plantas, desta forma, a toxicidade irá depender do inseticida empregado, ou mesmo do efeito da junção de ambos os produtos. Apesar de no estudo de exposição tarsal o inseticida Agree® ter sido seletivo à *T. pretiosum*, o efeito da mistura com Delegate® (não seletivo), não foi seletiva aos parasitoides.

O efeito distinto de toxicidade de um mesmo produto em diferentes fases do parasitoide está relacionado à fase de desenvolvimento, quando o *T. pretiosum* encontra-se em fase de pupa, o cório do ovo proporciona proteção, evitando que pesticida entre em contato com o inseto. No entanto esta proteção irá depender tanto da estrutura do ovo, quanto da fase de desenvolvimento do inseto, ou mesmo propriedades da calda (GRÜTZMACHER et al., 2004, SOUZA et al., 2014, STECCA et al., 2016, PAIVA et al., 2020). A aplicação das caldas sobre os ovos antes da ocorrência do parasitismo podem ter interferido na qualidade desse substrato de ovoposição, diminuindo a viabilidade do parasitismo, ou mesmo pela penetração da calda através do cório, a água empregada pode influenciar no pH, devido a dureza, ou composição, sendo necessário um estudo voltado a esses possíveis efeitos.

O parasitismo diário e acumulado foi calculado para cada um dos tratamentos, em que a sobrevivência das fêmeas de *T. pretiosum* quando submetidas à testemunha negativa (água destilada) foi de 19 dias e o parasitismo de 80% dos ovos foi atingido no 5º dia (Figura 6). O inseticida Agree®, Tracer® e Actara® promoveram menor longevidade até mesmo com relação à testemunha positiva (Figura 6). O parasitismo de 80% dos ovos de *A. kuehniella* foi atingido no 3º, 2º, 7º, 4º, 7º, 2º e 5º dia, nos tratamentos com os inseticidas Actara®, Agree®, Delegate®, Fitoneen®, Nomolt®, Tracer® e Verismo®, respectivamente.

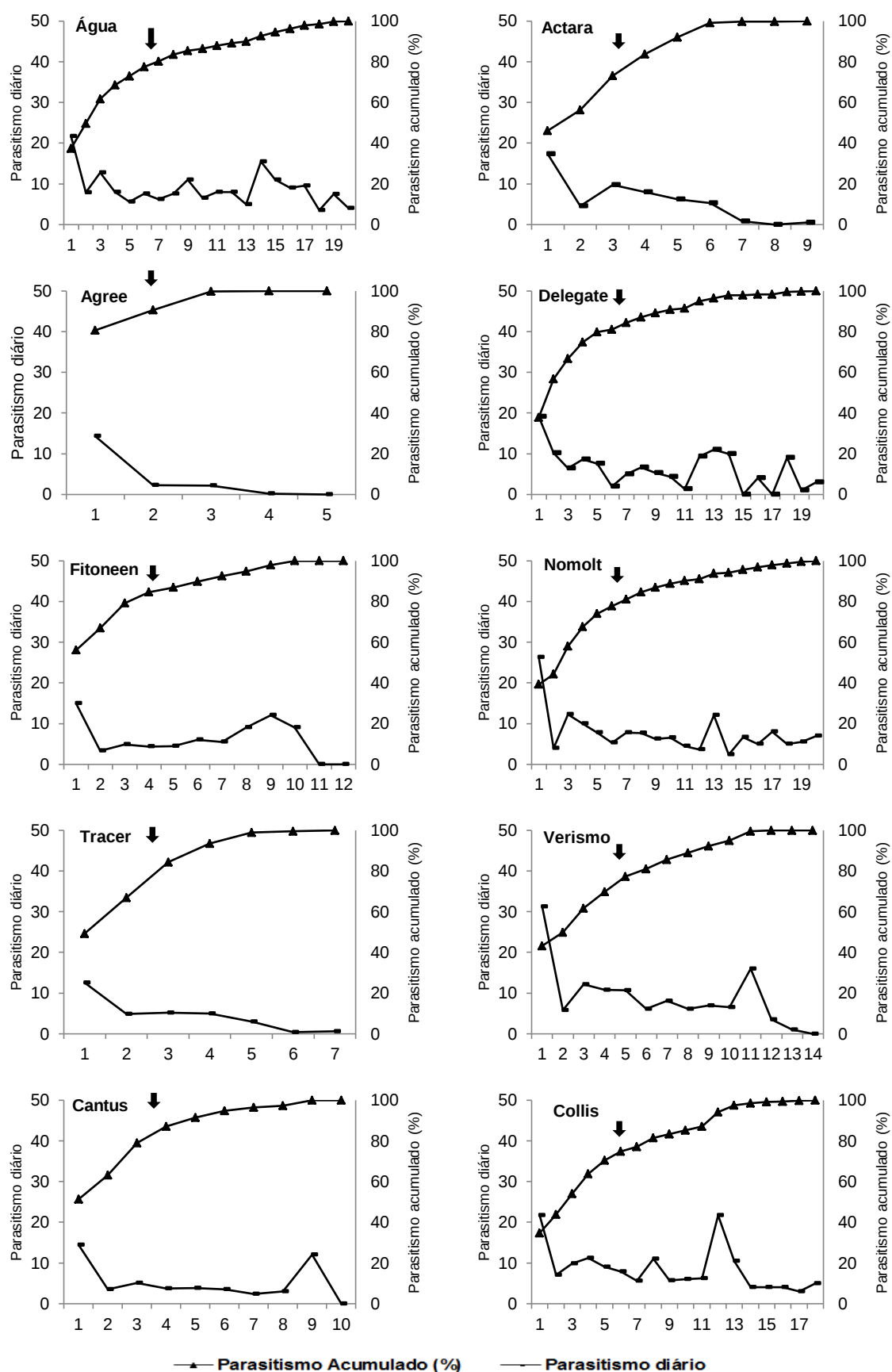
Nos tratamentos com fungicida, atingiu-se 80% do parasitismo dos ovos no 4º, 5º, 4º, 6º, 5º e 6º dia, nos tratamentos com Cantus®, Collis®, Orchestra®, Previcur®,

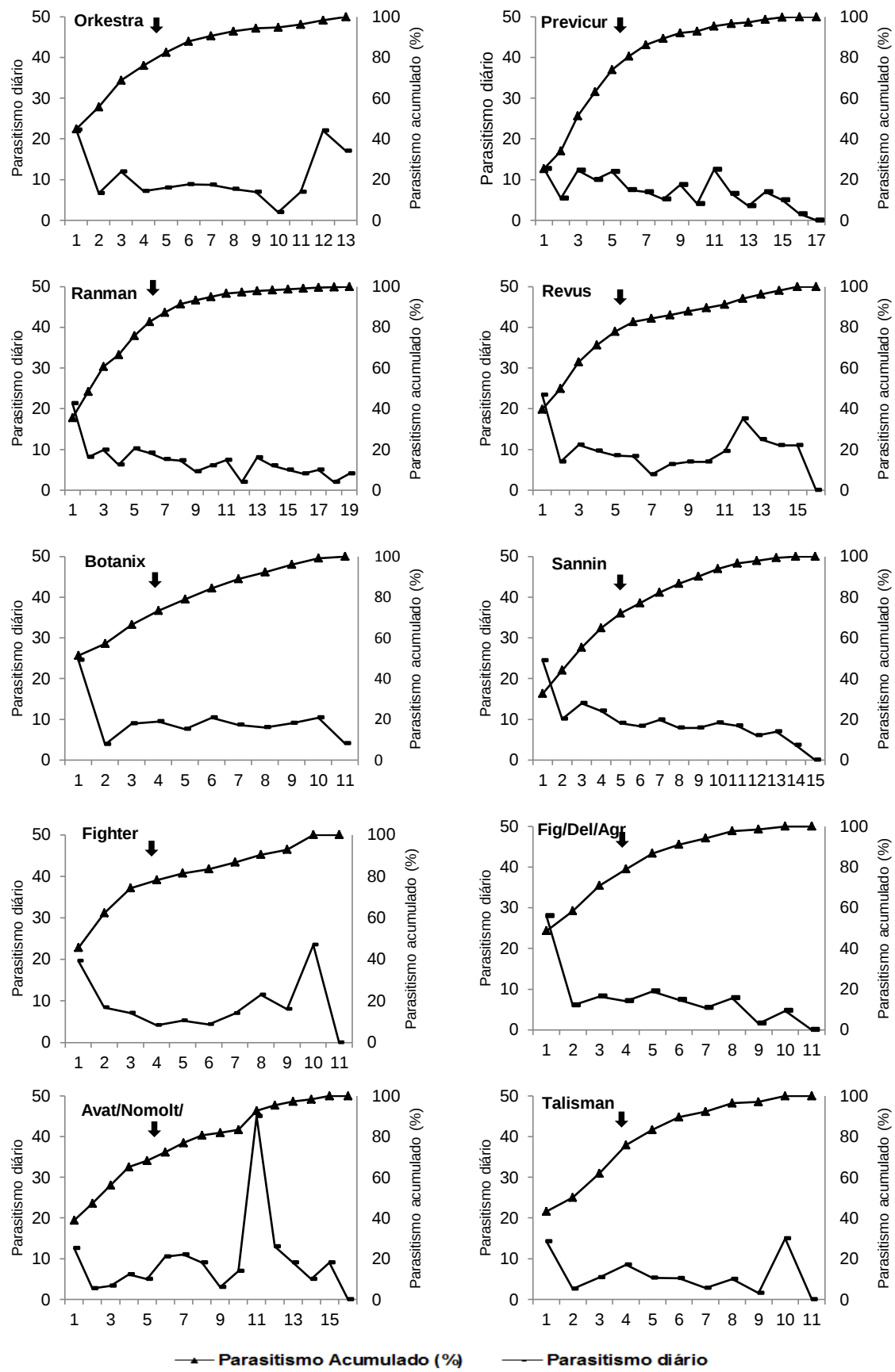
Ranman[®] e Revus[®], respectivamente (Figura 6). Em campo, a toxicidade dos fungicidas ao parasitoide seria ainda mais branda.

Os tratamentos a base de adubos foliares, também não apresentaram toxicidade ao parasitoide, sendo obtidos 80% do parasitismo no 4º dia, quando utilizou-se Botanix Terpex[®] e no 5º dia quando foi utilizado o foliar Sannin[®] (Figura 6).

O adjuvante Fighter[®] proporcionou parasitismo de 80% dos ovos após 4 dias, ao passo, assim como a mistura de Fighter[®], Delegate[®] e Agree[®] e a testemunha positiva Talisman[®] (Figura 6). Quando foi utilizada a mistura de Avatar[®], Nomolt[®] e Fighter[®], o parasitismo de 80% dos ovos foi atingido apenas após o 6º dia (Figura 6). Quanto maior a sobrevivência dos parasitoides, mais ovos foram ofertados às fêmeas, refletindo no tempo necessário para que 80% dos ovos fossem parasitados.

Figura 6 - Parasitismo diário e acumulado de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* quando submetidas à ação dos tratamentos em fase adulta





Além dos inseticidas, os resultados mostram que alguns dos adubos foliares e fungicidas avaliados podem afetar o parasitismo, embora não haja local de ação conhecido em artrópodes, semelhantes aos inseticidas. A mistura de produtos pode proporcionar efeitos nocivos a *T. pretiosum* acarretando em menor parasitismo e redução na viabilidade dos ovos parasitados, além de interferir negativamente na longevidade e razão sexual. A exposição através do contato tarsal pode apresentar efeitos nocivos que não permanecem quando a exposição ocorre através dos ovos pulverizados, como foi observado para vários inseticidas, fungicidas e adubo foliar a base de nitrogênio, Sannin[®]. O efeito dos pesticidas em condições de campo e semi-campo, sofre a ação de agentes climáticos, o que pode levar a uma menor toxicidade dos produtos, havendo a necessidade de futuros estudos nesse sentido.

REFERÊNCIAS

- BIONDI, A.; MOMMAERTS, V.; SMAGGHE, G.; VINUELA, E.; ZAPPALA, L.; DESNEUX, N. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest management science**, v.68, n. 12, p.1523-1536. 2012. <https://doi.org/10.1002/ps.3396>
- BUENO, R. C. O. F. de; PARRA, J.R.P.; BUENO, A. F. de. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **B. Entomol. Res.**, v.102, n. 1, p. 1-8. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.11.005>
- BUENO, A. D. F.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A. C. D.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, D. M. D. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, v.47. 2017. 10.1590/0103-8478cr20160829
- CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; BUENO, V. H. P. Side effects of pesticides on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Integrated Control in Protected Crops**, Mediterranean Climate IOBCWPRS Bulletin, v. 29, n. 4, p. 355-359. 2006.
- DAS, S.; HAGEMAN, K. J.; TAYLOR, M.; MICHELSEN-HEATH, S.; STEWART, I. Fate of the organophosphate insecticide, chlorpyrifos, in leaves, soil, and air following application. **Chemosphere**, v.243, p.125194. 2020. [10.1016/j.chemosphere.2019.125194](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125194)
- DEVENDAR, P.; YANG, G.F. Sulfur-containing agrochemicals **Sulfur Chemistry**, Springer, Cham (2019), pp. 35-78. <https://doi.org/10.1007/s41061-017-0169-9>.
- FELTRIN-CAMPOS, E.; RINGENBERG, R.; CARVALHO, G. A.; GLAESER, D. F.; de OLIVEIRA, H. N. Selectivity of insecticides against adult *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on cassava. **J. Agric. Sci**, v. 11, p. 546-552. 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p546>
- GOMES, S. M.; PARRA, J. R. P. The parasitization as a tool for factitious host for *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum*. Mitteilungen Ans Der Biologischen Bundesanstalt Für land Und Forstwirtschaft Berlin, v. 5, n.1, p.13-23, 1998.
- GOMES, S.M. **Comparação de três hospedeiros alternativos para criação de produção massal de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 e *T. galloi* Zucchi, 1988.** 1997. 106 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

GRANDE, M. L. M.; BRAZ, É. C.; DE FREITAS BUENO, A.; da SILVA, D. M.; de QUEIROZ, A. P.; VENTURA, M. U. (2018). Effect of increasing rate of insecticides on its selectivity for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Semina: Ciências Agrárias, v.39, n.3, p.933-945. 2018. 10.5433/1679-0359.2018v39n3p933

GRÜTZMACHER, A. D.; ZIMMERMANN, O.; YOUSEF, A.; HASSAN, S. A. The side-effects of pesticides used in integrated production of peaches in Brazil on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 128, n.6, p. 377-383. 2004.

HASSAN, S.A.; HALSALL, N.; GRAY, A. P.; KUEHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F. M; ROEMBKE, J.; YOUSEF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: CANDOLFI, M.P. et al. (eds.): Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. Reinheim: IOBC/WPRS, p.107-119, 2000.

HASSAN, S. A. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficials organisms: description of test methods. In: _____. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficials organism, Bulletin OILB/SROP 1992/XV/3, Montfavet, p.18- 39, 1992.

KHAN, M. A.; RUBERSON, J. R. Lethal effects of selected novel pesticides on immature stages of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Pest management science, v.73 n.12, p. 2465-2472. 2017

<https://doi.org/10.1002/ps.4639>

LUCKMANN, D.; GOUVEA, A. D.; POTRICH, M.; SILVA, E. R. L. D.; PURETZ, B.; DALLACORT, S.; GONÇALVES, T. E. Seletividade de produtos naturais comerciais a *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Revista Ceres, v. 61, p. 924-931. 2014. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461060006>

MAGANO, D. A.; GRUTZMACHER, A. D.; DE ARMAS, F. S.; PAULUS, L. F.; PANOZZO, L. E.; MENTNECH, K. J.; ZOTTI, M. J. Evaluating the selectivity of registered fungicides for soybean against *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.40, p.3825-3831. 2015. 10.5897/AJAR2014.9083

MANZONI, C.; GRÜTZMACHER, A.; GIOLO, F.; HÄRTER, W.; CASTILHOS, R.; PASCHOAL, M. Seletividade de agroquímicos utilizados na produção integrada de maçã aos parasitoides *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **BioAssay**, v. 2, 2007.

MAIENFISCH, P.; ANGST, M.; BRANDL, F. et al. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest. Manag. Sci.**, v.57, p.906-913, 2001. <https://doi.org/10.1002/ps.365>

MILLS, N. J.; BEERS, E. H.; SHEARER, P. W.; UNRUH, T. R.; AMARASEKARE, K. G.. Comparative analysis of pesticide effects on natural enemies in western orchards: a synthesis of laboratory bioassay data. **Biological Control**, v.102, p.17-25. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.05.006>.

NOERNBERG, S. D.; GRUETZMACHER, A. D.; KOVALESKI, A.; FINATTO, J. A.; PASCHOAL, M. D. F. Persistence of pesticides used in integrated production of apple to *Trichogramma pretiosum*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.2, p. 305-313. 2011.

PARRA, J. P.; COELHO JÚNIOR, A. R. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 5, 2019. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>

PARRA, J. R.; SERRA, H. J.; LOPES, J. R.; SALES, J.R. O. (1989). Metodologia de criação *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. v. 18 n. 2 (1989). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v18i2.603>

PAIVA, A. C. R. de; BELOTI, V. H.; YAMAMOTO, P. T. Sublethal effects of insecticides used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ecotoxicology**, v.27, n.4, p.448-456. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1909-5>

PASINI, R. A.; GRÜTZMACHER, A. D.; SPAGNOL, D.; DE ARMAS, F. S.; NORMBERG, A. V.; CARVALHO JÚNIOR, H. D. S. Residual action of pesticides sprayed on corn plants on *Trichogramma pretiosum*. **Revista Ceres**, v. 64 n.3, p. 242-249. 2017. 10.1590/0034-737x201764030004

POLANCZYK, R.; ALVES, S. *Bacillus thuringiensis*: uma breve revisão. **Agrociência**, v.7, n.2, p.1-10, 2003.

