



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

Bruno Pavan Alexandre

Biologia de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) em Brassicaceae e efeitos antagonistas da colonização endofítica de *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Cordycipitaceae) sobre seu desenvolvimento e reprodução.

Florianópolis
2025

Bruno Pavan Alexandre

Biologia de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) em Brassicaceae e efeitos antagonistas da colonização endofítica de *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Cordycipitaceae) sobre seu desenvolvimento e reprodução.

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.
Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Poltronieri

Florianópolis

2025

Alexandre, Bruno Pavan

Biologia de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) em Brassicaceae e efeitos antagonistas da colonização endofítica de *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Cordycipitaceae) sobre seu desenvolvimento e reprodução / Bruno Pavan Alexandre ; orientador, Alex Sandro Poltronieri, 2026.

68 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Biologia de *Lipaphis pseudobrassicae*. 3. Endofitismo. 4. Interação inseto-planta hospedeira. I. Poltronieri, Alex Sandro . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

Bruno Pavan Alexandre

Biologia de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) em Brassicaceae e efeitos antagonistas da colonização endofítica de *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Cordycipitaceae) sobre seu desenvolvimento e reprodução.

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 28 de novembro, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alex Sandro Poltronieri, Dr.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Daiane Heloísa Nunes, Dr.(a)

Instituição Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú

Prof.(a) Marcia Regina Fanta, Dr.(a)

Instituição Universidade Federal de Viçosa

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 pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Alex Sandro Poltronieri, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2026

RESUMO

Lipaphis pseudobrassicae tem emergido como praga relevante em Brassicaceae, o que exige compreensão detalhada de sua biologia em diferentes plantas hospedeiras e da influência de microrganismos associados ao sistema planta-inseto. Este estudo avaliou o desenvolvimento, a sobrevivência, a fecundidade e os parâmetros populacionais do pulgão em couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e mostarda (*Brassica juncea*), cultura em que a espécie é uma das principais pragas, além de investigar o efeito da colonização endofítica por *Beauveria bassiana* sobre sua biologia em couve. Os resultados mostraram que as duas espécies de plantas forneceram condições amplamente semelhantes para o inseto, com duração ninfal, mortalidade, período reprodutivo, longevidade, produção de ninfas e parâmetros demográficos (R_0 , r_m , T , λ e TD) estatisticamente equivalentes. Mostarda apresentou tendência leve, embora não significativa, de maior aptidão para o pulgão, refletida em fase juvenil ligeiramente mais rápida e produção de ninfas discretamente superior. O fato da biologia de *L. pseudobrassicae* não diferir de maneira significativa entre couve e uma cultura para a qual o inseto já apresenta alta adaptação evidencia o potencial dessa praga em colonizar outras Brassicaceae. Em couve colonizada por *B. bassiana*, observaram-se alterações pontuais, como prolongamento de ínstar e redução da longevidade adulta, mas sem impacto consistente sobre fecundidade ou capacidade intrínseca de aumento populacional, indicando que as interferências fisiológicas do endofitismo foram limitadas em comparação ao controle. A similaridade entre os hospedeiros, somada à resiliência do inseto frente à colonização endofítica, reforça o elevado potencial adaptativo de *L. pseudobrassicae*, cuja biologia favorece rápida multiplicação e colonização eficiente em diferentes Brassicaceae. Esses achados destacam a necessidade de incluir a espécie em programas de monitoramento e manejo integrado, especialmente diante da expansão do cultivo de hortaliças folhosas e do uso crescente de agentes microbianos no sistema produtivo. A compreensão dos parâmetros biológicos e demográficos obtidos neste estudo contribui para prever a dinâmica populacional do afídeo e orientar estratégias de controle mais efetivas, considerando sua capacidade de adaptação, seu desempenho constante em hospedeiras distintas e a limitada influência do endofitismo fúngico sobre seu potencial reprodutivo.

Palavras-chave: *Lipaphis pseudobrassicae*; Brassicaceae; *Beauveria bassiana*; Fungos endofíticos.

ABSTRACT

Lipaphis pseudobrassicae has emerged as a relevant pest of Brassicaceae, demanding a detailed understanding of its biology across different host plants and of the influence of microorganisms associated with the plant–insect system. This study evaluated the development, survival, fecundity, and population parameters of the aphid on kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) and mustard (*Brassica juncea*), a crop in which this pest is particularly important, and also examined the effect of endophytic colonization by *Beauveria bassiana* on its biology in kale. The results showed that both plant species provided broadly similar conditions for the insect, with statistically equivalent nymphal duration, mortality, reproductive period, longevity, nymph production, and demographic parameters (R_0 , r_m , T , λ , and TD). Mustard showed a slight, non-significant trend of higher suitability for the aphid, reflected in a slightly faster juvenile phase and marginally higher nymph production. The absence of significant biological differences between kale and a host to which the aphid is already highly adapted highlights the pest's potential to colonize other Brassicaceae. In *B. bassiana*-colonized kale, only minor changes were observed, such as prolonged instars and reduced adult longevity, without consistent effects on fecundity or intrinsic population growth, indicating limited physiological interference compared to the control. The similarity between host plants, combined with the insect's resilience to endophytic colonization, reinforces the high adaptive potential of *L. pseudobrassicae*, whose biology favors rapid multiplication and efficient colonization across Brassicaceae. These findings emphasize the need to include the species in monitoring and integrated management programs, especially given the expansion of leafy vegetable production and the increasing use of microbial agents. The biological and demographic parameters obtained here contribute to predicting the aphid's population dynamics and guiding more effective control strategies, considering its adaptive capacity, stable performance on distinct hosts, and the limited influence of fungal endophytism on its reproductive potential.

Keywords: *Lipaphis pseudobrassicae*; Brassicaceae; *Beauveria bassiana*; Endophytic fungi.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	CULTURA ESTUDADAS	12
2.1.1	Couve (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>)	12
2.1.2	Mostarda (<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern)	14
2.2	PRINCIPAIS PRAGAS	15
2.2.1	Pragas em couve	15
2.2.2	Pragas em mostarda	16
2.2.3	Afídeos	17
2.2.4	<i>Lipaphis Pseudobrassicae</i>	18
2.2.4.1	Identificação e biologia da espécie	18
2.2.4.2	Ocorrência e danos em geral	20
2.2.4.3	<i>L.pseudobrassicae</i> como praga da couve.....	20
2.2.4.4	<i>L.pseudobrassicae</i> como praga da mostarda	20
2.3	MANEJO DE AFÍDEOS	22
2.3.1	Controle químico	22
2.3.2	Controle biológico por fungos entomopatogênicos	22
2.3.2.1	<i>Fungos entomopatogênicos endofíticos</i>	23
2.4	REFERÊNCIAS.....	25
3	BIOLOGIA DE <i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM COUVE (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>) E MOSTARDA (<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern)	39
3.1	INTRODUÇÃO	41
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.2.1	Obtenção de couve (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>Acephala</i>) e mostarda (<i>Brassica juncea</i>)	42
3.2.2	Criação de <i>Lipaphis pseudobrassicae</i>	42
3.2.3	Biologia de <i>L. pseudobrassicae</i> sobre couve e mostarda	42
3.2.4	Análises	43
3.3	RESULTADOS.....	43
3.4	DISCUSSÃO	47

3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
3.6	REFERÊNCIAS.....	49
4	EFEITO ENDOFÍTICO DE <i>Beauveria bassiana</i> (ASCOMYCOTA: CORDYCIPTACEAE) (BOVERIL®EVO) SOBRE PARÂMETROS BIOLÓGICOS E DEMOGRÁFICOS DE <i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM COUVE (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>)	53
4.1	INTRODUÇÃO	55
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.2.1	Obtenção de couve (<i>Brassica oleracea</i> L. Var. <i>Acephala</i>).....	56
4.2.2	Criação de <i>Lipaphis pseudobrassicae</i>.	56
4.2.3	Colonização endofítica de couve (<i>Brassica oleracea</i> L. Var. <i>Acephala</i>) por <i>Beauveria bassiana</i>.....	56
4.2.4	Confirmação da colonização endofítica de couve por <i>B. bassiana</i>.....	57
4.2.5	Bioensaios com o afídeo <i>L. pseudobrassicae</i>.....	57
4.2.6	Análises	58
4.3	RESULTADOS.....	59
4.4	DISCUSSÃO	61
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
4.6	REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) e a mostarda (*Brassica juncea* (L.) Czerniak) são amplamente cultivadas devido a sua relevância para alimentação humana (Filgueira, 2008). A couve-folha possui importância econômica, sendo uma cultura típica da agricultura familiar. Além de seu valor nutricional, possui propriedades nutraceuticas (Trani *et al.*, 2015). E, estão presentes na sua composição cálcio, potássio, ferro, vitaminas, proteínas, fibras e flavonoides, com teores superiores as demais hortaliças folhosas, além de apresentar ação anticancerígena (Cartea *et al.*, 2008; Trani *et al.*, 2015). A mostarda possui uma ampla variedade de aplicações (Rana, 2016). É uma importante fonte de óleo vegetal, sendo empregada para uso medicinal e possuindo elevado valor nutricional (Singh *et al.*, 2018a, b; Verma *et al.*, 2019). A mostarda é fonte das vitaminas A e C, cálcio e ferro (Sawati; Das, 2015), além de possuir bioativos com efeitos metabólicos e protetores à saúde humana (Divakaran; Babu, 2016; Grover *et al.*, 2002, 2003; Khan *et al.*, 1996; Thirumalai *et al.*, 2011).

Os afídeos representam uma das principais restrições para a produção de couve-folha e mostarda (Fening *et al.*, 2016; Hughes, 1963; Opfer; McGrath, 2013; Yue; Liu, 2000). O pulgão *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis, 1914) (Hemiptera: Aphididae) é cosmopolita e ocorre em cultivos de Brassicaceae (Blackman; Eastop 2007). *L. pseudobrassicae* é uma das principais pragas da mostarda (Ahuja *et al.*, 2009, Fening *et al.*, 2020). Desde 2006 tem sido relatado causando danos em couve-folha (Resende *et al.*, 2006), com densidades populacionais comparáveis ao pulgão *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) (Hubaide, 2011), praga-chave na cultura da couve (Triplehorn *et al.*, 2011).

O controle químico com inseticidas de amplo espectro de ação, como os neonicotinoides, é a principal forma de controle de *L. pseudobrassicae*. Entretanto, a dependência de um único método de manejo e o uso abusivo destes inseticidas pode causar efeitos indesejados, como resíduo em produtos agrícolas, contaminação ambiental e humana, eliminação de insetos benéficos e seleção de insetos resistentes (Cuperus, 2007; Desneux *et al.*, 2007; Han *et al.*, 2012; Koul; Maredia, 2003; Robertson; Worner, 1990). Nesse cenário, há a necessidade de pesquisas por estratégias alternativas no manejo de *L. pseudobrassicae*.

O uso de fungos entomopatogênicos (FE) são uma alternativa promissora para o manejo de *L. pseudobrassicae*. Os FE podem infectar insetos por contato

residual ou direto, penetrando a cutícula por meio de múltiplos mecanismos de ação (Melo *et al.*, 2007; Tellez-Jurado *et al.*, 2009). Além disso, FE possuem potencial para colonizar a planta (endofitismo), proporcionando benefícios como promoção do crescimento e proteção contra pragas e doenças (Jaber; Enkerli, 2017; Jaber; Ownley, 2018; Wilson, 1995). A interação entre plantas e FE endofíticos desencadeia respostas de defesa contra pragas e patógenos, resultando na emissão ou produção de compostos nocivos a insetos (Daisy *et al.*, 2002; Moloinyane; Nchu, 2019; Parsa *et al.*, 2013; Raman; Rodriguez *et al.*, 2009; Suryanarayanan, 2017). Outros benefícios são registrados como a produção de fitormônios responsáveis pelo aumento na germinação de sementes, crescimento radicular e parte aérea da planta (Sasan; Bidochka, 2012).

