



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

Luciana Souza Goulart

Ação de bioinseticidas formulados a partir de fungos entomopatogênicos sobre diferentes fases de desenvolvimento de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) e biologia comparada com *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae)

Florianópolis

2022

Luciana Souza Goulart

Ação de bioinseticidas formulados a partir de fungos entomopatogênicos sobre diferentes fases de desenvolvimento de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) e biologia comparada com *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Ciências

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Goulart, Luciana Souza

Ação de bioinseticidas formulados a partir de fungos entomopatogênicos sobre diferentes fases de desenvolvimento de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) e biologia comparada com *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae) / Luciana Souza Goulart ; orientador, Alex Sandro Poltronieri, 2022.
69 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Afídeos. 3. Controle biológico. 4. Fungos entomopatogênicos. 5. Tabela de vida e fertilidade. I. Poltronieri, Alex Sandro . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

Ação de bioinseticidas formulados a partir de fungos entomopatogênicos sobre diferentes fases de desenvolvimento de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) e biologia comparada com *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae)

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Daiane Heloisa Nunes, Dr.(a)
Instituto Federal Catarinense

Márcia Regina Faita, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ciências.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Alex Sandro Poltronieri, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2022.

Em especial, dedico minha pesquisa e formação acadmica ao
meu pai e agradeço por ser minha maior inspirao.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao Programa de Excelência Acadêmica (ProEx) pelo apoio financeiro.

Ao professor Alex Sandro Poltronieri, pela orientação, dedicação, amizade, conselhos, por ter acreditado e depositado sua confiança em mim, pelo caminho percorrido até aqui e por fazer parte deste importante passo na minha trajetória, meus sinceros agradecimentos.

Ao professor Robson Marcelo di Piero pelo intermédio que possibilitou vivenciar esta e outras experiências.

À empresa Koppert por ceder os insumos utilizados nos experimentos.

Agradeço ao Laboratório de Entomologia Agrícola e à todos os seus integrantes. Em especial, agradeço ao Professor César Assis Butignol, por compartilhar suas ideias, experiências e conhecimentos.

À professora Maria Aparecida Cassilha Zawadneak, pela ajuda e tempo despendido na identificação de *Lipaphis pseudobrassicae*.

Aos estagiários Flávia Kauduinski, Larissa Manenti e Élisson Stein por todo o apoio prestado, pela amizade firmada, por tornarem os dias de trabalho mais leves e divertidos. Agradeço pelo carinho, motivação e força no momento em que mais precisei, vocês são incríveis.

Ao meus pais, Luiz Gonzaga e Ana Cláudia, meus irmãos, Ana Luiza e Luiz, minha esposa, Juliana e meu cunhado Bruno, agradeço pelo apoio incondicional, pela paciência, motivação e por sempre acreditarem em mim. Além disso, agradeço pelo grande auxílio na preparação de material para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

O cultivo de brássicas tem importância social e econômica na diversidade produtiva da agricultura familiar catarinense. Os danos ocasionados por insetos estão entre os principais fatores que comprometem a produtividade de brássicas, destacando-se os afídeos *Brevicoryne brassicae* e *Lipaphis pseudobrassicae*. O emprego de inseticidas sintéticos com amplo espectro de ação é a principal forma de manejo destes insetos. No entanto, o uso abusivo de inseticidas tem causado efeitos indesejados, estimulando estudos que viabilizem o uso de estratégias de manejo menos prejudiciais como ferramentas para elaboração de programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Nesse sentido, o controle biológico tem apresentado um crescimento expressivo. Nos últimos anos, no Brasil, muitos produtos formulados a partir de cepas de fungos entomopatogênicos (FE) foram registrados para emprego no controle biológico de insetos. No entanto, para estabelecer estratégias de manejo eficazes, é necessário avaliar o efeito destes produtos formulados sobre a praga alvo, além de ter conhecimento sobre a biologia destes insetos. Neste contexto, buscou-se avaliar a ação de produtos formulados a partir de FE sobre *B. brassicae*, além da confecção de tabelas de vida e fertilidade de *B. brassicae* e do afídeo *L. pseudobrassicae*, registrado no ano 2006 atacando brássicas. Para a avaliação de bioinseticidas formulados a partir de FE sobre *B. brassicae* foram utilizados os bioinseticidas Boveril[®] (*Beauveria bassiana*), Metarril[®] (*Metarhizium anisopliae*) e Octane[®] (*Isaria fumosorosea*). Utilizando um pulverizador manual, ninfas de 1^o e 3^o instar e adultos foram expostos, via contato direto, a diferentes concentrações de cada bioinseticida (10^3 - 10^7 conídios.mL⁻¹), sendo a mortalidade verificada em intervalos de 24h, durante cinco dias. A mortalidade foi dose-tempo dependente. A concentração 10^7 conídios.mL⁻¹ de Boveril[®] foi a mais efetiva, causando mortalidade entre ninfas e adultos de 80% após 24h da exposição. A mortalidade causada por Boveril[®] foi superior à verificada para Metarril[®] (11,2%) e Octane[®] (16,4%). Em avaliações após 120h, Metarril[®] teve um incremento de 83,2% na mortalidade (66,5%), enquanto Octane[®] teve um incremento de 61,4% na mortalidade (42,8%). Boveril[®] causou 90,2% de mortalidade após 120h, apresentando o menor incremento (11,2%) na mortalidade entre as avaliações realizadas com 24h e 120h. Os resultados indicam que Boveril[®] foi o bioinseticida mais eficiente no controle de todas as fases de desenvolvimento de *B. brassicae*. O estudo da biologia de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* por meio da confecção de tabela de vida de fertilidade revelaram que a fase imatura foi semelhante entre *B. brassicae* (6,46 dias) e *L. pseudobrassicae* (6,57 dias). Após atingirem o estágio adulto, houve diferenças na duração das fases pré-reprodutiva, reprodutiva e pós-reprodutiva. Adultos de *B. brassicae* permaneceram mais tempo nos períodos pré e pós reprodutivos e um menor tempo no período reprodutivo. Entretanto, a fertilidade específica de *B. brassicae* foi superior a de *L. pseudobrassicae*. A elevada mortalidade em ninfas de *B. brassicae* reduziu seus parâmetros de crescimento populacional. A taxa líquida de reprodução (R_0) em *B. brassicae* foi menor (9,98) que a observada em *L. pseudobrassicae* (17,62), o intervalo de tempo de cada geração (T) foi semelhante entre as espécies, bem como a capacidade inata de aumentar em número (rm) e a razão finita de aumento (λ). O tempo necessário para a população duplicar o número de indivíduos (TD) foi de 4,37 dias para *B. brassicae* e de 3,62 dias para *L. pseudobrassicae*. Os resultados obtidos possibilitam aprimorar estratégias de monitoramento que subsidiam a tomada de decisão sobre o momento ideal para o emprego de estratégias de controle e demonstram a efetividade dos fungos entomopatogênicos no controle de *B. brassicae*.

Palavras-chave: Manejo Integrado de Pragas, Dinâmica populacional, Afídeos, Controle biológico, Inimigos naturais.

ABSTRACT

The cultivation of brassicas has social and economic importance in the productive diversity of Santa Catarina family agriculture. The damage caused by insects is among the main factors that compromise the productivity of brassicas, especially the aphids *Brevicoryne brassicae* and *Lipaphis pseudobrassicae*. The use of synthetic insecticides with a broad spectrum of action is the main form of management of these insects. However, the abusive use of insecticides has caused undesired effects, stimulating studies that enable the use of less harmful management strategies as tools for the elaboration of Integrated Pest Management (IPM) programs. In this sense, biological control has shown significant growth. In recent years, in Brazil, many products formulated from strains of entomopathogenic fungi (EF) have been registered for use in the biological control of insects. However, to establish effective management strategies, it is necessary to evaluate the effect of these formulated products on the target pest, in addition to having knowledge about the biology of these insects. In this context, we sought to evaluate the action of products formulated from EF on *B. brassicae*, in addition to the preparation of life and fertility tables of *B. brassicae* and the aphid *L. pseudobrassicae*, recorded in 2006 attacking brassica. For the evaluation of bioinsecticides formulated from EF on *B. brassicae*, the bioinsecticides Boveril® (*Beauveria bassiana*), Metarril® (*Metarhizium anisopliae*) and Octane® (*Isaria fumosorosea*) were used. Using a hand sprayer, 1st and 3rd instar nymphs and adults were exposed, via direct contact, to different concentrations of each bioinsecticide (10^3 - 10^7 conidia.mL⁻¹), and mortality was verified at 24-hour intervals for five days. Mortality was dose-time dependent. The concentration 10^7 conidia.mL⁻¹ of Boveril® was the most effective, causing an 80% mortality among nymphs and adults after 24h of exposure. Mortality caused by Boveril® was higher than that observed for Metarril® (11.2%) and Octane® (16.4%). In evaluations after 120h, Metarril® had an 83.2% increase in mortality (66.5%), while Octane® had a 61.4% increase in mortality (42.8%). Boveril® caused 90.2% of mortality after 120h, showing the smallest increase (11.2%) in mortality between the assessments performed at 24h and 120h. The results indicate that Boveril® was the most efficient bioinsecticide to control all stages of development of *B. brassicae*. The study of the biology of *B. brassicae* and *L. pseudobrassicae* through the creation of a fertility life table revealed that the immature phase was similar between *B. brassicae* (6.46 days) and *L. pseudobrassicae* (6.57 days). After reaching the adult stage, there were differences in the duration of the pre-reproductive, reproductive and post-reproductive phases. Adults of *B. brassicae* remained longer in the pre and post reproductive periods and a shorter time in the reproductive period. However, the specific fertility of *B. brassicae* was superior to that of *L. pseudobrassicae*. The high mortality in *B. brassicae* nymphs reduced their population growth parameters. The net reproduction rate (R_0) in *B. brassicae* was lower (9.98) than that observed in *L. pseudobrassicae* (17.62), the time interval of each generation (T) was similar between species, as well as the innate ability to increase in number (r_m) and the finite rate of increase (λ). The time required for the population to double the number of individuals (TD) was 4.37 days for *B. brassicae* and 3.62 days for *L. pseudobrassicae*. The results obtained make it possible to improve monitoring strategies that support decision-making on the ideal moment for the use of control strategies and demonstrate the effectiveness of entomopathogenic fungi in the control of *B. brassicae*.

Keywords: Integrate Pest Management, Population dynamics, Aphids, Biological control, Natural enemies.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
	REFERÊNCIAS.....	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	A cultura da couve	13
2.2	Pragas da cultura.....	13
2.2.1	<i>Afídeos</i>.....	14
2.2.1.1	<i>Brevicoryne brassicae</i>	15
2.2.1.2	<i>Lipaphis pseudobrassicae</i>	15
2.3	Manejo de afídeos em brássicas	16
2.3.1	Monitoramento	16
2.3.2	Controle químico	17
2.3.3	Controle biológico.....	17
2.3.3.1	<i>Fungos entomopatogênicos</i>	18
2.3.3.1.1	<i>Beauveria bassiana</i>	19
2.3.3.1.2	<i>Metarhizium anisopliae</i>	19
2.3.3.1.3	<i>Isaria fumosorosea</i>	20
	REFERÊNCIAS.....	21
	CAPÍTULO 1	25
	Efeito letal de inseticidas formulados a partir de fungos entomopatogênicos sob <i>Brevicoryne brassicae</i> (Hemiptera: Afididae).....	25
	RESUMO.....	25
	CHAPTER 1.....	26
	Lethal effect of insecticides formulated from entomopatogenic fungi on <i>Brevicoryne</i> <i>brassicae</i> (Hemiptera: Afididae).....	26
	ABSTRACT	26
1.	INTRODUÇÃO	27

2.	MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1	Cultivo de couve-manteiga (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>).....	28
2.2	Criação de <i>Brevicoryne brassicae</i>	29
2.3	Bioinseticidas.....	29
2.4	Bioensaios.....	30
2.5	Análise de dados	30
3.	RESULTADOS	31
4.	DISCUSSÃO	41
	REFERÊNCIAS.....	44
	CAPÍTULO 2	49
	Biologia de <i>Brevicoryne brassicae</i> e <i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (Hemiptera: Aphididae) em couve (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>).....	49
	RESUMO.....	49
	CHAPTER 2.....	50
	Biology of <i>Brevicoryne brassicae</i> and <i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (Hemiptera: Aphididae) on kale (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>)	50
	ABSTRACT	50
1.	INTRODUÇÃO	51
2.	MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1	Produção de couve-manteiga (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>).....	52
2.2	Criação de <i>Brevicoryne brassicae</i> e <i>Lipaphis pseudobrassicae</i>	53
2.3	Bioensaio tabela de vida	53
2.4	Análises.....	54
3.	RESULTADOS	54
4.	DISCUSSÃO	58
	REFERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

A agricultura familiar corresponde a mais de 70% das propriedades rurais brasileiras (IBGE, 2017). Estas propriedades compõem a principal fonte fornecedora de alimentos que abastece o mercado interno (BRASIL, 2021a). A diversidade produtiva é uma característica marcante da agricultura familiar, com a produção de hortaliças possuindo elevada relevância, destacando-se a produção de brássicas, como couve, couve-flor e brócolis, pela importância econômica, social e nutricional (IBGE, 2017).

Os danos ocasionados por insetos estão entre os principais riscos que ameaçam a produção de brássicas (MELO et al., 2017). Entre as principais pragas, destacam-se os afídeos *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) e *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae) (PONTOPPIDAN et al., 2003). Até o ano de 2006, essas eram as duas espécies registradas em associação com brássicas, como a couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) no Brasil, no entanto, RESENDE et al. (2006) consignaram o primeiro registro do afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) associado à cultura da couve.

As espécies *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* são específicas da família Brassicaceae, ocasionam danos diretos devido a sucção de seiva floemática e danos indiretos pela transmissão de fitopatógenos (ZAWADNEAK et al., 2015). *Brevicoryne brassicae* é vetor de aproximadamente 20 espécies de vírus causadores de doenças em brássicas, enquanto *L. pseudobrassicae* é considerado vetor de pelo menos 10 viroses (MOURA et al., 2019). Sob infestações severas, as perdas nas áreas de cultivo podem ser superiores a 80% (KHATTAK et al., 2002).

O uso de inseticidas químicos é o método mais empregado no manejo de afídeos em couve. Entre os inseticidas autorizados para uso no controle de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* estão os pertencentes ao grupo químico dos piretroides, carbamatos, organofosforados, neonicotinoides e butenolidas (BRASIL, 2021b). Em geral, a aplicação destes inseticidas é realizada de modo sequencial e preventivo, sem considerar a presença ou quantidade de insetos na área (ALMEIDA et al., 2007). Assim, o uso intensivo tem gerado efeitos negativos devido a eliminação de insetos benéficos como predadores, parasitoides e polinizadores (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003), seleção de insetos resistentes (RIBEIRO; CAMELLO, 2014), contaminação dos solos (SPADOTTO et al., 2004) e recursos hídricos (MOREIRA et al., 2012), resíduo em alimentos (CARNEIRO et al., 2015) e risco a saúde humana (VINHA et al., 2013).

Os impactos causados pelo uso abusivo de inseticidas e o aumento na demanda por alimentos livres de resíduos, reforçam a premência em adotar estratégias de controle menos nocivas e intensificar a implementação de medidas baseadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP) (WU et al., 2016). Em definição, sancionada pela FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), o MIP é o sistema de manejo que associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie e, utilizando técnicas apropriadas, mantém a população da praga em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico.

O conhecimento sobre a biologia de um inseto praga é uma das primeiras etapas para estabelecer estratégias de MIP. Desta forma, estudos de tabela de vida de fertilidade são de grande importância, uma vez que permitem avaliar parâmetros como velocidade de desenvolvimento, longevidade, fecundidade e sobrevivência, fundamentais para compreender a dinâmica populacional de uma espécie sob determinadas condições ambientais, subsidiando o desenvolvimento de estratégias para o controle de pragas e contribuindo para o aprimoramento de programas de MIP (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Entre as estratégias de controle que compõe o MIP, o controle biológico é uma ferramenta promissora para pequenos agricultores como os de couve-manteiga. O controle biológico é descrito como a ação de parasitoides, predadores ou patógenos, como fungos entomopatogênicos (**FE**), que mantém a densidade populacional de outros organismos em níveis mais baixos do que ocorreria em sua ausência (BOSCH; MESSENGER; GUTIERREZ, 1973). Diversos microrganismos podem atuar no controle biológico, pois para a maioria das pragas, existe um patógeno capaz de regular a sua população, demonstrando o potencial do controle microbiano (ALVES, 1998). No Brasil, muitos bioinseticidas são formulados a partir de **FE**, como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* (BRASIL, 2021b) apresentando patogenicidade a afídeos, como *B. brassicae* (ALMEIDA et al., 2007; ARAUJO JR; MARQUES; OLIVEIRA, 2009; LOUREIRO; MOINO JR, 2006).

O uso de **FE** em programas de MIP tem apresentado um crescimento expressivo nos últimos anos (PARRA; COELHO JR, 2019). Apesar desse aumento significativo, existem poucos estudos que avaliem o efeito de bioinseticidas formulados sobre pragas, como *B. brassicae*. Isso pode ser justificado pelo fato de que a maioria dos estudos utilizam **FE** não formulados, com o objetivo de selecionar cepas virulentas, com potencial para serem utilizadas como ingrediente ativo de novos bioinseticidas. Entretanto, esse cenário não reflete os efeitos causados por bioinseticidas comerciais sobre insetos, pois o uso de **FE** na agricultura é dependente de formulações (BATISTA FILHO et al., 1998). As formulações preservam os

conídios por longos períodos, mantendo sua capacidade de germinação e infecção (MENT et al., 2010) e podem potencializar sua ação (FARIA; WRAIGHT, 2007). Além disso, vários produtos formulados a partir de **FE** utilizados no controle de afídeos podem exibir uma eficiência moderada ou baixa (JANDRICIC et al., 2014), comprometendo seu emprego. Trabalhos têm mostrado que diferentes espécies de **FE** podem apresentar patogenicidades distintas em cada espécie de inseto (JANDRICIC et al., 2014), sugerindo uma adaptação hospedeira (ELMEKABATY; HUSSAIN; ANSARI, 2020).

Deste modo, devido à carência de informações sobre a biologia de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* e a inexistência de bioinseticidas, formulados a partir de **FE**, liberados para uso no controle de *B. brassicae* (BRASIL, 2021b), este trabalho avaliou aspectos biológicos de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* por meio da confecção de tabela de vida e fertilidade e verificou a ação de bioinseticidas formulados a partir de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* sobre *B. brassicae*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. D. de; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; HOLTZ, A. M.; VICENTINI, V. B. **Determinação da concentração letal média (CL50) de *Beauveria bassiana* para o controle de *Brevicoryne brassicae*.** Idesia, 2007.
- ALVES, S. B. **Patologia e controle microbiano: vantagens e desvantagens.** In: ALVES, S. B. Controle microbiano de insetos. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- ARAÚJO JR, J. M de; MARQUES, E. J.; OLIVEIRA, J. V de. **Potencial de isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* e do óleo de Nim no controle do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae).** Neotrop. entomol., 2009.
- BATISTA FILHO, A.; ALVES, S.B.; ALVES, L.F.A.; PEREIRA, R.M.; AUGUSTO, N.T. **Formulação de Entomopatógenos.** In: ALVES, S.B. Controle Microbiano de Insetos. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- BOSCH, R.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. **An introduction to biological control.** New York: Plenum Press, 1973.
- BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria Executiva. **Agricultura Familiar e Cooperativismo.** Agricultura Familiar. Brasília, 2021a.
- BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários.** Brasília, 2021b.
- CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W.; **Métodos alternativos de controle fitossanitário.** Jaguariuna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2003.
- CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. da S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.** São Paulo: Expressão Popular, 2015.
- ELMEKABATY, M. R.; HUSSAIN, M. A.; ANSARI, M. A. **Evaluation of commercial and non-commercial strains of entomopathogenic fungi against large raspberry aphid *Amphorophora idaei*.** BioControl, 2020.
- FARIA M. R.; WRAIGHT, S. P. **Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types.** Biol Control, 2007.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Integrated Pest Management (IPM).** Pest and Pesticide Management, 2021.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola, 2017: resultados definitivos.**
- JANDRICIC, S. E.; FILOTAS, M.; SANDERSON, J. P.; WRAIGHT, S. P. **Pathogenicity of conidia-based preparations of entomopathogenic fungi against the greenhouse pest aphids *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, and *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae).** J. Invertebr. Pathol., 2014.