PREETHA, G.; STANLEY, J.; SURESH, S.; KUTTALAM, S.; SAMIYAPPAN, R. Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: assessing their safety in the rice ecosystem. **Phytoparasitica**, v. 37, n. 3, p. 209-215. 2009. <https://doi.org/10.1007/s12600-009-0031-x>

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. **Zootaxa**, v. 4656, n. 2, p. 201–231. 2019. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4656.2.1>

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE), 2011.

RAMIREZ, D.; ABELLÁN-VICTORIO, A.; BERETTA, V.; CAMARGO, A.; MORENO, D. A. Functional ingredients from Brassicaceae species: Overview and perspectives. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 6, 1998. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21061998>

RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T.; COELHO JR, A.; PARRA, J. R. P.; VENDRAMIM, J. D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 138, p. 78-82, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.12.026>

RAKES, M.; PASINI, R. A.; MORAIS, M. C.; ARAÚJO, M. B.; DE BASTOS PAZINI, J.; SEIDEL, E. J.; BERNARDI, D.; GRÜTZMACHER, A. D. Pesticide selectivity to the parasitoid *Trichogramma pretiosum*: A pattern 10-year database and its implications for Integrated Pest Management. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.208, p.111504. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111504>

STEFANELLO JÚNIOR, G. J. S.; GRUTZMACHER, A. D.; SPAGNOL, D.; PASINI, R. A.; BONEZ, C.; MOREIRA, D. C. Persistence of pesticides used in corn field to the parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) **Cienc. Rural**, v.42, pp. 17-23. 2012. 10.1590/S0103-8478201200010000

STECCA, C. S.; BUENO, A. D. F.; PASINI, A.; SILVA, D. M.; ANDRADE, K. Side-effects of glyphosate to the parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygastriidae). **Neotropical entomology**, v. 45, n. 2, p. 192-200. 2016.

STERK, G.; HASSAN, S.A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVESTI, L.; SAMSOE-PETERSON, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E; VOGT H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **BioControl** v. 44, p. 99–117. 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1009959009802>

SOUZA, J. R.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; COUTO, M. H.; MAIA, J. B. Toxicity of some insecticides used in maize crop on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) immature stages. **Chilean journal of agricultural research**, v.74, n.2, p. 234-239. 2014.

SUN, C.; SU, J. Y.; SHEN, J. L.; ZHANG, X. Laboratory safety evaluation of insecticides to *Trichogramma japonicum*. **Chinese Journal of Rice Science**, v.1. 2008.

STEFANELLO, G. J.; GRÜTZMACHER, A. D.; GRÜTZMACHER, D. D.; DALMAZO, G. O.; PASCHOAL, M. D. F.; HÄRTER, W. R. The effect of insecticides used in corn

crops on the parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, p. 187-194. 2021. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v75p1872008>

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 105, n. 3, p. 1115-1129, 2012. <https://doi.org/10.1603/EC12107>

ZANTEDESCHI, R.; GRÜTZMACHER, A. D.; PAZINI, J. D. B.; BUENO, F. A.; MACHADO, L. L. Selectivity of pesticides registered for soybean crop on *Telenomus podisi* and *Trissolcus basal*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48, p. 52-58. 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4850348>

CAPÍTULO 5

LIBERAÇÃO DE *Trichogramma pretiosum* Riley (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARA MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM REPOLHO EM ÉPOCAS DE CULTIVO

Franciely da Silva Ponce, Moisés Daniel de Oliveira, Claudia Aparecida de Lima Toledo, Santino Seabra Júnior, Regiane Cristina de Oliveira

RESUMO

O repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* é uma das hortaliças mais cultivadas em todo o mundo, e a ocorrência de lepidópteros-praga é o maior entrave à produção. O parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* representa uma alternativa para o manejo de lepidópteros-praga, no entanto, a quantidade a ser liberada, bem como a eficiência durante as estações de cultivo precisam ser estudadas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a quantidade de fêmeas de *T. pretiosum* capaz de reduzir o número de ovos e consequentemente a quantidade de lagartas de *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* e *Hellula undalis* em repolho e a influência durante as diferentes épocas de cultivo em área comercial de produção. Houve um aumento da eficiência no manejo de lagartas de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis* em 33,8, 34,9 e 65%, respectivamente quando liberadas 200 mil fêmeas/ha de *T. pretiosum*, quando comparado com 100 mil fêmeas/ha. Quanto a época de cultivo, a liberação de 200 mil fêmeas/ha de *T. pretiosum*, foi eficiente para manter a população dos lepidópteros-praga abaixo do nível de controle nas duas estações de cultivo (outono/inverno e primavera/verão), mesmo em condições climáticas distintas.

Palavras-chave: *Plutella xylostella*; *Chrysodeixis includens*; *Hellula undalis*; controle biológico; flutuação de pragas.

ABSTRACT

Cabbage *Brassica oleracea* var. *capitata* is one of the most cultivated vegetables in the world, and the occurrence of lepidopteran pests is the biggest obstacle to production. The egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* represents an alternative for the management of lepidopteran pests, however, the amount to be released as well as the efficiency during the growing seasons need to be studied. Thus, the objective was to determine the number of *T. pretiosum* females able to reduce the number of eggs and consequently the number of caterpillars *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* and *Hellula undalis* in cabbage and the influence during different growing seasons in a commercial area of production. There was an increase in the efficiency in the management of caterpillars of *P. xylostella*, *C. includens* and *H. undalis* by 33.8, 34.9 and 65%, respectively, when 200 thousand females/ha of *T. pretiosum* were released, when compared to 100 thousand females /there is. As for the growing season, the release of 200,000 females/ha of *T. pretiosum* was efficient in keeping the Lepidoptera pest population below the control level in the two growing seasons (autumn/winter and spring/summer), even in different climatic conditions.

Keywords: *Plutella xylostella*; *Chrysodeixis includes*; *Hellula undalis*; biological control; pest fluctuation.

5.1 INTRODUÇÃO

O repolho, *Brassica oleracea* var. *capitata* é uma das principais cultura da família das brássicas, mais cultivadas e comercializadas no Brasil e no mundo. A China, maior produtor mundial produz cerca de 88,9 milhões toneladas de repolhos e outras brássicas em mais de 1 milhão hectares cultivados (FAOSTAT, 2019). No Brasil, foram comercializados em 2017, cerca de 46,8 mil toneladas de repolho verde e repolho roxo, gerando uma receita de 22,9 milhões de reais (CEAGESP, 2018). O repolho é de uma boa fonte de vitaminas, minerais e compostos anticarcinogênicos e uma excelente fonte de fibras alimentares, que auxiliam na saciedade (ŠAMEC et al., 2017).

A ocorrência de insetos-praga no cultivo de brássicas é o principal entrave a produção, só as perdas provocadas pela principal praga, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), podem comprometer 100% da produção, sendo necessário um grande dispêndio de recursos para garantir o manejo da praga e a produção de qualidade (KAHUTHIA et al., 2017). Além da elevada taxa reprodutiva, a espécie apresenta caráter dominante quanto a resistência a moléculas inseticidas, se tornando uma praga de difícil controle (BACCI et al., 2019). Em plantas de repolho, os danos são observados desde a fase de mudas, em campo, o consumo das lagartas promove uma diminuição da área fotossintética nas folhas produtoras de fotossimilado, e em condições de alta infestação, as lagartas infestam a cabeça em formação, promovendo perdas de qualidade e de produção que podem chegar a 91,2% (AYALEW, 2006).

Além da traça-das-crucíferas, outras pragas como a broca da couve, *Hellula undalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) ocorrem de forma ocasional nos cultivos de brássicas e precisam ser controladas uma vez que comprometem a produção através do consumo de folhas, caules e ápice, provocando perdas significativas a produção. O manejo dessas pragas é feito principalmente através do uso de inseticidas sintéticos, no entanto tem-se buscado diminuir as necessidades de pulverizações ao longo do ciclo produtivo, no intuito de diminuir a pressão de seleção sobre as pragas e a contaminação dos alimentos por produtos químicos.

O controle biológico de lepidópteros-praga utilizando parasitoides de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) tem

proporcionado resultados expressivos na redução das infestações e prejuízos proporcionados pelas pragas, pois, através de liberações inundativas é possível diminuir a necessidade de pulverizações, garantindo a produtividade (PARRA; COELHO JÚNIOR, 2019). No entanto, a quantidade de fêmeas necessária para o manejo de cada praga, varia e representa um dos empecilhos para a obtenção de êxito. Além disso, o repolho é cultivado em campo aberto, durante todo ano, e a flutuação das pragas sofre grande influência das condições climáticas.

Desta forma, o objetivo foi determinar a quantidade de fêmeas de *T. pretiosum* capaz de reduzir o número de ovos e consequentemente a quantidade de lagartas de *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* e *Hellula undalis* em repolho e a influência durante as diferentes épocas de cultivo em área comercial de produção.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Obtenção dos insetos

5.2.1.1 Criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae)

A metodologia utilizada para a criação do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*, foi a proposta por Parra et al. (1989). Utilizou-se potes plásticos de (4,5 litros), contendo um quilograma de dieta à base de farinha de trigo integral (97%) e levedura (3%). Cada pote foi inoculado com 0,36 gramas de ovos frescos de *A. kuehniella*, em seguida foram vedados com fita plástica adesiva, mantidos em sala climatizada, com temperatura de 18 ± 2 °C e fotoperíodo de 14 horas. Os potes permaneceram na sala de desenvolvimento larval até o surgimento dos primeiros adultos, logo após foram transferidos para a sala de adultos, com temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 14 horas, onde os adultos foram coletados diariamente.

Para a utilização na coleta, criação e liberação de *T. pretiosum*, os ovos de *A. kuehniella* foram inviabilizados através da exposição dos mesmos a luz germicida UV (ultravioleta) por 50 minutos, a 10 cm da fonte de luz.

5.2.1.2. Obtenção da linhagem de *Trichogramma pretiosum*

A linhagem de *T. pretiosum* utilizada foi coletada em cultivo comercial em 2019, a partir do posicionamento de armadilhas sentinelas em áreas com cultivo de

couve e repolho. As armadilhas sentinelas foram fixadas nas folhas na parte abaxial, com auxílio de um grampeador e permaneceram no campo por 24 h.

A identificação da espécie foi feita através da genitália dos machos, conforme as seguintes características: Cerdas flageliformes alongadas e delgadas, afinando gradualmente para o ápice; lâmina dorsal estendendo-se até o nível de vértice volselar; crista ventral curta, não alcançando o meio da cápsula genital; processos ventrais próximos à base do processo intervolselar, que é pontudo e longo, não se estendendo até o ápice da volsela (QUERINO; ZUCCHI, 2019; QUERINO; ZUCCHI, 2011). A linhagem de *T. pretiosum* coletada foi denominada 'Folhas da terra', e foi escolhida para a realização do trabalho, por apresentar boas características como razão sexual de $0,85 \pm 0,5$ % e indivíduos com boa capacidade parasitismo, boa capacidade de voo, além disso, a utilização de espécies locais reduz o custo adaptativo.

5.2.1.3 Criação da linhagem de *T. pretiosum*

Os parasitoides utilizados foram multiplicados em ovos de *A. kuehniella*, previamente inviabilizados e ofertados aos adultos de *T. pretiosum* para o parasitismo. Para acondicionamento dos insetos adultos foram utilizados potes plásticos transparente de 3,5 litros, vedados com plástico filme de PVC e para a alimentação utilizou-se mel puro, disponibilizado em finos filetes na lateral interna dos potes. Os recipientes contendo os adultos de *T. pretiosum* foram mantidos em sala climatizada, com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

5.2.2 Descrição da área de produção comercial de repolho

O estudo foi conduzido em uma unidade produtiva comercial de repolho de 30 hectares especializada na produção de brássicas há mais de 35 anos. Localizada no município de Pardinho, São Paulo, Brasil (latitude $-23^\circ 5' 3''$, longitude $-48^\circ 22' 3''$, altitude 900 m), segundo a classificação de Köppen o clima é tipo Cwa mesotérmico úmido com inverno seco (junho a setembro), e as temperaturas médias do mês mais quente não ultrapassam 22°C e do mais frio são inferiores a 18°C .

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), a produção é organizada em talhões com plantio e colheitas escalonados durante todo ano (Figura

1). As espécies cultivadas são couve (*Brassica. oleracea* var. *acephala*), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*), couve-chinesa (*B. rapa* subsp. *pekinensis*) couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), e repolho (*B. oleracea* var. *capitata*). Os híbridos de repolho cultivados foram: Kila herb®, Mavunor® e Kilagreg® (Syngenta), Miraí® (Takii do Brasil), Astrus Plus® e Red Dynast (Seminis), Atlanta F1® (TopSeed), TPC 24070® e Heleno F1® (AGRISTAR/TopSeed).

A irrigação é feita por aspersão através de pivôs com o alcance de 26 metros, e as mudas são produzidas no viveiro de mudas localizado na propriedade. A adubação é no sistema convencional, utilizando cloreto de potássio, superfosfato simples, termofosfato magnésiano, ureia e esterco de aviário e adubação foliar com produtos comerciais à base de nitrogênio, cálcio, magnésio, boro, molibdênio, zinco e manganês.

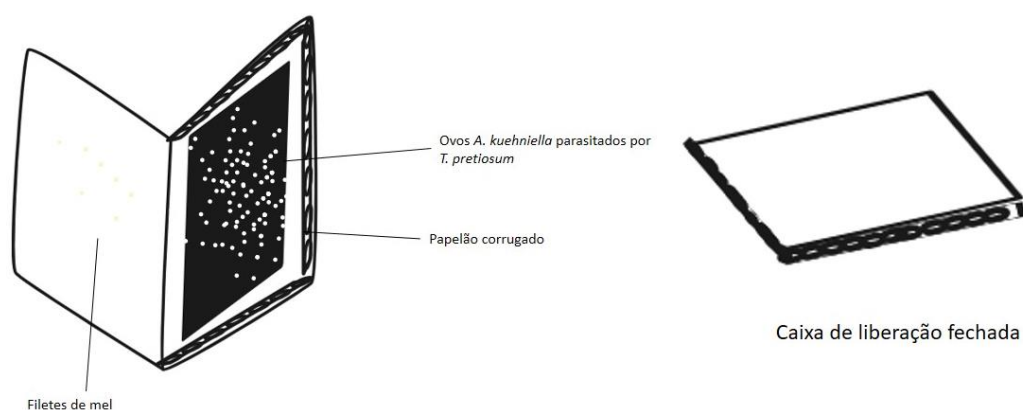
Figura 1 - Divisão de talhões para rotação de culturas na unidade produtora 'Folhas da Terra' em Pardinho, São Paulo, Brasil (Fonte: Luiz Felipe Guedes Baldini)



5. 2.3 Cartelas de liberação

Todas as liberações realizadas foram feitas utilizando-se cartelas de liberação de 4 x 4 cm, confeccionadas em cartolina branca, com laterais de papelão corrugado, com orifícios aos quais serviam para a saída dos parasitoides após a emergência. Em uma das faces internas da cápsula, foi fixada uma cartela de 3,5 x 3,5 cm de ovos de *A. kuehniella* (1600 ± 100 ovos), com cola atóxica branca e na outra fase, filetes de mel foram disponibilizados para a alimentação dos *T. pretiosum* emergidos (Figura 2).

Figura 2 - Face aberta e fechada da caixa de liberação de *Trichogramma pretiosum*



5.2.4 Implantação e condução dos ensaios de campo com *T. pretiosum* em repolho

O estudo foi desenvolvido em duas fases, na primeira, objetivou-se determinar a quantidade de fêmeas (100 e 200 mil fêmeas por ha) de *T. pretiosum* para o manejo de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis* no cultivo de repolho e foi conduzido de dezembro de 2019 a abril de 2020. Na segunda fase, após definição da quantidade de *T. pretiosum* (200 mil fêmeas por ha), avaliou-se a influência das liberações durante as diferentes épocas de cultivo (outono/inverno e primavera/verão).

Na fase de avaliação de quantidade, realizada de dezembro de 2019 a abril de 2020, foram feitas liberações semanais de 100 e 200 mil fêmeas por ha, com 130 pontos de liberação/ha, sendo utilizado dois talhões de cerca de dois ha para cada

tratamentos (quantidade), com base nas métricas de dispersão para *T. pretiosum* em repolho. Os tratamentos, 100 e 200 mil fêmeas por ha, foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado com onze repetições (semanas de avaliação), o monitoramento foi realizado em 100 plantas por parcela semanalmente.

As liberações iniciaram quando as plantas estavam com seis folhas verdadeiras e finalizaram no início da colheita. No monitoramento das pragas, realizado semanalmente, foram contados o número de ovos por planta, para tomada de decisão quanto à liberação dos *T. pretiosum*. Em média, os ovos das pragas avaliadas emergem com quatro dias de incubação, dependendo da temperatura, nas semanas subsequentes à liberação, contabilizava-se o número de lagartas por planta, como parâmetro para tomada de decisão e posicionamento de controle.

Na segunda fase, foram avaliadas duas épocas de cultivo, outono/inverno de maio a setembro e primavera/verão de setembro a março. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados, com duas épocas (outono/inverno e primavera/verão), seis repetições (semana de avaliação), com área de cultivo de quatro hectares. As liberações de *T. pretiosum* foram feitas semanalmente, quando a média de ovos de praga (*P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis*) por planta igual ou maior que dois.

5.2.5 Análise dos ensaios de campo com *T. pretiosum* em repolho

A coleta de dados nas duas etapas foi realizada a partir da amostragem de 100 plantas por parcela experimental, realizadas semanalmente durante todo o ciclo da planta. Foram contabilizados o número de lagartas de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis* por planta periodicamente uma semana após as liberações no ciclo da cultura.