Apesar da colonização endofítica ser uma estratégia promissora para o manejo de praga, há uma carência de informações sobre o efeito da colonização endofítica de produtos comerciais formulados a partir de FE sobre insetos. A maioria dos trabalhos que avalia o efeito de FE de modo endofítico sobre insetos, emprega isolados provenientes de culturas monospóricas (Sullivan, 2022; Vega, 2018). O uso de FE não formulados é um gargalo para seu uso em ambientes agrícolas, pois estes microrganismos dependem de formulações para uso agrícola. Dessa forma, a primeira etapa deste trabalho consistiu na construção de tabelas de vida de fertilidade de *L. pseudobrassicae* mantidos sobre plantas de couve e mostarda, com o intuito de identificar o hospedeiro mais adequado. A segunda etapa do estudo verificou o efeito da colonização endofítica de plantas de couve expostas a um produto comercial formulado a partir do FE *Beauveria bassiana* sobre a biologia de *L. pseudobrassicae*.

1.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- Avaliar os parâmetros biológicos de *Lipaphis pseudobrassicae* em mostarda e couve, com e sem a colonização endofítica por *Beauveria bassiana*, visando compreender o efeito da planta hospedeira e da interação com o fungo entomopatogênico sobre a dinâmica populacional do pulgão.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir a tabela de vida de *Lipaphis pseudobrassicae* em mostarda e couve;
- Avaliar o impacto da colonização endofítica por *Beauveria bassiana*, via produto formulado, em couve sobre os parâmetros biológicos de *L. pseudobrassicae*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURAS ESTUDADAS

2.1.1 Couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*)

Brassica oleracea é uma espécie com origem ligada à região costeira do Mediterrâneo, que posteriormente se dispersou por toda a Europa. Essa espécie apresenta diversas variedades botânicas com partes comestíveis distintas, entre as quais se incluem o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), a couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), o brócolis (*B. oleracea* var. *italica*), a couve-de-folhas (*B. oleracea* var. *acephala*), a couve-de-bruxelas (*B. oleracea* var. *gemminifera*) e a couve-rábano (*B. oleracea* var. *gongylodes*) (Giordano, 1983; Souza, 1983). Entre essas, destaca-se a couve-de-folhas, cuja origem remonta ao leste do Mediterrâneo, onde é utilizada na alimentação humana há mais de dois mil anos (Balkaya; Yanmaz, 2005).

A couve-folha (*B. oleracea* var. *acephala*) é uma hortaliça arbustiva anual ou bienal (Novo *et al.*, 2010), tem como características, não formar cabeça, possuir caule ereto e apresenta folhas com limbo arredondado, pecíolo longo e nervuras evidentes, sendo considerada a variedade que mais se aproxima morfológicamente da forma silvestre da espécie (*B. oleracea* var. *silvestris*) (Filgueira, 2013). Apresenta desenvolvimento favorecido em temperaturas moderadas, entre 16 °C e 22 °C, sendo predominantemente cultivada durante o outono e o inverno. Ainda assim, suporta uma faixa térmica mais ampla, de 5 °C a 28 °C, o que permite seu cultivo ao longo de todo o ano em grande parte do território brasileiro. No entanto, valores fora desse intervalo podem comprometer o desenvolvimento das plantas, resultando em perdas na produção destinada ao mercado (Filgueira, 2013; Trani *et al.*, 2015). Em temperaturas mais baixas, entre 5 °C e 10 °C, a produção de folhas comerciais é interrompida devido indução da floração (Novo *et al.*, 2010).

É uma hortaliça amplamente cultivada no Brasil, destacando-se por sua importância econômica e adaptação às condições climáticas adversas, como variações de temperatura e períodos de seca (Azevedo *et al.*, 2014; Ferreira, 2016; Novo *et al.*, 2010; Oliveira; Santos, 2015).

De fácil cultivo e baixo custo, pode ser plantada em praticamente qualquer tipo de solo e é tolerante ao frio e ao calor. Suas folhas podem ser colhidas entre quatro e seis semanas após o plantio, conforme o tamanho e a maciez desejados (Ferreira, 2016; Oliveira; Santos, 2015). A cultura tem elevada importância econômica estando fortemente ligada à agricultura familiar (Silva *et al.*, 2012). Essa atividade apresenta

relevância expressiva por integrar a cadeia produtiva de aproximadamente 21 mil agricultores familiares. Estima-se que cerca de 65% dos produtores concentrem suas atividades produtivas em pequenas áreas, inferiores a 10 hectares (Sebrae, 2006) e apresenta produtividade que pode alcançar até 25 t ha⁻¹, com rendimentos de 2 a 3 kg de folhas por planta (Balcau *et al.*, 2013; Hendges, 2016). Isso evidencia uma forte dependência de mão de obra familiar, favorecendo a permanência das famílias no meio rural e promovendo a geração de renda local (Embrapa, 2016).

A couve-folha é tradicionalmente consumida crua ou refogada e passou a integrar também o preparo de sucos, prática impulsionada por seu reconhecimento como alimento com propriedades detox e pela busca por refeições rápidas e saudáveis (Buckley *et al.*, 2007; Korhonen, 2002; Ragaert *et al.*, 2004). Além disso, é empregada na composição de pratos, molhos e sopas (Feltrim *et al.*, 2003). Assim como diferentes preparações culinárias, incluindo farofas, sucos com abacaxi, recheios de tortas, sopas de legumes, caldo verde e saladas (Brasil, 2015; Rigueira *et al.*, 2016; Trani *et al.*, 2015)

É amplamente reconhecida como por seu elevado valor nutricional, sendo destaque entre as brássicas nesse quesito. Sua composição inclui teores superiores de vitaminas A, C, E, B1, B2, B6, niacina e ácido fólico, além de minerais como cálcio, ferro, magnésio, potássio e cobre, variando conforme os fatores ambientais e o estágio de crescimento. A literatura mostra que couve fornece mais de 100% da ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina A e acima de 40% de vitamina C (Moreno *et al.*, 2014; Samec *et al.*, 2019; Thavarajah *et al.*, 2016). Além disso, apresenta alto teor de água, baixo valor energético e compostos fitoquímicos como glucosinolatos e flavonoides, associados à eliminação de toxinas e à proteção contra certos tipos de câncer (Novo *et al.*, 2010; Azevedo *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2006). Há carotenoides presentes também na cultura, especialmente luteína e beta-caroteno, que contribuem para a saúde ocular e redução do risco de câncer pulmonar (Lefsrud *et al.*, 2007).

O aumento do consumo de couve no Brasil tem sido atribuído, em parte, à diversificação de seu uso culinário e ao avanço das investigações científicas que evidenciam suas propriedades nutracêuticas (Camargo *et al.*, 2008; Camargo Filho; Camargo, 2009).

2.1.2 Mostarda (*Brassica juncea* (L.) Czern)

A mostarda marrom, *Brassica juncea* (L.) Czerniak, é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae (Dixon; Wells, 2007). É considerada uma das primeiras espécies vegetais a serem domesticadas, sendo uma das culturas agrícolas mais antigas cultivadas pela humanidade (Sovero, 1993). Trata-se de uma espécie originada por meio de cruzamentos entre *Brassica nigra* L. e *Brassica rapa* L (Kimber; McGregor, 1995). Essa espécie é conhecida por uma variedade de nomes populares como mostarda marrom, mostarda asiática, mostarda oriental, mostarda chinesa, mostarda indiana, mostarda de folhas, mostarda asiática, mostarda verde e mostarda brasileira silvestre (Lazarides; Cowley; Hohnen, 1997).

Trata-se de uma hortaliça folhosa, com altura entre 0,3 e 1,6 m de caule não ramificado e folhas de tamanhos e folhas de morfologia variável, apresentando margens serrilhadas e sabor picante (Dixon; Wells, 2007). Completa seu ciclo de vida dentro de 3-4 meses (Kimber; McGregor, 1995). A planta demonstra versatilidade, apresentando capacidade de adaptação à diferentes condições climáticas. Ainda que *B. juncea* alcance seu melhor desempenho em temperaturas inferiores a 25 °C, também é capaz de se manter em ambientes com temperaturas mais altas (Hendges *et al.*, 2018). Segundo Vinu *et al.*, (2013) e Caballero *et al.*, (2015), *B. juncea* apresenta elevada tolerância ao calor e à deficiência hídrica, conseguindo se desenvolver mesmo sob condições climáticas adversas e períodos de seca.

A cultura tem desempenhado importante papel no mundo (Yadav *et al.*, 2017). No cenário global, a produção de mostarda é liderada pela Ásia, que concentra 57,1% do total, seguida por Europa (23,8%), as Américas (18,7%) e, por fim, a África, com participação de apenas 0,4%. Entre os maiores produtores mundiais destacam-se Nepal, Rússia, Malásia e Canadá (FAOSTAT, 2022). No contexto brasileiro, o cultivo de *B. juncea* ainda é pouco explorado, sendo necessário aprofundar pesquisas relacionadas à sua adaptação em distintas regiões do território nacional (Wójciak; Dolatowski, 2016). Segundo IBGE (2017), a produção nacional anual de mostarda foi de cerca de 1.102 toneladas, sendo o estado do Rio de Janeiro o maior produtor de mostarda com a produção aproximada de 346 toneladas.

O cultivo de *B. juncea* é direcionado tanto para a produção de óleo quanto para o uso como condimento. As sementes são processadas na forma de pasta e amplamente utilizadas como tempero picante em países como América, Japão, China e outras regiões, além de servirem como fonte de óleo comestível, proteína vegetal e

complemento em práticas medicinais alternativas. As folhas, por sua vez, são comercializadas em maços e consumidas cruas ou cozidas. Além do uso culinário, são empregadas na medicina tradicional com finalidades estimulantes, diuréticas, expectorantes (Farrell, 1985 apud Kumar *et al.*, 2011; Mejía-Garibay *et al.*, 2015; Singh *et al.*, 2018a, b), e também pode agir como uma planta hiperacumuladora viável para a fitoextração de metais pesados tóxicos, como cádmio, cromo, cério, chumbo, níquel e zinco, sendo uma eficiente fitorremediadora (Blaylock *et al.*, 1997; Kumar *et al.*, 1995; Roychowdhury *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 1999;).

A mostarda é reconhecida como a terceira fonte mais importante de óleo vegetal. Destaca-se na indústria alimentícia não apenas por seu valor econômico, mas também por suas propriedades medicinais e nutricionais. Suas folhas são ricas em nutrientes, incluindo vitaminas A, C, K e do complexo B (como riboflavina e tiamina), além de β -caroteno e minerais essenciais, como cálcio e ferro. Por isso, constituem uma escolha saudável para a alimentação, contribuindo para dietas balanceadas (Verma *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2014). Sua semente possui elevada variedade de minerais e ácidos graxos ômega 3, óleos essenciais, vitaminas do complexo B e vitamina E (Divakaran; Babu, 2016). E, há estudos na literatura confirmando que as sementes de mostarda apresentam uma série de compostos biologicamente ativos com capacidade para atenuação da glicemia, diminuição do acúmulo de lipídeos e de colesterol, bem como de propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e anticancerígenas (Divakaran; Babu, 2016; Grover; Yadav; Vats, 2002; Khan *et al.*, 1996; Thirumalai *et al.*, 2011)

2.2 PRINCIPAIS PRAGAS

2.2.1 Pragas em couve-folha

Diversas espécies de insetos compõem o complexo de pragas associadas à cultura da couve-folha, caracterizando-se por diferentes hábitos alimentares. Entre as mais recorrentes, destacam-se as desfolhadoras e cortadoras: curuquerê-da-couve *Ascia monuste orseis* (Latr., 1819) (Lepidoptera: Pieridae), traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), lagarta-rosca *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae), lagarta-mede-palmo *Trichoplusia ni* (Huebner., 1802) (Lepidoptera: Noctuidae) e broca-da-couve *Hellula phidilealis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae). Entre as pragas sugadoras de seiva, destacam-se mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius., 1889) (Hemiptera:

Aleyrodidae), e os afídeos, pulgão-da-couve *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae) e o pulgão-verde *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) (Araújo Júnior *et al.*, 2007; Filgueira 2008; Gallo *et al.*, 2002; Pontoppidan *et al.*, 2003 Rashid; Singh, 2000).