- KHATTAK, S. U.; HAMEED, A. U.; KHAN, A. Z.; FARID, A. **Pesticidal control of rapeseed aphid, *Brevicoryne brassicae* L.** Pakistan journal of zoology, 2002.
- LOUREIRO, E. S.; MOINO Jr A. A. **Patogenicidade de fungos hifomicetos aos pulgões *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae).** Neotrop. Entomol., 2006.
- MELO, R. A. de C. e; VENDRAME, L. P. de C.; MADEIRA, N. R.; BLIND, A. D.; VILELA, N. J. **Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de brássicas nas principais regiões produtoras brasileiras.** Embrapa Hortaliças, Brasília, 2017.
- MENT, D.; GINDIN, G.; GLAZER, I.; PERL, S.; ELAD, D.; SAMISH, M. **The effect of temperature and relative humidity on the formation of *Metarhizium anisopliae* chlamydospores in tick eggs.** Fungal Biol., 2010.
- MOREIRA, J. C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. D. C.; VIEIRA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. **Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso.** Ciência & Saúde Coletiva, 2012.
- MOURA, A. P.; GUIMARÃES, J. A.; SILVA, J. da; GUEDES, I. M. R.; LEAL, D. C. P. **Recomendações técnicas para o manejo de pragas em brassicaceas com vistas à produção integrada de hortaliças folhosas.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2019.
- PARRA, J. R. P.; COELHO JÚNIOR, A. **Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application.** Journal of Insect Science, Oxford University Press. Oxford, 2019.
- PONTOPPIDAN, B.; HOPKINS, R.; RASK, L.; MEIJER, J. **Infestation by cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) on oilseed rape (*Brassica napus*) causes a long-lasting induction of the myrosinase system.** Entomologia Experimentalis et Applicata, 2003.
- RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. **Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphidae) e sua associação com insetos predadores, parasitóides e formigas em couve (Cruciferae) no Brasil.** Neotropical Entomology, 2006.
- RIBEIRO, B. A. L.; CAMELLO, T. C. F. **Reflexões sobre o uso de agrotóxicos e suas consequências.** Revista Sustinere, 2014.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. **Manual de Ecologia dos Insetos.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1976.
- SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. de. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.
- VINHA, M. B.; PINTO, C. L. DE O.; PINTO, C. M. F.; SOUZA, C. F. de; SOUZA, M. R. de M. OLIVEIRA, L. L. de. **Impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos em frutas e hortaliças.** Viçosa: Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 2013.
- WU, S.; GAO, Y.; XU, X.; GOETTEL, M. S.; LEI, Z. **Compatibility of *Beauveria bassiana* with *Neoseiulus barkeri* for Control of *Frankliniella occidentalis*.** Journal of Integrative Agriculture, 2016.

ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MEDEIROS, C.; SILVA, R. A. da.
Olericultura: pragas e inimigos naturais. Curitiba :SENAR, 2015.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA COUVE

A couve-de-folha também denominada couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) é uma hortaliça pertencente à família das Brassicaceae. A família Brassicaceae abrange o maior número de culturas oleráceas que se distribuem entre hortaliças herbáceas e tuberosas (FILGUEIRA, 2008). A couve-manteiga é uma hortaliça arbustiva anual ou bienal, típica de outono-inverno, sendo adaptada ao frio intenso e resistente às geadas (AGUIAR et al., 2014). É uma planta rústica quando comparada a outras brássicas, principalmente quanto às exigências nutricionais, possuindo tolerância ao calor e sendo cultivada, em algumas áreas, durante todo ano (FILGUEIRA, 2008). Equiparada a outras hortaliças foliosas, a couve-manteiga se destaca por apresentar maior teor de proteínas, carboidratos, fibras, cálcio, ferro e niacina (LORENZ; MAYNARD, 2007). É uma excelente fonte de vitaminas A, C, K e vitaminas do complexo B (BRASIL, 2015). Além disso, apresenta altos níveis de luteína e β -caroteno, que possuem propriedades importantes para a saúde humana, reduzindo riscos de câncer no pulmão e de doenças oftalmológicas crônicas (LEFSRUD et al., 2007).

A couve-manteiga é cultivada em pequenas propriedades e traz ao produtor retorno financeiro em um tempo relativamente curto, gerando grande impacto social na geração de empregos diretos e indiretos, desde o plantio até a industrialização (MELO et al., 2017). Segundo dados levantados no último Censo Agropecuário, o estado de São Paulo é o maior produtor dessa hortaliça no país (IBGE, 2017). Em Santa Catarina a produção concentra-se na região metropolitana da Grande Florianópolis, sendo o município de Antônio Carlos o principal produtor (CEASA-SC, 2021).

2.2 PRAGAS DA CULTURA

Dentre as pragas que assolam o cultivo de brássicas, estão os lepidópteros, como a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae); o curuquerê-da-couve, *Ascia monuste orseis* (Latreille) (Lepidoptera: Pieridae); a broca-da-couve, *Hellula phidilealis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae); e, a falsa-medideira, *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae); também se destaca o dano ocasionado por insetos do gênero *Liriomyza* pertencente à ordem Diptera, família Agromyzidae (HOLTZ et al., 2015), que são

conhecidos como moscas minadoras; hemípteros como a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) e, pertencentes à Aphididae, os pulgões, conhecidos também comumente como afídeos (HOLTZ et al., 2015; GALLO et al., 2002; LIU; SPARKS JR., 2001).

2.2.1 Afídeos

Os afídeos possuem ampla distribuição mundial, são pragas importantes pelo grande número de plantas hospedeiras que colonizam e pela rápida capacidade de proliferação (ZAWADNEAK et al., 2015). As espécies *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* são pragas-chave específicas da família Brassicaceae, em condições de clima tropical, as fêmeas se reproduzem por partenogênese telítica, ou seja, sem a participação do macho, gerando apenas descendentes fêmeas (HOLTZ et al., 2015). A reprodução e desenvolvimento destes insetos ocorrem de forma rápida, formando grandes colônias em curto período, apresentam dimorfismo alar, produzindo indivíduos ápteros e alados. A geração de fêmeas aladas é desencadeada por diversos fatores, principalmente sob condições desfavoráveis, como baixa qualidade do alimento, alta densidade, temperatura e fotoperíodo, presença de inimigos naturais e competição intra e interespecífica (LIU & SPARKS JR., 2001).

Os afídeos são insetos sugadores que se alimentam da seiva das plantas hospedeiras, acarretando a perda de vigor e produtividade, ocasionam murchamento e encarquilhamento das folhas as quais perdem o valor comercial (ZAWADNEAK et al., 2015). Além disso, também ocasionam danos indiretos através da excreção de uma substância açucarada, chamada de melato ou “honeydew”, que serve de substrato para o crescimento de um fungo conhecido como fumagina (*Capnodium* sp.) que recobre a superfície foliar diminuindo a área fotossintética e a respiração foliar (VALBON et al., 2015). Os afídeos são importantes vetores de diversas viroses que acometem as brássicas. As plantas infectadas apresentam como sintomas bolhosidade, clorose, deformações foliares e tem seu desenvolvimento reduzido (ZAWADNEAK et al., 2015). Sob infestações severas, as perdas nas áreas de cultivo podem passar dos 80% (KHATTAK, et al., 2002).

2.2.1.1 *Brevicoryne brassicae*

O pulgão-da-couve *Brevicoryne brassicae* (L.), originário da Europa, encontra-se amplamente distribuído nas regiões temperadas e subtropicais do mundo. No Brasil é considerado praga-chave da cultura da couve. A fêmea alada desta espécie apresenta comprimento médio do corpo de 1,6 a 2,2 mm, com cabeça e tórax escuros e abdome verde-amarelado com várias faixas transversais, irregulares, estreitas e de coloração enegrecida. A fêmea áptera possui cabeça escura, tórax e abdome verde acinzentado ou verde opaco, com manchas escuras na parte dorsal, corpo recoberto por cera branca-acinzentada e comprimento de 1,8 a 2,1 mm (HOLTZ et al., 2015; LIU & SPARKS JR., 2001; ZAWADNEAK et al., 2015).

Brevicoryne brassicae é específico da família Brassicaceae, possui hábito gregário, com maior densidade populacional nas folhas medianas e apicais das plantas de couve (CIVIDANES, 2003; LIU & SPARKS JR., 2001). Apresenta desenvolvimento rápido e forma numerosas colônias, em condições desfavoráveis, como baixa qualidade do alimento, alta densidade populacional, temperatura e fotoperíodo, há o surgimento de indivíduos alados que são responsáveis pela dispersão da espécie (BLACKMAN; EASTOP, 2007; HOLTZ et al., 2015; LIU & SPARKS JR., 2001).

Os pulgões *B. brassicae* são vetores de cerca de 20 espécies de vírus capazes de causar doenças em brássicas (HOLTZ et al., 2015; LIU & SPARKS JR., 2001; ZAWADNEAK et al., 2015).

2.2.1.2 *Lipaphis pseudobrassicae*

Popularmente conhecido como pulgão do nabo, ou pulgão da mostarda, trata-se de uma praga que possui ampla distribuição mundial, no entanto, é favorecido por climas mais quentes (BLACKMAN; EASTOP, 2007).

É uma praga específica de Brassicaceae, podendo atacar muitas espécies e gêneros desta família. Além dos danos diretos, é considerado vetor de pelo menos 10 tipos de viroses, incluindo o mosaico do nabo (potyvirus), o mosaico da couve-flor (caulimovirus) e o mosaico do rabanete (BLACKMAN; EASTOP, 2007; MOURA et al., 2019).

A origem de *L. pseudobrassicae* ainda não está claramente definida e ao longo do tempo ocorreram muitas mudanças na sua classificação e nomenclatura. Inicialmente, essa espécie foi confundida com *B. brassicae*, no entanto, em 1914, observando as diferenças entre

as espécies, Davis a renomeou para *Aphis pseudobrassicae*. Em 1923, Takahashi observou que a espécie apresentava o seu sifúnculo levemente clavado, então a nomeou de *Ropalosiphum pseudobrassicae*, nove anos depois, Börner e Schilder, perceberam que a espécie se alimentava exclusivamente de brássicas e possuía origem paleártica, assim renomearam a espécie como *Lipaphis erysimi*. Contudo, com base em estudos morfológicos detalhados e no número de cromossomos, foi considerada como uma nova espécie do gênero *Lipaphis*. A espécie *L. erysimi* apresenta cariótipo $2n = 10$ encontrada apenas em brássicas selvagens na Europa, diferindo da encontrada em plantações, a qual apresenta oito ou nove cromossomos e tem sua provável origem no leste asiático. Sendo assim, é possível que todos os relatos de ataque de *L. erysimi* a plantas cultivadas ao redor do mundo sejam referentes a *L. pseudobrassicae* (BLACKMAN; EASTOP, 2007; MÜLLER, 1986; RONQUIST; AHMAN, 1990).

2.3 MANEJO DE AFÍDEOS EM BRÁSSICAS

Para estabelecer um programa de manejo que minimize a ocorrência de danos é necessário ter conhecimento sobre a área de cultivo, a cultura e os problemas passíveis de ocorrer.

Sempre que possível deve-se considerar a integração de todas as técnicas de controle disponíveis, reduzindo o uso de pesticidas em níveis economicamente justificáveis, minimizando os riscos para a saúde humana e ambiental, sendo esta a definição de Manejo Integrado de Pragas (FAO, 2021). A definição implica na prevenção e supressão de problemas a longo prazo, através da combinação de técnicas.

Para o manejo de afídeos na cultura da couve, há a integração de métodos como: o uso de variedades resistentes ou tolerantes (STEIN; TEXEIRA, 2010), adoção de práticas culturais para tornar o habitat pouco favorável ao desenvolvimento da praga (HOLTZ et al., 2015), o controle biológico (ZAWADNEAK et al., 2015) e o controle químico (GALLO et al., 2002). Para a utilização deste com base nos preceitos do MIP há algumas observações básicas, iniciando-se pela realização frequente do monitoramento dos insetos-praga.

2.3.1 Monitoramento

Para pôr em prática o Manejo Integrado de Pragas (MIP), deve-se iniciar pelo monitoramento, pois só assim tem-se conhecimento da densidade populacional da espécie-alvo no campo (WAQUIL; VIANA; CRUZ, 2002).

O monitoramento de pulgões pode ser feito com auxílio de equipamentos utilizados durante a amostragem, como bandeja de água, armadilha adesiva e de sucção (HOLTZ et al., 2015), sendo as armadilhas de bandeja de água com fundo amarelo e as armadilhas com cartões adesivos, também na coloração amarela, as mais indicadas para pulgões (RESENDE et al., 2007).

A frequência destes monitoramentos depende de alguns fatores como a fase de desenvolvimento da cultura, época do ano, nível de precisão que se pretende conduzir o manejo, custos dessas amostragens e valor do produto (LIU & SPARKS JR., 2001).

2.3.2 Controle químico

O controle químico é uma ferramenta importante para o MIP. Devido sua rápida ação é uma tática de controle eficiente (HOLTZ et al., 2015), entretanto, deve ser utilizado com critério, optando por produtos seletivos, de menor classe toxicológica (LIU & SPARKS JR., 2001).

Os grupos químicos tradicionalmente utilizados para o controle de afídeos são piretroides, carbamatos, organofosforados, neonicotinoides e butenolidas, os quais apresentam modo de ação por contato e ingestão, e alguns possuem ação sistêmica (BRASIL, 2021).

Os inseticidas de ação sistêmica podem ser mais eficientes, pois penetram nos tecidos foliares e se translocam dentro da planta (LIU & SPARKS JR., 2001) e por apresentarem seletividade ecológica, são benéficos para os inimigos naturais. Assim, o emprego de inseticidas sistêmicos podem ser utilizados com o uso de bioinseticidas à base de fungos entomopatogênicos, havendo a integração entre os controles químico e biológico.

2.3.3 Controle biológico

O conceito de controle biológico é descrito por Bosch (1973) como a ação de parasitoides, predadores ou patógenos que mantém a densidade populacional de outros organismos numa média mais baixa do que ocorreria em sua ausência. Sendo assim, pode-se considerar o controle biológico como uma técnica de manejo em que, de maneira concomitante, pode-se obter a redução da população praga por meio da introdução e manipulação de agentes biológicos através da ação humana, chamado de controle biológico aplicado, e o controle que

ocorre naturalmente, sem a ação humana que caracteriza o controle biológico natural (BOSCH; MESSENGER; GUTIERREZ, 1973). No entanto, para que essa estratégia de manejo seja eficiente, os agentes de controle aplicados devem interagir positivamente com os agentes de controle natural, sem lhes causar danos ou efeitos deletérios.

Diversos microrganismos também podem atuar no controle biológico, segundo Alves (1998), para a maioria das pragas, existe um patógeno capaz de regular a sua população, o que demonstra o potencial do controle microbiano. No Brasil, muitos produtos registrados para controle biológico são formulados a partir de fungos entomopatogênicos (FE), como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* (BRASIL, 2021), os quais apresentam patogenicidade a afídeos, como *B. brassicae* (ALMEIDA et al., 2007; ARAUJO JR.; MARQUES; OLIVEIRA, 2009; LOUREIRO; MOINO JR., 2006;).

2.3.3.1 Fungos entomopatogênicos

O controle microbiano de insetos consiste na utilização de patógenos para o manejo de populações de pragas (BOSCH; MESSENGER; GUTIERREZ, 1973). Existem muitos microrganismos associados à patologia de insetos, mas os fungos, vírus e bactérias são os mais utilizados, sendo os fungos responsáveis por cerca de 80% das doenças que acometem os insetos (ALVES, 1998). Essa vantagem, pode ser explicada pela capacidade de infectar todos os estágios de desenvolvimento dos hospedeiros, possuírem amplo espectro, virulência, alta capacidade de disseminação e a maioria é altamente especializada na penetração via tegumento (ALVES et al., 2008).

O processo de infecção tem início quando os esporos aderidos à cutícula do hospedeiro germinam e produzem filamentos que penetram o exoesqueleto do inseto (MELO; AZEVEDO, 1998). Após a penetração os FE colonizam rapidamente a hemocele causando a morte do inseto pela destruição dos tecidos e produção de toxinas (SAMSON; EVANS; LATGÉ, 1988). Com a morte do hospedeiro, os FE frequentemente emergem do corpo dos insetos, produzindo esporos que serão disseminados e em condições favoráveis podem causar epizootias (SHAH; PELL, 2003). Os FE mais utilizados em programas de controle biológico são *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* (VALICENTI, 2009).

2.3.3.1.1 *Beauveria bassiana*

O gênero *Beauveria*, pertencente à classe dos Deuteromycetes, é parasita de mais de 700 espécies de insetos, ácaros e carrapatos (ALVES, 1998; ZIMMERMANN, 2007a). Neste gênero, a espécie *B. bassiana* é a mais frequentemente encontrada, apresenta distribuição cosmopolita, elevada patogenicidade e amplo espectro de hospedeiros (CARNEIRO et al., 2004).

O ciclo biológico de *B. bassiana* permite sua caracterização como um parasita facultativo (DALZOTO; UHRY, 2009), pois são frequentemente encontrados em amostras de solo onde podem sobreviver de maneira saprofítica (ALVES, 1998).

Beauveria bassiana apresenta grande variabilidade genética entre isolados (ALVES et al., 2002), assim, a patogenicidade e virulência para diferentes artrópodes, bem como as características enzimáticas são variáveis (ALMEIDA; ALVES; PEREIRA, 1997). Nesse contexto, é possível selecionar isolados altamente patogênicos para serem utilizados no controle microbiano de insetos praga. As principais substâncias com ação tóxica à insetos, produzidas por *B. bassiana*, são beauvericina, beauverolides, isarolites, tenellina, bassianina, oosporeína, ácido oxálico e bassianolide (ALVES, 1998).

No Brasil existem 26 bioinseticidas formulados tendo *B. bassiana* como ingrediente ativo. Estes bioinseticidas são empregados para o controle de diversas pragas, como *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae), *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), *Deois flavopicta* (Hemiptera: Cercopidae), *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae), *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera: Curculionidae), *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) e *Hedypathes betulinus* (Coleoptera: Cerambycidae) (BRASIL, 2021).

2.3.3.1.2 *Metarhizium anisopliae*

O fungo *Metarhizium anisopliae* é um deuteromiceto cosmopolita, parasita de muitas espécies de insetos, no entanto, é menos abrangente que *B. bassiana* (ZIMMERMANN, 2007b), na ausência do hospedeiro podem sobreviver saprofiticamente no solo durante longos períodos (ALVES, 1998).

Atualmente, é um dos FE mais importantes, utilizados em todo o mundo, principalmente como agente de controle inundativo (ZIMMERMANN, 2007b). No Brasil, este fungo vem sendo utilizado no controle biológico das cigarrinhas *Notozulia entreriana* (Hemiptera: Cercopidae), *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae), *Deois flavopicta* (Hemiptera: Cercopidae), *Zulia entreriana* (Hemiptera: Cercopidae) e dos percevejos *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Scaptocoris castanea* (Hemiptera: Cydnidae) (BRASIL, 2021).