Na primeira fase, os dados obtidos foram testados quanto à normalidade e homogeneidade de todos os parâmetros e para o número de lagartas de *P. xylostella* por planta e número de *C. includens* por planta foram transformados em $\sqrt{x} + 1$. As médias foram comparadas pelo teste F ($p \leq 0,05$) pelo software SigmaPlot® (2016).

Na segunda fase, os parâmetros avaliados foram número de lagartas de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis* por planta. Os dados obtidos foram testados

quanto à normalidade e homogeneidade e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de F ($p \leq 0,05$) pelo software SigmaPlot® (2016).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a liberação de 200 mil fêmeas por ha de *T. pretiosum* registrou-se menor os menores índices populacionais de lagartas das três espécies avaliadas (Tabela 1). A maior quantidade de fêmeas liberadas foi mais eficaz para o manejo de ovos de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis*, promovendo aumento na eficiência de 33,8, 34,9 e 65%, respectivamente quando comparado a 100 mil fêmeas/ha.

Tabela 1 - Número de lagartas de *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* e *Hellula undalis* contabilizadas uma semana após cada liberação de *Trichogramma pretiosum* e número de pulverizações em cultivo de repolho

Tratamentos	<i>P. xylostella</i> ¹	<i>C. includens</i> ¹	<i>H. undalis</i>	Pulverizações
100 mil	1,81 ± 0,21*	0,93 ± 0,09*	0,17 ± 0,23*	9
200 mil	0,61 ± 0,21	0,32 ± 0,09	0,11 ± 0,23	2
CV%	25,3	21,3	32,4	-

¹Dados transformados em $\sqrt{x} + 1$. * As médias nas colunas diferem entre si pelo teste F a 5%.

A proporção de fêmeas de *T. pretiosum* por hectare, pode variar conforme a linhagem/espécie, praga a ser controlada e a cultura de interesse. Para brássicas em geral, a recomendação é de 300 mil vespas/ha (MOURA, GUIMARÃES; MICHEREFF FILHO, 2013). No entanto, a tolerância a danos, de acordo com a parte comercializável das espécies, deve ser levada em consideração, e o emprego de quantidades menores podem entregar resultados satisfatórios, com redução de custos. Isso se deve principalmente aos aspectos da cultura, a couve, por exemplo, tolera menor dano, já que a parte consumida pelas pragas é o produto a ser comercializado, desta forma, recomenda-se a liberação de 300 mil fêmeas de *T. pretiosum* por hectare, conforme o proposto por Massarolli e Foerster (2018). No cultivo de repolho, no entanto, os danos ocorrem primeiramente nas folhas que compõem a parte vegetativa, o que pode promover uma redução na produção dos

fotossimilados, no entanto, pode ocorrer o efeito de compensação, que promove maior acúmulo de massa em plantas atacadas por lagartas antes da formação da cabeça (CHEN et al., 2002).

Observou-se que a liberação de 100 mil fêmeas de *T. pretiosum*/ha não proporcionou parasitismo satisfatório para o número de ovos, sendo refletido no número de lagartas registrado por planta. Durante as 11 semanas de avaliação os talhões que receberam a liberação de 100 mil fêmeas, estes foram pulverizados nove vezes, devido a quantidade de lagartas por planta. As pulverizações eram realizadas 72 horas após as liberações, para que não interferissem no parasitismo das fêmeas de *T. pretiosum*.

Nas áreas que foram liberadas 100 mil fêmeas de *T. pretiosum* a população de lagartas, tanto de *P. xylostella* como *C. includens* manteve-se próxima a limites críticos, mesmo sendo realizadas pulverizações quase que semanais. As aplicações de inseticidas químicos promovem redução não somente da população de insetos-praga, mas também podem suprimir a população de indivíduos benéficos (REGAN et al., 2017). Mesmo que nos dias seguintes à pulverização haja uma redução das lagartas encontradas nas plantas, os ovos que estiverem presentes irão eclodir, havendo o repovoamento. No entanto, não realizar o manejo de lagartas de *P. xylostella* reduz a produção comercial de cabeças de repolho em mais de 91% (AYALEW et al., 2006). No manejo convencional de *P. xylostella*, Castelo Branco et al. (2001) registraram até cinco pulverizações semanais em casos extremos, mesmo passados 20 anos, o manejo da praga tem sido realizado quase que exclusivamente através da aplicação de inseticidas químicos, sendo relatado casos de seleção de populações resistentes em todo o mundo (IRAC, 2021).

Em couve, uma população de quatro lagartas de *P. xylostella* proporciona uma redução no rendimento de 40% do material comercializável, enquanto que em brócolis, duas lagartas por planta são capazes de reduzir o rendimento da planta em 44% (MASSAROLLI et al., 2019; CHOI et al., 2015). O nível de manejo adotado no presente estudo foi de duas lagartas de *P. xylostella* por planta, levando-se em consideração que plantas de repolho, apresentam desenvolvimento muito parecidos com o brócolis, com folhas fonte, que compõem a parte não comercializável e órgãos dreno, que são representados pela inflorescência no brócolis, e pelas folhas que formam a cabeça nas plantas de repolho. As folhas produtoras de fotossimilados são limitadas e os danos promovidos pelo consumo foliar refletem no

peso médio da cabeça. Enquanto que a presença de lagartas na parte comercial leva a rejeição do produto pelo mercado consumidor.

As lagartas de *C. includens* consomem grande área foliar, em soja, o consumo varia de 90 a 190 cm² (BUENO et al., 2011). No repolho, além do consumo das folhas, há o consumo da parte comercializável, podendo ocorrer perda total da cabeça, o que torna o manejo da praga essencial para manter a produção e qualidade. As liberações utilizando 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* proporcionaram redução na população de *C. includens*, mantendo as médias próximas a zero (Tabela 1).

Quanto à população de *H. undalis* observou-se que durante toda a condução dos experimentos houve a presença da praga, mesmo que em baixa quantidade. A liberação de *T. pretiosum* foi eficiente na redução do número de ovos, já que houve redução do número de lagartas encontradas nas plantas. A broca da couve promove danos severos logo após o transplante das mudas no campo, as lagartas recém-emergidas, alimentam-se do ápice das plantas, promovendo sua destruição e consequentemente não formação da cabeça do repolho. Trata-se de uma praga com poucos estudos relacionados ao manejo biológico, sendo recomendada a destruição das plantas com sintomas, para evitar a permanência do inseto na área de cultivo. A reprodução das chamadas broca da couve, ocorre mais rapidamente em períodos de estiagem e com temperatura mais elevada, a partir de 30 °C (SIVAPRAGASAM, 2017). Mesmo que em baixa população, a ocorrência da praga proporciona perdas na produtividade devido à redução no estande de planta. A ocorrência da praga foi registrada desde a primeira liberação de *T. pretiosum*, quando as plantas apresentavam seis folhas definitivas, no entanto, os danos já haviam ocorrido, sendo observado reboleiras no meio dos talhões, havendo inúmeras plantas com sintomas característicos da praga.

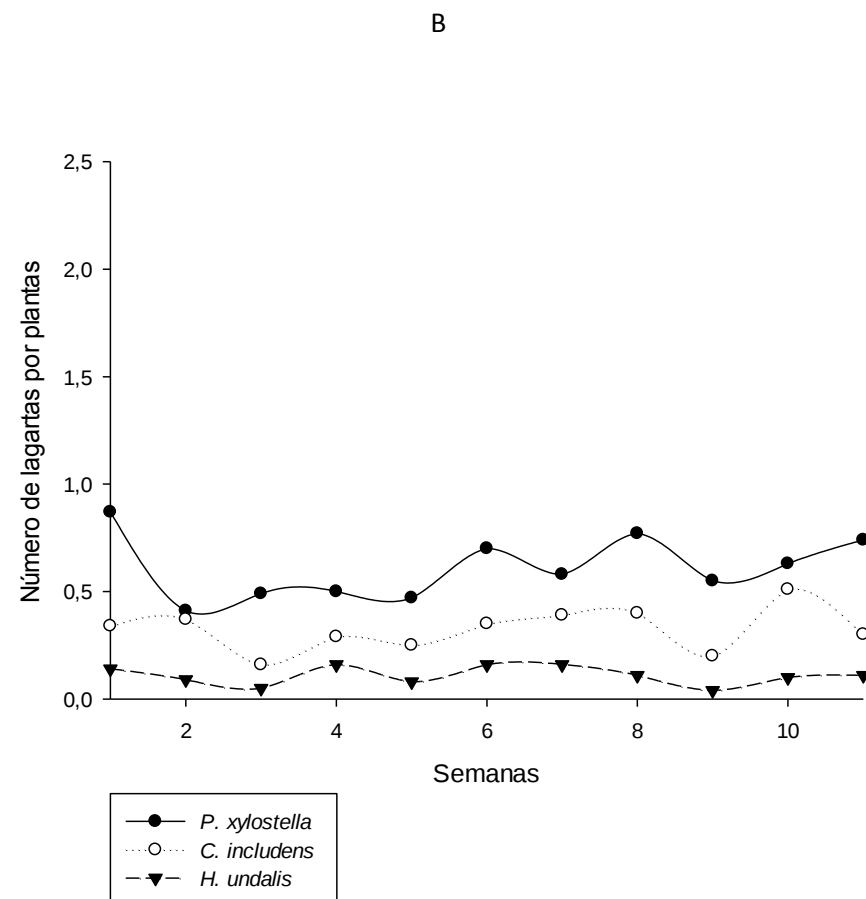
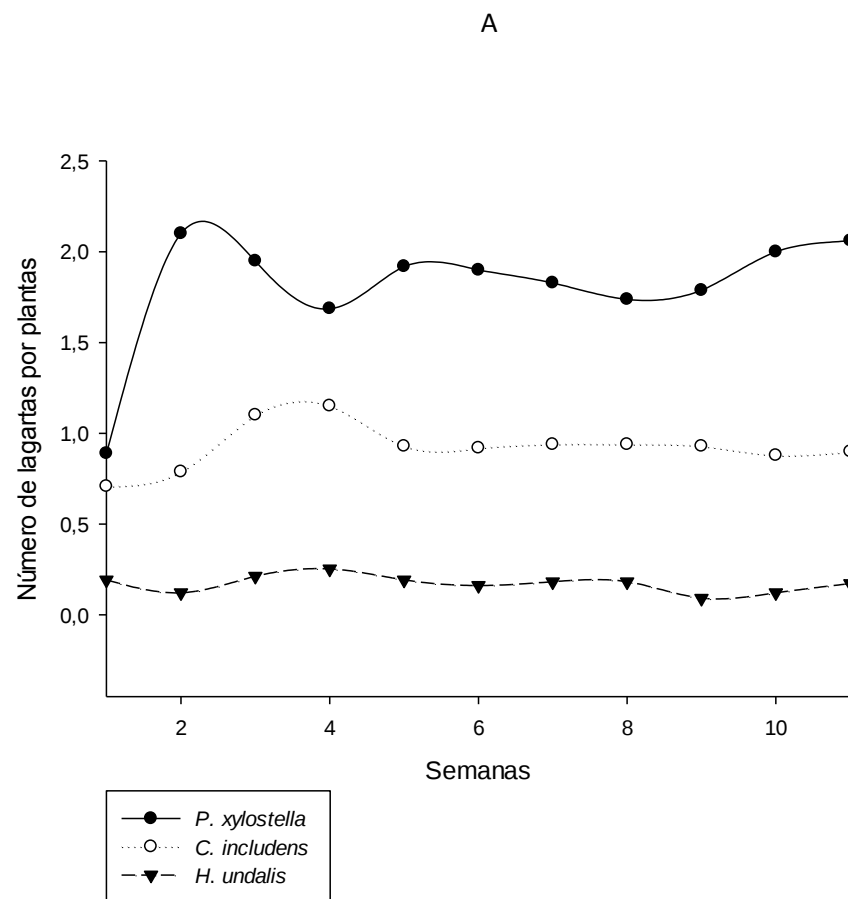
O emprego de parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* tem rendido resultados satisfatórios no manejo biológico de lepidópteros-praga. Em couve, o emprego de 300 mil fêmeas de *T. pretiosum* foi eficaz na redução da população de *P. xylostella*, mantendo a média de uma lagarta por planta, abaixo do nível de dano econômico (MASSAROLLI et al., 2019). Por se tratar de um parasitoide generalista, linhagens de *T. pretiosum* têm sido empregadas no manejo de diversas pragas, como *C. includens*, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Lasiothyris luminosa* (Lepidoptera: Tortricidae),

em cultivos de milho, tomate e uva (PARRA; COELHO JÚNIOR, 2019). No entanto, no Brasil a utilização no manejo de pragas em hortaliças, ainda tem sido baixa, ante a grande área produtiva, seja pela resistência encontrada pela barreira cultural, seja pela baixa oferta dos produtos à base de agentes macrobiológicos, como é o caso do *T. pretiosum*.

A flutuação populacional das pragas avaliadas variou ao longo das semanas, no entanto, a população de lagartas manteve-se abaixo do nível de controle estabelecido para este experimento nas áreas em que foram liberadas semanalmente 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* (Figura 3).

Mesmo que tenha sido conduzido em períodos com alta temperatura e disponibilidade energética, a liberação de 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* foi capaz de suprimir a população de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis*. A temperatura e a radiação solar são os fatores que mais influenciam na flutuação de *P. xylostella*, enquanto que umidade relativa do ar e pluviosidade apresenta pouca influência (MAITY, PADHI; SAMANTA, 2018).

Figura 3 - Flutuação populacional de *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* e *Hellula undalis* em áreas de cultivo de repolho com liberação de 100 mil fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (A) e 200 mil fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (B)



A praga mais expressiva durante a condução do experimento foi a *P. xylostella*, mantendo-se em maior número em ambos os tratamentos, quando comparada ao número de *C. includens* e *H. undalis*, justificando o caráter de principal praga do cultivo de brássicas. A partir do início da colheita, nos talhões mais velhos, observou-se um aumento da população de pragas no talhão próximo, ocasionada pela migração dos adultos para áreas com novas plantas. Em áreas de cultivo comercial, a disponibilidade de alimento para a reprodução proporciona a permanência das pragas, a destruição de restos culturais e a utilização de barreiras caracterizam estratégias importantes no manejo das pragas. A *P. xylostella* possui ocorrência mundial, sendo descrita como a principal praga de cultivos de brássicas.

Além da elevada taxa de reprodução, capacidade adaptativa e migratória, que possibilitam a sua ocorrência em cenários climáticos heterogêneos. A migração dentro dos talhões de cultivo ocorre a curtas distâncias, sendo o distanciamento entre os talhões um fator pouco expressivo no manejo de *P. xylostella*.

A segunda parte do trabalho foi desenvolvida durante as estações de outono/inverno e primavera/verão, com liberações de *T. pretiosum* semanais, utilizando 200 mil /fêmeas por hectare. Os resultados não diferiram entre si para nenhuma das pragas avaliadas, sendo observados valores muito baixos de lagartas por plantas (Tabela 2).

Tabela 2- Número de lagartas de *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* e *Hellula undalis* contabilizadas uma semana após cada liberação de *Trichogramma pretiosum* em cultivo de repolho

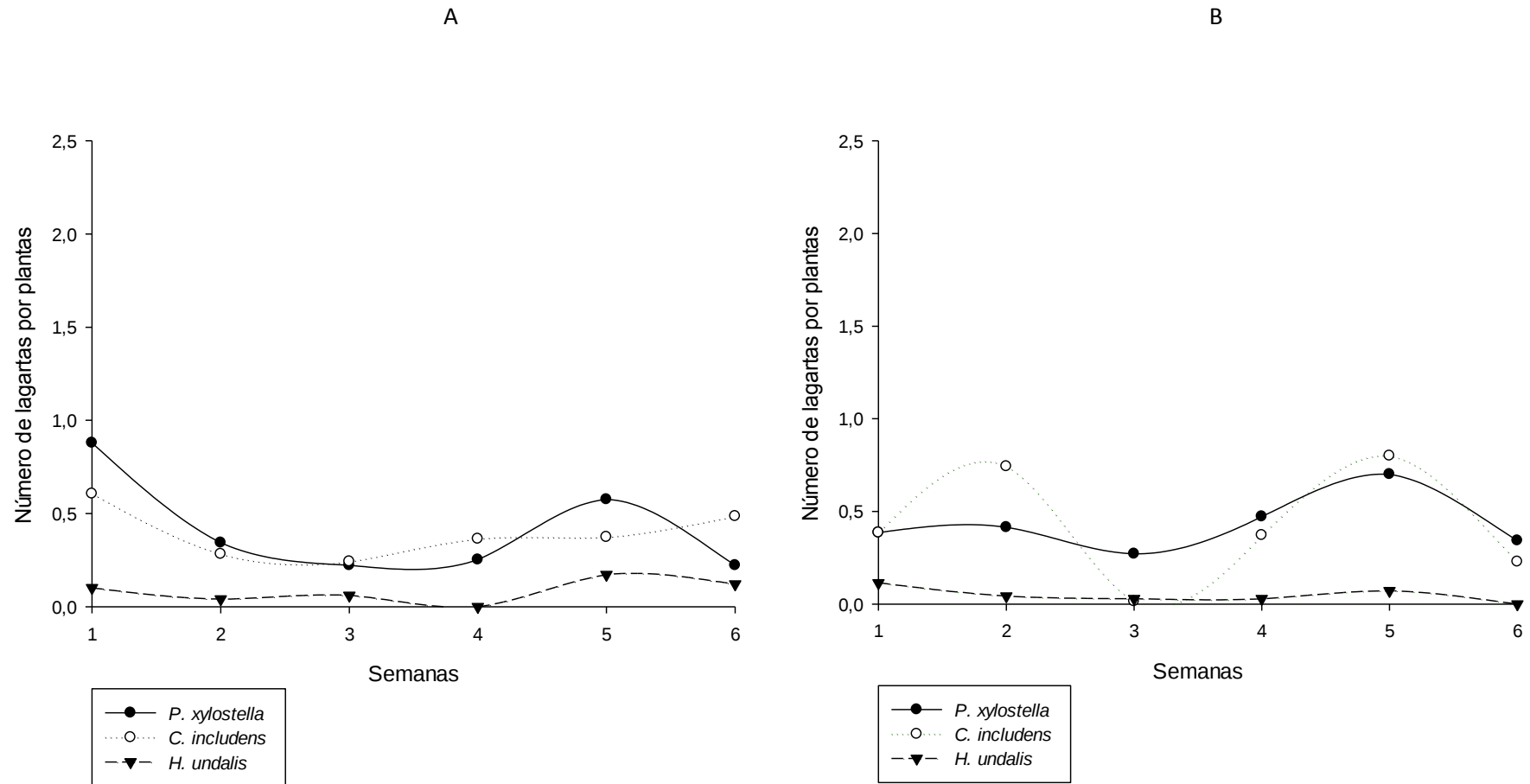
Lepidópteros-praga			
Épocas	<i>Plutella xylostella</i>	<i>Chrysodeixis includens</i>	<i>Hellula undalis</i>
Outono/inverno	0,42 a $\pm 0,12$ ^{NS}	0,42 $\pm 0,16$ ^{NS}	0,08 $\pm 0,03$ ^{NS}
Primavera/verão	0,41 $\pm 0,12$ ^{NS}	0,39 $\pm 0,16$ ^{NS}	0,04 $\pm 0,03$ ^{NS}
CV %	42,7	57,6	67,8

Médias não diferem entre si pelo teste F a 5%.