As espécies *B. brassicae* e *M. persicae* eram, até então, os únicos afídeos registrados como pragas associadas à couve-folha. No entanto, Resende *et al.* (2006) relataram o primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) nessa cultura. Embora essa espécie já tenha sido citada em publicações científicas como associada às brássicas como a couve (Sampaio *et al.*, 2017) e tenha apresentado surtos populacionais comparáveis aos de *B. brassicae*, reconhecida como praga-chave da couve (Hubaide, 2011; Triplehorn *et al.*, 2011), *L. pseudobrassicae* não está presente na literatura técnica brasileira como praga da cultura.

2.2.2 Pragas em mostarda

Embora a mostarda apresente tolerância a uma ampla variedade de condições agroclimáticas, sua produtividade ainda sofre oscilações causadas por fatores bióticos (Kumar *et al.*, 2008). Entre os principais insetos-praga responsáveis por essas perdas destacam-se, inicialmente, os insetos mastigadores, como a lagarta-das-folhas *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) (Li *et al.*, 2000) e a traça-das-crucíferas *P. xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (Srinivasan; Krishnamoorthy 1992), cujos danos afetam diretamente o tecido foliar das plantas. Entre os insetos sugadores, os afídeos, destacam-se o pulgão-da-couve *B. brassicae* (Linnaeus, 1758) e o pulgão-verde *M. persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), ambos reconhecidos como vetores do vírus-do-mosaico-do-nabo (*Turnip mosaic virus* – TuMV), que representa uma das viroses mais relevantes para a cultura da mostarda (Ng; Perry, 2004; Maringoni, 2005). Além disso, o pulgão-da-mostarda *L. pseudobrassicae* Davis, 1914 (Hemiptera: Aphididae) é considerado uma das principais pragas da cultura, com potencial para causar perdas expressivas na produtividade (Ahuja *et al.*, 2009; Fening *et al.*, 2020).

2.2.3 Afídeos

Os afídeos, comumente chamados de pulgões, são insetos de pequeno porte pertencentes à ordem Hemiptera e à família Aphididae, a qual reúne aproximadamente 4.000 espécies distribuídas globalmente (Silva, Michelotto; Jordão, 2004). Sousa-Silva e Ilharco (1995) elaboraram uma listagem inicial das espécies de afídeos registradas no Brasil, acompanhada das plantas hospedeiras associadas a cada uma delas. Atualmente são conhecidas 167 espécies no país (Cunha; Sousa-Silva, 2019; Lazzarotto; Lazzari, 2005; Lazzari; Cardoso, 2011; Lazzari *et al.*, 1996, 1999, 2006; Nibouche *et al.*, 2021; Peronti; Sousa-Silva, 2002; Peronti *et al.*, 2002; Sousa-Silva; Ilharco, 2001a, b, 2002; Sousa-Silva *et al.*, 2003).

Estes insetos apresentam características morfológicas marcantes que auxiliam na sua identificação, como a presença dos sifúnculos, estruturas alongadas com função secretora; antenas compostas por cinco ou seis segmentos — sendo dois basais e os demais formando o flagelo com um prolongamento terminal; tarsos com dois segmentos, dos quais o primeiro é notadamente menor; e uma cauda utilizada na eliminação das excreções açucaradas (*honeydew*). Algumas dessas estruturas podem estar ausentes ou modificadas em determinadas espécies, mas são, em geral, facilmente observadas nas espécies associadas a plantas cultivadas (Blackman; Eastop, 2007).

Esses insetos costumam formar colônias, preferencialmente na face inferior (abaxial) das folhas ou ficam entre as folhas sobrepostas no centro da planta, conhecidas como roseta. Os adultos podem ocorrer na forma áptera (sem asas) ou alada. A presença da forma alada é comum nos primeiros indivíduos que colonizam novos cultivos ou quando há uma superpopulação na planta, exigindo a dispersão em busca de novas hospedeiras (Gallo *et al.*, 2002; Harrington; Emden, 2007; Imenes *et al.*, 2000). Desenvolvem-se em aproximadamente 10 dias, com quatro ecdises e a sua reprodução pode ocorrer tanto de forma sexuada como assexuadamente por partenogênese telítoca, podendo gerar até 80 indivíduos por fêmea. (Gallo *et al.*, 2002; Imenes; IDE, 2002; Silva, Michelotto; Jordão, 2004). Nesse tipo de reprodução, as fêmeas originam outras fêmeas por via assexuada principalmente durante os períodos entre primavera e verão, enquanto a geração sexuada, ocorre no final do outono e inverno. Tal capacidade dos afídeos diferenciam-os dos demais integrantes da ordem Hemiptera (Blackman; Eastop, 2007).

Causam danos diretos em plantas cultivadas por meio da sucção da seiva elaborada das plantas, como consequência causa amarelecimento, definhamento, deformação, enrugamento e até a morte da planta devido o enfraquecimento (Imenes; Ide, 2002). Podem causar também danos indiretos, que são descritos como a capacidade dos afídeos em transmitir viroses fitopatogênicas (fitovírus). Além disso, tem a capacidade de liberar uma substância açucarada chamada *honeydew* que, acumulada sobre as folhas, favorecem o desenvolvimento de um fungo preto (fumagina), responsável por diminuir a área de respiração e atrapalhando a fotossíntese da planta (Watanabe; Melo, 2006).

As espécies de pulgões que se estabeleceram como pragas apresentaram maior capacidade de adaptação e exploração de ambientes alterados pela atividade humana. Devido ao seu modo de alimentação, esses insetos representam uma ameaça significativa tanto para cultivos em campo aberto quanto cultivos protegidos (Blackman; Eastop, 2000; Carver, 1988; Peña-martínez, 1992).

2.2.4 *Lipaphis Pseudobrassicae*

2.2.4.1 *Identificação e biologia da espécie*

O afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* conhecido popularmente como pulgão-do-nabo ou pulgão-da-mostarda ocorre em diversas regiões do mundo, sendo mais favorecido em ambientes com temperaturas elevadas (Blackman; Eastop, 2007). É considerada uma das principais pragas da mostarda (*Brassica juncea* L.), além disso, são citados como hospedeiro deste afídeo as brássicas: Canola, mostarda-preta, couve, couve-chinesa, acelga-chinesa e nabo (Ahuja *et al.*, 2009; Baldwin *et al.*, 2020; Marsaro Júnior *et al.*, 2021; Nafria *et al.*, 2016; Ronquist; Ahman, 1990; Weibull; Melin, 1990).

Lipaphis pseudobrassicae é nativo do Leste Asiático (Blackman; Eastop, 2000) e conta sucessivas revisões em sua classificação. Inicialmente confundida com *B. brassicae*, foi reclassificada por Davis (1914) como *Aphis pseudobrassicae*. Em 1923, Takahashi observou sífúnculos levemente clavados e a renomeou para *Ropalosiphum pseudobrassicae*. Posteriormente, Börner e Schilder (1932) destacaram sua alimentação restrita à Brassicaceae e origem paleártica, propondo o nome *L. erysimi*. No entanto, estudos morfológicos e número de cromossomos revelou

tratar-se de uma espécie nova dentro do gênero *Lipaphis*. *L. erysimi*, com cariótipo $2n = 10$, ocorre em brássicas silvestres na Europa, enquanto indivíduos com $2n = 8$ ou 9 , associados às plantas cultivadas, possivelmente, originaram-se no leste asiático. Assim, registros de infestações atribuídas a *L. erysimi* em cultivos pelo mundo podem, na verdade, referir-se a *L. pseudobrassicae* (Blackman; Eastop, 2007; Müller, 1986; Ronquist; Ahman, 1990).

Essa diferença é reforçada em Fening *et al.*, (2020) que indica que o grupo *L. erysimi* conta com duas subespécies, sendo nomeadas como *L. e. erysimi* e *L. e. pseudobrassicae* que são morfologicamente semelhantes, mas suas subespécies são distintas e separadas geograficamente, ou seja, a forma europeia, *L. e. erysimi* e a linhagem indiana, *L. e. pseudobrassicae*. Em outros trabalhos, o afídeo também é referenciado como *L. e. pseudobrassicae* (Davis) (Adhab; Schoelz 2015; Carter; Sorensen 2013; Patel *et al.*, 2004; Ronquist; Ahman 1990).

A respeito da sua taxonomia, essa espécie apresenta coloração verde, ou verde-amarelada e pode aparentar um tom verde-oliva. Exibe pequena quantidade de cera no corpo, que aumenta em ambientes de maior umidade. As formas ápteras têm comprimento entre 1,85 e 2,05 mm, fronte sinuosa, sífúnculos um pouco escurecidos de 2,08 a 2,36 vezes mais compridos que a cauda, havendo uma ligeira constrição no ápice (Peña-Martinez, 1992). Os alados ostentam coloração verde-oliva com franjas transversais nos últimos segmentos abdominais (Peña-Martinez, 1992). A presença de franjas transversais, apenas após os sífúnculos, contribuem para diferenciar *L. pseudobrassicae* de *B. brassicae*, que apresenta franjas no abdome antes dos sífúnculos (Blackman; Eastop, 1984). Os alados também possuem escleritos laterais escuros e conspícuos e asas com nervuras com tonalidades escuras. Costuma ficar localizados em grande número na parte inferior das folhas ou nas inflorescências das plantas hospedeiras (Blackman; Eastop, 2000).

Apesar da crescente importância agrícola de *L. pseudobrassicae*, ainda há escassez de informações sobre sua biologia. Em um dos poucos estudos disponíveis, Goulart (2022) avaliou os parâmetros biológicos dessa espécie em condições laboratoriais controladas (25 ± 2 °C, 60–70% de umidade relativa e fotofase de 12 horas). O ciclo biológico médio foi de 29,6 dias. O período pré-reprodutivo foi de $1,3 \pm 0,1$ dias, o reprodutivo de $18,9 \pm 1,5$ dias e o pós-reprodutivo de $5,4 \pm 1,8$ dias. A longevidade dos adultos atingiu $23,1 \pm 2,1$ dias, com produção média de $25,5 \pm 2,6$ ninfas por fêmea.

2.2.4.2 Ocorrência e danos em geral

O afídeo *L. pseudobrassicae* se alimenta exclusivamente de plantas da família das brássicas e pode causar prejuízos econômicos significativos caso não seja adequadamente controlado (Ahuja *et al.*, 2009) Pode causar perdas superiores a 50% na produção e na colheita (Adhab; Schoelz 2015; Carter; Sorensen 2013; Patel *et al.*, 2004; Ronquist; Ahman 1990). *L. pseudobrassicae* tem como preferência infestar folhas já desenvolvidas (Hubaide, 2011), sua maior preferência de concentração ocorre principalmente na face inferior das folhas (Cividanes: Souza, 2004; Hubaide, 2011). Também é relatado sua presença nas partes terminais dos ramos e nas inflorescências (Peña-Martinez, 1992).

Como resultado de infestações pesadas, os pulgões se concentram principalmente na face inferior das folhas, provocando enrolamento, amarelecimento e impedindo o pleno desenvolvimento foliar. Mesmo quando as vagens chegam a se formar, frequentemente não produzem sementes saudáveis, comprometendo também o crescimento das plantas. Além disso, *L. pseudobrassicae* pode causar deformações e atua como vetor de até dez vírus não persistentes que afetam diferentes espécies (Blackman; Eastop 2007; Mamun *et al.*, 2010). Quando não controlado, pode ocasionar prejuízos econômicos (Ahuja *et al.*, 2009).