Entre as principais vantagens da utilização do *M. anisopliae* no controle biológico de insetos pragas estão a facilidade de produção das suas unidades infectivas em escala comercial, facilidade de aplicação e o reduzido impacto ao ambiente e ao homem (ZIMMERMANN, 1993).

2.3.3.1.3 *Isaria fumosorosea*

O fungo entomopatogênico *Isaria fumosorosea* foi classificado como *Paecilomyces fumosoroseus* por mais de 30 anos (ZIMMERMANN, 2008), sendo reclassificado e transferido para o gênero *Isaria* (SUNG et al., 2007).

Estes fungos são amplamente distribuídos em todo o mundo e seus esporos podem ser encontrados no ar, água, plantas, solo e em muitos artrópodes, principalmente em lepidópteros (ALVES, 1998).

Atualmente o fungo *I. fumosorosea* é considerado como um complexo de espécies, e muitas cepas são usadas com sucesso para o biocontrole de vários insetos-praga devido ao amplo espectro de hospedeiros (ZIMMERMANN, 2008).

O curto tempo de fermentação para a produção de propágulos dessa espécie representa uma grande vantagem para o seu uso no controle de pragas, além de ser possível e economicamente viável realizar a fermentação em meio líquido (MASCARIN; ALVES; LOPES, 2010).

No Brasil existem registrados três produtos à base de *I. fumosorosea* (*Paecilomyces fumosoroseus*) indicados para o controle de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) (BRASIL, 2021).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. DA E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S. A.; DE CASTRO, C. E. F. **Couve de Folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)**. In: Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014.
- ALMEIDA, G. D. de; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; HOLTZ, A. M.; VICENTINI, V. B. **Determinação da concentração letal média (CL50) de *Beauveria bassiana* para o controle de *Brevicoryne brassicae***. Idesia, 2007.
- ALMEIDA, J. E. M.; ALVES, S. B.; PEREIRA, R. M. **Selection of *Beauveria* spp. isolates for control of the termite *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858)**. Journal of Applied Entomology, 1997.
- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- ALVES, S.B.; LOPES, R.B.; VIEIRA, S.A.; TAMAI, M.A. **Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina**. In: ALVES, S. B; LOPES, R. B. Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios. Piracicaba: FEALQ, 2008.
- ARAÚJO JR, J. M de; MARQUES, E. J.; OLIVEIRA, J. V de. **Potencial de isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* e do óleo de Nim no controle do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae)**. Neotrop. entomol., 2009.
- BLACKMAN, R. L; EASTOP, V. F. **Taxonomic issues**. In: EMDEN, H. F.; HARRINGTON, R. Aphids as crop pests. Cambridge: CAB International, 2007.
- BOSCH, R.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. **An introduction to biological control**. New York: Plenum Press, 1973.
- BOTTI, C.; HOLTZ, J. M.; PAULO, A. M. de; HÁGABO, H.; FRANZIN, M. L.; PRATISSOLI, D.; ASSIS, A. P. **Controle alternativo do *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) com extratos de diferentes espécies de plantas**. Pernambuco: Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 2015.
- BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, 2021.
- BRASIL - Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília, 2015.
- CARDOSO, M. O.; PAMPLONA, A. M. S. R.; MICHEREFF FILHO, M. **Recomendações técnicas para o controle de lepidópteros pragas em couve e repolho no Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010.
- CARNEIRO, A. A.; GOMES, E.; NONATO, L.; BRITTO, W.; FERNANDES, F.; CARNEIRO, N.; GUIMARÃES, C. T.; CRUZ, I. **Caracterização molecular de fungos entomopatogênicos utilizados no controle biológico de pragas do milho *Beauveria***

bassiana versus *Spodoptera frugiperda*. Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico, 2004.

CEASA/SC - CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Relatório de Volumes por Produto e Origem**. Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural, 2021.

CIVIDANES, F. J.; SANTOS, D. M. **Flutuação populacional e distribuição vertical de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve**. Bragantia, 2003.

DALZOTO, P. R., UHRY, K. F. **Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.** São Paulo: Biológico, 2009.

DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. **Natural products in crop protection**. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2009.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Integrated Pest Management (IPM)**. Pest and Pesticide Management, 2021.

FILGUEIRA, F. A. R. **Brassicáceas: Couves e Plantas relacionadas**. In: FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, 2008.

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

HOLTZ, A. M.; RONDELLI, V. M.; CELESTINO, F. N.; BESTETE, L. R.; CARVALHO, J. R. de. **Pragas das brássicas**. Colatina: IFES, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola, 2017**: resultados definitivos.

KHATTAK, S. U.; HAMEED, A. U.; KHAN, A. Z.; FARID, A. **Pesticidal control of rapeseed aphid, *Brevicoryne brassicae* L.** Pakistan Journal of Zoology, 2002.

LEFSRUD, M.; KOPSELL, D.; WENZEL, A.; SHEEHAN, J. **Changes in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) carotenoid and chlorophyll pigment concentrations during leaf ontogeny**. Scientia Horticulturae, 2007.

LIU, T. X.; SPARKS JR. A. N. **Aphids on Cruciferous Crops Identification and Management**. Research Entomologist and Extension Entomologist, 2001.

LORENZ OA; MAYNARD DN. **Handbook for vegetable growers**. New York: John Wiley-Interscience Publication, 2007.

LOUREIRO, E. S.; MOINO JR, A. **Patogenicidade de fungos hifomicetos aos pulgões *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)**. Neotrop Entomol, 2006.

LOVATTO, P. B.; SCHIEDECK, G.; MAUCH, C. R. **Avaliação do efeito repelente de extratos alcoólicos de *Solanum fastigiatum* var. *acicularium* e do produto ecológico teste Xispa-praga sobre *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: aphididae) em condições de laboratório**. Pelotas: Embrapa clima temperado, 2010.

- MASCARIN, G. M.; ALVES, S. B.; LOPES, R. B. **Culture media selection for mass production of *Isaria fumosorosea* and *Isaria farinosa***. Braz. Arch. biol. Technol., 2010.
- MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de. **Controle biológico**. Jaguariuna: EMBRAPA, 1998.
- MELO, R. A. de C. e; VENDRAME, L. P. de C.; MADEIRA, N. R.; BLIND, A. D.; VILELA, N. J. **Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de brássicas nas principais regiões produtoras brasileiras**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2017.
- MOURA, A. P.; GUIMARÃES, J. A.; SILVA, J. da; GUEDES, I. M. R.; LEAL, D. C. P. **Recomendações técnicas para o manejo de pragas em brassicaceas com vistas à produção integrada de hortaliças folhosas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2019.
- MÜLLER, F. P. **The role of subspecies in aphids for affairs of applied entomology**. Journal of Applied Entomology, 1986.
- RANDO, J. S. S.; LIMA, C. B. de; ALMEIDA BATISTA, N. de; FELDHAUS, D. C.; LOURENÇO, C. C. de; POLONIO, V. D.; MALANOTTE, M. L. **Extratos vegetais no controle dos afídeos *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Myzus persicae* (Sulzer)**. Semina: Ciências Agrárias, 2011.
- RESENDE, A. L. S.; LIXA, A. T.; SANTOS, C. M. A. D.; SOUZA, S. A. D. S.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. D. L. **Comunidade de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) em consórcio de couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) com coentro (*Coriandrum sativum*) sob manejo orgânico**. Revista brasileira de agroecologia, 2011.
- RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E. da; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. de L. **Amostragem de pulgões alados utilizando bandeja d'água e placa adesiva**. Seropédica: Circular Técnica 19, Embrapa Agrobiologia, 2007.
- RONQUIST, F., AHMAN, I. **Reproductive rate of the Indian mustard aphid (*Lipaphis erysimi pseudobrassicae*) on different Brassica oilseeds: comparisons with Swedish strains of mustard (*Lipaphis erysimi erysimi*) and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*)**. Annals of Applied Biology, 1990.
- SAMSON, R. A.; EVANS, H. C.; LATGÉ, J. P. **Atlas of entomopathogenic fungi**. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1988.
- SHAH, P. A.; PELL, J. K. **Entomopathogenic fungi as biological control agents**. Applied Microbiology and Biotechnology, 2003.
- STEENIS, M. J. van. **Biological control of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae): pre-introduction evaluation of natural enemies**. Journal of Applied Entomology, 1992.
- STEIN, C.; TEIXEIRA, E. P. **Resistência de variedades de couve a *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae)**. Baikos, 2010.
- SUNG, G. H.; HYWEL-JONES, N. L.; SUNG, J. M.; LUANGSA-ARD, J. J.; SHRESTHA, B.; SPATAFORA, J. W. **Phylogenetic Classification of Cordyceps and the Clavicipitaceous Fungi**. Studies in Mycology, 2007.
- VALBON, W. R.; MACHADO, L. C.; RONDELLI, V. M.; PAULO, H. H. de; FRANZIN, M. L. **Pulgões (*Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae*)**. In HOLTZ, A. M.; RONDELLI, V. M.; CELESTINO, F. N.; BESTETE, L. R.; CARVALHO, J. R. de. **Pragas das brássicas**. Colatina: IFES, 2015.

VALICENTE, F. H. **Controle biológico de pragas com entomopatógenos.** *In:* Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 2009.

WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A.; CRUZ, I. **Cultivo de milho: Manejo Integrado de pragas (MIP).** Comunicado Técnico 50, EMBRAPA, 2002.

ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MEDEIROS, C.; SILVA, R. A. da. **Olericultura: pragas e inimigos naturais.** Curitiba: SENAR, 2015.

ZIMMERMANN, G. **The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent.** Pesticide Science, 1993.

ZIMMERMANN, G. **Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*.** Biocontrol Science and Technology, 2007a.

ZIMMERMANN, G. **Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*.** Biocontrol Science and Technology, 2007b.

ZIMMERMANN, G. **The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control.** Biocontrol Science and Technology, 2008.

CAPÍTULO 1

EFEITO LETAL DE INSETICIDAS FORMULADOS A PARTIR DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS SOB *Brevicoryne brassicae* (HEMIPTERA: AFIDIDAE)

RESUMO

O afídeo *Brevicoryne brassicae* é praga primária em brássicas. Para seu manejo são utilizados inseticidas sintéticos. Entretanto, devido ao uso abusivo, são registrados efeitos negativos, como a seleção de insetos resistentes e risco a saúde humana. Inseticidas biológicos, formulados a partir de fungos entomopatogênicos (FE) são uma alternativa para o controle de *B. brassicae*. Estudos com estes bioinseticidas são relevantes devido a restrita informação em literatura e por apresentarem uma grande variabilidade na eficiência de controle de afídeos. Com o objetivo de fornecer subsídios a agricultores, foram avaliados três bioinseticidas comerciais formulados a partir de *Beauveria bassiana* (Boveril[®]), *Metarhizium anisopliae* (Metarril[®]) e *Isaria fumosorosea* (Octane[®]) no controle de *B. brassicae*. Utilizando um pulverizador manual, ninfas de 1^o e 3^o instar e adultos foram expostos, via contato direto, a diferentes concentrações de cada bioinseticida (10^3 - 10^7 conídios.mL⁻¹), sendo a mortalidade verificada em intervalos de 24h, durante cinco dias. A mortalidade foi dose-tempo dependente. A concentração 10^7 conídios.mL⁻¹ de Boveril[®] foi a mais efetiva, causando mortalidade entre ninfas e adultos de 80% após 24h da exposição. A mortalidade causada por Boveril[®] foi superior à verificada para Metarril[®] (11,2%) e Octane[®] (16,4%). Em avaliações após 120h, Metarril[®] teve um incremento de 83,2% na mortalidade (66,5%), enquanto Octane[®] teve um incremento de 61,4% na mortalidade (42,8%). Boveril[®] causou 90,2% de mortalidade após 120h, apresentando o menor incremento (11,2%) na mortalidade entre as avaliações realizadas com 24h e 120h. Os resultados indicam que Boveril[®] foi o bioinseticida mais eficiente no controle de todas as fases de desenvolvimento de *B. brassicae*.

Palavras-chave: Controle biológico; *Beauveria bassiana*; Bioinseticidas; pulgão da couve.

CHAPTER 1

LETHAL EFFECT OF INSECTICIDES FORMULATED FROM ENTOMOPATOGENIC FUNGI ON *Brevicoryne brassicae* (HEMIPTERA: AFIDIDAE)

ABSTRACT

The aphid *Brevicoryne brassicae* is a primary pest of brassica. For its management, synthetic insecticides are used. However, due to abusive use, negative effects such as selection of resistant insects and risk to human health are registered. Biological insecticides, formulated from entomopathogenic fungi (EF) are an alternative for the control of *B. brassicae*. Studies with these biopesticides are relevant due to limited information in the literature and because they present a great variability in the efficiency of aphid control. In order to provide subsidies to farmers, three biopesticides formulated from *Beauveria bassiana* (Boveril[®]), *Metarhizium anisopliae* (Metarril[®]) and *Isaria fumosorosea* (Octane[®]) were evaluated in the control of *B. brassicae*. using a manual sprayer, 1st and 3rd instar nymphs and adults were exposed, via direct contact, to different concentrations of each bioinsecticide (10^3 - 10^7 conidia.mL⁻¹), and mortality was verified at intervals of 24h, during five days. Mortality was dose-time dependent. The 10^7 conidia.mL⁻¹ concentration of Boveril[®] was the most effective, causing a mortality rate between nymphs and adults of 80% after 24 hours of exposure. Mortality caused by Boveril[®] was higher than that observed for Metarril[®] (11.2%) and Octane[®] (16.4%). In evaluations after 120h, Metarril[®] had an 83.2% increase in mortality (66.5%), while Octane[®] had a 61.4% increase in mortality (42.8%). Boveril[®] caused 90.2% mortality after 120h, showing the smallest increase (11.2%) in mortality between the evaluations performed at 24h and 120h. The results indicate that Boveril[®] was the most efficient bioinsecticide in controlling all developmental stages of *B. brassicae*.

Keywords: Biological control, *Beauveria bassiana*; Bioinsecticide; cabbage aphid.

1.INTRODUÇÃO

O cultivo de brássicas tem grande importância social e econômica dentro da diversidade produtiva da agricultura familiar (CEPA, 2018). Nas áreas de cultivo, os danos ocasionados por insetos são frequentes e estão entre os principais fatores que comprometem a produção (MELO et al., 2017). Entre as principais pragas das brássicas, destaca-se o afídeo *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) (ZAWADNEAK et al., 2015).

O afídeo *B. brassicae* causa danos diretos e indiretos. Os danos diretos ocorrem devido a ingestão de seiva e injeção de toxinas, afetando a formação de folhas (GRIFFIN; WILLIAMSON, 2012; OPFER; MCGRATH, 2013; PONTOPPIDAN et al., 2003). Os danos indiretos ocorrem devido a excreção açucarada (*honeydew*) que favorece o desenvolvimento de fungos sobre a superfície das folhas, reduzindo as taxas de fotossíntese (ASI et al., 2009) e pela transmissão de patógenos, sendo *B. brassicae* vetor de mais de 20 viroses, como o vírus do anel negro da couve (BARTON; IVES, 2014; FERERES; MORENO, 2009).

O controle químico é o método mais empregado no manejo de *B. brassicae*. Entre os inseticidas mais utilizados estão produtos não seletivos, de amplo espectro de ação, como piretroides e neonicotinoides (BRASIL, 2021; LIU & SPARKS JR., 2001). Em geral, a aplicação destes inseticidas é realizada de modo sequencial e preventivo, sem considerar a presença ou quantidade de insetos na área (ALMEIDA et al., 2007). Assim, o uso abusivo de inseticidas tem causado efeitos negativos pela eliminação de insetos benéficos como predadores, parasitoides e polinizadores (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003), seleção de afídeos resistentes (RIBEIRO; CAMELLO, 2014), contaminação de solos (SPADOTTO et al., 2004) e recursos hídricos (MOREIRA et al., 2012), e resíduos em produtos agrícolas (CARNEIRO et al., 2015) causando efeitos negativos à saúde humana, como por exemplo, intoxicações (VINHA et al., 2013).

Diante dos impactos causados pelo uso abusivo de inseticidas sintéticos, é necessário o emprego de estratégias menos prejudiciais. O controle biológico é uma das ferramentas que compõe o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e é descrito como a ação de parasitoides, predadores ou patógenos, como os fungos entomopatogênicos, que mantêm a densidade populacional de outros organismos numa média mais baixa do que ocorreria em sua ausência (BOSCH; MESSENGER; GUTIERREZ, 1973).

O uso de fungos entomopatogênicos (FE) é uma estratégia promissora no manejo de *B. brassicae* na cultura da couve. O emprego de FE no manejo de pragas tem aumentado nos

últimos anos (SANI et al., 2020), sendo utilizado de modo isolado ou em interação com outras estratégias de controle biológico (ARAUJO et al., 2020a). Entre os **FE** mais empregados no controle de pragas estão *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* (Sinonímia: *Paecilomyces fumosoroseus*) (MAHANKUDA; BHATT, 2019). Estes **FE** possuem um amplo número de hospedeiros (ZIMMERMANN, 2007a, 2007b, 2008), com a busca por cepas altamente virulentas para emprego em formulações comerciais sendo amplamente reportada em literatura. Entretanto, a viabilidade do uso agrícola de **FE** é dependente de formulações (BATISTA FILHO et al., 1998; RAI et al., 2014).

As formulações, além de preservar os conídios por longos períodos, mantendo sua capacidade de germinação e infecção (BOUAMAMA; VIDAL; FARGUES, 2010; HUANG; FENG, 2009; MENT et al., 2010), podem elevar a mortalidade de insetos quando comparada apenas com isolados de **FE** obtidos de culturas monospóricas (ARAUJO et al., 2020a). Apesar da importância de estudos que avaliem o efeito de produtos formulados a partir de **FE** sobre insetos praga, são poucos os trabalhos reportados em literatura. Isso pode ser atribuído ao fato de se priorizar pesquisas para seleção de cepas promissoras. Entretanto, o uso de **FE** não formulados não reflete o efeito causado por bioinseticidas formulados a partir destes microorganismos. Trabalhos que avaliem os efeitos letais de bioinseticidas formulados a partir de **FE** podem gerar informações que subsidiem sua implementação em programas Manejo Integrado de *B. brassicae*, pois não existe bioinseticidas formulados a partir de **FE** registrados para o controle de *B. brassicae* no Brasil (BRASIL, 2021).

O emprego de bioinseticidas formulados a partir de **FE** é seguro e sustentável (RAI et al., 2014). A integração desta ferramenta é desejável para a cadeia produtiva de hortaliças, pois pode ser utilizada de modo isolado ou em interação com outros agentes de controle biológico como predadores (ARAUJO et al., 2020a) e parasitoides (ARAUJO et al., 2020b) e até mesmo com outras técnicas de manejo de pragas. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ação letal de três bioinseticidas formulados a partir de *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea* sobre ninfas e adultos de *B. brassicae*.

2.MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CULTIVO DE COUVE-MANTEIGA (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)

O cultivo foi estabelecido através de mudas obtidas comercialmente. As mudas foram transplantadas para vasos plásticos contendo substrato comercial e mantidas em casa de vegetação ou plantadas em condições de campo. As plantas não receberam nenhum tratamento fitossanitário, apenas irrigação diária e capinas manuais para eliminar plantas indesejadas. As plantas mantidas em casa de vegetação foram utilizadas para a multiplicação de *B. brassicae* e as folhas das plantas mantidas em campo foram empregadas nos bioensaios em laboratório.

2.2 CRIAÇÃO DE *Brevicoryne brassicae*

A criação de *B. brassicae* foi iniciada a partir de insetos coletados em plantas da família Brassicaceae, na Fazenda Experimental da Ressacada da Universidade Federal de Santa Catarina (27°41'08,9"S: 48°32'37,5"O). Os insetos coletados foram transportados ao laboratório e com o auxílio de um pincel de cerdas finas, foram transferidos para plantas de couve-manteiga sob cultivo protegido, formando uma criação estoque.