As médias de lagartas de *P. xylostella* observadas durante o cultivo de outono/inverno foram muito próximas às obtidas durante o cultivo de primavera/verão, demonstrando que apesar das condições climáticas observadas serem distintas, a liberação de *T. pretiosum* na dosagem de 200 mil/fêmeas por

hectare foi capaz de manter a população das pragas a baixo no nível de controle. O mesmo foi observado para população de *C. includens* e *H. undalis*. A liberação contínua de parasitoides proporcionou a redução na população de lepidópteros-praga na área, não sendo necessária a realização de pulverizações durante a condução do experimento (Figura 4). Mesmo durante o período com maior temperatura e disponibilidade energéticas (primavera/verão), a liberação de 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* controlou a maioria dos ovos das pragas, não sendo necessária a pulverização com inseticidas, ou outra ferramenta de controle. .

Figura 4 - Flutuação populacional de *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* e *Hellula undalis* em áreas de cultivo de repolho com liberação de 200 mil fêmeas de *Trichogramma pretiosum* durante as estações Outono/Inverno (A) e Primavera/Verão (B)



A ocorrência de *P. xylostella* é associada a períodos de baixa pluviosidade e baixas temperaturas na região sul (MARCHIORO; FOERSTER, 2016). Em regiões de clima tropical, ocorrência de surtos populacionais de traça-das-crucíferas são relatados durante o verão devido as altas temperaturas e pluviosidade (PONCE et al., 2021). Os fatores climáticos são associados diretamente à flutuação da praga nas áreas de cultivo. Desta forma, o monitoramento climático durante a condução dos experimentos, foi realizado no intuito de estabelecer uma relação entre a flutuação das pragas. Apesar de haver boas condições para a reprodução dos insetos como disponibilidade de alimento, temperatura e umidade favoráveis, durante toda a condução dos experimentos, as condições climáticas não influenciaram no manejo biológico das pragas, e a liberação de 200 mil fêmeas *T. pretiosum* por hectare foi capaz de manter as populações de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis* controladas.

A liberação de 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* por hectare resultou no manejo e manutenção de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis* abaixo do nível de controle, sendo eficiente no manejo de lepidópteros-praga na cultura do repolho, tanto nos cultivos de outono/inverno como nos de primavera/verão.

REFERÊNCIAS

- AYALEW, G. Comparison of yield loss on cabbage from Diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) using two insecticides. **Crop Protection**, v. 25, n. 9, p. 915-919. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.12.001>
- BACCI, L.; da SILVA, É. M.; MARTINS, J. C.; SOARES, M. A.; CAMPOS, M. R. D.; PICANÇO, M. C. Seasonal variation in natural mortality factors of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in open-field tomato cultivation. **Journal of Applied Entomology**, v. 143, n. 1-2, p. 21-33. 2019. <https://doi.org/10.1111/jen.12567>
- BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F.; MOSCARDI, F.; POSTALI PARRA, J. R.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, n.2, p.170-174. 2011.
- CASTELO BRANCO, M.; M.A. MEDEIROS. Impact of insecticides on Diamondback Moth parasitoids on cabbage in the Federal District of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36:p. 7-13. 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100002>
- CEAGESP, 2018. CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2018. Available at:<<http://www.ceagesp.gov.br/entrepotos/servicos/cotacoes/#cotacao>> Accessed on September 5, 2018.
- CHEN, Y.-n; MA, J.; YUAN, Z.-m. Study on the influence of artificial defoliation on the yield of common cabbage and the action thresholds for main leaf-mass consuming insect. **JOURNAL-HUNAN AGRICULTURAL UNIVERSITY**, v. 28, n. 4, p. 308-313, 2002.
- CHOI, S. W.; LIM, J. R.; KIM, J. H.; LEE, G. J.; MOON, Y. H.; CHEONG, S. S.; LEE, G. K. Economic Threshold for the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L., Lepidoptera: Plutellidae) on Leaf Broccoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis italiana*). **Korean journal of applied entomology**, v. 54, n. 1, p.1-6. 2015. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2014.07.1.050>
- FAOSTAT (2019). [FAO Statistics database]. [online]. Available from Disponível em: <<http://faostat3.fao.org> [2015-03-01]> Acesso em: 18 de abril de 2021.
- GOMES, S.M.; PARRA, J. R. P. The parasitization as a tool for factitious host for *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum*. Mitteilungen Ans Der Biologischen Bundesanstalt Für land Und Forstwirtschaft Berlin, v. 5, n.1, p.13-23, 1998.
- GOMES, S. M. **Comparação de três hospedeiros alternativos para criação de produção massal de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 e *T. galloi* Zucchi, 1988.** 1997. 106 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

KAHUTHIA-GATHU, R.; MWANGI, M.; FIABOE, M. O. Assessing and Enhancing the Impact of *Cotesia plutellae* in Management of Diamondback Moth *Plutella xylostella* on Kale *Brassica oleracea* var. *acephala* in Semi-Arid Areas of Kenya. **Journal of Environmental and Agricultural Sciences**, v.11, p. 01-08. 2017.

Comitê de Ação a Resistência a Inseticidas-IRAC. Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*. Disponível em: <<https://www.irac-br.org/plutella-xylostella>> acesso em: abril de 2021.

MAITY, L.; PADHI, G.; SAMANTA, A. Population dynamics and management of diamond back moth *Plutella xylostella* (L.) in cabbage ecosystem of West Bengal. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 1, p. 381-385, 2018.

MARCHIORO, C. A.; FOERSTER, L. A. Biotic factors are more important than abiotic factors in regulating the abundance of *Plutella xylostella* L., in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, n. 4, p. 328-333. 2016.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2016.06.004>

DE MOURA, A. P.; GUIMARAES, J. A.; MICHEREFF FILHO, M. *Trichogramma pretiosum*: o pequeno grande aliado. Embrapa Hortaliças-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2013.

MASSAROLLI, ANGELICA; FOERSTER, L. A. *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARA O CONTROLE DE *Plutella xylostella* (L.). In: IV Simpósio de Zoologia, 2018, Curitiba. Multi-Science Journal, 2018. v. 1. p. 327-327.

MASSAROLLI, A.; BERSANI, B. CAMILA G.; ROZA, F. H. D.; BUTNARIU, A. R.; PEREIRA, M. J. B.; FOERSTER, L. A. Evaluation of Leaf Consumption and Determination of Economic Injury Level Caused by *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea* var. *acephala* (Brassicales: Brassicaceae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 1805-1811, 2019.
<https://doi.org/10.1093/jee/toz113>

PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v.19, n. 2, 5. 2019.
<https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>

PARRA, J. R.; SERRA, H. J.; LOPES, J. R.; SALES, J.R. O. (1989). Metodologia de criação *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. v. 18 n. 2 (1989). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**
<https://doi.org/10.37486/0301-8059.v18i2.603>

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. **Zootaxa**, v. 4656, n. 2, p. 201–231-201–231. 2019.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4656.2.1>

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. **Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil**. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE), 2011.

PONCE, F. S.; TRENTA, D. A.; TOLEDO, C. A. de L.; ANTUNES, D. T.; ZANUZO, M. R.; DALLACORT, R.; OLIVEIRA, R. C.; SEABRA JÚNIOR, S. Low tunnels with shading meshes: An alternative for the management of insect pests in kale cultivation, **Scientia Horticulturae**, Volume 288, out de 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110284>.

REGAN, K.; ORDOSCH, D.; GLOVER, K. D.; TILMON, K. J.; SZCZEPANIEC, A. Effects of a pyrethroid and two neonicotinoid insecticides on population dynamics of key pests of soybean and abundance of their natural enemies. **Crop Protection**, v.98, p. 24-32. 2017.

ŠAMEC, D., BOGOVIĆ, M., VINCEK, D., MARTINČIĆ, J., & SALOPEK-SONDI, B. Assessing the authenticity of the white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) cv. 'Varaždinski' by molecular and phytochemical markers. **Food research international**, v. 60, p. 266-272. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.015>

SIVAPRAGASAM, A. (2017). Ecological and Foraging Aspects of the Cabbage Webworm, *Hellula undalis* Fabricius. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, (Special Issue), 53-58.

CAPÍTULO 6

CUSTO E RENTABILIDADE DO CONTROLE BIOLÓGICO DE *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) UTILIZANDO *Trichogramma pretiosum* Riley (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) NO CULTIVO DE COUVE E REPOLHO

Franciely da Silva Ponce, Moisés Daniel de Oliveira, Claudia Aparecida de Lima Toledo, Santino Seabra Júnior, Regiane Cristina de Oliveira

RESUMO

O controle biológico com *Trichogramma pretiosum* é utilizado em mais de 15 milhões de hectares no mundo, no entanto, aspectos econômicos ser esclarecidos. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo determinar o custo e a rentabilidade da liberação de *T. pretiosum* em área de cultivo comercial de repolho, repolho roxo e couve, para o manejo de *P. xylostella* e outros lepidópteros-pragas. O experimento foi conduzido em área de cultivo comercial de brássicas, localizada no município de Pardinho-SP, e teve a duração de um ano. A proporção de *T. pretiosum* utilizada no repolho foi de 200 mil fêmeas/ha, no cultivo de couve utilizou-se 300 mil fêmeas/ha. As liberações inundativas de *T. pretiosum* proporcionaram a redução de 100% das pulverizações de inseticidas químicos e representaram até 36,2% das operações manuais realizadas no cultivo de couve. No cultivo de repolho, os custos com monitoramento e liberação de *T. pretiosum* representaram até 19,2% das operações manuais. O custo de aquisição dos parasitoides representou 34,1% dos custos com materiais no cultivo de repolho verde, e 14,0% no repolho roxo. Nos cultivos de couve, representou 20,9% dos custos com material de consumo. As liberações de *T. pretiosum* tem custo até 50% menor quando comparado à pulverização com inseticidas químicos. Além de proporcionar lucro operacional durante todos os plantios realizados ao longo de um ano, possibilitando índices de lucratividade superiores a 70% e 50% nos cultivos de repolho verde e roxo, respectivamente. O índice de lucratividade no cultivo de couve foi superior a 85%.

Palavras-chave: custo operacional total; liberação inundativa; controle biológico;

ABSTRACT

Biological control with *Trichogramma pretiosum* is used in more than 15 million hectares worldwide, however, economic aspects of this use need to be clarified. Thus, the present study aimed to determine the cost and profitability of releasing *T. pretiosum* in an area of commercial cultivation of cabbage, red cabbage and kale, for the management of *P. xylostella* and other lepidopteran pests. The experiment was carried out in an area of commercial cultivation of brassicas, located in the municipality of Pardinho-SP, and lasted for one year. The roportion of *T. pretiosum* used in cabbage was 200,000 females/ha and in the kale crop it was 300,000 females/ha. The flooding releases of *T. pretiosum* provided a 100% reduction in the spraying of chemical insecticides and represented up to 36.2% of the manual operations carried out in the cultivation of kale. In cabbage cultivation, costs with monitoring and release of *T. pretiosum* accounted for up to 19.2% of manual operations. The acquisition cost of the parasitoids represented 34.1% of material costs in the cultivation of green cabbage, and 14.0% in red cabbage. In kale crops, it represented only 20.9% of consumable material costs. Releases of *T. pretiosum* cost up to 50% less when compared to spraying with chemical insecticides. In addition to providing operating profit during all plantings carried out over a year, enabling profitability rates above 70% and 50% in the cultivation of green and red cabbage, respectively. The profitability index in kale cultivation was higher than 85%.

Keywords: total operating cost; flooding release; biological control;

6.1 INTRODUÇÃO

A família Brassicaceae é um importante grupo de plantas que compreende um grande número de espécies de interesse econômico. Dentre as brássicas mais cultivadas em todo o mundo podemos destacar a couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*). O consumo de brássicas tem crescido ano após ano devido à composição, rica em vitaminas e minerais, além de componentes anticarcinogênicos como os glucosinolatos (FRANCISCO, et al., 2017). Como a maioria das hortaliças, o cultivo de couve e repolho é realizado em pequenas áreas, de forma intensiva e escalonado, com disponibilidade contínua de alimento e abrigo, o que favorece a população de insetos-praga.

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) é o principal entrave do cultivo de brássicas no mundo, sendo descrita como uma praga de difícil manejo, havendo relatos de populações resistentes a 95 princípios ativos (IRAC, <http://www.irac-online.org/> 2021). A aplicação de inseticidas químicos é a principal ferramenta empregada no controle da praga, mesmo com toda a problemática já descrita, devido à familiaridade do produtor com a aplicação de produtos químicos.

Os custos para o manejo da *P. xylostella* ultrapassam quatro bilhões de dólares ao ano, ao passo que esses valores podem representar 50% dos custos totais da condução do cultivo de brássicas (ZALUCKI et al. 2012). Na China, maior produtor de brássicas do mundo, estima-se que as perdas de produção, somadas ao custo de controle da traça-das-crucíferas representem 0,77 bilhões de dólares ano (LI et al., 2016).

O controle biológico utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) além de uma ferramenta importante para o manejo de *P. xylostella* e outros lepidópteros-praga em cultivos de brássicas, representa ainda uma diminuição na pressão de seleção sobre a população de insetos-praga e conseqüentemente a preservação da eficácia de moléculas inseticidas por mais tempo. Além disso, o controle biológico é uma alternativa ambiental e economicamente segura (VAN LENTAREN et al., 2018).

O parasitoide *T. pretiosum* é uma espécie generalista (PARRA; COELHO JÚNIOR, 2019), podendo controlar no cultivo de brássicas, várias pragas, além da *P. xylostella*, tais como *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), *Hellula*

undalis (Fabricius.) (Lepidoptera: Pyralidae), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera, Noctuidae), além do complexo de *Spodoptera* spp. (Lepidoptera, Noctuidae). A adoção do controle biológico no cultivo de hortaliças ainda enfrenta várias barreiras no mercado brasileiro, como baixa oferta do produto, concentração das biofábricas em grandes centros, além da falta de estudos que embasem pontos importantes, como questões econômicas da adoção deste tipo de manejo. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo determinar o custo e a rentabilidade da liberação de *T. pretiosum* em área de cultivo comercial de repolho, repolho roxo e couve, para o manejo de *P. xylostella* e outros lepidópteros-praga.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Obtenção dos insetos

6.2.1.1 Obtenção da linhagem de *Trichogramma pretiosum*

A espécie/linhagem de *T. pretiosum* utilizada foi coletada na unidade produtora de brássicas, no ano de 2019, a partir do posicionamento de armadilhas sentinelas de ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). A identificação da espécie foi feita a partir da genitália dos machos, de acordo o proposto por Querino e Zucchi, (2019) e Querino e Zucchi (2011). A espécie/linhagem coletada foi identificada como *T. pretiosum* e denominada Folhas da terra, e foi escolhida para a realização do trabalho, por apresentar boas características como razão sexual de $0,85 \pm 0,5$ % de fêmeas, indivíduos com boa capacidade parasitismo e voo, além disso, a utilização de espécies locais reduz o custo adaptativo, que pode influenciar nos resultados.

6.2.1.2 Criação de *T. pretiosum*

Os parasitoides utilizados foram multiplicados em ovos de *A. kuehniella*, obtidos a partir da criação mantida nos laboratórios do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas na Agricultura – AGRIMIP, na Faculdade de Ciências Agronômicas da FCA – UNESP, em Botucatu-SP. Para a criação de *T. pretiosum* utilizou-se a metodologia proposta por Stein e Parra (1987), e a criação do

hospedeiro alternativo *A. kuehniella* foi realizada conforme a metodologia de Parra et al. (1989). Para acondicionamento dos insetos adultos foram utilizados potes plásticos transparente de 3,6 litros, vedados com plástico filme de PVC e para a alimentação utilizou-se mel puro, disponibilizado em finos filetes na lateral interna dos potes. Os recipientes contendo os adultos de *T. pretiosum* foram mantidos em sala climatizada, com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas para o desenvolvimento dos parasitoides.