2.2.4.3 *L. pseudobrassicae* como potencial praga da couve-folha

L. pseudobrassicae é uma praga de ampla distribuição em regiões de clima subtropical, e seu controle é extremamente importante em áreas de produção de brássicas, como canola, brócolis, couve-flor e couve-folha (Blackman; Eastop, 2000). Segundo Hubaide (2011), *L. pseudobrassicae* é descrito como um afídeo especializado em plantas da família Brassicaceae. Apenas em 2006, Resende *et al.* (2006) documentaram pela primeira vez a ocorrência de *L. pseudobrassicae* infestando plantas de couve no Brasil.

2.2.4.4 *L. pseudobrassicae* como praga da mostarda

Entre os vários fatores bióticos que contribuem para a redução drástica da produtividade de mostarda, os insetos-praga são os principais. De acordo com a literatura, a mostarda são afetadas por aproximadamente 43 espécies de insetos, das

quais o complexo de pulgões *Lipaphis erysimi erysimi* (Kalt.), *Lipaphis erysimi pseudobrassicae* (Davis), *Brevicoryne brassicae* L. e *Myzus persicae* provocam perdas significativas na produção dessa cultura ao redor do mundo (Vidogbéna *et al.*, 2015). Dentro do complexo de pulgões, o grupo *Lipaphis erysimi* é a praga predominante, causando perdas de rendimento que variam de 9 a 96% (Rana 2005). Fazem parte desse grupo *L. e. erysimi* e *L. e. pseudobrassicae*. (Fening *et al.*, 2020). Autores como Ahuja *et al.*, (2009) e Fening *et al.*, (2020) destacam que a espécie também é reconhecida como uma das principais pragas da mostarda (*Brassica juncea* L.) e de outras crucíferas em países da Europa e da África.

O afídeo alimenta-se do floema da mostarda indiana (*B. juncea* L.), causando danos à cultura durante as fases de floração e desenvolvimento das vagens no inverno. Na Índia, essa praga está entre os principais fatores associados à baixa produtividade de *B. juncea* (Joshi *et al.*, 1989; Rustamani *et al.*, 2005). São capazes de transmitir mais de 13 vírus diferentes, incluindo vírus importantes das Brassicaceae, como o vírus do mosaico do nabo (*Turnip mosaic virus* - potyvírus), vírus do mosaico da beterraba (*Beet mosaic virus* - Potyvirus), vírus do mosaico da couve-flor (*Cauliflower mosaic virus* - CaMV) e vírus do mosaico do rabanete (*Radish mosaic virus* - Comovirus) (Adhab; Schoelz 2015; Kennedy *et al.*, 1962, Wang *et al.*, 1998,).

A mostarda possui uma longa lista de patógenos a infecta e causa doenças. Entre eles, três viroses comumente encontradas infectando *B. juncea* incluem o vírus do amarelecimento do nabo (*Turnip yellows virus* – TuYV, anteriormente *Beet western yellows virus* – BWYV), o vírus do mosaico da couve-flor (*Cauliflower mosaic virus* – CaMV) e o vírus do mosaico do nabo (*Turnip mosaic virus* – TuMV) (Chapara; Chirumamilla; Chapara, 2024). Entre essas doenças Singhal *et al.*, (2024) indica inclusive que mostarda é hospedeira sintomática do TuMV, que é responsável por ocasionar perdas variadas ao redor do mundo.

Diante da capacidade de *L. pseudobrassicae* em ser vetor de dois dos vírus mais recorrentes em cultivos de *B. juncea*, sua presença representa um entrave significativo na produtividade da cultura. A associação entre esse afídeo e importantes viroses reforça seu papel como um dos principais desafios fitossanitários no manejo da mostarda.

2.3 MANEJO DE AFÍDEOS

2.3.1 Controle químico

O manejo de afídeos na cultura da couve é baseado no uso de inseticidas químicos, como organofosforados e neonicotinoides (BRASIL, 2021). O controle químico é a estratégia mais utilizada no manejo de afídeos (Zagonel *et al.*, 2002).

Os inseticidas químicos, quando utilizados de forma inadequada, podem ocasionar riscos à saúde e ao meio-ambiente (Dawson *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011; Baron *et al.*, 2019), contaminando produtos agrícolas (Cassal *et al.*, 2014) e ecossistemas (Pedroza, 2013), selecionando insetos resistentes a inseticidas (Hawkins *et al.*, 2019; Russo *et al.*, 2019; Kuzhuppillymyal-prabhakarankutty *et al.*, 2021) e destruindo a entomofauna benéfica, como polinizadores, parasitoides e predadores (Cruz, 1995; Sala *et al.*, 2000; Garcia, 2001; Parra, 2014). Devido ao impacto negativo causado pelo uso abusivo de inseticidas (Lopes; Albuquerque, 2018), estratégias de manejo sustentáveis devem ser desenvolvidas, com uma abordagem mais segura tanto para a natureza quanto para o ser humano (Caporal; Costabeber, 2002; Ribas; Matsumura, 2013; Tilman, 1998).

No manejo de afídeos, uma das estratégias utilizadas é a aplicação de inseticidas neonicotinoides, como o acetamiprido. Trata-se de um composto sistêmico que, ao ser rapidamente absorvido pela planta, é transportado pela seiva para diferentes partes do vegetal, atingindo concentrações letais para insetos sugadores (Faria, 2009; Mariconi, 1977; Tomizawa; Casida, 2003).

2.3.2 Controle biológico por fungos entomopatogênicos

O controle biológico de pragas por fungos entomopatogênicos (FE) é um método de controle com grande potencial. Entre as principais vantagens estão a sua especificidade e a seletividade de controle das pragas, habilidade de multiplicar-se com facilidade, dispersão e produção em meios artificiais, a ausência de contaminação ambiental e não toxicidade ao homem e organismos não-alvos (Alves, 1998). Os FE causam infecção e transmissão via esporos ou conídios, sendo estes os responsáveis pela infecção. Quando os conídios entram em contato com a cutícula do hospedeiro, se fixam e germinam, iniciando cascatas de reconhecimento e reações de ativação enzimática tanto pelo hospedeiro quanto pelo FE (Melo; Azevedo, 1998; Samson *et al.*, 1988). A invasão do corpo do inseto e sistema circulatório (hemolinfa)

ocorre uma vez que o FE tenha penetrado o exoesqueleto do inseto, com sua morte ocorrendo pela destruição dos tecidos e produção de toxinas pelo FE (Samson *et al.*, 1988).

Os FE *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* são os mais utilizados no controle de pragas de diferentes ordens (Alves *et al.*, 2008). O gênero *Beauveria* é parasita de mais de 700 espécies de insetos, ácaros e carrapatos, sendo relatado também o grande potencial de variabilidade genética entre os seus isolados (Alves *et al.*, 1998; Zimmermann, 2007). Atualmente há 101 produtos registrados que usam isolados de *B. bassiana* como ingrediente ativo (MAPA, 2023). O fungo *M. anisopliae* também possui uma grande diversidade de insetos hospedeiros, entretanto, o número de hospedeiros é menor, quando comparado a *B. bassiana* (Zimmermann, 2007). O uso de FE no controle biológico de pragas é uma alternativa eficaz ao uso de inseticidas sintéticos, não causando impactos negativos ao ambiente. A pesquisa contínua e a utilização destas tecnologias são extremamente importantes para reduzir a dependência de inseticidas sintéticos, permitindo uma agricultura mais sustentável.

2.3.2.1 Fungos entomopatogênicos endofíticos

O termo endofítico é utilizado para definir micro-organismos que vivem em tecidos vegetais (Hyde; Soyong, 2008). A partir desta primeira definição, pesquisas relacionadas ao endofitismo progrediram e outras designações foram sendo sugeridas de acordo com o avanço das pesquisas (Esposito; Azevedo, 2010; Yan *et al.*, 2018). Atualmente, a definição mais aceita foi estabelecida por Stone *et al.*, (2000), na qual descreve os fungos endolíticos como micro-organismos que colonizam os tecidos internos das plantas, dentro da célula ou no interstício celular, sendo que não causam prejuízos imediatos e sintomas na planta (Chapla *et al.*, 2013; Kharwar, 2011). O uso de endofíticos tem sido tratado como uma estratégia que visa o crescimento, o aprimoramento da agricultura e a melhora da nutrição das plantas. Entre outras vantagens, destaca-se a proteção contra insetos-pragas (Baron; Rigobelo, 2022).

A presença de fungos endofíticos pode reduzir o ataque de insetos à planta hospedeira, sendo descritas várias espécies com potencial para o controle biológico de pragas (Esposito; Azevedo, 2010; Araújo *et al.*, 2010; Gange *et al.*, 2012; Melo; Azevedo, 1998). Alguns compostos metabolizados por fungos endofíticos são capazes de aumentar a suscetibilidade do inseto aos mecanismos de defesa vegetal (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013), enquanto outros podem apresentar toxicidade aos

insetos, como os alcaloides (Azevedo, 1999; Peixoto Neto *et al.*, 2002). O controle normalmente está ligado à antibiose devido à síntese metabólitos fúngicos ou resistência sistêmica induzida das plantas (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013; Jaber; Ownley, 2018; Lopez; Sword, 2015). Alguns fungos endofíticos podem ser também entomopatogênicos (Vidal; Jaber, 2015).

Os fungos entomopatogênicos endofíticos protegem o hospedeiro de insetos-praga colonizando as raízes, caules e folhas, além de promover benefícios no desenvolvimento da planta (Jaber; Enkerli, 2016; Silva *et al.*, 2020). Dentre os FE, os gêneros *Metarhizium* e *Beauveria* se destacam no controle de insetos, sendo *B. bassiana* e *M. anisopliae* os que possuem maior potencial de colonização endofítica (Jaber; Enkerli, 2016). Os FE podem colonizar as plantas de modo natural ou induzido utilizando diferentes técnicas de inoculação (Quesada-Moraga *et al.*, 2009). *B. bassiana* é capaz de expressar metabólicos secundários, principalmente quitinases, lipases, proteases, amilase, asparaginase, celulase e galactosidase quando coloniza os tecidos vegetais (Amobonye *et al.*, 2020). Desse modo, podem ser explorados tendo em vista possíveis ações antimicrobianas ou efeitos letais e/ou subletais em insetos expostos a plantas colonizadas (Vidal; Jaber, 2015).

2.4 REFERÊNCIAS

- ADHAB, Mustafa A.; SCHOELZ, James E. Report of the turnip aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) from Missouri, USA. **Journal of Plant Protection Research**, v. 55, n. 3, p. 327-328, 2015
- AHUJA, Desh. Bandhu. *et al.* Evaluation of different management strategies for *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) on *Brassica juncea*. **International Journal of Pest Management**, v. 55, n. 1, p. 11-18, jan. 2009
- ALVES, S. B *et al.* Fungos Entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In ALVES, S. B.; LOPES, R. B. **Controle microbiano de pragas na América Latina**. Piracicaba, Fealq, 2008, p.69-110.
- ALVES, S. B *et al.* Técnicas de laboratório. In: ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ. 1998.
- AMOBONYE, Ayodeji *et al.* Biotechnological potential of *Beauveria bassiana* as a source of novel biocatalysts and metabolites. *Critical Reviews in Biotechnology*, v. 40, n. 7, p. 1019-1034, 10 ago. 2020
- ARAUJO JR. J. M. Seleção de fungos entomopatogênicos associados ao óleo de nim para controle do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. **Dissertação de mestrado**, UFRPE, Recife, 55p. 2008.
- ARAUJO JUNIOR, J. M. *et al.* Ocorrência de *Lecanicillium muscarium* (Petch) Zare & Gams no pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) em couve no Estado de Pernambuco. **Anais da VII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão (JEPEX)**, UFRPE, Recife, 2007.
- AZEVEDO, A. M *et al.* Divergência genética e importância de caracteres morfológicos em genótipos de couve. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 48-54, 2014
- AZEVEDO, J. L. Botânica: uma ciência básica ou aplicada? **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 22, p. 225–229, 1999.
- BALCAU, S. L. *et al.* Establishing some technological methods to increase leaves production of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). **Journal of horticulture, forestry and biotechnology**, v. 17, n.1, p.15- 20, 2013
- BALDWIN, J. M. *et al.* Occurrence of arthropod pests associated with *Brassica carinata* and impact of defoliation on yield. **GCB Bioenergy**, v. 13, n. 4, p. 570–581, 2020.
- BALKAYA, A.; YANMAZ, R. Promising kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) populations from Black Sea region, Turkey. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 33, n. 1, p. 1–7, 2005.
- BARON, N. C.; RIGOBELLO, E. C. Endophytic fungi: a tool for plant growth promotion and sustainable agriculture. **Mycology**, v. 13, p. 39–55, 2022.