Para realização dos bioensaios, fêmeas adultas da criação estoque foram utilizadas para obter ninfas e adultos com idade conhecida. Para isso, com auxílio de um pincel de cerdas finas e microscópio estereoscópio, adultos foram transferidos para placas de Petri contendo um disco foliar de couve (50 mm Ø) sob uma camada de ágar-água (2%). As placas foram mantidas em sala de criação com temperatura de $25 \pm 2^\circ$, umidade 60-70% e fotoperíodo de 12 horas. Após 24 horas, os adultos foram retirados e as ninfas foram monitoradas até atingir estágio desejado para realização dos bioensaios.

2.3 BIOINSETICIDAS

Foram utilizados os bioinseticidas comerciais formulados a partir de *B. bassiana* (Boveril[®]WP - $1,0 \times 10^8$ conídios viáveis.g⁻¹), *M. anisopliae* (Metarril[®]WP - $1,39 \times 10^8$ conídios viáveis.g⁻¹) e *I. fumosorosea* (Octane[®]SC - $2,5 \times 10^9$ conídios viáveis.mL⁻¹). Cada bioinseticida foi diluído nas concentrações de 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 e 10^7 esporos.mL⁻¹, formando as soluções utilizadas nos diferentes bioensaios.

2.4 BIOENSAIOS

A toxicidade dos bioinseticidas sobre *B. brassicae* foi avaliada por meio de bioensaio de contato direto sobre ninfas de 1^o e 3^o instar, além de adultos com até 24h de idade. Para isso, placas de Petri contendo um disco foliar de couve sob uma camada de ágar-água (2%) receberam 10 insetos de igual fase de desenvolvimento. Posteriormente as placas foram pulverizadas, com o auxílio de um pulverizador manual, com 0,5 mL de cada uma das concentrações fúngicas (10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 e 10^7 esporos.mL⁻¹). No tratamento controle os insetos foram pulverizados com 0,5 mL de água destilada esterilizada. Após a pulverização, as placas de Petri foram acondicionadas em sala de criação, em condições controladas (fotofase 12h, $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR 60-70%).

A mortalidade foi avaliada em intervalos de 24h, durante cinco dias. Com o auxílio de um microscópio estereoscópio, os insetos foram vistoriados, sendo considerados mortos aqueles que não responderam ao toque de um pincel de cerdas finas. Os insetos mortos foram individualizados em tubos de polipropileno (1,5 mL) esterilizados, contendo algodão umedecido com água destilada, ambos autoclavados, e mantidos a $28 \pm 2^\circ\text{C}$ por 14 dias, para a confirmação do agente causal, via observação do crescimento micelial e conidiogênese no cadáver.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos (cinco concentrações e um controle formado por água destilada esterilizada) e cinco repetições para cada concentração. Cada repetição foi formada por três placas de Petri contendo ninfas ou adultos de *B. brassicae*.

2.5 ANÁLISE DE DADOS

Os dados de mortalidade foram corrigidos por Abbott (1925) e transformados pelo arcsen da raiz quadrada para normalização das distribuições e homogeneidade das variâncias (HADDAD; VENDRAMIN, 2000).

Os dados transformados foram submetidos a análise de variância (One-Way ANOVA) e as interações significativas pelo teste *F* tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (ZAR, 2009).

A mortalidade causada pelos diferentes bioinseticidas na concentração 10^7 conídios.mL⁻¹, após 120h da exposição, e as diferentes fases de desenvolvimento foram

avaliadas empregando-se Two-Way ANOVA, seguido pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (ZAR, 2009).

As curvas de sobrevivência foram ajustadas e analisadas utilizando o teste de probabilidade de sobrevivência de Kaplan-Meier, seguido pelo teste de Log-rank.

Os insetos que não morreram durante as avaliações foram censurados (0 = evento de morte não ocorreu; 1= evento de morte ocorreu). Para todas as análises foi usado o programa estatístico Minitab 18 (Statte College, PA).

3.RESULTADOS

A exposição de ninfas de 1º instar as diferentes concentrações dos bioinseticidas causaram mortalidade significativas apenas sobre insetos expostos as concentrações 10^6 e 10^7 esporos.mL⁻¹. Em avaliações após 24h, o bioinseticida Boveril® causou uma mortalidade superior a 74% quando comparada com Metarril® e Octane® (Tabela 1). Apesar da elevada mortalidade causada por Boveril® após 24h, as demais avaliações apresentaram um incremento de 4,8% até a última avaliação, realizada 120h após a pulverização (Tabela 1). Entretanto, esse incremento foi mais acentuado nos demais tratamentos, sendo de 83,5% na mortalidade de ninfas expostas a Metarril® e 88,9% para ninfas expostas a Octane® (Tabela 1).

Tabela 1. Mortalidade corrigida (%) de ninfas de primeiro instar de *Brevicoryne brassicae* expostas via contato direto a diferentes concentrações dos bioinseticidas formulados a partir de *Beauveria bassiana* (Boveril®), *Metarhizium anisopliae* (Metarril®) e *Isaria fumosorosea* (Octane®).

Concentração (conídios.mL ⁻¹)	Bioinseticida	Horas após a pulverização				
		24	48	72	96	120
1.0×10^3	Metarril®	0.4 (± 0.4)	2.9(± 2.1)	8.0 (± 3.3)	11.6 (± 4.3)	14.0 (± 5.4)
	Octane®	0.0 (± 0.0)	6.5 (± 2.9)	9.4 (± 4.9)	11.3 (± 6.3)	13.5 (± 7.0)
	Boveril®	1.7 (± 1.2)	2.4 (± 1.5)	4.7 (± 2.4)	3.9 (± 1.9)	8.8 (± 3.1)
		$F = 1.50 (2)$ $p = 0.262$	$F = 0.99 (2)$ $p = 0.400$	$F = 0.42 (2)$ $p = 0.667$	$F = 0.94 (2)$ $p = 0.418$	$F = 0.28 (2)$ $p = 0.757$
1.0×10^4	Metarril®	3.0 (± 3.0)	7.3(± 7.3)	17.7 (± 7.2)	25.6(± 9.6)	29.5 (± 12.0)
	Octane®	0.9(± 0.9)	3.6(± 0.9)	7.3(± 4.2)	9.4(± 4.3)	11.4(± 5.6)
	Boveril®	1.8(± 1.4)	8.3(± 4.0)	6.6(± 3.0)	8.1(± 5.2)	8.8(± 5.5)
		$F = 0.51 (2)$ $p = 0.615$	$F = 0.26 (2)$ $p = 0.774$	$F = 1.46 (2)$ $p = 0.270$	$F = 2.08 (2)$ $p = 0.168$	$F = 1.68 (2)$ $p = 0.198$
1.0×10^5	Metarril®	0.0 (± 0.0)	1.8 (± 1.0)	2.9 (± 0.9)	7.7 (± 3.9)	13.9 (± 3.6)
	Octane®	0.0 (± 0.0)	4.5 (± 2.0)	6.2 (± 1.6)	9.8(± 2.5)	16.4 (± 3.3)
	Boveril®	3.6(± 2.1)	9.4(± 3.7)	11.0 (± 3.4)	16.0 (± 4.3)	16.2(± 4.1)
		$F = 3.01(2)$ $p = 0.087$	$F = 2.35(2)$ $p = 0.138$	$F = 3.33 (2)$ $p = 0.071$	$F = 1.40(2)$ $p = 0.283$	$F = 0.14 (2)$ $p = 0.870$
1.0×10^6	Metarril®	0.4 (± 0.0)b	2.5 (± 1.3)	8.8 (± 3.7)	15.6 (± 5.2)ab	23.3 (± 7.1)
	Octane®	0.8 (± 0.8)b	3.0(± 2.0)	6.7 (± 2.4)	9.7 (± 2.3)b	22.7 (± 9.1)

	Boveril®	7.2 (± 2.9)a	27.2 (± 13.5)	27.4(±14.0)	41.2 (± 10.8)a	46.9 (± 10.8)
		F = 5.01(2)	F = 2.50(2)	F = 1.82(2)	F = 5.65(2)	F = 2.30(2)
		p = 0.026	p = 1.24	p = 0.203	p = 0.019	p = 0.143
1.0 × 10 ⁷	Metarril®	4.1 (± 4.1)b	6.4 (± 5.0)b	12.7 (± 5.8)b	23.2 (± 6.6)b	24.9(± 6.8)b
	Octane®	5.7(± 3.9)b	15.3 (± 4.8)b	28.5(± 8.6)b	40.7(± 6.8)b	51.3(±8.9)b
	Boveril®	80.0 (± 6.6)a	85.7 (± 4.8)a	85.1 (± 5.0)a	85.4 (± 5.5)a	84.8 (± 5.8)a
		F = 75.63(2)	F = 76.99(2)	F = 32.91(2)	F = 25.83(2)	F = 17.04(2)
		p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001

A exposição de ninfas de 3º instar aos bioinseticidas causaram mortalidades significativas a partir da concentração de 10⁵ esporos.mL⁻¹. Diferenças significativas na mortalidade foram observadas a partir de 96h da exposição, com os inseticidas Boveril® e Metarril® causando mortalidades superiores a Octane® (Tabela 2). As concentrações de 10⁶ e 10⁷ esporos.mL⁻¹ foram mais efetivas sendo que na avaliação após 120h, Boveril® causou uma mortalidade de 99,2% das ninfas (Tabela 2). Assim como ocorreu para afídeos de 1º instar, durante as avaliações houve um incremento na mortalidade de ninfas. Entretanto, esse incremento não foi tão acentuado para Octane® (27,8%) e Boveril® (19,8%) (Tabela 2). Metarril® teve um incremento de 93,7%, sendo registrada uma mortalidade de 5,4% após 24h e 86,3% após 120h da exposição (Tabela 2).

Tabela 2. Mortalidade corrigida (%) de ninfas de terceiro instar de *Brevicoryne brassicae* expostas via contato direto a diferentes concentrações dos bioinseticidas formulados a partir de *Beauveria bassiana* (Boveril®), *Metarhizium anisopliae* (Metarril®) e *Isaria fumosorosea* (Octane®).

Concentração (conídios.mL ⁻¹)	Bioinseticida	Horas após a pulverização				
		24	48	72	96	120
1.0 × 10 ³	Metarril®	2.4 (±1.7)b	16.6 (±5.7)	27.7 (±9.8)	35.7 (±11.8)	58.4 (±12.2)
	Octane®	14.8 (±3.8)a	18.7 (±4.3)	29.7 (±4.2)	36.1 (±8.5)	48.2 (±13.1)
	Boveril®	3.3 (±1.3)b	11.1 (±3.7)	18.5 (±6.7)	27.4 (±8.5)	43.0 (±8.9)
		F = 7.5 (2)	F = 0.71 (2)	F = 0.67 (2)	F = 0.25 (2)	F = 0.46 (2)
		p = 0.008	p = 0.510	p = 0.531	p = 0.780	P = 0.641
1.0 × 10 ⁴	Metarril®	1.5 (±0.9)	2.4 (±1.8)	10.0 (±2.9)	18.9 (±5.7)	35.9 (±2.5)
	Octane®	16.9 (±7.2)	28.0 (±16.0)	34.4(±17.2)	46.1 (±16.2)	54.5 (±17.4)
	Boveril®	7.8 (±2.8)	16.0 (±5.2)	19.9 (±6.3)	22.2 (±6.2)	29.7 (±7.19)
		F = 3.01	F = 1.76	F = 1.31	F = 1.99	F = 1.38
		p = 0.087	p = 0.213	p = 0.305	p = 0.179	P = 0.289
1.0 × 10 ⁵	Metarril®	1.5 (±1.5)	11.9 (±4.4)	15.9 (±5.0)	26.5 (±6.3)ab	59.0 (±5.5)a
	Octane®	5.2 (±2.0)	5.9 (±3.5)	5.5 (±4.2)	5.4 (±4.9)b	8.2 (±4.7)b
	Boveril®	11.3 (±4.1)	22.2 (±9.11)	29.4 (±9.0)	36.7 (±7.26)a	40.1 (±6.9)a
		F = 3.18 (2)	F = 1.79 (2)	F = 3.48 (2)	F = 6.6 (2)	F = 19.8 (2)
		p = 0.078	p = 0.209	p = 0.064	p = 0.012	p = 0.0001
1.0 × 10 ⁶	Metarril®	4.9 (±4.1)b	13.6 (±6.4)	19.2 (±8.7)ab	27.1 (±11.0)ab	58.8 (±14.5)ab
	Octane®	14.3 (±5.3)ab	11.2 (±5.4)	15.0 (±7.7)b	21.8 (±10.7)b	25.9 (±12.4)b
	Boveril®	44.0 (±13.7)a	46.8 (±12.2)	51.6 (±11.8)a	65.6 (±10.3)a	75.8 (±10.4)a
		F = 5.38	F = 5.43	F = 4.36	F = 5,00	F = 4.08
		p = 0.021	p = 0.022	p = 0.038	p = 0.026	p = 0.045
1.0 × 10 ⁷	Metarril®	5.4 (±2.9)b	17.5 (±11.0)b	30.0 (±15.0)b	58.3 (±19.2)	86.3 (±7.1)ab

Octane®	32.4 (±9.0)ab	39.8 (±13.0)b	43.3 (±12.3)ab	45.8 (±11.2)	49.9 (±11.8)b
Boveril®	79.6 (±18.3)a	97.2 (±2.8)a	99.3 (±0.7)a	99.3 (±0.7)	99.2 (±0.76)a
	$F = 6.91$	$F = 7.83$	$F = 5.55$	$F = 3.25$	$F = 5.5$
	$p = 0.007$	$p = 0.005$	$p = 0.016$	$p = 0.067$	$p = 0.016$

A mortalidade de adultos foi mais elevada para insetos expostos as concentrações de 10^6 e 10^7 esporos.mL⁻¹, com Metarril® e Boveril® causando maior mortalidade que Octane® (Tabela 3). A mortalidade causada por Boveril® (80,6%) na concentração 10^6 esporos.mL⁻¹ foi 60% superior a causada por Metarril® e Octane® em avaliações após 24h. Entretanto, Boveril apresentou um baixo incremento na mortalidade (21,5%) em avaliações realizadas após 48, 72, 96 e 120h da pulverização, sendo verificado incrementos superiores para Metarril® (86,7%) e Octane® (62,02%) (Tabela 3).

Tabela 3. Mortalidade corrigida (%) de adultos de *Brevicoryne brassicae* expostos via contato direto a diferentes concentrações dos bioinseticidas formulados a partir de *Beauveria bassiana* (Boveril®), *Metarhizium anisopliae* (Metarril®) e *Isaria fumosorosea* (Octane®).

Concentração (conídios.mL ⁻¹)	Bioinseticida	Horas após a pulverização				
		24	48	72	96	120
1.0×10^3	Metarril®	3.4 (±2.6)	11.7 (±9.2)	14.3 (±8.2)	17.2 (±8.7)	17.6 (7±.4)
	Octane®	6.2 (±4.5)	7.1 (±6.1)	12.4 (±5.6)	23.2 (±8.9)	32.7 (±10.5)
	Boveril®	2.9 (±1.4)	4.2 (±2.8)	7.4 (±4.9)	11.0 (±7.1)	17.7 (±7.5)
		$F = 0.31$	$F = 0.33$	$F = 0.31$	$F = 0.54$	$F = 1.02$
		$P = 0.736$	$P = 0.762$	$P = 0.736$	$P = 0.594$	$P = 0.389$
1.0×10^4	Metarril®	3.0 (±1.2)	9.4 (±5.1)	13.0 (±6.2)	18.9 (±4.0)	29.8 (±4.9)
	Octane®	4.3 (±4.3)	5.7 (±5.4)	6.6 (±2.6)	10.1 (±4.2)	16.3 (±7.5)
	Boveril®	12.8 (±8.7)	14.5 (±6.7)	19.0 (±10.4)	24.2 (±13.4)	26.3 (±15.2)
		$F = 0.89$	$F = 0.60$	$F = 0.76$	$F = 0.72$	$F = 0.47$
		$P = 0.435$	$P = 0.566$	$P = 0.489$	$P = 0.505$	$P = 0.635$
1.0×10^5	Metarril®	6.1 (±3.1)	14.6 (±10.7)	23.5 (±14.6)	25.7 (±15.8)	27.4 (±17.0)
	Octane®	5.2 (±5.2)	8.9 (±8.9)	12.9 (±11.7)	14.7 (±13.1)	26.8 (±15.6)
	Boveril®	8.9 (±4.9)	17.7 (±11.0)	18.9 (±12.4)	14.6 (±14.1)	18.9 (±11.9)
		$F = 0.19$	$F = 0.49$	$F = 0.17$	$F = 0.20$	$F = 0.10$
		$P = 0.830$	$P = 0.828$	$P = 0.848$	$P = 0.824$	$P = 0.906$
1.0×10^6	Metarril®	7.8 (±3.5)b	11.6 (±4.2)b	16.4 (±5.1)b	41.0 (±13.3)ab	58.7 (±15.5)ab
	Octane®	9.0 (±7.2)b	15.5 (±13.4)b	15.5 (±11.4)b	16.1 (±13.2)b	23.7 (±10.8)b
	Boveril®	70.4 (±9.1)a	76.5 (±8.7)a	78.4 (±9.0)a	80.7 (±7.1)a	90.0 (±3.3)a
		$F = 29.42$	$F = 14.59$	$F = 16.47$	$F = 7.94$	$F = 8.74$
		$P < 0.001$	$P = 0.001$	$P < 0.001$	$P = 0.006$	$P = 0.005$
1.0×10^7	Metarril®	24.3 (±7.6)b	32.7 (±8.5)b	43.8 (±9.0)b	54.6 (±7.7)b	88.2 (±4.2)a
	Octane®	11.3 (±3.9)b	14.9 (±7.8)b	20.0 (±10.2)b	20.4 (±11.4)b	27.1 (±10.0)b
	Boveril®	80.6 (±10.3)a	82.6 (±10.5)a	85.3 (±10.8)a	86.0 (±9.2)a	86.7 (±8.6)a
		$F = 22.75$	$F = 15.20$	$F = 10.90$	$F = 11.75$	$F = 19.07$
		$P < 0.001$	$P = 0.001$	$P = 0.002$	$P = 0.001$	$P < 0.001$

A exposição a 10^7 esporos.mL⁻¹ de Boveril[®] causou uma mortalidade superior à verificada para Metarril[®] e Octane[®] em avaliações após 24h. A mortalidade causada por Boveril[®] (80,6%) foi 69% superior à verificada para Metarril[®] (24,3%) e 86% superior a Octane[®] (11,3%) (Tabela 3). As avaliações realizadas com 48, 72, 96, e 120h após a pulverização mostraram um baixo incremento na mortalidade causada por Boveril[®], entretanto, entre a primeira e a última avaliação, Metarril[®] apresentou um incremento na mortalidade de 72,4%. O bioinseticida Octane[®] foi o produto que causou menor mortalidade em adultos (27,1%) após 120h da pulverização (Tabela 3).

Houve uma interação significativa entre os bioinseticidas e as diferentes fases de desenvolvimento de *B. brassicae* (Tabela 4). Considerando-se todos os estágios de desenvolvimento, os bioinseticidas causaram uma mortalidade diferenciada após 120h da pulverização (Tabela 4), sendo Boveril[®] o produto que apresentou o melhor desempenho (Tabela 4). A fase de desenvolvimento teve uma mortalidade diferenciada, com as ninfas de 3º instar sendo mais suscetíveis que as ninfas de 1º instar a ação de FE (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da análise de dois fatores (Two-way ANOVA) entre bioinseticidas (B) e fases de desenvolvimento (FD) de ninfas de 1º e 3º instar e adultos de *Brevicoryne brassicae*.