6.2.2 Descrição da área

O experimento foi conduzido durante 12 meses em uma propriedade de cultivo de brássicas, localizada no município de Pardinho – SP (latitude $-23^\circ 5' 3''$, longitude $-48^\circ 22' 3''$, altitude 900 m), segundo a classificação de Köppen o clima é tipo Cwa mesotérmico úmido com inverno seco (junho a setembro), e temperatura médias do mês mais quente não ultrapassam 22°C e do mais frio é inferior a 18°C . A propriedade possui área total de 30 hectares (ha) em que 20 hectares são destinados ao cultivo de brássicas: couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*), chinese cabbage (*B. rapa* subsp. *pekinensis*) cauliflower (*B. oleracea* var. *botrytis*), e repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) e repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*).

Para os talhões de repolho, o espaçamento utilizado foi de 0,7 m entre linhas, 0,7 m entre linha dupla e 0,25 m entre plantas, o que correspondeu a uma população de 57.132 plantas por hectare. O espaçamento utilizado para a couve foi de 0,5 m entre linhas e 0,4 m entre plantas, totalizando 50.000 plantas por hectare. A irrigação é feita através de aspersão por aspersores com alcance de 26 metros. Nas áreas de cultivos foram utilizados os seguintes híbridos de repolho verde, Kilaherb[®], Mavunor[®] e Kilagreg[®] (Syngenta), Mirai[®] (Takii do Brasil), Astrus Plus[®] (Seminis), Atlanta F1[®] (TopSeed), TPC 24070[®] e Heleno F1[®] (AGRISTAR/TopSeed). Nos talhões de cultivo de repolho roxo utilizou-se o híbrido Red Dynasty[®] (Seminis). O cultivo de couve utilizou-se as cultivares híbridas Hi-crop[®] (Takii do Brasil) e Kobe F1[®] (AGRISTAR/TopSeed) (Tabela 1).

Tabela 1 - Período de transplante e condução do cultivo e híbridos utilizados no cultivo de repolho verde, repolho roxo e couve

	Plantio	Híbridos	Período
Repolho verde	Fevereiro	Kilaherb; TPC 24070	Fevereiro a junho a 2020
	Março	Kilaherb; TPC 24070	Março a junho de 2020
	Abril	Astrus Plus; Miraí	Abril a junho a 2020
	Maio	Astrus Plus	Maio a setembro de 2020
	Junho	Astrus Plus e Atlanta	Junho a outubro de 2020
	Julho	Astrus Plus	Julho a dezembro 2020
	Setembro	Astrus Plus e Atlanta	Set. de 2020 a fevereiro de 2021
	Dezembro	TPC 24070, Astrus Plus e Atlanta	Dezembro de 2020 a abril de 2021
Repolho roxo	Março	Red Dynasty	Março a julho de 2020
	Abril	Red Dynasty	Abril a setembro de 2020
	Maio	Red Dynasty	Maio a setembro de 2020
	Junho	Red Dynasty	Junho a novembro de 2020
	Agosto	Red Dynasty	Agosto a dezembro de 2020
	Janeiro	Red Dynasty	Janeiro a abril de 2021
Couve	Abril	Kobe e Hi-crop	Abril de 2020 a fevereiro de 2021
	Maio	Kobe e Hi-crop	Maio a outubro de 2020
	Junho	Kobe e Hi-crop	Junho a outubro de 2020
	Setembro	Kobe	Setembro de 2020 a abril de 2021
	Novembro	Hi-crop	Novembro de 2020 a janeiro de 2021
	Dezembro	Kobe e Hi-crop	Dezembro de 2020 a abril de 2021
	Janeiro	Kobe e Hi-crop	Janeiro de 2020 a abril de 2021
	Fevereiro	Hi-crop	Fevereiro a setembro de 2020

6.2.3 Liberação de *T. pretiosum*

O monitoramento das pragas foi feito semanalmente, sendo realizada a amostragem para as diferentes culturas, respeitando os níveis de controle para tomada de decisão. Utilizou-se a liberação 200 mil fêmeas/ha de *T. pretiosum* em repolho, a partir dos resultados obtidos nos experimentos anteriores, e de 300 mil/ha para couve conforme o recomendado por Massarolli e Foerst (2018). Para a determinação do nível de ação, foram feitas amostragens semanais vistoriando-se 20% do estande de plantas.

Para as liberações, foram utilizadas cartelas de 4,0 x 4,0 cm, confeccionadas em cartolina branca, com laterais feitas de tiras de papelão corrugado, contendo em uma das faces internas uma placa de ovos de *A. kuehniella* parasitados, e na outra face, filetes de mel puro, para a alimentação. Por hectare foram utilizados 130 pontos de liberação, espaçados oito metros entre si. As cartelas contendo os ovos parasitados foram grampeadas na parte abaxial das folhas, com o auxílio de um grampeador, de forma a ficarem protegidas do sol, chuva e da água da irrigação,

garantindo que os insetos conseguissem emergir de forma contínua nas 72 horas seguintes.

O custo para a proporção de 200 mil fêmeas/ha foi de R\$175,00, valores praticados pelas empresas que comercializam *T. pretiosum*, o valor de 300 mil/fêmeas foi estimada em R\$262,50. O preço de venda utilizado para calcular a receita acompanhou flutuações de preço do quilograma do repolho verde e roxo e do maço de 300 gramas de couve, ao longo dos meses.

6.2.4 Coleta de dados

Os parâmetros avaliados foram: o número de aplicações de inseticida por área, produtividade comercial, custos e rentabilidade. O custo de produção foi calculado através de metodologia adaptada por Matsunaga et al. (1976) acerca do Custo Operacional Total (COT), seguindo a descrição feita por Martin et al. (1998). Em que a estrutura do Custo Operacional Total de produção é formada pelos seguintes componentes:

- a) Despesas com operações manuais- constituem os custos com atividades realizadas por hectare: semeadura, transplante, adubação, colheita, beneficiamento, amostragem, liberação e realização do controle de pragas em reais (R\$) por homem/dia (hd).
- b) Despesas com operações mecanizadas: custos com gradagem, encanteiramento, transporte de mudas e de material colhido, e pulverizações por talhão de cultivo.
- c) Despesas com material consumido- composta por substrato, bandejas, sementes, adubo, parasitoides, que são as despesas com material de consumo multiplicadas pelo preço de aquisição.
- d) Custo operacional efetivo (COE)- constitui o somatório das despesas e representa o desembolso por talhão, realizado pelo agricultor para manejar uma área e produzir determinada quantidade de produto;
- e) Outros custos operacionais- estimado em 5% do percentual do COE (MARTIN, et al. 1998).
- f) Custo Operacional Total (COT)- compreende o somatório de COE e dos outros custos operacionais, representando o custo que ao agricultor incorre

no curto prazo para produzir e para repor outros gastos, por área/cultura e continuar produzindo.

Para a análise econômica da atividade, foram determinados os seguintes indicadores econômicos, conforme descrevem Martin et al. (1998).

Receita Bruta (RB): receita esperada para a atividade e o respectivo rendimento por área por um preço de venda pré-definido (produtividade em kg/ha/massa individual de comercialização x preço de venda do produto pelo produtor);

- a) Lucro Operacional (LO): é constituído da diferença entre os valores da receita bruta (RB) e o custo operacional total (COT) por área plantada.
- b) Índice de Lucratividade (IL): é a relação entre LO e a RB, em porcentagem ($IL = (LO/RB) \times 100$) sendo uma medida que demonstra a taxa disponível (%) de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais;
- c) Margem Bruta (MB): indica a margem de relação da RB ao COT ($MB = (RB - COT)/COT \times 100$), caracterizando qual a disponibilidade (%) para cobrir os demais custos fixos o risco e a capacidade da atividade.
- d) Ponto de Nivelamento (Produção): permite visualizar, dados os custos de produção o preço de venda (pv) do produto, qual quantidade do produto será necessária para pagar os custos operacionais totais ($Produção = COT/pv$);
- e) Ponto de Nivelamento (Preço): permite visualizar dados os custos operacionais totais do produto e a produtividade (p), qual preço de comercialização do produto é necessário para pagar os custos de produção ($Preço = COT/p$).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos de implantação e condução dos cultivos nos meses do ano foram estimados, utilizando o número de plantas transplantadas, sendo calculado o número de sementes (conforme o híbrido), quantidade de bandejas e substrato necessário para a produção das mudas e a quantidade de adubo empregada para área, valores que compuseram os custos com material de consumo. Os custos com operações manuais contemplam a semeadura, transplante, adubação, colheita e beneficiamento necessário para cada área plantada, conforme a quantidade de plantas. Os custos com monitoramento, liberações e compra de parasitoides foram

apresentadas separadamente das demais operações manuais e custos com materiais de consumo, no entanto, somaram-se aos demais custos para compor o custo operacional total.

As operações mecanizadas contemplam o preparo do solo através da gradagem e encanteiramento, além do transporte das mudas e material colhido, e se necessário, pulverizações. Os valores unitários de cada componente da análise não foram apresentados de forma unitária, pois o intuito do trabalho foi de compor o custo e a rentabilidade da adoção do controle biológico utilizando *T. pretiosum* em cultivos comerciais de repolho verde, roxo e couve ao longo de um ano (Tabela 2).

Tabela 2 - Custos com material de consumo (sementes, substrato, bandejas e adubo), operações manuais (semeadura, transplante, adubação, colheita e beneficiamento), operações mecanizadas (gradagem, encanteiramento, transporte de mudas e de produto colhido), custos com monitoramento e liberação de *Trichogramma pretiosum*, custos com parasitoides, número de liberações, número de pulverizações (Pulv.) e colheitas em talhões de repolho verde, repolho roxo e couve

	Plantio	Mat. de consumo	Operações Manuais	Operações mecanizadas	Mon. e liberações	Parasitoides	Nº de liberações	Pulv.	Colheitas
Repolho verde	Fevereiro	2.477,23	271,64	302,45	25,20	705,73	8	0	1
	Março	2.724,96	291,80	332,70	27,72	776,31	9	0	1
	Abril	1.981,32	267,61	296,416	24,70	691,62	9	0	1
	Maio	5.030,28	372,46	453,68	37,81	1058,60	9	0	1
	Junho	2.960,70	459,16	583,74	48,65	1.362,07	9	0	1
	Julho	2.422,73	311,97	362,95	30,24	846,88	7	0	1
	Setembro	4.037,89	473,28	604,91	50,41	1.411,47	7	0	1
	Dezembro	1.928,31	275,67	308,51	25,71	719,84	6	0	1
Repolho roxo	Março	361,72	42,04	36,29	6,05	84,69	8	0	1
	Abril	1.386,60	161,15	139,13	23,18	324,64	9	0	1
	Maio	1.205,74	140,13	120,98	20,16	282,29	9	0	1
	Junho	844,01	98,09	84,69	14,11	197,60	9	0	1
	Agosto	964,59	112,11	96,79	16,13	225,83	7	0	1
	Janeiro	150,72	17,51	15,13	2,52	35,29	5	0	1
Couve	Abril	1.415,11	452,79	97,2	125,00	850,50	20	0	107
	Maio	830,44	21,38	58,32	62,50	255,15	10	0	4
	Junho	843,65	29,55	31,10	75,00	163,30	12	0	18
	Setembro	838,14	116,35	34,99	56,25	137,78	9	0	75
	Novembro	445,29	12,83	34,99	25,00	61,236	4	0	4
	Dezembro	1.059,87	92,73	69,98	37,50	183,71	6	0	27
	Janeiro	590,55	33,2748	50,54	37,50	132,68	6	0	11
	Fevereiro	2.198,96	682,56	172,8	62,50	756,00	10	0	90

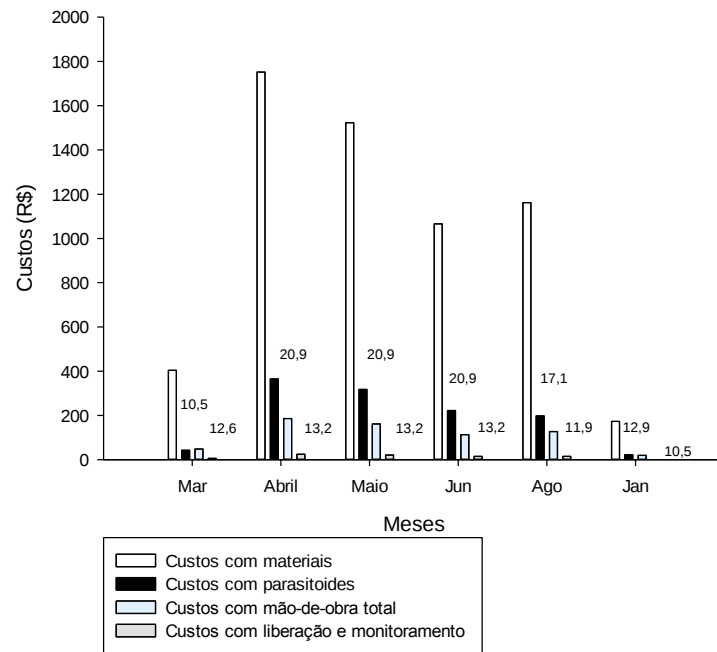
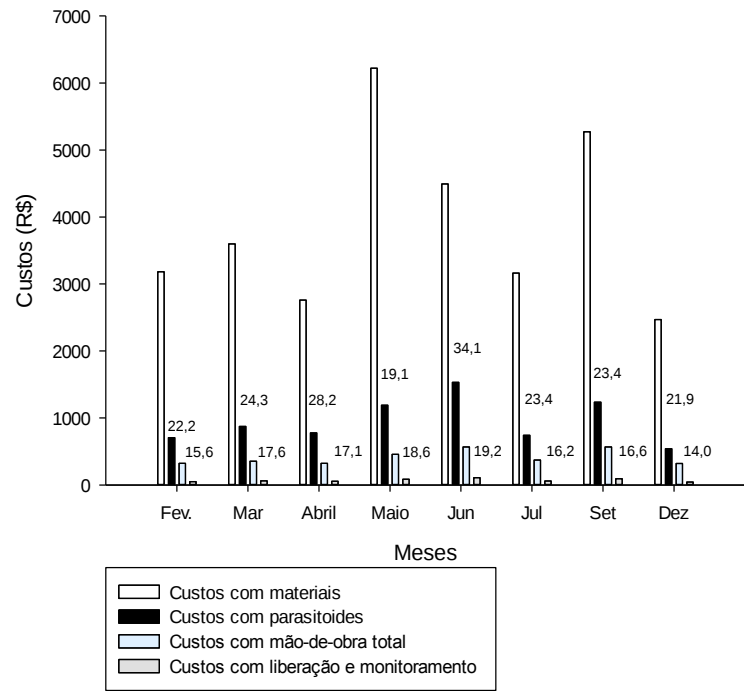
O custo de mão-de-obra para a realização do monitoramento das áreas e liberação dos parasitoides foi estimado de acordo com o tempo de realização das atividades, multiplicado pelo número de inspeções e liberações realizadas ao longo da condução da cultura e representando 19,2% dos custos com mão-de-obra. Enquanto a compra de parasitoides representou 34,1% dos custos com material de consumo no plantio de repolho verde, realizado em junho, maior porcentagem observada.

No cultivo conduzido em dezembro, os custos com monitoramento e liberação corresponderam a 14,0% e a compra de parasitoides representou 14,0% de todo o material de consumo. A diferença é fruto do número de liberações realizadas, durante o cultivo. A população de pragas pode flutuar durante as épocas do ano, desta forma, o monitoramento é essencial para o posicionamento assertivo de ferramentas de controle. No cultivo de repolho roxo, os custos com monitoramento e liberações de *T. pretiosum* representaram 13,2% da mão-de-obra total empregada e 20,9% do custo de material de consumo, nos cultivos de abril, maio e junho (Figura 2).

A forma de liberação dos agentes de controle biológico tem sido alvo de muitas discussões, principalmente no sentido de diminuir a necessidade de mão-de-obra, sendo a mecanização através de liberações via veículos leves não tripulados (VANT) uma das alternativas que vem sendo utilizada, na liberação a granel de *T. galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera, Trichogrammatidae) no cultivo de cana-de-açúcar, possibilitando o controle biológico em grandes áreas. No entanto, muito ainda tem que ser feito no sentido de melhorar as cápsulas e forma de liberação.

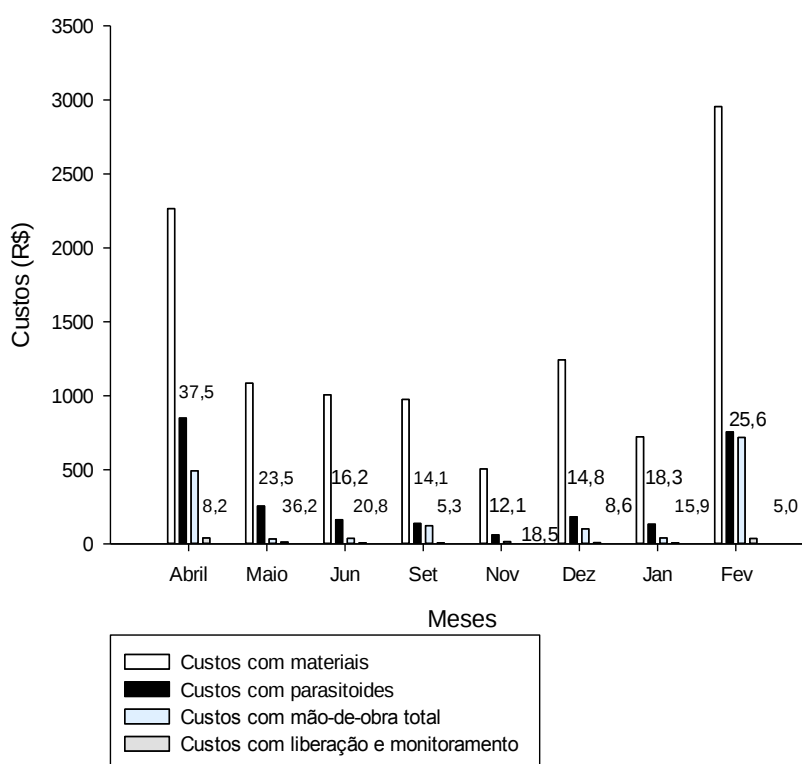
As cápsulas utilizadas para liberação, além de protegerem os ovos de predação, ação de chuva, irrigação e raios solares, ainda possibilitam a alimentação dos insetos, assim que emergirem, evitando assim, o gasto de energia na busca de alimento, garantindo uma fonte segura de açúcares, que pode favorecer a atividade de parasitismo. Além disso, a recuperação das cápsulas pode funcionar como mecanismo de monitoramento de qualidade, a partir da confirmação da emergência dos adultos. Estudos apontam que a pré-alimentação dos insetos, proporciona maior longevidade (BENELLI et al., 2017; PEREIRA-BARROS et al., 2005) e com isso, maior capacidade de forrageamento (TENA et al., 2015) e por maior período de tempo, o que pode compensar o custos com liberação de parasitoides em cápsulas.