BARON, N. C. *et al.* Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 79, n. 2, p. 307–315, 2019.

BLACKMAN, R. L. **Aphids on the world's crops**: An identification and information guide. 2. ed. Chichester, West Sussex, England: Wiley, 2000. 466 p. ISBN 0471851914.

BLACKMAN, R.L.; EASTOP, V.F. **Aphids on the World's Crops**: an identification guide. Chichester: J. Wiley, 1984. 466 p.

BLACKMAN, R.L; EASTOP, V.F. Taxonomic issues. In: EMDEN, H.F., HARRINGTON, R., editors. **Aphids as Crop Pests**. Cambridge, MA, USA: CAB International. p. 1-30. 2007.

BLAYLOCK, M.J. *et al.*, Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soilapplied chelating agents. **Environmental Science & Technology**, v. 31, n. 3, p. 860-865, 1997.

BRAINER, M. S. C. P. Produção de hortaliças na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, ano 6, n. 180, p. 1–14, 2021.

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**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BUCKLEY, M.; COWAN, C.; MCCARTHY, M. The convenience food market in Great Britain: convenience food lifestyle (CFL) segments. **Appetite**, v. 49, n. 3, p. 600–617, 2007.

BUTT, T. M. *et al.* Pathogenicity of the entomogenous fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against crucifer pests and the honeybee. **Pest Management Science**, v. 4, p. 207–214, 1994.

CABALLERO, B. *et al.* **Encyclopedia of food and health**. 1. ed. London: Academic Press, 2015.

CAMARGO, A. N. M. M. P. *et al.* Distribuição geográfica da produção de hortaliças no Estado de São Paulo: participação no País, concentração regional e evolução no período 1996–2006. **Informações Econômicas**, v. 38, p. 28–35, 2008.

CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. Análise das alterações na cadeia de produção de hortaliças em São Paulo, 1995–2007. **IEA/CATI**, 2009.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 13–16, 2002.

CARTEA, M. E. *et al.* Seasonal variation in glucosinolate content in *Brassica oleracea* crops grown in northwestern Spain. **Phytochemistry**, v. 69, n. 2, p. 403–416, 2008.

- CARTER, C. C.; SORENSEN, K. A. *Insect and related pests of vegetables: cabbage and turnip aphid*. Raleigh: North Carolina State University, Center for Integrated Pest Management, 2013.
- CARVER, M. Biological control of aphids. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (org.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 141–165.
- CASSAL, V. B. *et al.* Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)**, v. 18, n. 1, p. 437–445, 2014.
- CHAPARA, V. *et al.* Mustard. In: AWASTHI, L. P. (org.). **Viral diseases of field and horticultural crops**. London: Academic Press, 2024. cap. 19, p. 157–161.
- CHAPLA, V. M.; BIASETTO, C. R.; ARAUJO, A. R. Fungos endofíticos: uma fonte inexplorada e sustentável de novos e bioativos produtos naturais. **Revista Virtual de Química**, 2013.
- CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P. Distribuição vertical de pulgões (Hemiptera: Aphididae) em couve. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, p. 254–256, 2004.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. (Circular Técnica, 21).
- CUNHA, S. B. Z.; SOUSA-SILVA, C. R. A new species of *Lizerius* Blanchard (Hemiptera: Drepanosiphidae) from Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 109, e2019022, p. 1–5, 2019.
- DAISY, B. H. *et al.* Naphthalene, an insect repellent, is produced by *Muscodor vitigenus*, a novel endophytic fungus. **Microbiology**, v. 148, n. 11, p. 3737–3741, 2002.
- DAWSON, A. H. *et al.* Acute human lethal toxicity of agricultural pesticides: a prospective cohort study. **PLoS Medicine**, v. 7, p. 1–10, 2010.
- DESNEUX, N. *et al.* The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81–106, 2007.
- DIVAKARAN, M.; BABU, K. N. Mustard. In: *Encyclopedia of Food and Health*. London: Elsevier, 2016. p. 9–19.
- DIXON, G.; WELLS, R. **Vegetable brassicas and related crucifers**. London: CAB International, 2007. 327 p.
- EMBRAPA. **Couve**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016.
- ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. 2. ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2010.

FAHEY, J. W. *Brassica: characteristics and properties*. In: **Encyclopedia of Food and Health**. Elsevier, 2016. p. 469–477.

FAOSTAT. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 2022.

FARIA, A. B. C. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais. **Ambiência**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 345-358, 2009.

FELTRIM, A. L.; REGHIN, M. Y.; VAN DER VINNE, J. Cultivo do *Pak Choi* em diferentes densidades de plantas com e sem aplicação de nitrogênio. **Publicação UEPG**, Ponta Grossa, 2003.

FENING, K. O. *et al.* First report and distribution of the Indian mustard aphid, *Lipaphis erysimi pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) on cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) in Ghana. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1362–1372, 2020.

FENING, K. O. *et al.* Aphids: a major threat to cabbage production in Ghana. In: **Tropentag Vienna Conference – International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development**. Viena, 2016. p. 121.

FERREIRA, A. C. S. Avaliação do teor em compostos bioativos e parâmetros de qualidade ao longo do processamento mínimo de *couve-galega*. 2016. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar)** – Departamento de Química.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. *Brassicáceas – couves e plantas relacionadas*. In: **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 279–299.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant defense against insect herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, p. 10242–10297, 2013.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GANGE, A. C. *et al.* Differential effects of foliar endophytic fungi on insect herbivores attacking a herbaceous plant. **Oecologia**, v. 168, n. 4, p. 1023–1031, 2012.

GARCIA, M. A. Alimentos transgênicos: riscos e questões éticas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, fasc. 3, 2001.

GIORDANO, L. B. Melhoramento de brássicas. **Informe Agropecuário**, v. 9, p. 16–20, 1983.

GOULART, L. S. 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). 2022. **Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais)** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

GROVER, J.; YADAV, S.; VATS, V. Effect of feeding *Murraya koeingii* and *Brassica juncea* diet on kidney functions and glucose levels in streptozotocin diabetic mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 85, n. 1, p. 1–5, 2003.

GROVER, J.; YADAV, S.; VATS, V. Hypoglycemic and antihyperglycemic effect of *Brassica juncea* diet and their effect on hepatic glycogen content and the key enzymes of carbohydrate metabolism. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 241, n. 1–2, p. 95–101, 2002.

HAN, W. *et al.* Residual toxicity and sublethal effects of chlorantraniliprole on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Pest Management Science**, v. 68, p. 1184–1190, 2012.

HARRINGTON, R.; EMDEN, H. F. (Ed.). Aphids as crop pests. London: **CABI Publishing**, 2007. 717 p.

HAWKINS, N. J. *et al.* The evolutionary origins of pesticide resistance. **Reviews in Biology**, v. 94, p. 135–155, 2019.

HENDGES, A. R. A. de A. Desempenho do cultivo de *couve de folha* com espécies aromáticas e condimentares. 2016. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

HENDGES, A. R. A. de A. *et al.* Diferentes temperaturas e combinações de recipientes e substratos na produção de mudas de mostarda. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 3, p. 213–221, 2018.

HUBAIDE, J. E. A. Distribuição na planta, fatores climáticos e parasitismo na dinâmica populacional dos pulgões (Hemiptera: Aphididae) em *couve*. 2011. **Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia)** – Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

HUGHES, R. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). **Journal of Animal Ecology**, v. 33, p. 393–424, 1963.

HYDE, K. D.; SOYTONG, K. The fungal endophyte dilemma. **Fungal Diversity**, v. 33, p. 163–173, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IMENES, S. L.; IDE, S. Principais grupos de insetos pragas em plantas de interesse econômico. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 235–238, 2002.

IMENES, S. L. *et al.* **Manejo integrado de pragas e doenças da alface**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. 51 p. (Manual Técnico. Série Especial, 7).

JABER, L. R.; ENKERLI, J. Effect of seed treatment duration on growth and colonization of *Vicia faba* by endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum*. **Biological Control**, v. 103, p. 187–195, 2016.

JABER, L. R.; ENKERLI, J. Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, p. 28–41, 2017.

JABER, L. R.; OWNLEY, B. H. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? **Biological Control**, v. 116, p. 36–45, 2018.

JOSHI, M. L.; AHUJA, D. B.; MATHUR, B. N. Loss in seed yield due to insect pests and their occurrence in different dates of sowing in mustard (*Brassica juncea* subsp. *juncea*). **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 59, p. 166–168, 1989.

JUNQUEIRA, A. M. R.; ALMEIDA, I. L. A participação da agricultura familiar na produção de hortaliças e o mercado dos orgânicos. **Revista Cultivar**, 2010.

KENNEDY, J. S.; DAY, M. F.; EASTOP, V. F. **A conspectus of aphids as vectors of plant viruses**. London: Commonwealth Institute of Entomology, 1962. 114 p.

KHAN, B. A.; ABRAHAM, A.; LEELAMMA, S. Biochemical response in rats to the addition of curry leaf (*Murraya koenigii*) and mustard seeds (*Brassica juncea*) to the diet. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 49, n. 4, p. 295–299, 1996.

KHARWAR, R. N. *et al.* **Prod. Rep.**, v. 28, p. 1208, 2011.

KIMBER, D. S.; MCGREGOR, D. I. The species and their origin, cultivation and world production. In: **Brassica oilseeds: production and utilization**. 1995. p. 1–9.

KORHONEN, H. Technology options for new nutritional concepts. **International Journal of Dairy Technology**, v. 55, n. 2, p. 79–88, 2002.

KOUL, O.; CUPERUS, G. W. **Ecologically based integrated pest management: present concept and new solutions**. Wallingford, UK: CABI, 2007.

KUMAR, V. *et al.* Therapeutic potentials of *Brassica juncea*: an overview. **International Journal of Genuine Traditional Medicine**, v. 1, p. 17, 2011.

KUMAR, A.; PREMI, O. P.; THOMAS, L. Rapeseed-mustard cultivation in India – an overview. **National Research Centre on Rapeseed-Mustard**, 2008.

KUMAR, P.B.A.N. *et al.*, *Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils*. **Environmental Science & Technology**, v. 29, n. 5, p. 1232–1238, 1995.

KUZHUPPILLYMYAL-PRABHAKARANKUTTY, L. *et al.* Effect of *Beauveria bassiana* seed treatment on *Zea mays* L. response against *Spodoptera frugiperda*. **Applied Sciences**, v. 11, p. 2887, 2021.

LAZARIDES, M.; COWLEY, K.; HOHNEN, P. **CSIRO Handbook of Australian Weeds**. Clayton: CSIRO Publishing, 1997.