Bioinseticida (B)	Mortalidade	Fase de desenvolvimento (FD)	Mortalidade
Boveril [®]	90,3 a	Ninfa de 1º instar	53,7 b
Metarril [®]	66,4 b	Ninfa de 3º instar	78,1 a
Octane [®]	42,4 c	Adulto	67,3 ab

Fator	GL ¹	SQ ²	QM ³	F-valor	p-valor
Bioinseticida (B)	2	17153	8576.4	28.56	<0.0001
Fase de Desenvolvimento (FD)	2	4511	2255.6	7.51	0.002
B × FD	4	10837	2709.2	9.02	<0.0001
Resíduo	36	10809	300.3	-	-

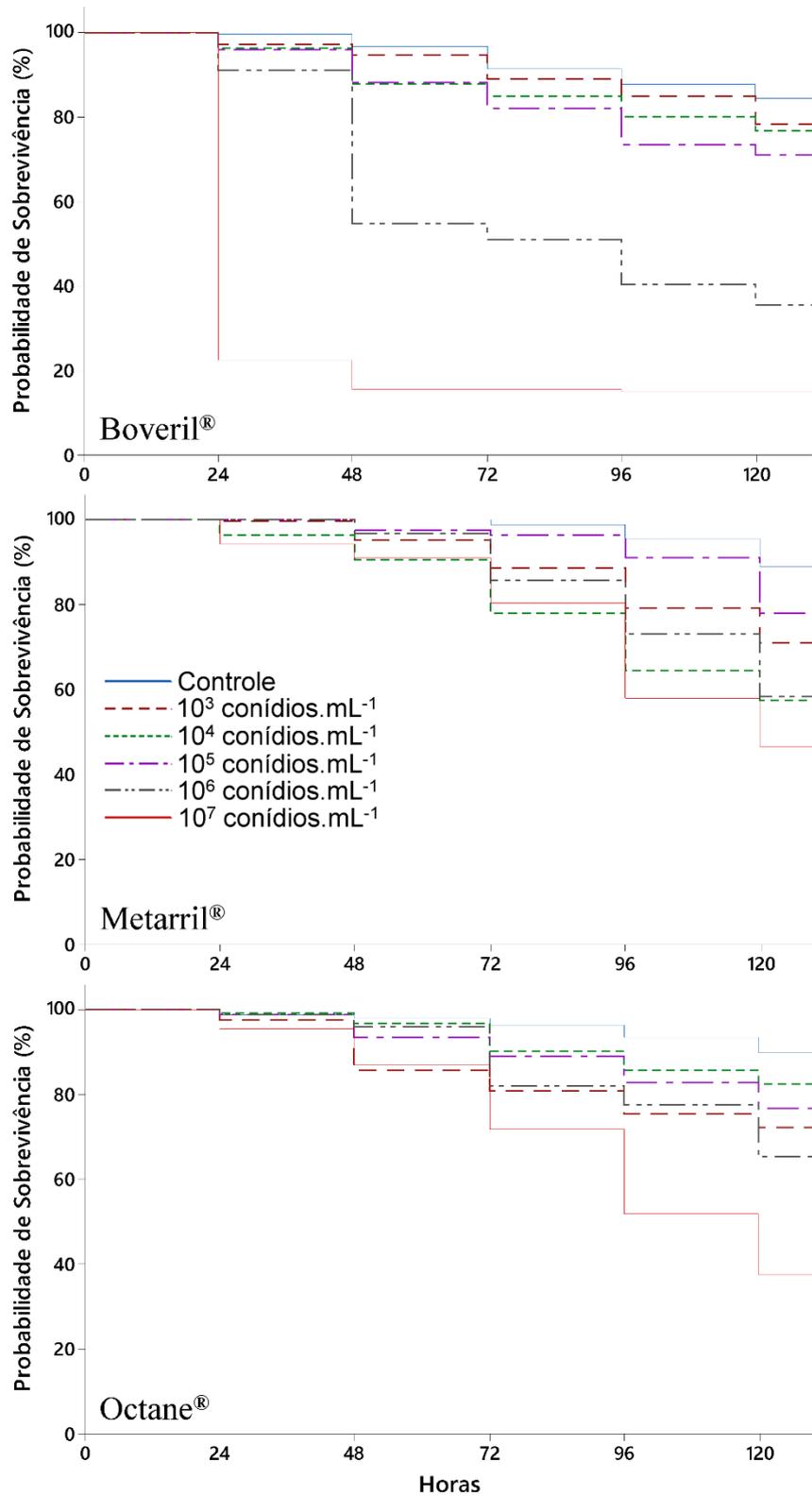
¹Graus de Liberdade; ²Soma dos Quadrados; ³Quadrado médio

A análise de Kaplan-Meier estimou a probabilidade de sobrevivência entre 90 e 100% (IC: 87 – 100%) para ninfas de 1º instar após 24h da exposição às concentrações de 10^3 a 10^7 conídios.mL⁻¹ dos bioinseticidas, exceto para Boveril[®], em que as ninfas tiveram uma expectativa de vida de 23% (IC: 17-28%) após a exposição a 10^7 conídios.mL⁻¹ (Figura 1).

Nas avaliações com 48, 72, 96 e 120h verificou-se a redução na probabilidade de sobrevivência para todas as concentrações e controle (mortalidade natural). Entretanto, a menor probabilidade de sobrevivência ocorreu em insetos expostos a 10^7 conídios.mL⁻¹ de Boveril[®], a qual após 96h foi de 15% (IC: 10-20%) (Figura 1).

As curvas de sobrevivência tiveram diferenças significativas entre as concentrações para Boveril® ($\chi^2 = 671,98$, g.l. = 5, $P < 0,001$), Metarril® ($\chi^2 = 152,47$, g.l. = 5, $P < 0,001$) e Octane® ($\chi^2 = 165,61$, g.l. = 5, $P < 0,001$) (Figura 1).

Figura 1. Curva de sobrevivência de Kaplan-Meier de ninfas de 1º instar de *Brevicoryne brassicae* expostas a diferentes concentrações de bioinseticidas formulados a partir de *Beauveria bassiana* (Boveril®), *Metarhizium anisopliae* (Metarril®) e *Isaria fumosorosea* (Octane®).



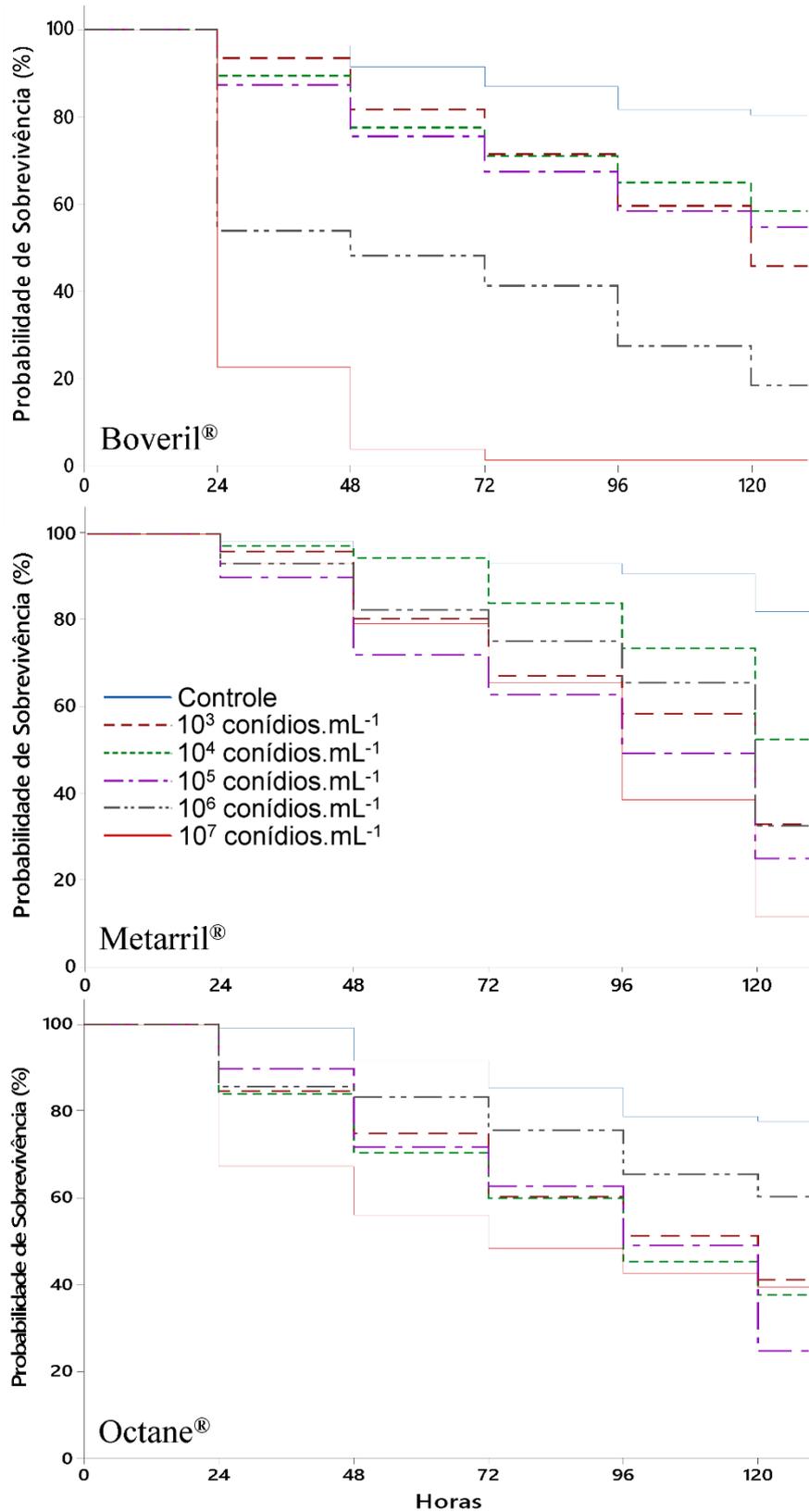
As curvas de sobrevivência diferiram significativamente entre as concentrações para Boveril® ($\chi^2 = 503,53$, g.l. = 5, $P < 0,001$), Metarril® ($\chi^2 = 248,64$, g.l. = 5, $P < 0,001$) e Octane® ($\chi^2 = 133,01$, g.l. = 5, $P < 0,001$) (Figura 2).

A sobrevivência de ninfas de 3º instar após 24h da exposição às concentrações de 10^3 a 10^7 conídios.mL⁻¹ foi distinta para cada bioinseticida. Após 24h da exposição as concentrações de 10^3 a 10^5 conídios.mL⁻¹ de Boveril®, a sobrevivência oscilou entre 88 e 96% (IC: 82-99%) (Figura 2).

A exposição a 10^6 e 10^7 conídios.mL⁻¹ reduziu a sobrevivência para 54% (IC: 45-62%) e 23% (IC: 16-30%), respectivamente, 24h após a exposição, e após 96h, a exposição a 10^7 conídios.mL⁻¹ reduziu a probabilidade de sobrevivência para 1% (IC: 0,1-3,0%) (Figura 2).

A probabilidade de sobrevivência de ninfas expostas a Metarril® e Octane® foi maior que a verificada para Boveril®. A exposição a Metarril® proporcionou uma sobrevivência superior a 90% após 24h da exposição às diferentes concentrações. Entretanto, avaliações com 48, 72, 96 e 120h indicaram redução na sobrevivência, com os menores valores ocorrendo após 120h (11,2% (IC: 6-16%)) (Figura 2). Octane® teve as maiores sobrevivências, com avaliações após 120h indicando para 10^7 esporos.mL⁻¹ uma sobrevivência de 39,5% (IC: 31,2-47,5%) (Figura 2).

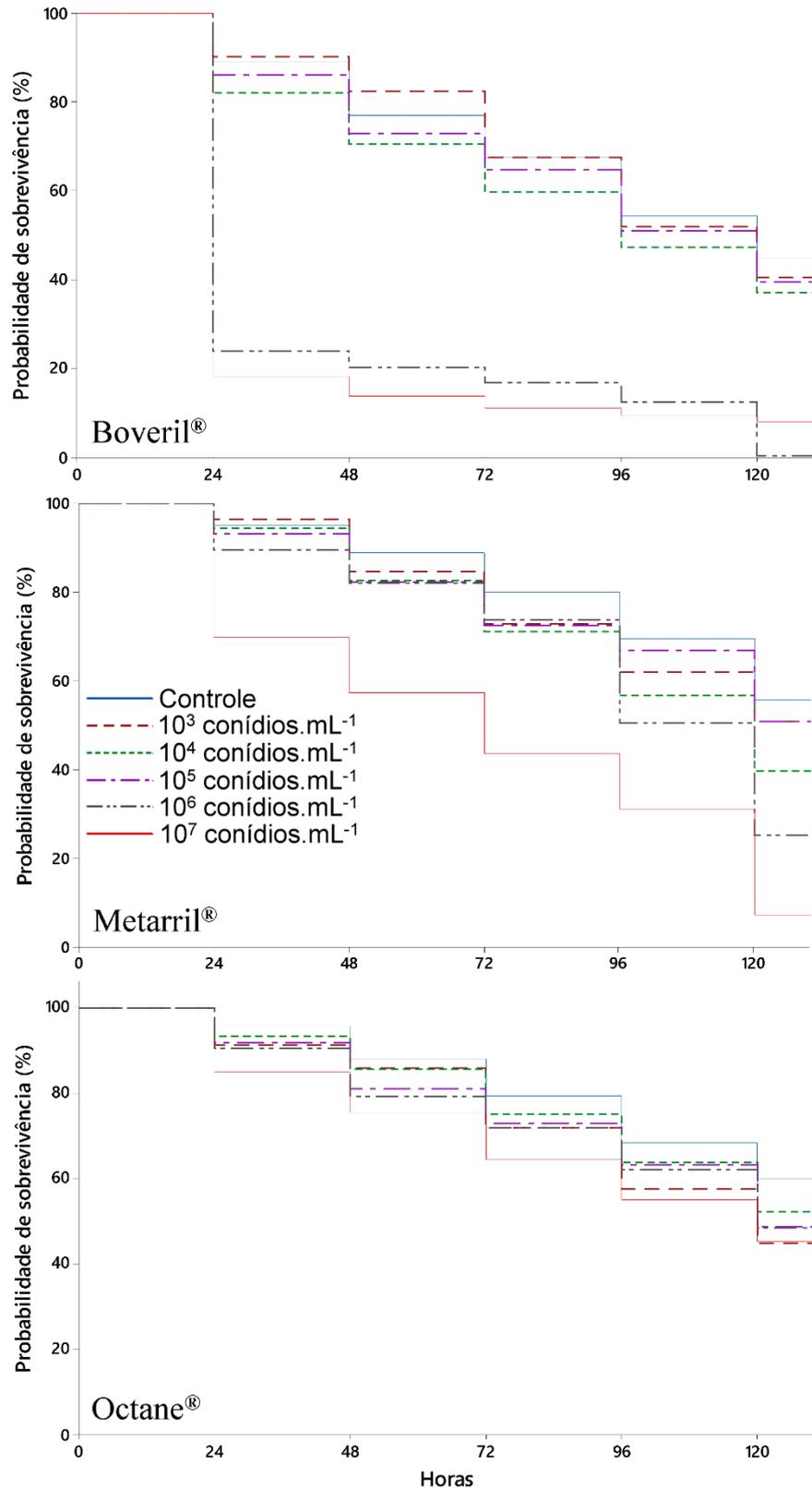
Figura 2. Curva de sobrevivência de Kaplan-Meier ninfas de 3º instar de *Brevicoryne brassicae* expostas a diferentes concentrações de bioinseticidas formulados a partir de *Beauveria bassiana* (Boveril®), *Metarhizium anisopliae* (Metarril®) e *Isaria fumosorosea* (Octane®).



Adultos expostos aos bioinseticidas tiveram probabilidades de sobrevivência distintas. Após 24h, a concentração de 10^7 conídios.mL⁻¹ de Boveril[®] causou o menor percentual de sobrevivência (18,1% (IC: 11,7-24,5%), quando comparado a Metarril[®] (70,1% (IC: 62-78%)) e Octane[®] (84,9% (IC:78,6-91,2%)) (Figura 3). Após 120h, também na concentração de 10^7 conídios.mL⁻¹, houve uma redução na sobrevivência, similar para Boveril[®] (8,0% (IC: 3,5-12,5%)) e Metarril[®] (7,3% (IC:2,9-12%)), com a maior sobrevivência para Octane[®] (45,2% (IC: 36,5-53,9 %)).

As curvas de sobrevivência foram diferentes para Boveril[®] ($\chi^2 = 294,36$, g.l. = 5, P < 0,001) e Metarril[®] ($\chi^2 = 130,9$, g.l. = 5, P < 0,001), não ocorrendo diferenças entre as curvas de sobrevivência causadas pela exposição a Octane[®] ($\chi^2 = 9,13$, g.l. = 5, P: 0,104).

Figura 3. Curva de sobrevivência de Kaplan-Meier adultos de *Brevicoryne brassicae* expostos a diferentes concentrações de bioinseticidas formulados a partir de *Beauveria bassiana* (Boveril®), *Metarhizium anisopliae* (Metarril®) e *Isaria fumosorosea* (Octane®).



4.DISCUSSÃO

A mortalidade de *B. brassicae* foi maior sobre afídeos expostos as suspensões com elevadas concentrações. Para que um FE cause uma rápida resposta biológica é necessário que o inseto adquira uma concentração mínima do patógeno, sendo essa resposta, muitas vezes, dose-dependente (ANSARI et al., 2011; UJJAN; SHAHZAD, 2012).

A exposição de *B. brassicae* à 10^7 conídios.mL⁻¹ de Boveril[®] causou ~80% de mortalidade após 24h, independente do estágio de desenvolvimento. A elevada mortalidade verificada após 24h foi superior à de ninfas e adultos de *B. brassicae* expostos a 10^6 e 10^7 conídios.mL⁻¹ de *B. bassiana* e *M. anisopliae* após 72h (GEBREYOHNS et al., 2021). Nesse contexto, a maior virulência após 24h, de Boveril[®], em detrimento de Metarril[®] e Octane[®], mostrou um forte efeito associado a concentração da suspensão (JORDAN et al., 2021).

O tempo de exposição aos bioinseticidas elevou a mortalidade de *B. brassicae*. Independente da fase de desenvolvimento, houve um aumento na mortalidade com o passar do tempo. Entretanto, Boveril[®] apresentou um baixo incremento na mortalidade de insetos expostos a 10^7 conídios.mL⁻¹ entre as avaliações com 24 e 120h (~6,3%), ocorrendo um maior aumento para Metarril[®] (~82,9%) e Octane[®] (~61,8%). A sobrevivência de insetos infectados por longos períodos é uma desvantagem (MOHAMMADGEIG; PORT, 2015), pois podem continuar causando danos a planta (FARGUES; DELMAS; LEBRUN, 1994; HAJEK, 1989). O tempo de exposição é um importante parâmetro para avaliar a patogenicidade de um FE (ROBLES-ACOSTA et al., 2019), sendo a incapacidade de matar rapidamente um fator limitante para o uso do FE (MOHAMMADGEIG; PORT, 2015).

A rápida mortalidade pode estar associada a adaptação do FE ao hospedeiro. A morte de um inseto envolve uma série de eventos desde a adesão do patógeno ao tegumento até a colonização de tecidos na hemocele. Trabalhos têm mostrado que diferentes espécies de FE apresentam patogenicidades distintas em cada espécie de inseto (JANDRICIC et al., 2014), sugerindo uma adaptação hospedeira, em que *Isaria fumosorosea* seria mais adaptada a afídeos que *B. bassiana* (ELMEKABATY; HUSSAIN; ANSARI, 2020). Entretanto, trabalhos têm mostrado divergências, com uma maior patogenicidade de *B. bassiana* e *M. anisopliae*, em detrimentos a outros FE, sobre os afídeos (JANDRICIC et al., 2014). Nesse contexto, Boveril[®] causou uma elevada mortalidade de ninfas de 1º instar.