Figura 2- Custos com material de consumo e com compra de parasitoides, custos com mão-de-obra total e liberações de parasitoides no cultivo de repolho verde (A) e roxo (B)



As liberações de *T. pretiosum* no cultivo de couve variaram de acordo com o tempo de duração do ciclo em campo da cultura, isto porque, a couve apresenta emissão contínua de folhas, e em cultivos comerciais, a colheita é realizada diariamente. As operações manuais com monitoramento das pragas e liberações de *T. pretiosum* representaram valores máximos de 36,2% na área transplantada em maio, isto porque, foram realizadas apenas quatro colheitas, e 10 liberações de *T. pretiosum*. Na área transplantada em fevereiro, foram feitas 20 liberações durante a condução do cultivo, as operações manuais, corresponderam a apenas 5% da mão-de-obra total e representou 25,6% do material de consumo (Figura 3).

Figura 3 - Custos com material de consumo, aquisição de parasitoides, custo total com mão-de-obra e com monitoramento e liberações de *Trichogramma pretiosum* no cultivo de couve



A necessidade de liberação, nos talhões com cultivo de couve variou conforme a vida útil das plantas, sendo observado o maior número de liberações de *T. pretiosum* nos talhões que tiveram maior longevidade de plantas, rendendo maior número de colheitas e consequentemente maior receita. O controle biológico

utilizando *T. pretiosum*, possibilita a colheita contínua, pois não apresenta período de carência, não havendo perdas do produto por senescência no campo, e nem presença de resíduos químicos no produto colhido. Uma das grandes vantagens do controle biológico é justamente não haver período de carência, além de não incorrer em risco de contaminação do trabalhador e meio ambiente (VAN LENTAREN et al., 2018).

Uma maior vida útil das plantas proporciona colheitas por um maior período de tempo, diminuindo os custos que ocorrem com a implantação de um novo plantio. Híbridos altamente produtivos podem resultar na vida útil de plantas por períodos de até 180 dias após o transplante, no entanto, a ocorrência de *Hellula undalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) diminui a longevidade dos cultivos, devido aos danos que vão desde o ápice das plantas, como podem broquear o caule, provocando a morte das plantas. O controle biológico aumentativo utilizando *T. pretiosum* mostrou-se efetivo no controle da principal praga das brássicas, a *P. xylostella*, como de *C. includens* e *H. undalis*, verificado pela longevidade e produtividade das plantas, mesmo em épocas distintas.

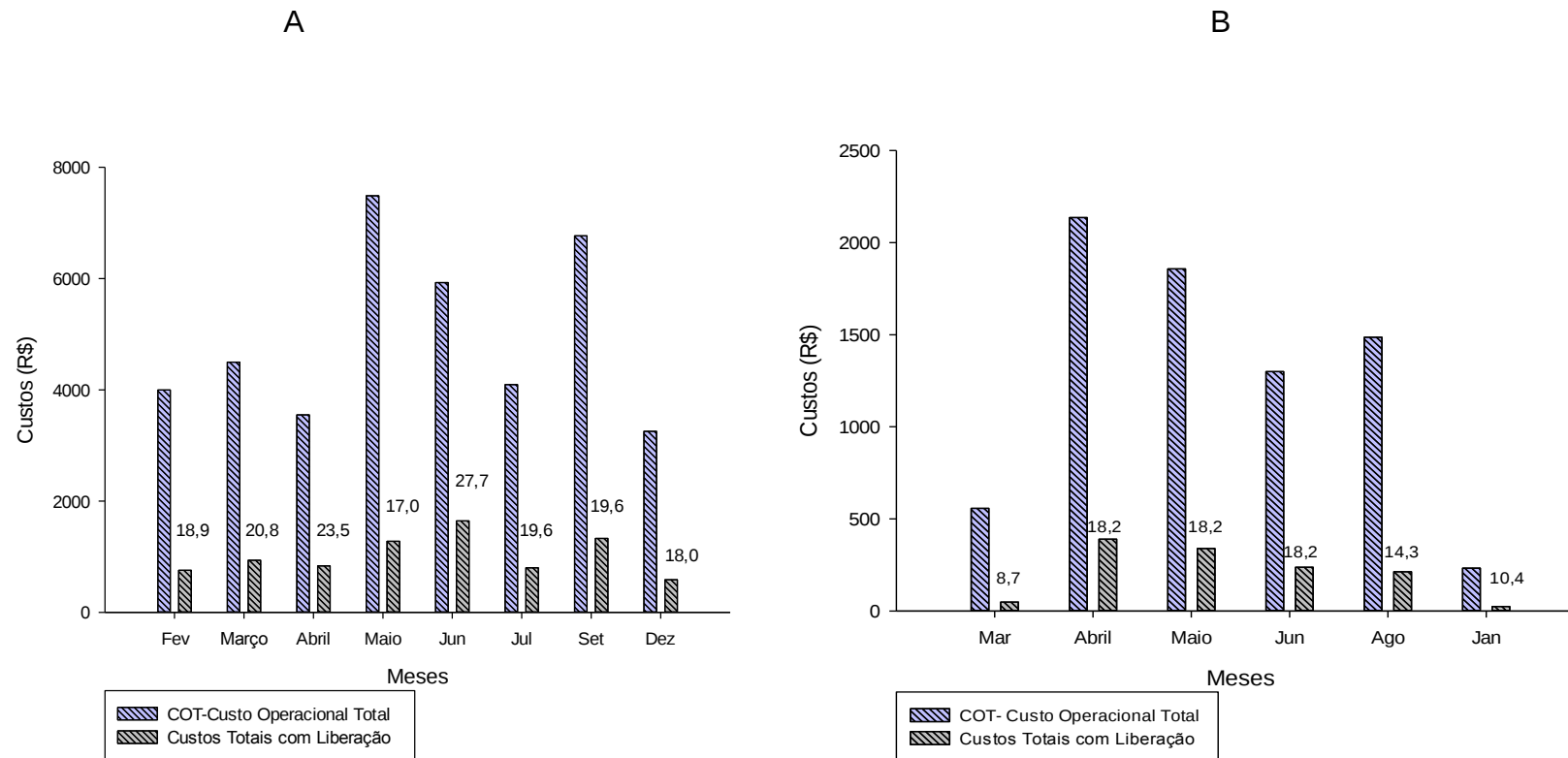
O custo operacional efetivo e custo operacional total nos cultivos de repolho variaram em função do híbrido empregado e tamanho da área de cultivo, que implica diretamente na quantidade de material empregado e custo de monitoramento, quantidade de parasitoides a serem liberados e hora/homem para realização do monitoramento e liberação. Nos cultivos de couve, além do custo dos híbridos, o número de colheitas, monitoramento e liberações foram os fatores que influenciaram na variação do custo operacional efetivo e custo operacional total (Tabela 3).

Tabela 3 - Custo operacional efetivo (COE), outros custos (5%), Custo operacional total e Receita Bruta de cultivos de repolho verde, repolho roxo e couve

	Plantio	COE	Outros custos (5%)	COT	Receita R\$
Repolho verde	Fevereiro	3807,47	190,37	3997,85	18.379,37
	Março	4285,19	214,26	4499,45	61.283,99
	Abril	3378,98	168,95	3547,93	61.283,99
	Maio	7132,42	356,62	7489,04	51.457,53
	Junho	5645,39	282,27	5927,66	36.053,89
	Julho	3899,16	194,96	4094,12	67.871,57
	Setembro	6445,63	322,28	6767,92	35.673,94
	Dezembro	3097,37	154,87	3252,24	12.333,46
Repolho roxo	Março	488,45	24,42	512,87	16.71,88
	Abril	2076,75	103,84	2180,58	12.086,81
	Maio	1805,87	90,29	1896,16	62.57,25
	Junho	1264,11	63,21	1327,31	48.56,10
	Agosto	1386,22	69,31	1455,53	31.10,34
	Janeiro	207,46	10,37	217,83	17.72,22
Couve	Abril	2856,11	142,81	2998,91	79.883,02
	Maio	1177,44	58,87	1236,32	4.062,02
	Junho	1075,38	53,77	1129,15	63.990,60
	Setembro	1133,82	56,69	1190,51	79.883,02
	Novembro	557,26	27,86	585,13	4.062,02
	Dezembro	1415,04	70,75	1485,79	63.990,60
	Janeiro	813,36	40,67	854,03	11.637,35
	Fevereiro	3846,32	192,32	4038,64	110.787,83

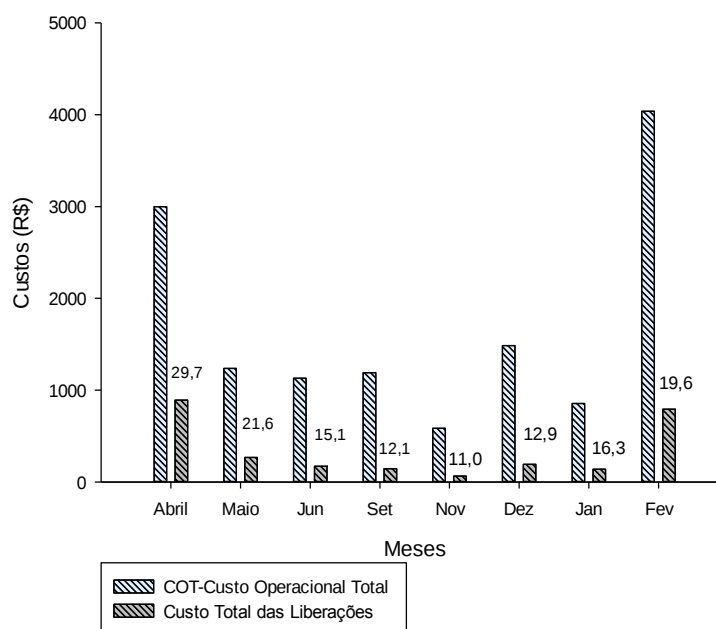
O custo das liberações de *T. pretiosum* nas áreas de repolho verde chegaram a representar 27,7% do custo operacional total, no cultivo do mês de junho e 18,0% em dezembro. No cultivo de repolho roxo o custo das liberações representou até 18,2% do custo operacional total, sendo a menor proporção obtida no cultivo de março (Figura 4). Os custos com o controle apenas de *P. xylostella* nos cultivos de brássicas podem atingir 50% do custo total da cultura (ZALUCKI et al., 2012), sendo o uso de pulverizações com inseticidas químicos o método de controle mais empregado. Desta forma, o controle biológico utilizando *T. pretiosum* proporcionou custos relativamente baixos.

Figura 4 - Custo operacional total e custo das liberações de *Trichogramma pretiosum* em áreas cultivadas com repolho verde (A) e roxo (B)



Nas áreas cultivadas com couve, o custo do controle biológico variou de acordo com a vida útil das plantas e pelo número de liberações. No plantio de abril os custos com o controle biológico representaram 29,7% do custo operacional total da cultura, maior porcentagem observada, isso se deve às 20 liberações realizadas durante todo o cultivo, que durou oito meses, representando um período longo de vida útil de plantas (Figura 5). O custo operacional total observado no cultivo de fevereiro foi proporcionado pelo custo do híbrido empregado, que apresenta um custo elevado, e o controle biológico nesta área foi de 19,6% do COT, no cultivo do mês de novembro, representou apenas 11,0%.

Figura 5 - Custo operacional total e custos com liberações de *Trichogramma pretiosum* em cultivos comerciais de couve



Mesmo que não tenham sido realizadas pulverizações durante a condução do experimento, devido ao controle satisfatório dos ovos de *P. xylostella*, *C. includens* e demais lepidópteros-praga que ocorrerem no cultivo de brássicas, o custo das pulverizações foi estimado, para os inseticidas empregados no controle de lepidópteros-praga, nos cultivos anteriores. Desta forma, uma projeção dos custos foi feita para cada produto pelo número de liberações realizadas, sendo possível visualizar o custo das pulverizações, caso fossem realizadas no lugar das liberações de *T. pretiosum* (Tabela 4).

Tabela 4 - Projeção dos custos equivalente a cada produto utilizado para o manejo de *Plutella xylostella* no cultivo de brássicas

		Produto comercial								
		Agree®	Avatar®	Brilhante®	Decis®	Delegate®	Evidence®	Nomolt®	Prêmio®	Tracer®
Repolho verde	Fevereiro	1.663,11	1.765,95	1.208,62	1.206,93	1.352,99	1.589,72	1.221,93	1.218,60	2.199,87
	Março	2.058,10	2.185,36	1.495,67	1.493,57	1.674,33	1.967,27	1.512,14	1.508,02	2.722,34
	Abril	1.833,58	1.946,96	1.332,50	1.330,64	1.491,67	1.752,66	1.347,18	1.343,51	2.425,36
	Maio	2.806,50	2.980,04	2.039,55	2.036,69	2.283,18	2.682,65	2.062,00	2.056,39	3.712,29
	Junho	3.611,03	3.834,32	2.624,22	2.620,54	2.937,69	3.451,67	2.653,11	2.645,89	4.776,48
	Julho	1.746,27	1.854,25	1.269,05	1.267,27	1.420,64	1.669,20	1.283,02	1.279,53	2.309,87
	Setembro	2.910,45	3.090,41	2.115,09	2.112,12	2.367,74	2.782,00	2.138,37	2.132,55	3.849,78
	Dezembro	1.272,28	1.350,95	924,59	923,30	1.035,04	1.216,13	934,78	932,23	1.682,90
Repolho roxo	Março	199,57	211,91	145,03	144,83	162,36	190,77	146,63	146,23	263,98
	Abril	860,66	913,88	625,46	624,58	700,17	822,68	632,35	630,63	1.138,43
	Maio	748,40	794,68	543,88	543,12	608,85	715,37	549,87	548,37	989,94
	Junho	523,88	556,27	380,72	380,18	426,19	500,76	384,91	383,86	692,96
	Agosto	465,67	494,47	338,41	337,94	378,84	445,12	342,14	341,21	615,96
	Janeiro	51,97	55,19	37,77	37,72	42,28	49,68	38,19	38,08	68,75
Couve	Abril	1.336,18	1.418,80	971,03	969,67	1.087,02	1.277,21	981,72	979,05	1.767,42
	Maio	400,85	425,64	291,31	290,90	326,11	383,16	294,52	293,71	530,23
	Junho	256,55	272,41	186,44	186,18	208,71	245,22	188,49	187,98	339,34
	Setembro	216,46	229,84	157,31	157,09	176,10	206,91	159,04	158,61	286,32
	Novembro	96,20	102,15	69,91	69,82	78,27	91,96	70,68	70,49	127,25
	Dezembro	288,61	306,46	209,74	209,45	234,80	275,88	212,05	211,47	381,76
	Janeiro	208,44	221,33	151,48	151,27	169,58	199,24	153,15	152,73	275,72
	Fevereiro	1.187,71	1.261,15	863,14	861,93	966,24	1.135,30	872,64	870,26	1.571,04

Em repolho verde, o controle biológico foi 69,4% mais barato que a aplicação de inseticida Tracer®, as menores diferenças foram obtidas no cultivo de dezembro, e chegaram a representar 54,1%. Quanto aos inseticidas de menor preço, o uso de *T. pretiosum* apresentou custos 44,9% menores quando comparado ao emprego de Nomolt® nos cultivos de março, abril, maio e junho (Figura 6 e 7). Além do custo elevado das aplicações de inseticidas químicos é importante salientar que muitos produtores adotam as pulverizações como um cronograma de produção, sendo realizadas sem mesmo avaliar a real necessidade. A mistura de dois ou mais inseticidas no tanque de pulverização, além do uso de produtos rotulados como adubos foliares, mas que exercem ação inseticida são práticas comuns no cultivo convencional de hortaliças, o que aumenta os custos em até quatro vezes, dependendo dos produtos empregados. O emprego de *T. pretiosum* foi capaz de reduzir a zero as necessidades de pulverização de inseticidas químicos na área, reduzindo os impactos ambientais dos produtos químicos e, consequentemente os custos decorrentes, sendo eficiente no manejo de lepidópteros-praga, ao longo de um ano de cultivo. Enquanto que a entomofauna benéfica foi capaz de manter as demais pragas abaixo do nível de controle.