- LÁZZARI, S. M. N.; CARDOSO, J. T. *Pineus boermeri* Annand, 1928 (Hemiptera, Adelgidae) – a new species from Brazil: morphology of eggs, nymphs and adults. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 4, p. 459–466, 2011.
- LÁZZARI, S. M. N.; CARVALHO, C. R. Z.; CARDOSO, J. T. *Takecallis arundinariae* (Essig) (Aphididae, Drepanosiphinae, Phyllaphidini) – first record in Brazil and comparison to *Takecallis taiwanus* (Takahashi). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 3, p. 865–870, 1999.
- LÁZZARI, S. M. N.; ZONTA-DE-CARVALHO, R. C.; CARDOSO, J. T.; CALADO, D. C. First record of *Greenidea psidii* van der Goot and comparison with *Greenidea ficicola* Takahashi (Hemiptera: Aphididae) in Brazil. **Zootaxa**, n. 1235, p. 63–68, 2006.
- LÁZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z.; FURIATTI, R. S.; MELLO, M. E. F. The spotted alfalfa aphid, *Therioaphis trifolii* (Monell) f. *maculata* in Brazil: first record. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 1, p. 153–155, 1996.
- LAZZAROTTO, C. M.; LÁZZARI, S. M. N. Análise faunística de afídeos (Hemiptera, Aphididae) na Serra do Mar, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 2, p. 270–274, 2005.
- LEE, S. J. *et al.* Acute pesticide illnesses associated with off-target pesticide drift from agricultural applications: 11 states, 1998–2006. **Environmental Health Perspectives**, v. 119, p. 11–62, 2011.
- LEFSRUD, M. Changes in *kale* (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) carotenoid and chlorophyll pigment concentrations during leaf ontogeny. **Scientia Horticulturae**, 2007.
- LI, Q.; EIGENBRODE, S. D.; STRINGAM, G. R.; THIAGARAJAH, M. R. Feeding and growth of *Plutella xylostella* and *Spodoptera eridania* on *Brassica juncea* with varying glucosinolate concentrations and myrosinase activities. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n. 10, 2000.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, v. 42, p. 518–534, 2018.
- LOPEZ, D. C.; SWORD, G. A. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of *Gossypium hirsutum* and negatively affect *Helicoverpa zea*. **Biological Control**, v. 89, p. 53–60, 2015.
- LOUREIRO; MOINO, J. R. Patogenicidade de fungos hifomicetos aos pulgões *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 660–665, 2006.
- MAMUN, M. S. A. *et al.* Assessment of several mustard varieties resistance to mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.). **Journal of Soil and Nature**, v. 4, p. 34–38, 2010.
- MAREDIA, K. M. Introduction and overview. In: **Integrated Pest Management in the Global Arena**. Wallingford: CABI, 2003.

MARICONI, F. A. M. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas: com uma introdução sobre o estudo dos insetos**. 3. ed. São Paulo: Nobel, v. 1, 1977.

MARINGONI, A. C. Doenças das crucíferas. In: KIMATI, H. *et al.* (Org.). **Manual de Fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 297–306.

MARSARO JÚNIOR, A. L. *et al.* Flutuação populacional de afídeos na cultura da canola, em Passo Fundo – RS. **Revista Científica Intellecto**, v. 6, n. 1, p. 1–6, 2021.

MEJÍA-GARIBAY, B.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Características físicas y antioxidantes de semillas y productos de *Brassica nigra* y *Brassica alba*. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 65, n. 2, 2015.

MELO, D. R. *et al.* Desenvolvimento dos fungos *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin e *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin sobre *Ctenocephalides felis felis* (Bouché). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 16, n. 3, p. 166–170, 2007.

MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Produtos formulados à base de *Beauveria bassiana*. 2023.

MOLOINYANE, S.; NCHU, F. The effects of endophytic *Beauveria bassiana* inoculation on infestation level of *Planococcus ficus*, growth, and volatile constituents of *Vitis vinifera* L. **Toxins**, v. 11, n. 2, p. 72, 2019.

MORENO, A. B. *et al.* Kale: an excellent source of vitamin C, pro-vitamin A, lutein and glucosinolates. **CyTA – Journal of Food**, 2014.

MORENO, D. A.; CARVAJAL, M.; LOPEZ-BERENGUER, C.; GARCIA-VIGUERA, C. Chemical and biological characterization of nutraceutical compounds of broccoli. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 2006.

MORETTI, C. L. *et al.* **Processamento mínimo de couve**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 3 p. (Comunicado Técnico, 13).

MÜLLER, F. P. The role of subspecies in aphids for affairs of applied entomology. **Journal of Applied Entomology**, 1986.

NAFRÍA, J. M. N. *et al.* Catálogo de los áfidos (Hemiptera, Aphididae) de Chile, con plantas hospedadoras y distribuciones regional y provincial. **Graellsia**, v. 72, n. 2, 2016.

NG, J. C. K.; PERRY, K. L. Transmission of plant viruses by aphid vectors. **Molecular Plant Pathology**, v. 5, n. 5, p. 505–511, 2004.

NIBOUCHE, S. *et al.* Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904). **PLOS ONE**, v. 16, n. 3, e0241881, 2021.

- NOVO, M. D. C. S. S. *et al.* Desenvolvimento e produção de genótipos de *couve manteiga*. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 321–325, 2010.
- OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015.
- OLIVEIRA-CALHEIROS, K.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SOUZA, M. C. Avaliação da disponibilidade do ferro em dieta complementada com *couve manteiga*. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 37–42, 2008.
- OPFER, P.; MCGRATH, D. **Oregon vegetables: cabbage aphid and green peach aphid**. Corvallis: Oregon State University Press, 2013.
- PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, 2014.
- PARSA, S.; ORTIZ, V.; VEGA, F. E. Establishing fungal entomopathogens as endophytes: towards endophytic biological control. **Journal of Visualized Experiments**, v. 74, p. 503–560, 2013.
- PATEL, S. R.; AWASTHI, A. K.; TOMAR, R. K. S. Assessment of yield losses in mustard due to mustard aphid. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 2, p. 1–15, 2004.
- PEDROZA, E. H. O. O uso indiscriminado de agrotóxicos e a violação dos direitos fundamentais à alimentação saudável, à saúde e ao meio ambiente equilibrado. **Justiça do Direito**, v. 27, n. 1, p. 220–233, 2013.
- PEIXOTO-NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Microrganismos endofíticos: interação com plantas e potencial biotecnológico. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, n. 29, 2002.
- PEÑA-MARTÍNEZ, R. **Áfidos como vectores de virus en México**. Montecillo: Centro de Fitopatología, 1992. 135 p.
- PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M. T. **Olericultura**. Brasília: NT Editora, 2016.
- PERONTI, A. L.; SOUSA-SILVA, C. R. Aphids (Hemiptera: Aphidoidea) of ornamental plants from São Carlos, São Paulo State, Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 50, n. 1, p. 137–144, 2002.
- PERONTI, A. L. B. G.; ILHARCO, F. A.; SOUSA-SILVA, C. R. First report of *Melanaphis bambusae* (Hemiptera: Aphididae) in the Neotropical Region. **Revista de Biología Tropical**, v. 51, n. 1, p. 280, 2002.
- 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.

- QUESADA-MORAGA, E.; MUÑOZ-LEDESMA, F.; SANTIAGO-ALVAREZ, C. Systemic protection of *Papaver somniferum* L. against *Iraella luteipes* by an endophytic strain of *Beauveria bassiana*. **Environmental Entomology**, v. 38, p. 723–730, 2009.
- RAGAERT, P. *et al.* Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 3, p. 259–270, 2004.
- RAMAN, A.; SURYANARAYANAN, T. S. Fungus–plant interaction influences plant-feeding insects. **Fungal Ecology**, v. 29, p. 123–132, 2017.
- RANA, J. S. Performance of *Lipaphis erysimi* (Homoptera: Aphididae) on different *Brassica* species in a tropical environment. **Journal of Pest Science**, v. 78, p. 155–160, 2005.
- RANA, M. K. Salad crops: leaf-type crops. In: **Encyclopedia of Food and Health**. Elsevier, 2016. p. 673–678.
- RASHID, M. A.; SINGH, D. P. **A manual on vegetable seed production in Bangladesh**. Gazipur: Bangladesh Agricultural Research Institute, 2000.
- RESENDE, A. L. S. *et al.* Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e sua associação com insetos predadores, parasitóides e formigas em *couve* (Cruciferae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, 2006.
- RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149–158, 2013.
- RIGUEIRA, G. D. J. *et al.* Atividade antioxidante e teor de fenólicos em *couve-manteiga* (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) submetida a diferentes sistemas de cultivo e métodos de preparo. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 37, n. 2, p. 3–8, 2016.
- ROBERTSON, J. L.; WORNER, S. P. Population toxicology: suggestions for laboratory bioassays to predict pesticide efficacy. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 1, p. 8–12, 1990.
- RODRIGUEZ, R. J. *et al.* Fungal endophytes: diversity and functional roles. **New Phytologist**, v. 182, n. 2, p. 314–330, 2009.
- 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**, v. 116, p. 425–430, 1990.
- ROYCHOWDHURY, R. *et al.* Bioaccumulation of heavy metals in *Brassica juncea*: an indicator species for phytoremediation. **International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field**, v. 3, n. 9, p. 92–95, 2017.
- RUSSO, M. L. *et al.* Effect of endophytic entomopathogenic fungi on *Glycine max* (L.) Merr. growth and yield. **Journal of King Saud University – Science**, v. 31, p. 728–736, 2019.

- RUSTAMANI, M. A. *et al.* Incidence and abundance of mustard aphid on different *Brassica* cultivars. **Indus Journal of Plant Science**, v. 4, n. 2, p. 165–170, 2005.
- SALA, O. E. *et al.* Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, v. 287, p. 1770–1774, 2000.
- SAMEC, D.; SALOPEK-SONDI, B. Cruciferous (*Brassicaceae*) vegetables. In: WATSON, R. R. (org.). **Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements**. London: Academic Press, 2019. p. 195–202.
- SAMEC, D.; URLIĆ, B.; SALOPEK-SONDI, B. *Kale (Brassica oleracea var. acephala)* as a superfood: review of the scientific evidence behind the statement. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 15, 2019.
- SAMPAIO, M. V. *et al.* *Brassica* aphid (Hemiptera: Aphididae) populations are conditioned by climatic variables and parasitism level: a case study of Triângulo Mineiro, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, p. 410–418, 2017.
- SAMSON, R. A.; EVANS, H. C.; LATGÉ, J. P. **Atlas of Entomopathogenic Fungi**. Berlin Heidelberg: Springer, 1988.
- SASAN, R. K.; BIDOCHKA, M. J. The insect-pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* (Clavicipitaceae) is also an endophyte that stimulates plant root development. **American Journal of Botany**, v. 99, n. 1, p. 101–107, 2012.
- SAWATI, S. S.; DAS, M. A brief overview: present status on utilization of mustard oil and cake. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 14, n. 2, p. 244–250.
- SEBRAE. **Censo agropecuário: Brasil, grandes regiões e unidades da federação**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006.
- SEBRAE-BA. **Agronegócio: horticultura**. Salvador: SEBRAE-BA, 2017.
- SILVA, C. P. *et al.* Desenvolvimento inicial de mudas de *couve-folha* em função do uso de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 7–11, 2012.
- SILVA, D. G. *et al.* Encapsulated baits containing zinc sulfate and *Trichoderma harzianum* reduce fungal garden in *Atta sexdens* colonies. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, p. 46–52, 2020.
- SILVA, R. A.; MICHELOTTO, M. D.; JORDÃO, A. L. Levantamento preliminar de pulgões no Estado do Amapá. **Circular Técnica**, n. 32. Macapá: Embrapa, 2004.
- SINGH, J. *et al.* Notification of crop varieties and registration of germplasm: Indian mustard variety CS 60. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 78, n. 3, p. 398–400, 2018a.
- SINGH, V. *et al.* Differential expression of salt-responsive genes to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive *Oryza sativa* L. at seedling stage. **Protoplasma**, v. 255, p. 1667–1681, 2018b.

SINGHAL, P.; DIKSHA, D.; BARANWAL, V. K.; SINGH, N.; GHOSH, A. Evidence of true seed transmissible nature of *Turnip mosaic virus* in mustard species. **BMC Genomics**, v. 25, p. 966, 2024.

SOUSA-SILVA, C. R.; ILHARCO, F. A. **Afídeos do Brasil e suas plantas hospedeiras: lista preliminar**. São Carlos: EDUFSCar, 1995.