A dificuldade de controle de ninfas de 1º instar é devido ao pequeno tamanho. Essa característica proporciona o contato com uma menor carga de esporos (JANDRICIC et al.,

2014). Além disso, a rápida mudança de instar (1,0-1,4 dias) (JAHAN et al., 2014; SOH et al., 2018) permite a eliminação do exoesqueleto antes que os esporos germinem e iniciem a penetração e colonizem os tecidos da hemocele do inseto. O fato de Boveril[®] ter causado elevada mortalidade pode ser um indicativo da rápida germinação de *B. bassiana*, sendo esta uma característica dos isolados altamente virulentos (ALVES et al., 1998). Entretanto, por mais promissor que seja o FE, seu uso comercial é dependente de formulações.

As formulações preservam o FE por longos períodos, mantendo sua capacidade de germinação e infecção (BOUAMAMA; VIDAL; FARGUES, 2010; MENT et al., 2010). As Formulações pó molhável (WP) e Suspensão Concentrada (SC), ou *flowable*, são empregadas para viabilizar o uso agrícola de FE. A formulação SC consiste em agentes suspensores, surfactantes, dispersantes e óleo que atuam como veículo que viabiliza a maior persistência do fungo (LUTHY; CORDIER; FISCHER, 1982). Estes óleos protegem o patógeno contra condições desfavoráveis e elevam sua capacidade de infecção (BATISTA FILHO et al., 1998). Entretanto, estas formulações podem matar devido a ação mecânica dos óleos que bloqueiam os espiráculos e/ou a traqueia (BOGRÁN; LUDWING; METZ, 2011; BUTELER; STADLER, 2011; JOHNSON, 1994), o que não foi observado para Octane[®].

A formulação WP, utilizada no bioinseticida Boveril[®] e Metarril[®] é uma das mais utilizadas para viabilizar o uso comercial de FE (FARIA; WRAIGHT, 2007; SILVA et al., 2015), contendo entre 50 e 80% de pó técnico, além de inertes, dispersantes e surfactantes (BURGUES, 1998). A formulação WP promove um aumento significativo na vida útil do FE, boa miscibilidade em água, formação de suspensão homogênea, fácil aplicação com equipamentos convencionais (BATISTA FILHO et al., 1998; EZZATI-TABRIZI; TALAEI-HASSANLOUI; POURIAN, 2009), além de ser compatível para uso em interação com outras estratégias de controle biológico como insetos predadores (ARAUJO et al., 2020a) e parasitoides (ARAUJO et al., 2020b), sendo uma estratégia desejável em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

O conceito de MIP é dinâmico e tem sido atualizado nas últimas décadas, abrangendo aspectos focados no manejo de pragas, viabilidade econômica, segurança ambiental, aceitação social, buscando promover a interação entre consumidores e produtores (DARA, 2019). Diante desta visão, o controle biológico vem ganhando cada vez mais espaço dentro de programas de MIP (EMBRAPA, 2019) e a implementação de estratégias de manejo de pragas pelo uso de FE vem sendo cada vez mais estudadas, com destaque para regiões tropicais (McGUIRE; NORTHFIELD, 2020), onde há uma grande diversidade de micro-organismos como os FE (MAHE et al., 2017; THOMPSON et al., 2017). Entre os fatores que tem contribuído para o

aumento destes estudos e emprego de FE estão a segurança a humanos, animais, plantas, inimigos naturais, polinizadores e ao ecossistema (BAMISILE et al., 2021). Entretanto, apensar de todos estes benefícios, o cultivo de plantas olerícolas possui um limitado número de produtos biológicos, formulados a partir de FE autorizados para uso contra pragas, com a cultura da couve não possuindo bioinseticida formulado a partir de FE autorizado para uso (BRASIL, 2021).

Os resultados apresentados neste trabalho indicaram a eficiência do Boveril[®], formulado a partir de *B. bassiana* no controle de todas as fases de *B. brassicae*. Nesse contexto, embora existam vários produtos formulados a partir de FE e empregados contra afídeos, na prática podem exibir uma eficiência moderada ou baixa (JANDRICIC et al., 2014), como verificado para Metarril[®] e Octane[®]. Além disso, *B. bassiana* possui um elevado número de hospedeiros (ZIMMERMANN, 2007a) e pode infectar diferentes espécies de pragas que atacam olerícolas. Devido a formulação, Boveril[®] pode ser compatível com insetos predadores e parasitoides, viabilizando a interação de diferentes estratégias de controle biológico, o que se constitui em uma importante ferramenta na elaboração de programas de MIP em olerícolas.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. **A method of computing the effectiveness of an insecticide**. Lanham: Journal Economic Entomology, 1925.
- ALMEIDA, G. D. de; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; HOLTZ, A. M.; VICENTINI, V. B. **Determinação da concentração letal média (CL50) de *Beauveria bassiana* para o controle de *Brevicoryne brassicae***. Idesia, 2007.
- ALVES, S. B.; ALMEIDA, J. E. M.; MOINO JR, A.; ALVES, L. F. A. **Técnicas de laboratório**. In: ALVES, S. B. Controle microbiano de insetos. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- ANSARI, M. A.; POPE, E. C.; CARPENTER, S.; SCHOLTE, E. J.; BUTT, T. M. **Entomopathogenic fungus as a biological control for an important vector of livestock disease: The *Culicoides* biting midge**. PLoS ONE, 2011.
- ARAUJO, E. S.; BENATTO, A.; BÜHRER, F. R.; POLTRONIERI, A. S.; POITEVIN, C. G.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. **Combining biocontrol agents with different mechanisms of action to control *Duponchelia fovealis*, an invasive pest in South America**. Crop Protection, 2020a.
- ARAUJO, E. S.; POLTRONIERI, A. S. POITEVIN, C. G.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. **Compatibility between entomopathogenic fungi and egg parasitoids (*Trichogrammatidae*): A laboratory study for their combined use to control *Duponchelia fovealis***. Insects, 2020b.
- ASI, M. R.; BASHIR, M. H.; AFZAL, M.; IMRAN, S. **Effect of conidial concentration of entomopathogenic fungus on mortality of Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* L.** Pakistan Journal life soc. Sci, 2009.
- BAMISILE, B. S.; AKUTSE, K. S.; SIDDIQUI, J. A.; XU, Y. **Model application of entomopathogenic fungi as alternatives to Chemical pesticides: prospects, challenges, and insights for next-generation sustainable agriculture**. Frontiers in plant Science, 2021.
- BARTON, B. T.; IVES, A. T. **Direct and indirect effects of warming on aphids, their predators, and ant mutualists**. Ecology, 2014.
- BATISTA FILHO, A.; ALVES, S. B.; PEREIRA, R. M.; AUGUTO, N. T. **Formulação de Entomopatógenos**. In: ALVES, S. B. Controle Microbiano de Insetos. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- BOGRÁN, C. E.; LUDWING, S.; METZ, B. **Using oils as pesticides**. Texas A & M Agrilife Extension Service. 2011.
- BOSCH, R.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. **An introduction to biological control**. New York: Plenum Press, 1973.
- BOUAMAMA, N.; VIDAL, C.; FARGUES, C. **Effects of fluctuating moisture and temperature regimes on the persistence of quiescent conidia of *Isaria fumosorosea***. J Invertebr Pathology, 2010.

BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, 2021.

BURGUES, H. D. **Formulation of mycoinsecticides**. In: BURGUES, H. D. Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial Microorganisms, Nematodes and Seed Treatments. Dordrecht: Kluwer Academic Publishing, 1998.

BUTELER, M.; STADLER, T. **A review of the mode of action and current use of petroleum distilled spray oils**. In: STOYTSCHEVE, M. Pesticides in the modern world. Pesticides Use and management, 2011.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W.; **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2003.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. da S.; RIGOTTO, R. M. FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI/CEPA, 2017-2018.

DARA, S. K. **The new integrated pest management paradigm for the modern age**. Journal of Integrated Pest Management, 2019.

ELMEKABATY, M. R.; HUSSAIN, M. A.; ANSARI, M. A. **Evaluation of commercial and non-commercial strains of entomopathogenic fungi Against large raspberry aphid *Amphorophora idaei***. BioControl, 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Biological control in Brazil has potential to grow 20% a year**. Plant production Integrated Pest Management. Londrina: Embrapa Soybeans, 2019.

EZZATI-TABRIZI, R.; TALAEI-HASSANLOUI, R.; POURIAN, H. R. **Effect of formulating of *Beauveria bassiana* conidia on their viability and pathogenicity to the onion thrips, *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae)**. Journal of Plant Protection research, 2009.

FARGUES, J.; DELMAS, J. C.; LEBRUN, R. A. **Leaf consumption by larvae of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) infected with the entomopathogen, *Beauveria bassiana***. J. Econ. Entomol., 1994.

FARIA, M. R.; WRIGHT, S. P. **Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with world wide coverage and international classification of formulations types**. Biological Control, 2007.

FERERES, A.; MORENO, A. **Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects**. Virus Research, 2009.

GEBREYOHANS, G. CHKEL, Y.; ALEMUM T.; ASSEFA, F. **Management of Cabbage Aphid (*Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae)) on Ethiopian MUSTARD**

(*Brassicae carinata* Braun) using Entomopathogenic fungi and Selected insecticides. Ethiop. J. Science, 2021.

GRIFFIN, R. P.; WILLIAMSON, J. **Cabbage, Broccoli & Other Cole Crop Insect Pests.** Clemson: Home & Garden Information Center, 2012.

HADDAD, M. L.; VENDRAMIM, J. D. **Comparação de porcentagens observadas com casos extremos de 0 e 100%.** An. Soc. Entomol. Bras., 2000.

HAJEK, A. E. **Food consumption by *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) larvae infected with *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthorales).** Env. Entomol., 1989.

HUANG, B. F.; FENG, M. G. **Comparative Tolerances of Various *Beauveria bassiana* isolates to UV-B Irradiation with a Description of a Modeling Method to Assess Lethal Dose.** Mycophatologia, 2009.

JAHAN, F.; ABBASIPOUR, H.; ASKARIANZADEH, A.; HASSANSHAHI, G.; SAEEDIZADEH, A. **Biology and life table parameters of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) on cauliflowers cultivars.** Journal of Insect Science, 2014.

JANDRICIC, S. E.; FILOTAS, M.; SANDERSON, J. P.; WRAIGHT, S. P. **Pathogenicity of conidia-based preparations of entomopathogenic fungi against the greenhouse pest aphids *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, and *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae).** J Invertebr Pathol., 2014.

JOHNSON, W. T. **Oils as pesticides for ornamental plants.** In: LESLIE, A. R. Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. CRC Press., 1994.

JORDAN, C.; SANTOS, P. L.; OLIVEIRA, L. R. S.; DOMINGUES, M. M.; GÊA, B. C. C.; RIBEIRO, M. F.; MASCARIN, G. M.; WILCKEN, C. F. **Entomopathogenic fungi as the microbial frontline Against the alien *Eucalyptus* pest *Gonipterus platensis* in Brasil.** Scientific Reports, 2021.

LIU, T. X.; SPARKS JR. A. N. **Aphids on Cruciferous Crops Identification and Management.** Research Entomologist and Extension Entomologist, 2001.

LUTHY, P.; CORDIER, J. L.; FISCHER, H. M. ***Bacillus thuringiensis* as a bacterial insecticide: basic considerations and applications.** In: KURSTAK. Microbial and Virus Pesticides, 1982.

MAHANKUDA, B.; BHATT, B. **Potentialities entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as biocontrol agent: A review.** Journal of Entomology and Zoology Studies, 2019.

MAHE, F.; VARGAS, C.; BASS, D. CZECH, L. STAMATAKIS, A. LARA, E. **Parasites dominate hyperdiverse soil protist communities in Neotropical rainforests.** Nat. Ecol. Evol., 2017.

McGUIRE, A.; NORTHFIELD, T. D. **Tropical occurrence and agricultural importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*.** Frontiers, 2020.

- MELO, R. A. de C. e; VENDRAME, L. P. de C.; MADEIRA, N. R.; BLIND, A. D.; VILELA, N. J. **Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de brássicas nas principais regiões produtoras brasileiras**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2017.
- MENT, D.; GINDIN, G.; GLAZER, I.; PERL, S.; ELAD, D.; SAMISH, M. **The effect of temperature and relative humidity on the formation of *Metarhizium anisopliae* chlamydospores in tick eggs**. Fungal Biol., 2010.
- MOHAMMADBEIGI, A.; PORT, G. **Effect os infection by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisoplie* on the feeding of *Uvarovistia zebra***. Journal of Insect Science, 2015.
- MOREIRA, J. C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. D. C.; VIEIRA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. **Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso**. Ciência & Saúde Coletiva, 2012.
- OPFER, P.; MCGRATH, D. **Oregon vegetables, cabbage aphid and green peach aphid**. Corvallis: Department of Horticulture, 2013.
- PEREIRA, R. M.; ALVES, S. B.; SOSA-GÓMES, D. R.; MACENDO, N. **Utilização de entomopatógenos no Manejo Integrado de Pragas**. In: ALVES, S. B. Controle microbiano de insetos. Piracicaba; FEALQ, 1998.
- PONTOPPIDAN, B., HOPKINS, R., RASK, L., MEIJER, J. **Infestation by cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) on oilseed rape (*Brassica napus*) causes a long lasting induction of the myrosinase system**. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2003.
- RAI, D.; UPDHYAY, V.; MEHRA, P.; RANA, M.; PANDEY, A. K. **Potential of entomopathogenic fungi as biopesticides**. Indian Journal of Science and Technology, 2014.
- RIBEIRO, B. A. L.; CAMELLO, T. C. F. **Reflexões sobre o uso de agrotóxicos e suas consequências**. Revista Sustinere, 2014.
- ROBLES-ACOSTA, I. N.; CHACÓN-HERNÁNDEZ, J. C.; TORRES-ACOSTA, R. I.; LANDEROS-FLORES, J.; VANOYE-ELIGIO, V.; ARREDONDO-VALDÉS, R. **Entomothogenic fungi as biological control agentes of *Phyllocoptruta oleivora* (Prostignata: Eriophyidae) under greenhouse conditions**. Florida Entomologist, 2019.
- SANI, I.; ISMAIL, S. I.; ABDULLAH, S.; JALINAS, J.; JAMIAN, S.; SAAD, N. **A review of the biology and control os Whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi**. Insects, 2020.
- SILVA, A. P. A.; ALVES, R. T.; LIMA, E. A. L.A.; LIMA, V. L. M. **Bioformulations in pest control: A review**. Annual Research & Review in Biology, 2015.
- SOH, B. S. B.; KEKEUNOU, S. NANGA, S. N.; DONGMO, M. RACHID, H. **Effect of temprature on the biological parameters of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae***. Ecology and Evolution, 2018.

- SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. de. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.
- THOMPSON, L. R.; SANDERS, J. G.; McDONALD, J. G.; AMIR, A.; LADAU, J.; LOCEY, K. J. **A communal catalogue reveals Earth's multiscale microbial diversity.** Nature, 2017.
- UJJAN, A. H.; SHAHZAD, S.; **Use of entomopathogenic fungi for the control of mustard aphid (*Lipaphis erysimi*) on canola (*Brassicae napus* L.).** Pak. J. Bot., 2012.
- VINHA, M. B.; PINTO, C. L. DE O.; PINTO, C. M. F.; SOUZA, C. F. de; SOUZA, M. R. de M. OLIVEIRA, L. L. de. **Impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos em frutas e hortaliças.** Viçosa: Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 2013.
- ZAR, J. H. **Two-Factor Analysis of Variance.** In: ZAR, J.H. Biostatistical analysis. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2009.
- ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MEDEIROS, C.; SILVA, R. A. da. **Olericultura: pragas e inimigos naturais.** Curitiba: SENAR, 2015.
- ZIMMERMANN, G. **Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*.** Biocontrol Science and Technology, 2007a.
- ZIMMERMANN, G. **Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*.** Biocontrol Science and Technology, 2007b.
- ZIMMERMANN, G. **The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control.** Biocontrol Science and Technology, 2008.

CAPÍTULO 2

BIOLOGIA DE *Brevicoryne brassicae* E *Lipaphis pseudobrassicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM COUVE (*Brassica oleracea* var. *acephala*)

RESUMO

O afídeo *Brevicoryne brassicae* é uma importante praga da couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). Entretanto, novas pragas podem surgir devido a adaptações de espécies nativas ou a introdução de insetos exóticos. No ano de 2006 ocorreu o primeiro registro do afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* atacando a cultura da couve no Brasil. A realização de estudos sobre tabela de vida permite melhor entendimento sobre parâmetros biológicos destes insetos, gerando informações importantes para subsidiar estratégias de manejo integrado em brássicas. No presente trabalho avaliou-se a biologia de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* por meio da confecção de tabelas de vida de fertilidade em condições de laboratório. Ninfas com até 24h de idade foram mantidas em plântulas de couve-manteiga ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: 60-70% e fotofase de 12h) e monitoradas até sua morte. As avaliações ocorreram em intervalos de 24h. A fase imatura foi semelhante entre *B. brassicae* (6,46 dias) e *L. pseudobrassicae* (6,57 dias). Após atingirem o estágio adulto, houve diferenças na duração das fases pré-reprodutiva, reprodutiva e pós-reprodutiva. Adultos de *B. brassicae* permaneceram mais tempo nos períodos pré e pós-reprodutivos e um menor tempo no período reprodutivo. Entretanto, a fertilidade específica de *B. brassicae* foi superior a de *L. pseudobrassicae*. A elevada mortalidade em ninfas de *B. brassicae* reduziu seus parâmetros de crescimento populacional. A taxa líquida de reprodução (R_0) em *B. brassicae* foi menor (9,98) que a observada em *L. pseudobrassicae* (17,62), o intervalo de tempo de cada geração (T) foi semelhante entre as espécies, bem como a capacidade inata de aumentar em número (rm) e a razão finita de aumento (λ). O tempo necessário para a população duplicar o número de indivíduos (TD) foi de 4,37 dias para *B. brassicae* e de 3,62 dias para *L. pseudobrassicae*. Os resultados obtidos possibilitam aprimorar estratégias de monitoramento que subsidiam a tomada de decisão sobre o momento ideal para o emprego de estratégias de controle.

Palavras-chave: Afídeos, dinâmica populacional, pulgão, tabela de vida e fertilidade

CHAPTER 2

BIOLOGY OF *Brevicoryne brassicae* AND *Lipaphis pseudobrassicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) ON KALE (*Brassica oleracea* var. *acephala*)

ABSTRACT

The aphid *Brevicoryne brassicae* is an important pest of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). However, new pests may arise due to adaptations of native species or the introduction of exotic insects. In 2006, there was the first record of the aphid *Lipaphis pseudobrassicae* attacking the cabbage crop in Brazil. Knowledge about the biology of pests is the basis for implementing management strategies. The performance of studies on the life table allows a better understanding of the biological parameters of these insects, generating important information to support integrated management strategies in brassicas. In the present work, the biology of *B. brassicae* and *L. pseudobrassicae* was evaluated through the production of fertility life tables under laboratory conditions. Nymphs up to 24h of age were kept on cabbage seedlings ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, RH: 60-70% and photophase of 12h) and monitored until death. Assessments took place at 24-hour intervals. The immature phase was similar between *B. brassicae* (6.46 days) and *L. pseudobrassicae* (6.57 days). After reaching the adult stage, there were differences in the duration of the pre-reproductive, reproductive and post-reproductive phases. Adults of *B. brassicae* remained longer in the pre and post reproductive periods and a shorter time in the reproductive period. However, the specific fertility of *B. brassicae* was superior to that of *L. pseudobrassicae*. The high mortality in *B. brassicae* nymphs reduced their population growth parameters. The net reproduction rate (R_0) in *B. brassicae* was lower (9.98) than that observed in *L. pseudobrassicae* (17.62), the time interval of each generation (T) was similar between species, as well as the innate ability to increase in number (r_m) and the finite rate of increase (λ). The time required for the population to double the number of individuals (TD) was 4.37 days for *B. brassicae* and 3.62 days for *L. pseudobrassicae*. The results obtained make it possible to improve monitoring strategies that support decision-making on the ideal moment for the use of control strategies.