O uso indiscriminado de pesticidas promove inúmeros efeitos sobre o meio ambiente, como contaminação de água, solo, redução da diversidade da entomofauna, além de promover a seleção de populações de insetos-praga resistentes e ressurgimento de algumas pragas. No cenário hortícola, os efeitos podem ser agravados devido às características produtivas, como ciclo curto das culturas, uso intensivo da terra, além de colheitas sucessivas, dificultando o posicionamento de pesticidas com segurança. Desta forma, os benefícios do uso do controle biológico das pragas em sistemas hortícolas reduz o risco ao meio ambiente, além de reduzir o risco de contaminações dos produtos.

Figura 6 - Projeção de custo de aplicações de Brilhante®, Decis®, Evidence®, Nomolt® e *Trichogramma pretiosum* no cultivo de repolho verde e repolho roxo

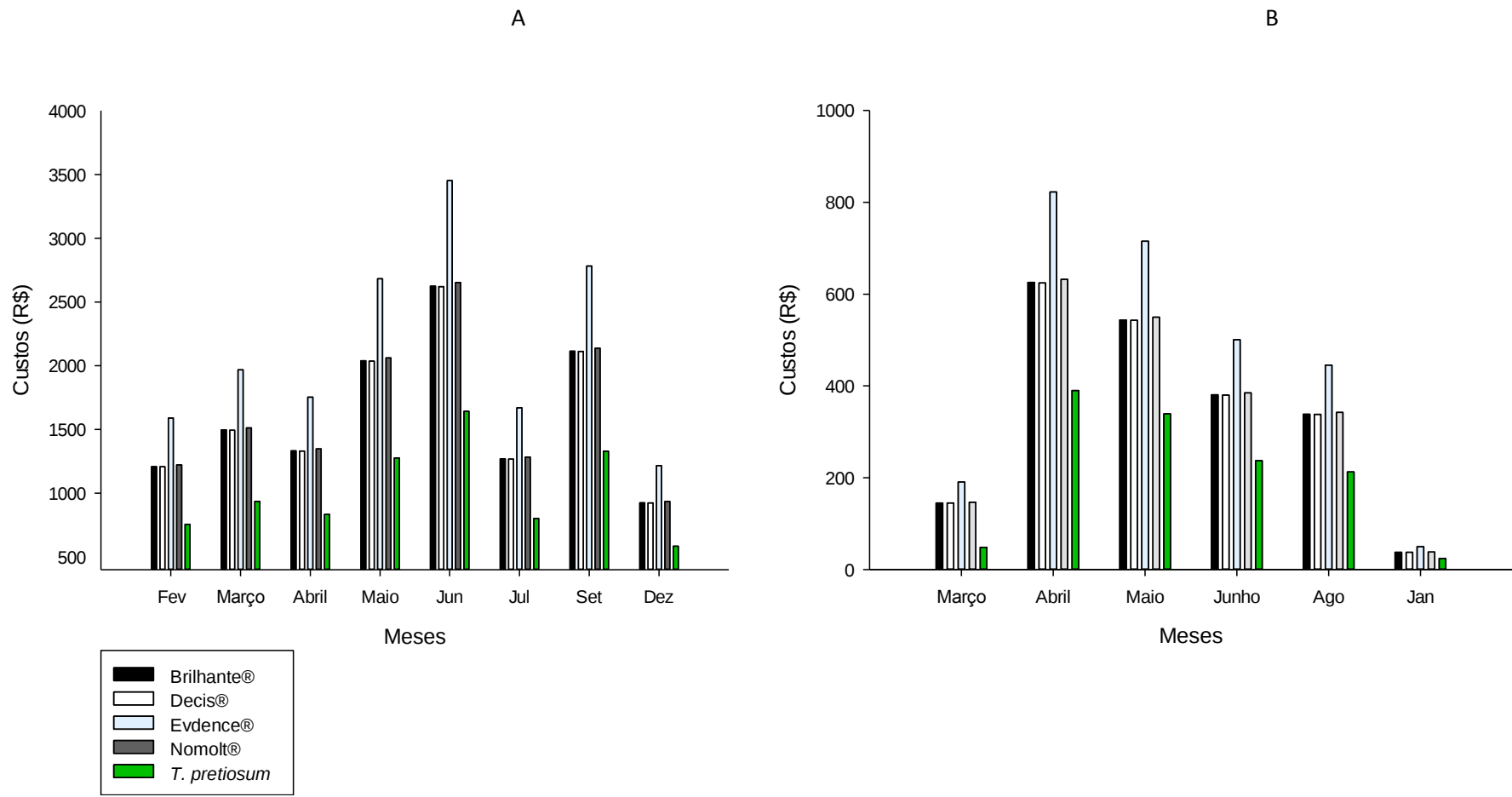
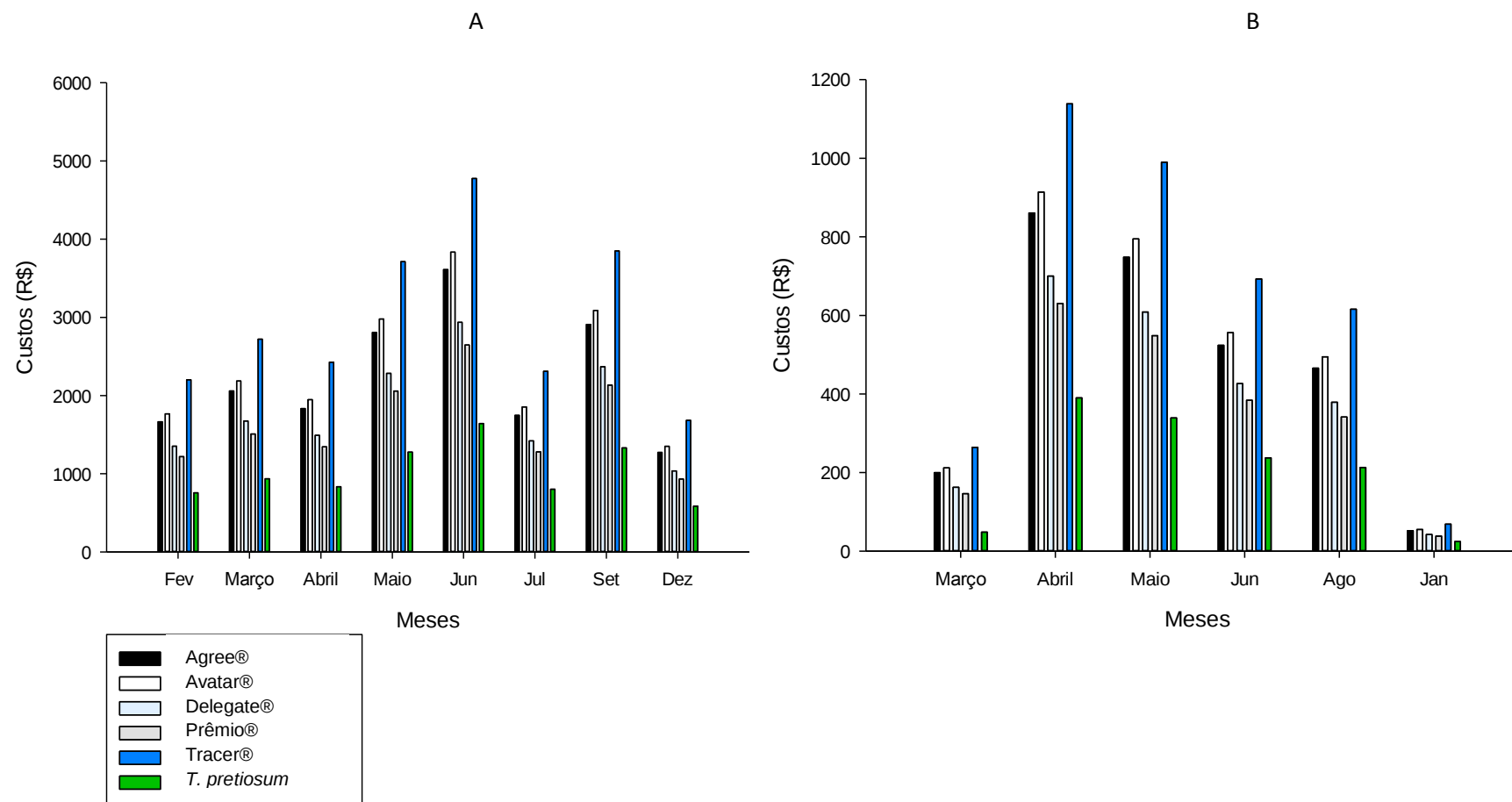


Figura 7 - Projeção de custo de aplicações de Agree®, Avatar®, Delegate®, Prêmio®, Tracer® e *Trichogramma pretiosum* nos cultivos de repolho verde (A) e roxo (B)

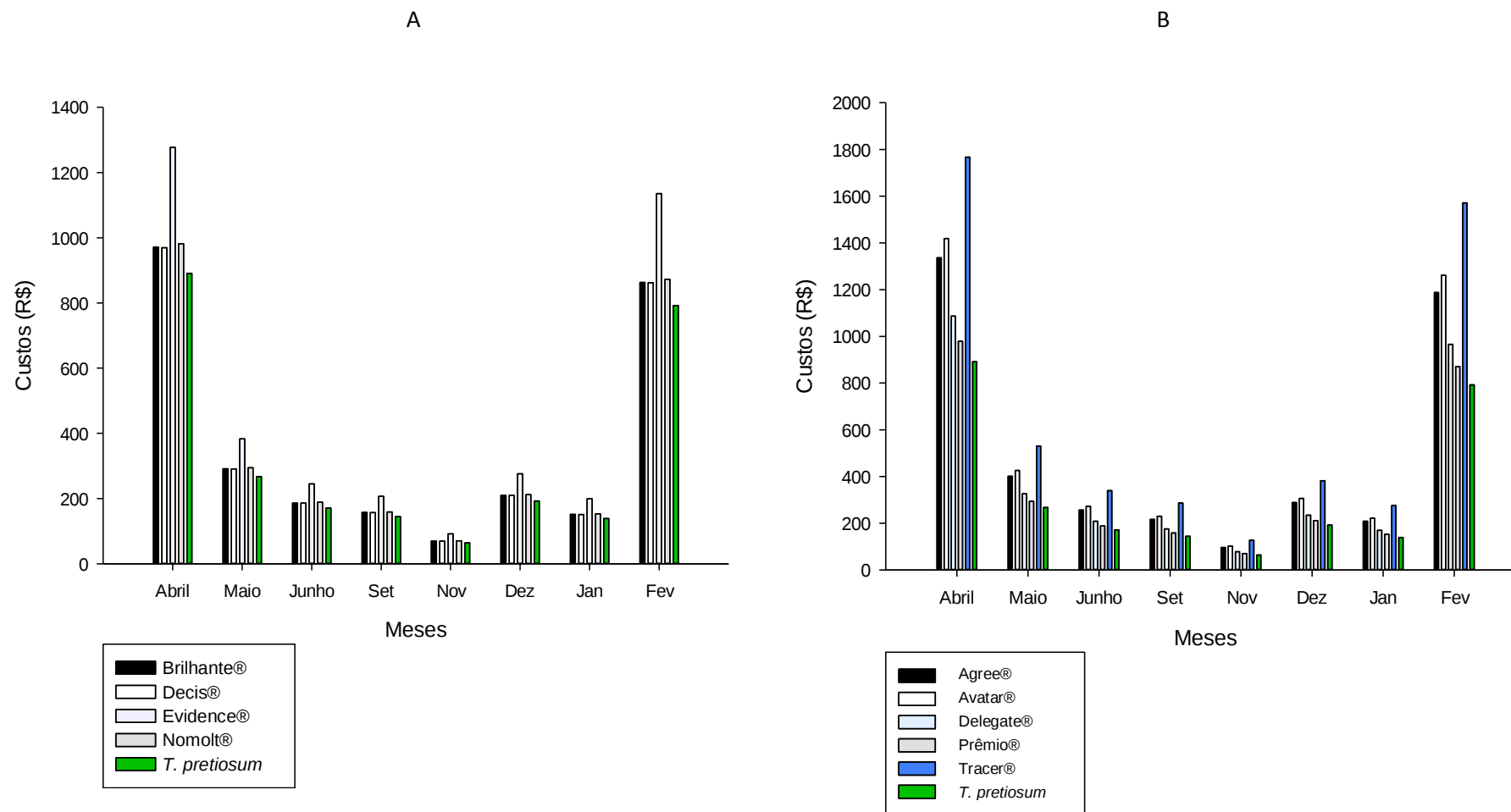


A utilização de controle biológico com *T. pretiosum* no cultivo de couve proporcionou os menores valores de custo operacional total mesmo quando comparados a produtos com menor preço de mercado, como Brilhante[®], Decis[®], Evidence[®] e Nomolt[®], que apresentam custo relativamente baixo. Em comparação a moléculas menos agressivas ao meio ambiente, a diferença de custo chega a 50% em cultivos de couve, quando comparamos a liberação de *T. pretiosum* a pulverizações com Tracer[®], enquanto que a diferença mínima foi de 10% quando adotada pulverizações com Decis[®] (Figura 8).

Estudos que encorajem a adoção do controle biológico são de grande importância, principalmente no cultivo de hortaliças, uma vez que a contaminação desses produtos por agrotóxicos tem sido bastante discutida nos últimos anos. Relatórios da ANVISA têm sido publicados anualmente, confirmando a contaminação de frutas e hortaliças, muitas vezes acima do tolerado (ANVISA, 2015). A couve é um dos alimentos com maior porcentagem contaminação, principalmente devido à dificuldade em respeitar o período de carência dos produtos, além da utilização de produtos não registrados para a cultura. Cerca de 30% das amostras avaliadas pelo PARA (Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos-ANVISA) apresentam contaminação por produtos não autorizados para o uso na cultura, e 8,77% das amostras apresentam quantidades de agrotóxicos acima do limite máximo de resíduos permitido, sendo identificados através dos resíduos, 35 diferentes produtos nas amostras de couve (ANVISA, 2015).

Por serem altamente perecíveis, as hortaliças são colhidas e repostas diariamente nas gondolas de comercialização, no caso da couve, as contaminações por resíduos de agrotóxicos acontecem devido à emissão contínua de folhas, que se não colhidas podem passar do ponto de colheita, ou mesmo senescer. Os inseticidas químicos têm sido aliados no combate às pragas há anos, no entanto, buscar por alternativas que minimizem os riscos à saúde e ao meio ambiente são necessárias, no entanto, essas alternativas precisam ser economicamente viáveis. Estima-se que com o uso de insumos locais, 6,5 cm² de pupa de *Trichogramma* tenham o custo aproximado de US\$ 0,25 (CASTILLO, 2019), custo baixo e acessível, sendo um incentivo até mesmo para produções *onfarm*, que viabiliza a adoção do controle biológico com produção própria, diminuindo a dependência de insumos externos.

Figura 8 - Projeção de custo de aplicações de Brilhante[®], Decis[®], Evidence[®], Nomolt[®] e *Trichogramma pretiosum*, Agree[®], Avatar[®], Delegate[®], Prêmio[®], Tracer[®] e *Trichogramma pretiosum* nos cultivos de couve



O controle biológico necessita ser economicamente viável, para tanto, os parâmetros de rentabilidade foram calculados para todos os cultivos realizados no decorrer do ano, os valores de lucro operacional, que corresponde à receita bruta menos o custo operacional total, resultaram em valores positivos, representando o retorno da atividade e variaram em função dos custos, e do preço de comercialização que apresentou flutuações ao longo de um ano (Tabela 6).

Tabela 6 - Lucro operacional (LO), Índice de lucratividade (IL), Margem bruta (MB%), Ponto de nivelamento (PN) e Ponto de nivelamento de preço (PNP) de cultivos de repolho, repolho roxo e couve manejados com liberações inundativas de *Trichogramma pretiosum*, para o manejo de *Plutella xylostella*

	Meses	LO	IL (%)	MB%	PN (Kg)	PNP (R\$)
Repolho verde	Fevereiro	14.381,5	78,2	359,73	4.648,7	0,20
	Março	56.784,5	92,7	1.262,03	5.231,9	0,28
	Abril	57.736,1	94,2	1.627,32	2.729,2	0,17
	Maio	43.968,5	85,4	587,10	5.426,8	0,20
	Junho	30.126,2	83,6	508,23	3.681,8	0,23
	Julho	63.777,5	94,0	1.557,78	1.852,5	0,31
	Setembro	28.906,0	81,0	427,10	4.229,9	0,34
	Dezembro	9.081,2	73,6	279,23	1.786,9	0,48
Repolho roxo	Março	1.159,00	69,32	225,98	410,3	0,20
	Abril	9.906,22	81,96	454,29	1.535,6	0,28
	Maio	4.361,09	69,70	230,00	1.170,5	0,17
	Junho	3.528,79	72,67	265,86	543,9	0,20
	Agosto	1.654,81	53,20	113,69	517,9	0,23
	Janeiro	1.554,39	87,71	713,57	103,7	0,31
Couve	Abril	76.884,11	96,25	2.563,73	383,4	0,13
	Maio	16.786,82	93,14	1.357,81	202,5	0,39
	Junho	62.861,45	98,24	5.567,16	213,2	0,28
	Setembro	78.692,50	98,51	6.609,96	161,8	0,10
	Novembro	3.476,89	85,60	594,21	77,4	1,08
	Dezembro	62.504,81	97,68	4.206,84	196,6	0,34
	Janeiro	10.783,32	92,66	1.262,64	114,0	0,58
	Fevereiro	106.749,19	96,35	2.643,20	661,5	0,24

No cultivo do repolho verde, o maior lucro operacional foi obtido no plantio de julho, e no plantio repolho roxo, o maior LO foi obtido no plantio de junho. O lucro operacional obtido no plantio de couve, no mês de fevereiro foi o mais expressivo, ultrapassando 100 mil reais, já no plantio realizado no mês de novembro, representou R\$ 3.476,89, isto porque foram realizadas apenas quatro colheitas durante o ciclo de cultivo, representando o menor rendimento de plantas. Nos

períodos com maior temperatura e pluviosidade, o cultivo de hortaliças folhosas apresenta vários complicadores quanto à produção, relacionados ao aumento de pragas, menor produção comercial devido às perdas, diminuindo a oferta e, consequentemente, o valor de comercialização aumenta, no entanto, o lucro operacional da cultura foi elevado durante todo o ano, mesmo com a oscilação de preço.