SOUSA-SILVA, C. R.; ILHARCO, F. A. First report of *Cinara cupressi* (Lachninae: Cinarini) in Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 49, n. 2, p. 768, 2001a.

SOUSA-SILVA, C. R.; ILHARCO, F. A. The presence of *Sanbornia juniperi* (Hemiptera: Aphididae) in the Neotropical region. **Revista de Biologia Tropical**, v. 49, n. 2, p. 765–772, 2001b.

SOUSA-SILVA, C. R.; ILHARCO, F. A. A new Lizeriinne aphid genus from Brazil (Homoptera: Aphidoidea). **Agronomia Lusitana**, v. 50, n. 3–4, p. 135–143, 2002.

SOUSA-SILVA, C. R.; STOETZEL, M. B.; ORTIZ, E. First report of *Phylloxera notabilis* (Hemiptera: Phylloxeridae) in the Neotropical region. **Revista de Biologia Tropical**, v. 51, n. 1, p. 279, 2003.

SOUZA, R. J. Origem e botânica de algumas brássicas. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 98, p. 10–12, 1983.

SOVERO, M. Rapeseed: a new oilseed crop for the United States. In: **New Crops**. New York: Wiley, 1993. p. 302–307.

SRINIVASAN, K.; KRISHNAMOORTHY, P. N. Development and adoption of integrated pest management for major pests of cabbage using Indian mustard as a trap crop. In: **Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests**. Shanhua: AVRDC, 1992. p. 511–521.

STONE, J. K.; BACON, C. W.; WHITE, J. F. An overview of endophytic microbes: endophytism defined. In: **Microbial Endophytes**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 3–30.

SULLIVAN, C. F. et al. A review of commercial *Metarhizium*- and *Beauveria*-based biopesticides for the biological control of ticks in the USA. **Insects**, v. 13, n. 3, p. 260, 2022.

TÉLLEZ-JURADO, A. et al. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. **Revista Mexicana de Micología**, v. 30, p. 73–80, 2009.

THAVARAJAH, D. et al. Mineral micronutrient and prebiotic carbohydrate profiles of USA-grown kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 9–15, 2016.

THIRUMALAI, T. et al. Hypoglycemic effect of *Brassica juncea* (seeds) on streptozotocin-induced diabetic male albino rat. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 1, n. 4, p. 323–325, 2011.

- TILMAN, D. The greening of green revolution. **Nature**, v. 396, p. 211–212, 1998.
- TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 339–364, 2003.
- TRANI, P. E. *et al.* **Couve de folha: do plantio à pós-colheita**. Campinas: Instituto Agronômico, 2015. 36 p.
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 809 p.
- VERMA, D.; LAKHANPAL, N.; SINGH, K. Genomewide identification and characterization of abiotic-stress responsive SOD (superoxide dismutase) gene family in *Brassica juncea* and *B. rapa*. **BMC Genomics**, v. 20, p. 227, 2019.
- VIDAL, S.; JABER, L. R. Entomopathogenic fungi as endophytes: plant–endophyte–herbivore interactions and prospects for use in biological control. **Current Science**, v. 109, p. 46–54, 2015.
- VIDOGBÉNA, F. *et al.* Consumers' willingness to pay for cabbage with minimized pesticide residues in Southern Benin. **Environments**, v. 2, p. 449–470, 2015.
- VILELA, N. J.; LUENGO, R. F. A. Produção de hortaliças folhosas no Brasil. **Campo & Negócios – Hortifruti**, v. 12, n. 146, p. 22–27, 2017.
- VINU, V. *et al.* Assessment of genetic diversity in *Brassica juncea* genotypes using phenotypic differences and SSR markers. **Revista de Biología Tropical**, v. 61, n. 4, p. 1919–1934, 2013.
- VEGA, F. E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. **Mycologia**, v. 110, n. 1, p. 4–30, 2018
- WANG, R. Y.; POWELL, G.; HARDIE, J.; PIRONE, T. P. Role of the helper component in vector-specific transmission of potyviruses. **Journal of General Virology**, v. 79, p. 1519–1524, 1998.
- WATANABE, M. A.; MELO, L. A. S. **Controle biológico de pragas de hortaliças**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.
- WEIBULL, J.; MELIN, G. Free amino acid content of phloem sap from *Brassica* plants in relation to performance of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae). **Annals of Applied Biology**, v. 116, p. 417–423, 1990.
- WILSON, D. Endophyte: the evolution of a term, and clarification of its use and definition. **Oikos**, v. 73, p. 274–420, 1995.
- WÓJCIAK, K. M.; DOLATOWSKI, Z. J. Evaluation of natural preservatives in combination with acid whey for use in fermented sausage. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 2, p. 125–133, 2016.

- YADAV, R. *et al.* Impact of sulphur nutrition on promising mustard cultivars in Eastern India. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v. 5, n. 1, p. 389–394, 2017.
- YAN, L. *et al.* Production of bioproducts by endophytic fungi: chemical ecology, biotechnological applications, bottlenecks, and solutions. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 15, p. 6279–6298, 2018.
- YUE, B.; LIU, T. X. Host selection, development, survival, and reproduction of turnip aphid (*Homoptera: Aphididae*) on green and red cabbage varieties. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, p. 1308–1314, 2000.
- ZAGONEL, J.; REGHIN, M. Y.; DALLA PRIA, M.; KUNZ, R. P. Avaliação de inseticidas no controle de *Myzus persicae* (Sulz.) (Homoptera: Aphididae) na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 514–515, 2002.
- ZHANG, X. *et al.* Recent progress in drought and salt tolerance studies in *Brassica* crops. **Breeding Science**, v. 64, n. 1, p. 60–73, 2014.
- ZHU, Y. L. *et al.* Overexpression of glutathione synthetase in *Brassica juncea* enhances cadmium tolerance and accumulation. **Plant Physiology**, v. 119, p. 73–79, 1999.
- ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, n. 6, p. 553–596, 2007.

3 BIOLOGIA DE *Lipaphis pseudobrassicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM COUVE (*Brassica oleracea* var. *acephala*) E MOSTARDA (*Brassica juncea* (L.) Czern)

Resumo

O afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* possui potencial para ser o principal afídeo praga de Brassicaceae no Brasil. Estudos sobre sua biologia e desenvolvimento populacional são relevantes para estabelecer estratégias de manejo. Devido a carência de informações, avaliamos parâmetros biológico e de desenvolvimento populacional do inseto sobre couve-folha e mostarda. Ninfas com 24h de idade foram mantidas em plântulas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) e mostarda (*B. juncea*) ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: 60% e fotofase de 12h) e monitoradas em intervalos de 24h até sua morte. A fase imatura de *L. pseudobrassicae* foi semelhante em couve (5,34 dias) e mostarda (5,64 dias), ocorrendo uma baixa mortalidade de ninfas durante essa fase ($\leq 16\%$). Adultos de *L. pseudobrassicae* permaneceram por tempos similares nos períodos reprodutivo e pré-reprodutivo em ambos os hospedeiros. A longevidade de adultos, número total de ninfas/fêmea e ciclo biológico foi similar entre os tratamentos. Os insetos mantidos sobre os dois hospedeiros não apresentaram diferenças significativas no intervalo de tempo de cada geração (T), capacidade inata de aumentar em número (r_m), razão finita de aumento (λ), taxa líquida de reprodução (R_0) e no tempo necessário para a população duplicar o número de indivíduos (TD). A capacidade de *L. pseudobrassicae* se desenvolver em diferentes hospedeiros da mesma família, corrobora para evidenciar seu potencial para se tornar praga-chave de Brassicaceae. Esse conhecimento é essencial para direcionar estratégias de manejo integrado de pragas, visando o controle de *L. pseudobrassicae* em Brassicaceae e a redução no uso de inseticidas.

Palavras-chave: Afídeo; tabela de vida de fertilidade; Manejo Integrado de Pragas; Brassicaceae

Biology of *Lipaphis pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) on kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) and mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern)

Abstract

The aphid *Lipaphis pseudobrassicae* has the potential to become the main aphid pest of *Brassicaceae* crops in Brazil. Studies on its biology and population development are essential to establish management strategies. Due to the scarcity of information, this study evaluated the biological and population development parameters of the insect on kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) and mustard (*Brassica juncea*). Nymphs aged 24 hours were maintained on seedlings of both host plants (25 ± 2 °C, RH 60%, photophase 12 h) and monitored every 24 hours until death. The immature stage of *L. pseudobrassicae* was similar on kale (5.34 days) and mustard (5.64 days), with low nymphal mortality (<16%). Adult aphids showed comparable durations for the pre-reproductive and reproductive periods on both hosts. Adult longevity, total offspring per female, and total life cycle duration were also similar between treatments. No significant differences were found in generation time (T), intrinsic rate of increase (rm), finite rate of increase (λ), net reproductive rate (Ro), or population doubling time (TD). The ability of *L. pseudobrassicae* to develop on different hosts within the same family highlights its potential to become a key pest of *Brassicaceae*. This knowledge is essential for guiding integrated pest management strategies aimed at controlling *L. pseudobrassicae* in *Brassicaceae* crops and reducing insecticide use.

Keywords: Aphid; fertility life table; Integrated Pest Management; *Brassicaceae*.

3.1 INTRODUÇÃO

A couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e a mostarda (*B. juncea* (L.) Czern) são amplamente cultivadas no Brasil (Filgueira, 2000). Entre os fatores limitantes para estas culturas estão o ataque de afídeos, como *Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) (Blackman; Eastop, 2000; Rondelli *et al.*, 2013; Sousa-Silva; Ilharco, 1995; Van Emden, 2013). Apesar de *B. brassicae* e *M. persicae* serem pragas primárias, o afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae) é cada vez mais relevante em áreas de plantio de Brassicaceae (Resende *et al.*, 2006; Goulart *et al.*, 2023).

O afídeo *L. pseudobrassicae* é cosmopolita (Blackman; Eastop, 2007) e coloniza várias espécies de Brassicaceae (Cividanes; Souza, 2004; Mussury; Fernandes, 2002; Resende *et al.*, 2006; Sousa-Silva; Ilharco, 1995). No Brasil, foi registrado atacando couve-folha (Resende *et al.*, 2006), e possui potencial para ser uma praga mais relevante que *B. brassicae* (Goulart *et al.*, 2023). *L. pseudobrassicae* coloniza a parte inferior de folhas, talos e inflorescências (Hubaide, 2011; Pena-Martínez, 1992). Os danos diretos ocorrem devido a sucção da seiva floemática, causando deformações e amarelecimento em folhas e brotações. Os danos indiretos ocorrem devido a transmissão de viroses (Blackman; Eastop, 2007; Pena-Martínez, 1992) e liberação de excreções que favorecem o desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp. reduzindo a capacidade de fotossíntese da planta (Blackman; Eastop, 2000; Yadav; Rathee, 2020).

O principal método para o controle de afídeos é o uso de inseticidas químicos (Dewar, 2007). Em muitas áreas, as pulverizações são realizadas de forma sequencial e preventiva, causando efeitos indesejados sobre o ambiente e insetos benéficos (Dias de Almeida *et al.*, 2007). Considerando o potencial de *L. pseudobrassicae* para se tornar praga primária em Brassicaceae, como na cultura da couve-folha, estudos sobre sua biologia em diferentes hospedeiros são relevantes para o desenvolvimento de estratégias de controle. O uso de tabelas de vida de fertilidade permite a compreensão da biologia de um inseto (Taghizadeh, 2019) em diferentes culturas. Deste modo, considerando a relevância de informações sobre o desenvolvimento de *L. pseudobrassicae* em diferentes hospedeiros e de que estas informações contribuirão para o desenvolvimento de estratégias de Manejo Integrado de afídeos em Brassicaceae, este trabalho avaliou parâmetros biológicos e de desenvolvimento populacional de *L. pseudobrassicae* sobre couve-folha e mostarda.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Obtenção de couve (*Brassica oleracea* L. var. *Acephala*) e mostarda (*B. juncea*).