Keywords: aphids, population dynamics, aphids, life table and fertility

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) tem importância social e econômica dentro da diversidade produtiva brasileira (CEPA, 2018). Devido as propriedades nutracêuticas desta hortaliça, o consumo nacional vem aumentando gradativamente (NOVO et al., 2010), com um consumo de 162 mil toneladas em 2020 (BELING, 2021). No entanto, o cultivo de brássicas, como a couve-manteiga, é acometido por problemas fitossanitários, como o ataque de insetos, que tendem a reduzir a sua produtividade (MELO et al., 2017).

Entre as pragas da couve-manteiga estão os pulgões ou afídeos. E dentre estes, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae) é uma das principais pragas da cultura. Sua reprodução é rápida, formando grandes colônias em curtos períodos. Esta espécie se alimenta da seiva, causando perda de vigor e produtividade. O dano direto ocorre devido a alimentação, causando o murchamento e encarquilhamento das folhas (ZAWADNEAK et al., 2015). Os danos indiretos causados por *B. brassicae* ocorrem por favorecer o desenvolvimento de fungos do gênero *Capnodium* sp. sobre as folhas, reduzindo a respiração e fotossíntese, e pela transmissão de viroses (JESUS; MENDONÇA, 2012), com registro de perdas superiores a 80% devido a ação de patógenos transmitidos pelo afídeo (KHATTAK et al., 2002).

Apesar de *B. brassicae* ser um dos mais importantes afídeos associados a couve no Brasil, a entomofauna de insetos praga de uma cultura pode sofrer alterações. Essas alterações podem estar associadas a adaptações de espécies nativas a cultura, como é o caso da mariposa *Bonagota salubricola* (Meyrick, 1937) (Lepidoptera: Tortricidae) (BOTTON et al., 2009), ou a introdução de espécies exóticas devido ao aumento global no transporte de produtos agrícolas (LOPES DA SILVA et al., 2016). Nesse contexto, no ano de 2006 ocorreu o primeiro registro do afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae) em associação com a couve no Brasil (RESENDE et al., 2006).

O afídeo *L. pseudobrassicae* é originário da região Paleártica e assim como *B. brassicae* causa danos diretos, devido a alimentação, e indiretos, sendo considerado vetor de 10 vírus não persistentes (BLACKMAN; EASTOP, 2007).

O manejo de afídeos na cultura da couve é baseado no uso de inseticidas químicos, como organofosforados e neonicotinoides (BRASIL, 2021). Estes inseticidas apresentam um amplo espectro de ação, e seu emprego, muitas vezes é feito de modo sequencial e preventivo, sem considerar a presença do inseto praga. O uso abusivo destes inseticidas tem gerado impactos indesejados ao homem, ao ambiente e a organismos não alvo (ALMEIDA et al., 2007). Diante

disso, há a necessidade de se reduzir a dependência de inseticidas químicos e intensificar a implementação de medidas baseadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP) (DEGUINE et al., 2021).

A adoção de estratégias preconizadas pelo MIP viabiliza a sustentabilidade na agricultura. Em definição, sancionada pela FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), o MIP é o sistema de manejo que associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie e, utilizando técnicas apropriadas, mantém a população da praga em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico (PEDIGO; HUTCHINS; HIGLEY, 1986). Apesar de propício aos agroecossistemas, a implementação de estratégias preconizadas pelo MIP deve considerar, para o seu sucesso, conhecimentos que envolvem parâmetros biológicos de pragas-alvo (De CONTE et al., 2010).

A realização de estudos sobre tabela de vida permite melhor entendimento sobre parâmetros biológicos de insetos (TAGHIZADEH, 2019), como o desenvolvimento, longevidade, fecundidade, sobrevivência, reprodução e incremento populacional (CHI e HY, 2021). Estas informações são importantes para a compreensão da dinâmica populacional de um inseto sob determinada condição ambiental (SILVEIRA NETO, et al., 1976). Nesse contexto, trabalhos sobre estudos de biologia e tabela de vida de fertilidade de afídeos têm fornecido importantes informações para a implementação de estratégias de MIP em culturas de relevância econômica (BERNARDI et al., 2012; De CONTI et al., 2010; QUERESHI; MICHAUD, 2005).

Assim, com o objetivo de ter-se um melhor entendimento sobre parâmetros biológicos e demográficos de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* foram realizados estudos para elaboração de tabela de vida e fertilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PRODUÇÃO DE COUVE-MANTEIGA (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)

As plântulas foram produzidas a partir de sementes não tratadas, obtidas comercialmente e semeadas em bandejas de poliestireno expandido sob substrato comercial. As plântulas foram mantidas sob cultivo protegido até que atingissem de duas a três folhas verdadeiras, quando foram empregadas nos testes.

Para realização dos bioensaios, as plântulas foram levadas ao laboratório onde foram lavadas em água corrente, para retirada do excesso de substrato das raízes e, posteriormente,

desinfestadas com hipoclorito de sódio (0,5%) por dois minutos. Essas plântulas foram acomodadas em frascos de vidro (10 mL) contendo água destilada esterilizada, de modo que as raízes ficassem submersas. Para auxiliar na fixação da plântula e na vedação do frasco, foi utilizado um tampão de algodão envolto no hipocótilo.

2.2 CRIAÇÃO DE *Brevicoryne brassicae* e *Lipaphis pseudobrassicae*

A criação de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* foi iniciada a partir de insetos coletados em plantas da família Brassicaceae, na Fazenda Experimental da Ressacada da Universidade Federal de Santa Catarina (27°41'08,9" S: 48°32'37,5" O). Os insetos coletados foram transportados ao laboratório e com o auxílio de um pincel de cerdas finas, foram transferidos para plantas de couve-manteiga sob cultivo protegido, formando uma criação estoque.

Para realização dos bioensaios, fêmeas adultas da criação estoque foram utilizadas para obter ninfas e adultos com idade conhecida. Para isso, com auxílio de um pincel de cerdas finas e microscópio estereoscópio, adultos foram transferidos para placas de Petri contendo um disco foliar de couve sob uma camada de ágar-água (2%). As placas foram mantidas em sala de criação com temperatura de $25 \pm 2^\circ$, umidade 60-70% e fotoperíodo de 12 horas. Após 24 horas, os adultos foram retirados e as ninfas foram monitoradas até atingir estágio desejado para realização dos bioensaios.

2.3 BIOENSAIO TABELA DE VIDA

Para a elaboração das tabelas de vida, fêmeas adultas ápteras da criação estoque foram utilizadas para obtenção de ninfas. Para isso, com auxílio de um pincel de cerdas finas e microscópio estereoscópio, um adulto foi transferido para uma folha da plântula de couve, previamente desinfestada conforme descrito no item 2.2. Os frascos contendo as plântulas inoculadas com o adulto foram acomodados em gaiolas plásticas (Figura 1) com a parte superior perfurada e coberta com tecido *voil* para aeração e impedir a fuga dos insetos. Após a inoculação, as plântulas foram mantidas em ambiente com condições controladas por 24 horas para reprodução de ninfas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR 60-70% e fotofase de 12h). Após esse período, as fêmeas adultas foram retiradas, mantendo-se uma ninfa por plântula.

As vistorias foram realizadas diariamente sob microscópio estereoscópico, até a morte dos insetos. Os parâmetros avaliados foram o tempo de desenvolvimento, com a coleta das

exúvias e a mortalidade ninfal. Após estes insetos atingirem a fase adulta, foram avaliados os períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, número de descendentes diários e número de descendentes total. Esta contagem de descendentes ocorria diariamente, sendo que após a contagem as ninfas eram retidas das folhas para não serem recontadas na próxima avaliação.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Para cada espécie de afídeo foram realizadas 100 repetições, sendo cada repetição formada por uma gaiola contendo uma planta inoculada com um afídeo.

2.4 ANÁLISES

Os parâmetros de tabela de vida de fertilidade foram baseados em Andrewartha & Birch (1954). Os resultados obtidos deram subsídio para o cálculo dos parâmetros de crescimento populacional (R_0 , T , r_m , λ e TD), baseados no método Jackknife (MEYER et al., 1986) e as comparações dos parâmetros de crescimento populacionais de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* foram realizadas pelo teste 't' unilateral por meio do programa computacional tabvida (PENTEADO et al., 2010).

A duração média de cada instar, o período total de desenvolvimento ninfal, a mortalidade de cada instar, a mortalidade total de ninfas, a duração dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, a longevidade de adultos, o número de ninfas/fêmea e ciclo biológico total e longevidade total tiveram seus dados submetidos a análise de normalidade e homoscedasticidade. Posteriormente, as médias dos parâmetros biológicos foram submetidos ao teste t de Student ou ao teste não paramétrico de Mann-Whitney por meio do programa Minitab 18.0.

3. RESULTADOS

Ocorreram quatro instares para *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae*. A duração média de cada instar, bem como a duração de todo o período juvenil foi similar entre as espécies, compreendendo um período total de desenvolvimento de 6,46 para *B. brassicae* e 6,57 dias para *L. pseudobrassicae* (Figura 1). Foi verificado que não houveram diferenças significativas na duração de cada instar e no tempo total de desenvolvimento ninfal entre as espécies (Figura 1).

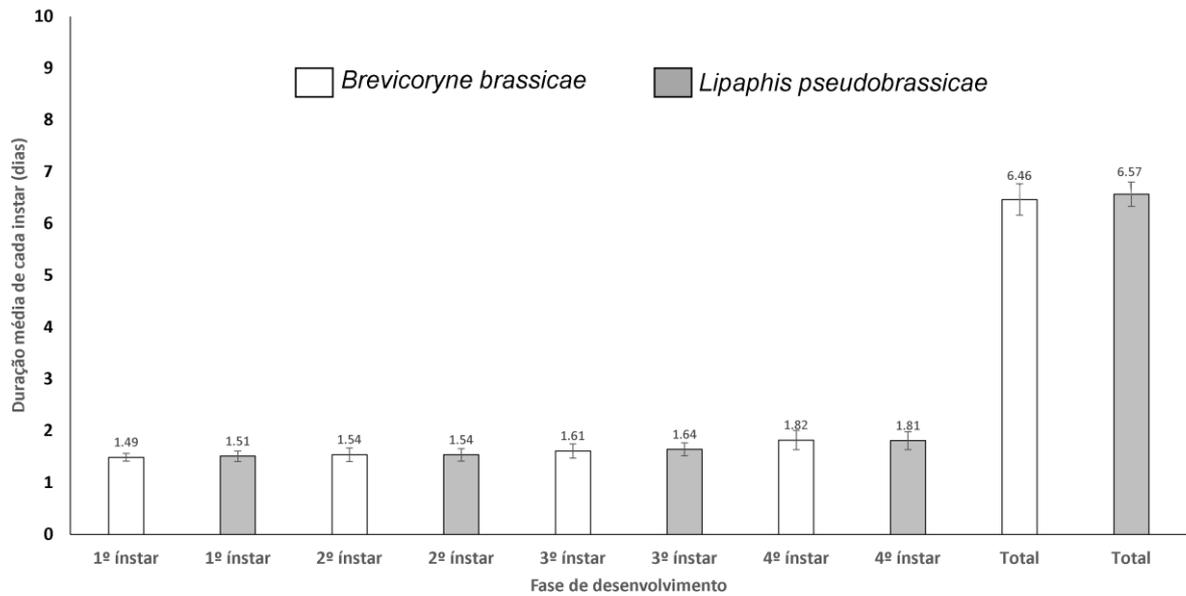


Figura 1. Duração média (\pm EPM) cada instar de desenvolvimento e período imaturo completo de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* em couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Os dados foram comparados por meio do teste *t* para amostras independentes (*p*-valor < 0,05).

O afídeo *B. brassicae* teve uma maior mortalidade durante a fase imatura. A mortalidade de *B. brassicae* no 1º instar foi 73,6% superior à verificada para *L. pseudobrassicae* na mesma fase de desenvolvimento (Tabela 1). Apesar da mortalidade de *B. brassicae* ter sido superior a de *L. pseudobrassicae* no 2º instar (69,7%), 3º instar (47,4%) e 4º instar (24,0%), não ocorreram diferenças significativas entre as fases de desenvolvimento. Entretanto, a mortalidade total de imaturos foi significativamente superior para *B. brassicae* que teve uma mortalidade 44,1% superior a verificada para *L. pseudobrassicae* (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual de mortalidade (\pm EPM) por instar de desenvolvimento e período imaturo completo de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae*.

Espécie	Mortalidade (%)				
	1º instar	2º instar	3º instar	4º instar	Total*
<i>B. brassicae</i>	17,8 (\pm 5,8)	16,2 (\pm 6,1)	9,7 (\pm 5,4)	7,1 (\pm 5,0)	42,2 (\pm 7,4)
<i>L. pseudobrassicae</i>	4,7 (\pm 3,2)	4,9 (\pm 3,3)	5,1 (\pm 3,6)	5,4 (\pm 3,8)	18,6 (\pm 6,0)
Valor-W	2129,5*	1547,5	1128,0	9933,0	2231,0*
P-valor	0,05	0,10	0,47	0,78	0,01

* Diferenças significativas pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney (*p*-valor < 0,05).

Os adultos de *B. brassicae* tiveram um maior período pré-reprodutivo (2,5 dias), sendo esse período 48% maior que o verificado para *L. pseudobrassicae* (1,3 dias) (Tabela 2). *L. pseudobrassicae* apresentou um maior período reprodutivo (18,9 dias), sendo 32,3% superior ao verificado para *B. brassicae* (12,8 dias) (Tabela 2). O período pós-reprodutivo corresponde a fase em que os insetos adultos permanecem vivos, mas não geram mais descendentes. A duração desta fase foi 33,3% maior para *B. brassicae*, sendo significativamente superior quando comparada com a duração do período pós-reprodutivo de *L. pseudobrassicae* (Tabela 2).

A longevidade de adultos, número médio de ninfas geradas por fêmea e o ciclo biológico total de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* não apresentaram diferenças significativas, indicando o que pode ser um período biológico similar entre estas espécies (Tabela 2).

Tabela 2. Duração média (\pm EPM) em dias de diferentes parâmetros biológicos de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae*. Os dados foram comparados por meio do teste *t* para amostras independentes.

Parâmetros avaliados	Afídeo		valor- T	P-valor
	<i>B. brassicae</i>	<i>L. pseudobrassicae</i>		
Período pré-reprodutivo	2.5 (0.3)	1.3 (0.1)	3.68	0.001*
Período reprodutivo	12.8 (1.6)	18.9 (1.5)	2.76	0.008*
Período pós-reprodutivo	8.1 (1.6)	5.4 (1.8)	1.13	0.037*
Longevidade adultos	19.5 (2.1)	23.1 (2.1)	1.22	0.227
Total ninfas/fêmea	23.2 (4.9)	25.5(2.6)	0.41	0.682
Ciclo biológico	26.0 (2.1)	29.6 (2.1)	1,21	0,231

O período reprodutivo de *L. pseudobrassicae* iniciou entre o 5° e 6° dia de ciclo e para *B. brassicae*, a reprodução teve início entre o 6° e 7° dia (Figura 3). A taxa máxima de aumento (pico máximo de fertilidade específica) de *B. brassicae* ocorreu no 13° dia com incremento de 1,83 fêmea/fêmea e para *L. pseudobrassicae* o valor máximo observado foi de 1,74 fêmea/fêmea no 8° dia (Figura 3). A fertilidade média específica de *B. brassicae* foi de 1,68 fêmea/fêmea e de *L. pseudobrassicae* foi de 1,35 fêmea/fêmea.

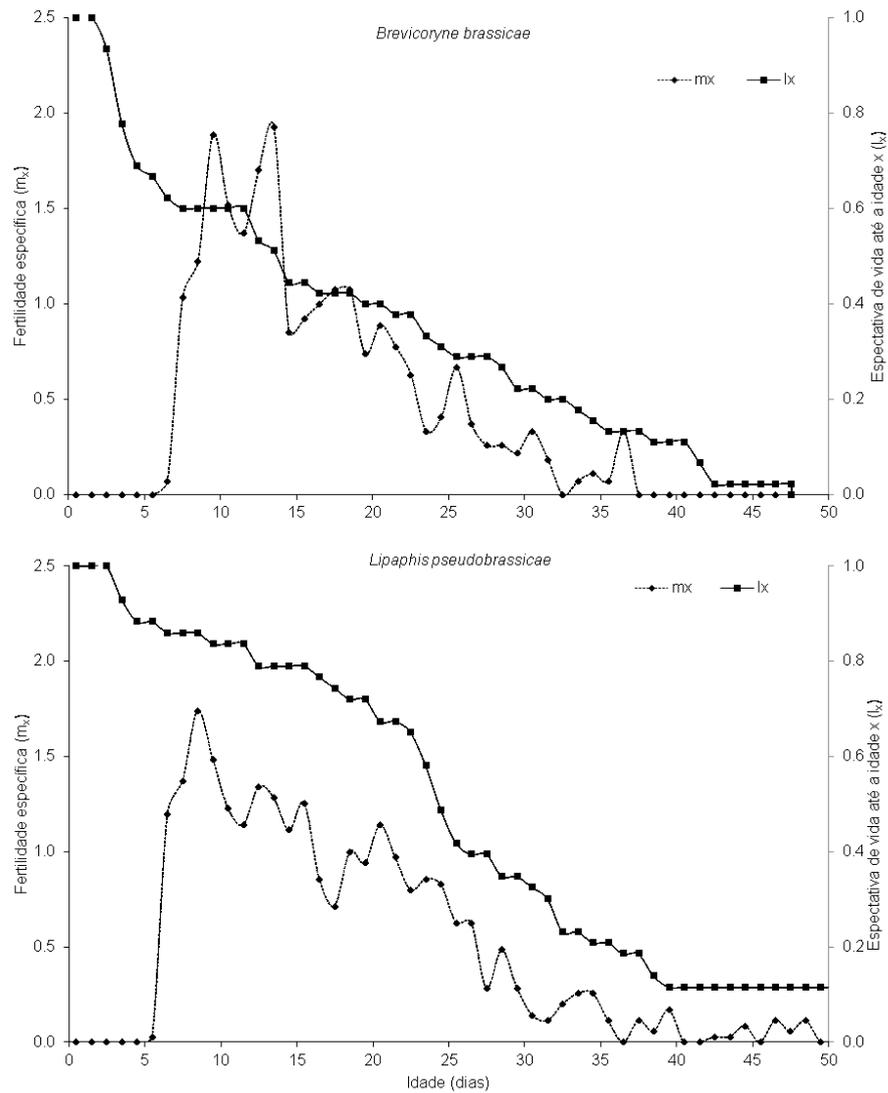


Figura 3. Fertilidade específica (m_x) e expectativa de vida até a idade x (l_x) de *Brevicoryne brassicae* e *Lipaphis pseudobrassicae* mantidos em couve-manteiga (*Brassica oleracea* variedade acephala).

A taxa líquida de reprodução (R_0) foi significativamente maior para a espécie *L. pseudobrassicae*, determinando que essa amostragem populacional tem capacidade teórica de aumento de 17,62 vezes a quantidade de fêmeas adicionadas à população de uma geração para outra, com tempo médio entre gerações (T) de 15 dias (Tabela 3). Em comparação, a taxa líquida de reprodução (R_0) da população da espécie *B. brassicae* foi de 9,98 vezes com tempo médio de cada geração (T) de 14,52 dias.