O índice de lucratividade também é tratado como relação de custo benefício, e atingiu porcentagens acima de 70% nos cultivos de repolho verde, sendo o maior índice de lucratividade obtido nos cultivos de março, abril e julho de 2020. Nos cultivos de repolho roxo, o índice de lucratividade mais expressivo, 87,8% foi obtido no cultivo do mês de janeiro. Índices de lucratividade que se assemelham obtidos em cultivos agroecológicos (FUKUSHI et al., 2018).

No cultivo de couve, os índices de lucratividade ficaram próximos a 100% na maioria dos cultivos implantados durante o ano, com exceção do mês novembro, influenciado principalmente pelo pequeno número de colheitas. Mesmo que apresente variações na lucratividade, o cultivo de repolho verde, repolho roxo e couve utilizando *T. pretiosum* apresentaram relação de custo benefício bastante expressivas, configurando como atividades altamente rentáveis.

O controle biológico aumentativo tem sido utilizado em cultivos protegidos e comumente é associado a culturas com alto valor agregado, representando 80% do comércio de agentes de controle biológico pelo mundo (VAN LENTEREN et al., 2018). Levando a uma falsa afirmativa de que o controle biológico é uma ferramenta cara, que pode encarecer os cultivos, o programa de controle biológico de *T. pretiosum* em espécies hortícolas é barato e eficaz, quando bem empregado. Programas biológicos que utilizam espécies de *Trichogramma* spp. são descritos como alternativas simples, de baixo custo, com alta eficiência (VAN LENTEREN et al., 2018).

A margem bruta representa a relação da receita bruta gerada, sobre o custo operacional total, correspondendo à porcentagem disponível para cobrir outros custos eventuais e o risco da atividade. Desta forma, a maior margem bruta nos cultivos de repolho verde, foi obtida no plantio implantado em abril (1.627,32%), e foi de 713,57% no cultivo de repolho roxo no mês de janeiro, caracterizando a atividade como altamente segura. O mesmo foi obtido para os cultivos de couve, que teve seus maiores valores obtidos no cultivo do mês de junho e setembro, 5.567,2 e

6.609,9% respectivamente, a margem bruta para o cultivo de novembro foi de 594,2% devido a ter sido realizada apenas quatro colheitas durante todo o ciclo.

O ponto de nivelamento expressa a quantidade de produto que terá que ser comercializada para que sejam pagos todos os custos da produção. Quanto maior o custo operacional, maior será o ponto de nivelamento e o comprometimento da produção com os custos gerados. Nos cultivos de repolho verde os cultivos realizados em julho e dezembro tiveram o menor ponto de nivelamento, sendo necessárias 1,8 e 1,7 toneladas de produto para custear todo o cultivo. No cultivo de repolho roxo, no cultivo de abril e maio, foram necessária a venda de 1,5 e 1,1 toneladas de produto, respectivamente, para custear a cultura. Enquanto que nos cultivos de couve, no mês de abril e fevereiro o ponto de nivelamento foi 383,4 e 661,5 quilos de produto respectivamente, para pagar o custo operacional da cultura, nos demais meses de cultivo.

O ponto de nivelamento/preço permite estimar, com base no custo operacional total e a produção, qual preço de comercialização do produto mínimo para custear o custo de produção. Nos cultivos de repolho verde, o maior preço de comercialização necessário para custear a produção, foi de R\$ 0,48 centavos, no mês de dezembro, nos demais meses, o valor mínimo de comercialização variou de R\$ 0,17 a 0,34. Para o cultivo de repolho roxo, o ponto de nivelamento/preço do produto no mês de janeiro foi de R\$ 0,31, maior valor de comercialização no ano, variando de R\$ 0,17 a 0,28.

No cultivo de couve, no mês de novembro, o maço teve o ponto de nivelamento de R\$1,08, maior valor de obtido durante o tempo de condução do experimento. Nos demais meses, os plantios tiveram ponto de nivelamento bem baixo, sendo o menor obtido no cultivo de couve, nos meses de abril e setembro, R\$ 0,13 e R\$0,10 respectivamente, o que permite ao produtor uma boa margem de lucro.

As discussões quanto ao custo e rentabilidade do uso de *T. pretiosum* no manejo de pragas em cultivos hortícolas são escassas, muitas vezes o foco dos estudos se fixa na produtividade, capacidade de parasitismo e êxito da aplicação conjunta de controle biológico e controle químico. A utilização de *Trichogramma ostrinae* (Pang; Chen) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) no cultivo de milho doce, mostrou-se viável economicamente, sendo o controle biológico três vezes mais

rentável quando comparado com a utilização de técnicas combinadas, e uso de inseticidas químicos (GARDNER et al., 2011).

Muitas técnicas empregadas no manejo de pragas ainda não se aprofundam no custo de aplicação, nem na rentabilidade gerada. Atualmente, agentes de controle do gênero *Trichogramma* são utilizados em liberações aumentativas em mais de 15 milhões de hectares, em mais de 40 países (ZANG et al., 2021). No Brasil, existe mercado para a expansão do uso desses agentes não só para grandes culturas, mas também em áreas hortícolas. O grande gargalo da utilização de agentes de controle macrobiológico ainda é a baixa oferta de produto aliado à concentração das biofábricas próximo a grandes centros. Em cultivos hortícolas a liberação inundativa de agentes de controle biológico como *T. pretiosum* pode baratear os custos com manejo de praga, além de proporcionar menor contaminação das hortaliças por agrotóxicos, uma vez que a frequência de aplicações de inseticidas pode ser reduzida ou mesmo não ser necessária.

Estudos que busquem estabelecer parâmetros econômicos da aplicação do controle biológico são necessários, como forma de encorajar a substituição de técnicas agressivas a saúde e meio ambiente, por ferramentas mais amigáveis. Mesmo que o controle biológico tenha crescido em número de trabalhos e aplicações nos últimos anos, ainda há muito a ser feito, principalmente quanto à produção de hortaliças, que o consumo de inseticidas por hectare pode ser 16 vezes maior que o utilizado em grandes culturas (CARNEIRO, 2012), principalmente devido à assistência técnica inadequada.

O uso de *T. pretiosum* no manejo de *P. xylostella* e outras pragas, no cultivo de repolho verde, repolho roxo e couve, representou um acréscimo nas operações manuais de 19,2% no cultivo de repolho. Já no cultivo de couve, operações manuais de monitoramento e liberações representaram um acréscimo de 36,2% na necessidade de mão-de-obra.

Em couve, o controle biológico pode ser até 50% mais barato que o manejo utilizando inseticidas químicos. Mesmo em comparação com produtos com menor custo de aquisição, a utilização de *T. pretiosum* é 10% mais barata.

O uso de *T. pretiosum* possibilitou a redução de 100% das aplicações de inseticidas nos cultivos de repolho verde, repolho roxo e couve ao longo de um ano de liberações em área comercial de produção. Além de garantir lucro operacional durante todos os cultivos realizados ao longo de um ano, proporcionando índices de

lucratividade superiores a 70% e 50% nos cultivos de repolho verde e roxo, respectivamente. O índice de lucratividade no cultivo de couve foi superior a 85%.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos- PARA. ANVISA (2015) <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3778json-file-1>>(Acessado em 21 de março de 2021).
- BENELLI, G.; GIUNTI, G.; TENA, A., DESNEUX, N.; CASELLI, A.; CANALE, A. The impact of adult diet on parasitoid reproductive performance. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 3, p. 807-823, 2017. DOI 10.1007/s10340-017-0835-2
- CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.; RIZOLLO, A.; MULLER, N. M.; ALEXANDRE, V. P.; FRIEDRICH, K.; MELLO, M. S. C. Dossiê ABRASCO –Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. ABRASCO, Rio de Janeiro, abril de 2012. 1ª Parte. 98p.
- CASTILLO, P. 22 Biological Control in Nicaragua. **Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future**, v. 12, p. 336, 2019.
- FRANCISCO, M.; TORTOSA, M.; MARTÍNEZ-BALLESTA, M. D. C.; VELASCO, P., GARCÍA-VIGUERA, C.; MORENO, D. A. Nutritional and phytochemical value of Brassica crops from the agri-food perspective. **Annals of Applied Biology**, v.170, n. 2, p. 273-285. 2017. <https://doi.org/10.1111/aab.12318>
- FUKUSHI, Y. K. D. M.; JUNQUEIRA, A. M. R.; TELLES, C. C.; KOYAMA, A. H.; SOUSA, M. A. C.; SILVA, T. C. Viabilidade econômica do cultivo das hortaliças abobrinha italiana e repolho em sistema de base agroecológica consorciado. **Cadernos de Agroecologia**, v.13, n. 1. 2018.
- GARDNER, J.; HOFFMANN, M. P.; PITCHER, S. A.; HARPER, J. K. Integrating insecticides and *Trichogramma ostrinae* to control European corn borer in sweet corn: **Economic analysis. Biological Control**, v. 56, n. 1, p. 9–16. 2011. doi:10.1016/j.biocontrol.2010.08.010
- Comitê de Ação a Resistência a Inseticidas-IRAC. Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*. Disponível em: <<https://www.irac-br.org/plutella-xylostella>> acesso em: abril de 2021.
- LI, Z.; FENG, X.; LIU, S. S., YOU, M., FURLONG, M. J. Li, Z., Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China. **Annual review of entomology**, v. 61, p. 277-296. 2016. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023622>
- MARTIN, N. B. et al. Sistema" Custagri": Sistema Integrado de Custo Agropecuário-versão 1, 0. São Paulo: IEA/ASS/FUNDEPAG/Campinas: EMBRAPA-CNPT1A, 1997.
- MATSUNAGA, M. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v.23, n.1, p.123-39, 1976.

PARRA, J. R.; SERRA, H. J.; LOPES, J. R.; SALES, J.R. O. (1989). Metodologia de criação *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. v. 18 n. 2 (1989). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v18i2.603>

PARRA, J. P.; COELHO JÚNIOR, A. R. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 5, 2019. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>

PEREIRA-BARROS, J. L.; BROGLIO-MICHELETTI, S. M. F.; SANTOS, A. J. N. D.; CARVALHO, L. W. T. D.; CARVALHO, L. H. T. D.; OLIVEIRA, C. J. T. D. Biological aspects of *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera:Trichogrammatidae) reared on eggs of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 714-718. 2005.

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. **Zootaxa**, v. 4656, n. 2, p. 201–231-201–231. 2019. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4656.2.1>

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE), 2011.

SIVAPRAGASAM, A. et al. Ecological and Foraging Aspects of the Cabbage Webworm, *Hellula undalis* Fabricius. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, n. Special Issue, p. 53-58, 2017.

STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Aspectos biológicos de *Trichogramma* sp. em diferentes hospedeiros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 16, n. 1, p. 163-169, 1987.

TENA, A., PEKAS, A., CANO, D., WÄCKERS, F. L., URBANEJA, A. Sugar provisioning maximizes the biocontrol service of parasitoids. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 3, p. 795-804, 2015. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12426>

VAN LENTEREN, J. C., BOLCKMANS, K., KÖHL, J., RAVENSBERG, W. J., & URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, n. 1, p. 39-59. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 105, n. 3, p. 1115-1129, 2012. <https://doi.org/10.1603/EC12107>

ZANG, L.; SHENG, L.; WANG, S.; ZHANG, F.; DESNEUX, N. Biological Control with *Trichogramma* in China: History, Present Status and perspectives. **Annu Rev Entomol.** 2021; 66:463–484. pmid:32976724. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060120-091620>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle biológico de lepidópteros-praga no cultivo de brássicas, utilizando o parasitoide de ovos *T. pretiosum* é uma alternativa eficaz e com baixo custo, além disso, garante a rentabilidade da atividade. No entanto, coletar e selecionar linhagens que atendam às necessidades representa um fator importante para o sucesso do controle. A partir de experimentos em laboratório e em campo, estabeleceu-se a temperatura ideal para a multiplicação massal das linhagens coletadas, que varia de acordo com a linhagem, no entanto, temperaturas constantes de 36°C reduzem a longevidade, parasitismo e número de fêmeas de *T. pretiosum*. Dentre as linhagens coletadas, a 'SB I' apresenta maior adaptabilidade à variação de temperatura, podendo ser utilizada em ambientes de cultivo distintos.

Características como capacidade de parasitismo, capacidade de voo e razão sexual são parâmetros importantes na escolha de uma linhagem, pois influenciam na eficácia de parasitismo em campo. Algumas dessas características podem sofrer influência de bactérias endossimbiontes que interferem nos parâmetros de qualidade das linhagens de *T. pretiosum*, podendo proporcionar maior porcentagem de fêmeas e atuar na nutrição e proteção dos insetos. A linhagem 'Folhas da terra', coletada em área de cultivo comercial de brássicas, foi a que apresentou melhor desempenho, quanto à capacidade de voo, maior proporção de fêmeas voadoras, número de fêmeas por ovos de *Chrysodeixis includens*, razão sexual superior a 80%, sendo selecionada para a condução dos experimentos em campo.

Além das características inerentes aos parasitoides, a cultura e sistema de cultivo devem ser estudados, bem como a capacidade de dispersão dos insetos. A capacidade de dispersão do agente de controle biológico determina o número de pontos que devem ser utilizados na cultura, para que haja eficiência no manejo. No cultivo de couve são necessários 123 pontos de liberação por hectare, para que haja dispersão suficiente do parasitoide no período de 24 horas na área de cultivo, enquanto que em cultivo de repolho são necessários 126 pontos.

Para a utilização do controle biológico de forma conjunta com o controle químico, a compatibilidade dos produtos deve ser testada, através de experimentos de seletividade. Todos os inseticidas testados não foram seletivos a *T. pretiosum*, exceto o produto comercial Agree® no teste de exposição tarsal. Outros produtos como fungicidas e adubos foliares podem excercer papel inseticida, sendo

observada compatibilidade apenas nos fungicidas Ranman[®], Revus[®] e Cantus[®] e no foliar Botanix Terpex[®].

A quantidade de fêmeas de *T. pretiosum* a serem liberadas varia conforme a cultura e características das pragas alvo. No cultivo de repolho, a liberação de 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* por hectare foi eficiente no controle de *Plutella xylostella*, *Chrysodeixis includens* e *Hellula undalis*, tanto em período seco, como no período chuvoso, sendo capaz de reduzir à necessidade de pulverização a zero. Demonstrando que mesmo que em condições favoráveis para a multiplicação dos insetos-praga, a liberação inundativa de *T. pretiosum* proporciona controle eficaz.

O controle biológico das principais pragas no cultivo de brássicas através da liberação inundativa de *T. pretiosum* demonstrou ser economicamente viável. Utilizando-se 200 mil fêmeas de *T. pretiosum* no cultivo do repolho verde e repolho roxo, e 300 mil fêmeas por hectare, no cultivo de couve, foi possível reduzir em 100% a necessidade de pulverização de inseticidas químicos para o controle de *P. xylostella*, *C. includens* e *H. undalis*. Além disso, o uso do *T. pretiosum* no manejo das pragas apresentou baixo custo e elevada rentabilidade.

REFERÊNCIAS

- CEAGESP, 2018. CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2018. Available at: <<http://www.ceagesp.gov.br/entrepósitos/serviços/cotações/#cotação>> Accessed on September 5, 2018.
- FAOSTAT (2019). [FAO Statistics database]. [online]. Available from Disponível em: <<http://faostat3.fao.org> [2015-03-01]> Acesso em: 18 de abril de 2021.
- FRANCISCO, M.; TORTOSA, M.; MARTÍNEZ-BALLESTA, M. del C.; VELASCO, P.; GARCÍA-VIGUERA, C.; MORENO, D.A. Nutritional and phytochemical value Brassica crops from the agri-food perspective. **Annals of Applied Biology**. v.170, Ed.2 Março de 2017 p.273-285 <https://doi.org/10.1111/aab.12318>
- IRAC-BR. Comitê Brasileiro de Ação à resistência a inseticidas. 2016. Available from: <http://www.irac-br.org/#!Traçadascrucíferas-consegue-detectar-a-presença-deinseticidas-na-planta/csfb/56e9a0390cf2d686649c7abd> [acessado em 16 de abril de 2021]
- JEON, J.; KIM, J. K.; KIM, H.R.; KIM, Y.J.; PARK, Y.J.; KIM, S. J.; KIM, C.; PARK, S.U. Transcriptome analysis and metabolic profiling of green and red kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) seedlings. **Food Chemistry** 241 (2018) 7–13 doi:10.1016 / j.foodchem.2017.08.067
- LIAO, J.; XUE, Y.; XIAO, G.; XIE, M.; HUANG, S.; YOU, S.; YOU, M. Inheritance and fitness costs of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry2Ad in laboratory strains of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). **Scientific reports**, 9(1), 1-8, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42559-2>
- NOYES, J.S. 2021. Universal Chalcidoidea Database. Electronic publication on the World Wide Web. Available at: <<http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>> Acesso em 10/04/2021.
- OS, N.; VARSHNEY, R. Utilization of Trichogrammatid Egg Parasitoid in Pest Management. **Acta Scientific Agriculture** (ISSN: 2581-365X), v. 2, n. 3, 2018.
- VAN LENTEREN, J. C., BOLCKMANS, K., KÖHL, J., RAVENSBERG, W. J., & URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, 63(1), 39-59. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>
- ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 105, n. 3, p. 1115-1129, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060120-091620>