A capacidade inata de crescimento (r_m) mostra como uma população crescerá se as condições ambientais permanecessem constantes, expressando o potencial biótico de uma espécie e quanto maior o valor de (r_m) mais bem sucedida será a espécie, em um determinado ambiente (DEWITT & SLOAN, 1958). A r_m foi positiva para as duas espécies (0,19 para *L. pseudobrassicae* e 0,15 para *B. brassicae*), o que demonstra que ambas têm potencial de crescimento (Tabela 3).

Tabela 3. Taxa líquida de reprodução (R_0), intervalo de tempo entre cada geração (T), Capacidade inata de aumento em número (r_m), Razão finita aumento (λ) e Tempo para a população duplicar (TD) de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* em couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*).

Espécies de afídeo	Parâmetros				
	R_0	T	r_m	λ	TD
<i>B. brassicae</i>	9,98 (0,07)	14,52 (0,02)	0,15 (0,00)	1,18 (0,00)	4,37 (0,00)
<i>L. pseudobrassicae</i>	17,62 (0,51)*	15,00 (0,43)	0,19 (0,01)	1,21 (0,03)	3,62 (0,10)
Teste t	9,99	0,72	0,42	0,21	2,18
Significância	>0,000	0,49	0,629	1,000	1,068

* Diferenças significativas pelo teste t para amostras independentes (p-valor < 0.05).

Os valores obtidos para a razão finita de aumento (λ), que é o fator de multiplicação da população original a cada intervalo unitário de tempo, foram de 1,18 fêmeas/dia a ser adicionada à população da espécie *B. brassicae* e de 1,21 fêmea/fêmeas/dia para *L. pseudobrassicae*, não sendo encontradas diferenças entre as duas médias. O tempo que a população dos afídeos leva para duplicar em número (TD) foi de 4,37 para *B. brassicae* e de 3,62 para *L. pseudobrassicae*. Assim, pode-se inferir que, *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae*, em aproximadamente 4 dias, conseguem dobrar as suas populações (Tabela 3).

4.DISCUSSÃO

O rápido desenvolvimento da fase juvenil de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* é uma característica da família Aphididae. O período para o inseto atingir a fase adulta é influenciado por fatores abióticos e bióticos, sendo a temperatura e a qualidade do alimento fatores proeminentes (LAZZARI & ZONTA-DE-CARVALHO, 2009). O efeito da planta sobre os afídeos inicia com os estímulos para localização e escolha do hospedeiro, condições da planta

que levam o inseto a iniciar e manter a alimentação e as características nutricionais que permitem o desenvolvimento do inseto e de sua progênie (SILVEIRA NETO et al., 1976).

A planta e seu estágio fenológico influenciam no desenvolvimento de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* (ASLAN et al., 2011; FATEMEH et al., 2014; RANA, 2005; YUE & LIU, 2000). O tempo médio para *B. brassicae* completar seu desenvolvimento foi menor em couve-flor (8,9 dias) quando comparado com mostarda (9,5 dias), brócolis (9,8 dias), canola (10,2 dias) e repolho (10,4 dias) (ULUSOY; OLMEZ-BAYHAN, 2006). O mesmo efeito foi verificado dentro da mesma espécie vegetal, mas com cultivares diferentes (JAHAN et al., 2014). Para *L. pseudobrassicae* o período de desenvolvimento em variedades de canola variou de 7,13 a 8,91 dias (TAGHIZADEH, 2019), em variedades de repolho o tempo oscilou entre 6,1 a 7,0 (YUE & LIU, 2000) e entre diferentes espécies vegetais o tempo variou entre 7,95 e 9,72 dias (AMJAD & PETERS, 1992). Nesse contexto, o rápido período de desenvolvimento ninfal de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae* encontrado nesse estudo, podem ser indicativos da qualidade do alimento para estas espécies.

A qualidade alimentar não afeta apenas o período de desenvolvimento, mas diversos parâmetros biológicos. Em afídeos, o menor tempo de desenvolvimento pode fazer com que os adultos tenham uma progênie maior (LAZZARI & ZONTA-DE-CARVALHO, 2009). Esse conhecimento é relevante para o manejo do inseto, pois possibilita o aprimoramento de estratégias para o monitoramento, fornecendo ao agricultor informações que subsidiam a decisão pelo emprego de estratégias de controle.

Neste estudo houve uma elevada mortalidade na fase imatura de *B. brassicae*, destacando-se o 1º e 2º instar. A mortalidade de insetos nos primeiros instares de desenvolvimento é comum (GALLO et al., 2002). Buscando reduzir essa mortalidade, algumas espécies de afídeos apresentam flexibilidade na sua capacidade reprodutiva e procuram adaptar-se ao habitat. Por possuírem um ciclo de vida curto não podem esperar por melhorias no ambiente, adaptando-se rapidamente (LAZZARI & ZONTA-DE-CARVALHO, 2009). Em ambientes com recursos escassos ou limitantes, as fêmeas amadurecem os embriões maiores e reabsorvem os menores, gerando poucos indivíduos com mais reservas adiposas e taxas de sobrevivência maiores e, em ambientes ótimos a fêmea tende a aumentar sua fecundidade, gerando indivíduos com menos reservas e baixa vitalidade (LAZZARI & ZONTA-DE-CARVALHO, 2009).

A alta mortalidade das ninfas em *B. brassicae* pode estar associada às condições da progenitora e às reservas que lhes foram atribuídas. Nesta fase inicial o desenvolvimento e a

sobrevivência do inseto são dependentes destas reservas pré-existentes e a alimentação fornece apenas um suplemento (TSAI & WANG, 2001). Com a sucessão dos instares a mortalidade de *B. brassicae* decaiu o que pode indicar um melhor aproveitamento do recurso alimentar, pois conforme avança o seu desenvolvimento, a representatividade dos recursos obtidos na alimentação aumenta e então o inseto passa a expressar a qualidade nutricional no seu crescimento (BERMINGHAM; WILKINSON, 2009; BLACKMAN, 1978).

A mortalidade de *L. pseudobrassicae* foi constante durante todo o período de avaliação. Estudos sugerem que *L. pseudobrassicae* é menos responsivo às mudanças na fisiologia da planta e que seus parâmetros biológicos são menos afetados pelo status do hospedeiro, em comparação com *B. brassicae* (KING et al., 2006).

O potencial de reprodução de uma espécie é expresso pela velocidade em que ela é capaz de se reproduzir (SILVEIRA NETO et al., 1976). O potencial de reprodução de *B. brassicae* é maior, pois mesmo com menor tempo reprodutivo gerou um número de descendentes similar a *L. pseudobrassicae*. Todavia, os parâmetros de crescimento populacional não levam em conta apenas os dados de fertilidade específica, mas também as taxas de sobrevivência e período de desenvolvimento (SILVEIRA NETO et al., 1976). Assim, mesmo com maior fertilidade específica, devido à elevada mortalidade de ninfas, *B. brassicae* apresentou menores valores nos parâmetros de crescimento populacional.

Diversos fatores podem influenciar a biologia e a dinâmica populacional dos insetos. A temperatura é um dos principais, pois, diretamente afeta o desenvolvimento, o comportamento e a sobrevivência do inseto e, indiretamente, influencia na qualidade do seu hospedeiro (SILVEIRA NETO et al., 1976). Devido à sua natureza poicilotérmica, os insetos são muito propensos a responder rapidamente às variações na temperatura e, além dos parâmetros biológicos, este fator ambiental pode influenciar ainda as suas funções ecológicas e interações intra e interespecíficas (AUAD; FONSECA, 2017).

Diversos trabalhos mostram o impacto da temperatura nos parâmetros biológicos de *B. brassicae* e *L. pseudobrassicae*. Estes estudos indicam que a temperatura ótima para ambos está na faixa dos 25° C, pois nessa temperatura apresentam maiores taxas de crescimento (CIVIDANES, 2003; GODOY; CIVIDANES, 2002; SATAR et al., 2005; SOH et al., 2018). No entanto, *L. pseudobrassicae* apresenta maior adaptação à alta temperatura, indicando que esta praga poderá causar maiores danos em épocas do ano e regiões com temperaturas mais altas. (RONQUIST; AHMAN, 1990).

Nas últimas décadas a elevação na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera tem provocado o aumento da temperatura média global e essas mudanças devem modificar o cenário fitossanitário da agricultura atual (BETTIOL et al., 2017). Por ser mais adaptado a temperaturas mais elevadas, essas alterações climáticas podem favorecer o desenvolvimento de *L. pseudobrassicae*. E, embora *B. brassicae* seja considerado o principal afídeo que acomete as brássicas no Brasil, é importante estar atento a *L. pseudobrassicae*. Em outros países essa espécie é considerada uma praga mais severa em comparação a *B. brassicae* por ser capaz de manter elevado potencial biótico até mesmo em condições de estresse, como o déficit hídrico (KING et al., 2006).

Outro fator que pode afetar o ciclo biológico bem como a dinâmica da população é a qualidade do alimento. A resposta ao valor nutricional é única para cada espécie de inseto (SPEIGHT; HUNTER; WATT, 2009). Mesmo *L. pseudobrassicae* sendo menos responsivo à fisiologia da planta, sabe-se que existe relação entre o estado nutricional das plantas e sua resistência à pragas e doenças. De forma geral, insetos fitófagos dependem de substâncias solúveis existentes na seiva das plantas ou no suco celular, tais como aminoácidos livres e açúcares redutores (ALVES et al., 2001). O acúmulo dessas substâncias nas plantas é consequência de perturbações no processo de proteossíntese e no metabolismo dos carboidratos (VILANOVA; SILVA JR., 2010). Agrotóxicos orgânicos sintéticos e alguns adubos minerais de alta solubilidade, especialmente os nitrogenados, provocam essa desordem na fisiologia da planta, reduzindo a síntese proteica e acumulando aminoácidos livres, condição ideal para o desenvolvimento de insetos fitófagos (ALVES et al., 2001) como os pulgões/afídeos.

Os parâmetros biológicos de *L. pseudobrassicae* e *B. brassicae* foram estudados sob diferentes regimes de adubação (FALLAHPOUR et al., 2015; ZARGHAMI et al., 2010). Estes estudos confirmam a relação entre a adubação nitrogenada e o desempenho dos pulgões, no qual as fertilizações com maiores teores de nitrogênio afetaram positivamente as taxas de desenvolvimento e reprodução destas espécies. Desta forma, percebe-se que a nutrição da planta hospedeira deve ser considerada nos sistemas de MIP. A utilização de modelos que otimizem o uso de fertilizantes pode contribuir com a redução do ataque de pragas, como os afídeos, e, possivelmente, reduzir o uso de inseticidas.

Por fim, os estudos de tabela de vida e fertilidade permitiram melhor entendimento sobre os parâmetros biológicos e demográficos de *B. brassicae* e *L. Pseudobrassicae* e estas informações poderão contribuir para o desenvolvimento de estratégias de MIP destes afídeos no futuro.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. D. de; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; HOLTZ, A. M.; VICENTINI, V. B. **Determinação da concentração letal média (CL50) de *Beauveria bassiana* para o controle de *Brevicoryne brassicae*.** Idesia, 2007.
- ALVES, S.B.; MEDEIROS, M.B.; TAMAI, M.A.; LOPES, R.B. **Trofobiose e Microrganismos na Proteção de plantas.** Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, 2001.
- AMJAD, M.; PETERS D. C. **Survival, Development, and Reproduction of Turnip Aphids (Homoptera: Aphididae) on Oilseed Brassica.** Journal of Economic Entomology, 1992.
- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. **The innate capacity for increase in numbers.** In: ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The distribution and abundance of animals. Chicago: University of Chicago Press, 1954.
- ASLAM, M.; RAZAQ, M.; HUSSAIN, S.; PATHAN, A. K. **Biology of cabbage aphid under laboratory conditions.** Pakistan J. Zool., 2011.
- AUAD, A. M.; FONSECA, M. das G. **A entomologia nos cenários das mudanças climáticas.** In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. Aquecimento Global e Problemas Fitossanitários. Embrapa Meio Ambiente, 2017.
- BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de Horti&Fruti 2021.** Serafina Corrêa: Editora Gazeta Santa Cruz, 2021.
- BERMINGHAM, J.; WILKINSON, TL. **Embryo nutrition in partenogenetic viviparous afids.** Physiological Entomology, 2009.
- BERNARDI, D.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M.; NAVA, D.E. **Biology life talbe of the green aphid *Chaetosiphon fragaefolli* on strawberry cultivars.** Journal of Insect Science, 2012.
- BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. **Aquecimento global e problemas fitossanitários.** Embrapa Meio Ambiente, 2017.
- BLACKMAN, R. L. **Early development of the parthenogenetic egg in three species of aphids (Homoptera: Aphididae).** International Journal of Insect Morphology and Embryology, 1978.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Taxonomic Issues.** In: EMDEN, H. F.; HARRINGTON, R. Aphids as Crop Pests. CABI, 2007.
- BOTTON, M.; J. C. ARIOLI; RINGENBERG, R.; MORANDI FILHO, W. J. **Controle químico de *Bonagota salubricola* (Meyrick, 1937) (Lepidoptera: Tortricidade) em laboratório e pomar de macieira.** Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo, 2009.
- BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários.** Brasília, 2021

CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI/CEPA, 2017-2018.

CHI, H.; HY, S. **Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate**. Environ. Entomol., 2021.

CIVIDANES, F. J. **Exigências térmicas de *Brevicoryne brassicae* e previsão de picos populacionais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2003.

De CONTE, B. F.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; SIDNEY, L. A. **Reproduction and fertility life table of three aphid species (*Macrosiphini*) at different temperatures**. Revista Brasileira de Entomologia, 2010.

DEGUINE, J. P.; AUBERTOT, J. N.; FLOR, R. J.; LESCOURRET, F.; WYCKHUYS, K. A. G.; RATNADASS, A. **Integrated pest management: good intentions, hard realities**. A Review. Agronomy for Sustainable Development, 2021.

FALLAHPOUR, F.; GHORBANI, R.; NASSIRI, M. M.; HOSSEINI, M. **Demographic parameters of *Lipaphis erysimi* on canola cultivars under different nitrogen fertilization regimes**. Journal of Agricultural Science and Technology, 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Integrated Pest Management (IPM)**. Pest and Pesticide Management, 2021.

FATEMEH, J.; HABIB, A.; ALIREZA, A.; GOLAMHOSSEIN H.; AYATALLAH S. **Biology and Life Table Parameters of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) on Cauliflower Cultivar**. Journal of Insect Science, 2014.

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

GODOY, K. B.; CIVIDANES, F. J. **Age-specific life tables of *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) under laboratory and field conditions**. Neotropical Entomology, 2002.

JAHAN, F.; ABBASIPOUR, H.; ASKARIANZADEH, A.; HASSANSHAHI, G.; SAEEDIZADEH, A. **Biology and Life Table Parameters of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) on Cauliflower Cultivars**. Journal of Insect Science, 2014.

JESUS, S. C. P.; MENDONÇA, F. A. C. **Atividade do extrato aquoso da mandioca sobre a mortalidade e reprodução do pulgão da couve**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 2012.

KHATTAK, S. U.; HAMEED, A. U.; KHAN, A. Z.; FARID, A. **Pesticidal control of rapeseed aphid, *Brevicoryne brassicae* L.** Pakistan journal of zoology, 2002.

KING, C.; JACOB, H. S.; BERLANDIER, F. **The influence of water deficiency on the relationship between canola (*Brassica napus* L.), and two aphid species (Hemiptera: Aphididae) *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) and *Brevicoryne brassicae* (L.)**. Australian Journal of Agricultural Research, 2006.

LAZZARI, S. M. N.; ZONTA-DE-CARVALHO, R. C. **Sugadores de seiva (Aphidoidea)**. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa, 2009.

LOPES DA SILVA, M.; BENITO, N. P.; SANCHES, M. M.; MARQUES, A. S. A.; NÁVIA, D.; GONZAGA, V.; MENDES, M. A. S.; MARTINS, O. M.; URBEN, A. F.; FERNANDES, F. R. **Interceptações de pragas quarentenárias e ausentes não regulamentadas em material vegetal importado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2016.

MELO, R. A. de C. e; VENDRAME, L. P. de C.; MADEIRA, N. R.; BLIND, A. D.; VILELA, N. J. **Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de brássicas nas principais regiões produtoras brasileiras**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2017.

MEYER, J. S.; IGERSON, C. G.; McDONALD, L. L.; BOYCE, M. S. **Estimating uncertainly in populations grower rates: Jackknife vs Bootstrap Techniques**. Ecology, 1986.

NOVO, M. C. S. S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P. E.; BLAT, S. F. **Desenvolvimento e genótipo de couve manteiga**. Horticultura Brasileira, 2010.

PEDIGO, L. P.; HUTCHINS, S. H.; HIGLEY, L. G. **Economic injury levels in theory and practice**. Annual Review of Entomology, 1986.

PENTEADO, S. R. C.; OLIVEIRA, E. B.; LAZZARI, S. M. N. **Tabvida: Sistema computacional para cálculo de parâmetros biológicos e de crescimento de populações de afídeos**. Séries documentos Embrapa Florestas, 2010.

QUERESHI, J. A.; MICHAUD, J. P. **Comparative biology of three cereal aphids on TAM 107 wheat**. Environmental Entomology, 2005.

RANA, J. S. **Performance of *Lipaphis erysimi* (Homoptera: Aphididae) on diferente *Brassica* species in a tropical environment**. Journal of Pest Science, 2005.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. **Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphidae) e sua associação com insetos predadores, parasitóides e formigas em couve (Cruciferae) no Brasil**. Neotropical Entomology, 2006.

RONQUIST, F.; AHMAN, I. **Reproductive rate of the Indian mustard aphid (*Lipaphis erysimi pseudobrassicae*) on different *Brassica* oilseeds: colmparisons with Swedish strains of mustard (*Lipaphis erysimi erysimi*) and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*)**. Annals of Applied Biology, 1990.

SATAR, S.; KERSTING, U.; ULUSOY, M. R. **Temperature dependent life history traits of *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) on white cabbage.** Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2005.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos.** Piracicaba: Ceres, 1976.

SOH, B.; KEKEUNOU, S.; NANGA NANGA, S.; DONGMO, M.; HANNA, R. **Effect of temperature on the biological parameters of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*.** Ecology and evolution, 2018.

SPEIGHT, M. R., HUNTER, M. D.; WATT, A. D. **Ecology of insects: concepts and applications.** Willey Blackwell Science Ltd., 2009.

TAGHIZADEH R. **Comparative Life Table of Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) (Hemiptera: Aphididae) on Canola Cultivars.** J. Agr. Sci. Tech., 2019.

TSAI, J. H.; WANG, J. J. **Effects of Host Plants on Biology and Life Table Parameters of *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae).** Environ. Entomol., 2001.

ULUSOY M. R; OLMEZ-BAYHAN. S. **Effect of certain *Brassica* plants on biology of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* under laboratory conditions.** Phytoparasitica, 2006.

VILANOVA, C.; SILVA JR, C.D. **Avaliação da trofobiose quanto às respostas ecofisiológicas e bioquímicas de couve e pimentão, sob cultivos orgânico e convencional.** Revista Brasileira de Agroecologia, 2010.

YUE, B.; LIU, T. X. **Host Selection, Development, Survival, and Reproduction of Turnip Aphid (Homoptera: Aphididae) on Green and Red Cabbage Varieties.** J. Econ. Entomol., 2000.

ZARGHAMI, S.; ALLAHYARI, H.; BAGHERI, M. R.; SABOORI, A. **Effect of nitrogen fertilization on life table parameters and population growth of *Brevicoryne brassicae*.** Bulletin of Insectology, 2010.

ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MEDEIROS, C.; SILVA, R. A. da. **Olericultura: pragas e inimigos naturais.** Curitiba: SENAR, 2015.