As plântulas de couve-folha e mostarda utilizadas nos bioensaios possuíam duas ou três folhas verdadeiras. Antes do uso, as plântulas foram mantidas por sete dias em bandejas plásticas, com o sistema radicular imerso em água, em condições controladas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $60 \pm 10\%$ e fotofase de 16 h). Após este período, as plântulas foram lavadas em água corrente para remoção do excesso de substrato e acondicionadas em recipiente de vidro (10 mL) com água destilada esterilizada, utilizando-se algodão envolto ao hipocótilo para fixação da plântula (Goulart *et al.*, 2023). Posteriormente foi realizada a desinfecção superficial da parte aérea (Pacheco *et al.*, 2017).

3.2.2 Criação de *Lipaphis pseudobrassicae*.

A criação de *L. pseudobrassicae* teve início a partir de insetos coletados em áreas de cultivo de Brassicaceae ($27^\circ34'59''$ S; $48^\circ30'20''$ W). Os insetos foram transportados ao laboratório e após a eliminação de inimigos naturais foram transferidos para vasos com plantas de couve-folha ou mostarda. Posteriormente os vasos foram mantidos em estufa ou laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, Umidade Relativa (UR): $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

3.2.3 Biologia de *Lipaphis pseudobrassicae* sobre couve-folha e mostarda

Utilizando um pincel de cerdas finas e microscópio estereoscópico (40 \times), adultos foram inoculados sobre plântulas de couve ou mostarda e mantidos a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Após 24h, os adultos foram retirados, mantendo-se uma ninfa com até 24h de idade em cada plântula.

As avaliações foram realizadas em intervalos de 24h até a morte do inseto. Na fase imatura foi avaliado o tempo de desenvolvimento de cada ínstar, por meio da coleta das exúvias e a mortalidade de ninfas. Na fase adulta foram avaliados os períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo. Durante o período reprodutivo, diariamente foi contado o número de ninfas com sua posterior remoção para não serem contabilizadas em avaliações subsequentes. O delineamento

experimental adotado foi o inteiramente casualizado, composto pelos tratamentos couve-folha e mostarda e 50 repetições para cada tratamento. Cada repetição foi formada por uma plântula com um afídeo.

3.2.4 Análises

A tabela de vida de fertilidade foi confeccionada conforme metodologia proposta por Andrewartha e Birch (1954). A taxa líquida de reprodução (R_0), tempo médio de geração (T), taxa intrínseca de crescimento (r_m), razão finita de aumento (λ) e tempo de duplicação da população (TD) foram obtidos por meio do método Jackknife (Meyer *et al.*, 1986). As comparações entre os parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* sobre couve e mostarda foram realizadas por meio do teste t unilateral, utilizando o programa TabVida (Penteado *et al.*, 2010).

A duração média de cada ínstar, o período total de desenvolvimento ninfal, a mortalidade de cada ínstar, a mortalidade total das ninfas, os períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, a longevidade dos adultos, o número de ninfas por fêmea, o ciclo biológico total e a longevidade total foram submetidos à análise de normalidade e homogeneidade de variâncias. Posteriormente, as médias foram analisadas por meio do teste t de Student ou pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney (U-teste), utilizando o software Minitab 18.0.

3.3 RESULTADOS

O desenvolvimento das ninfas de *L. pseudobrassicae* sobre couve-folha e mostarda foi similar para todos os ínstars, assim como toda a fase juvenil do inseto (Figura 1).

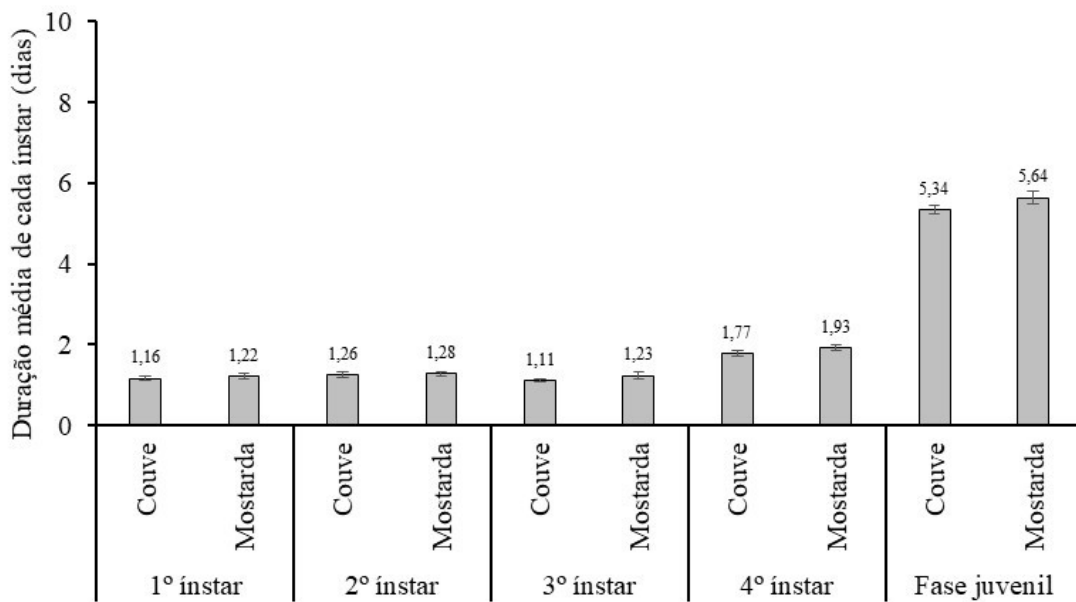


Figura 1. Duração média (\pm EPM) de cada instar de desenvolvimento e toda fase juvenil de *Lipaphis pseudobrassicae* sobre couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e mostarda (*B. juncea*). Os dados foram comparados por meio do teste *t* para amostras independentes (p -valor $< 0,05$).

A mortalidade de *L. pseudobrassicae* nos diferentes instares foi similar entre as ninfas que se desenvolveram em couve e mostarda (Tabela 1). Do mesmo modo, a mortalidade de ninfas em todo o período juvenil foi similar entre os tratamentos, com uma diferença de 4% na média da mortalidade de imaturos em couve e mostarda (tabela 1).

Tabela 1. Percentual de mortalidade (\pm EPM) em cada instar de desenvolvimento e durante toda a fase juvenil de *Lipaphis pseudobrassicae* sobre couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e mostarda (*B. juncea*). Os dados foram comparados por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Tratamento	Mortalidade de ninfas (%)				
	1º instar*	2º instar	3º instar	4º instar*	Total
Couve	0,0 (0,0)	8,0 (3,9)	4,3 (3,0)	0,0 (0,0)	12,0 (4,6)
Mostarda	0,0 (0,0)	6,0 (3,4)	8,5 (4,1)	2,3 (2,2)	16,0 (5,2)
Valor-W	0,0	2500,0	2254,0	0,0	0,73
P-valor	0,0	0,866	0,732	0,0	0,570

* Os dados não atenderam ao pressuposto de variabilidade na mortalidade de ninfas entre os tratamentos couve-folha e mostarda.

Não ocorreram diferenças significativas para os parâmetros de desenvolvimento populacional avaliados (Tabela 2). Os resultados indicam que couve-folha e mostarda proporcionaram condições semelhantes para o desenvolvimento populacional do afídeo *L. pseudobrassicae*.

Tabela 2. Taxa líquida de reprodução (R_0) (\pm Erro Padrão da Média), intervalo de tempo entre cada geração (T) (\pm EPM), Capacidade inata de aumento em número (r_m) (\pm EPM), Razão finita aumento (λ) (\pm EPM) e Tempo para a população duplicar (TD) (\pm EPM) de *Lipaphis pseudobrassicae* sobre couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e mostarda (*B. juncea*). Os dados foram submetidos ao teste t para amostras independentes.

Tratamentos	Parâmetros (\pm EPM)				
	R_0	T	r_m	λ	TD
Couve	25,04 (0,73)	10,95 (0,32)	0,29 (0,01)	1,34 (0,04)	2,36 (0,07)
Mostarda	23,97 (0,05)	11,39 (0,01)	0,28 (0,00)	1,32 (0,00)	2,48 (0,00)
Teste t	1,21*	0,77*	0,16*	0,1*	0,48*
p-valor*	0,233	0,454	1,000	1,000	0,625

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

Não houve diferença significativa no período pré-reprodutivo, reprodutivo, longevidade de adultos, total de ninfas por fêmea e ciclo biológico total de insetos que se desenvolveram em couve e mostarda (Tabela 3).

Tabela 3. Avaliação de parâmetros biológicos (\pm EPM) de *Lipaphis pseudobrassicae* em dois hospedeiros. Os dados foram comparados por meio do teste t para amostras independentes.

Parâmetros avaliados	<i>L. pseudobrassicae</i>		valor - T	P-valor
	Couve	Mostarda		
Período pré-reprodutivo	1,14 (0,14)	1,20 (0,20)	0,23	0,823
Período reprodutivo	19,94 (1,29)	13,53 (0,95)	0,88	0,382
Período pós-reprodutivo	2,22 (0,42)	4,63 (0,71)*	2,93	0,007
Longevidade adultos	21,22 (1,07)	21,31 (0,88)	0,07	0,948
Total ninfas/fêmea	46,09(3,68)	37,26 (3,05)	1,87	0,066
Ciclo biológico	26,56 (1,05)	27,31 (0,99)	0,52	0,604

* Diferenças significativas pelo teste - T (p-valor <0.05).

O período pós-reprodutivo de *L. pseudobrassicae* mantidos em mostarda foi 52% maior que o de insetos que se desenvolveram em couve (Tabela 3). Apesar de

não ser verificada diferenças significativas, fêmeas que se desenvolveram em mostarda, geraram 19% menos ninfas que aquelas mantidas em couve (Tabela 3).

3.4 DISCUSSÃO

O afídeo *L. pseudobrassicae* apresentou uma variação em seu desenvolvimento entre 5,34 e 5,64 dias em couve e mostarda, respectivamente. Essa variação pode ser atribuída a composição nutricional dos hospedeiros, estágio fenológico e condições ambientais, pois influenciam o desenvolvimento de insetos (Aslam *et al.*, 2011; Jahan *et al.*, 2014; Rana, 2005; Yue; Liu, 2000). Por exemplo, o desenvolvimento de *L. pseudobrassicae* variou entre 7,13 e 8,91 dias em canola (Taghizadeh, 2019), 4,7 a 6,7 dias em repolho e couve-folha, respectivamente (Fortuna, 2019) e 6,57 em dias couve (Goulart *et al.*, 2023).

A couve é um hospedeiro adequado ao desenvolvimento de *L. pseudobrassicae*. Além de não ocorrer diferenças significativas no desenvolvimento, a mortalidade de ninfas foi similar entre os tratamentos. Apesar da maior mortalidade ocorre nos primeiros instares de desenvolvimento (Gallo *et al.*, 2002), isso não foi verificado. Nesse contexto, para garantir maiores taxas de sobrevivência em hospedeiros inadequados, adultos podem gerar poucos indivíduos com elevadas taxas de reserva adiposa, entretanto, podem gerar ninfas com menor reserva de energia em hospedeiros adequados (Tsai; Wang, 2001; Lazzari; Zonta-de-Carvalho, 2009). Apesar da mostarda ser uma cultura onde *L. pseudobrassicae* é praga-chave (Ahuja *et al.*, 2009; Fening *et al.*, 2020), o desenvolvimento similar do inseto em couve pode indicar componentes bioquímicos e estruturais similares entre os hospedeiros, favorecendo o desenvolvimento do afídeo. Destaca-se que a biologia de *L. pseudobrassicae* pode ser menos afetada em diferentes hospedeiros (King *et al.*, 2006). Isso ocorre devido a adaptações, do inseto, que atuam sobre metabólitos de defesa vegetal, evitando ou minimizando danos (Pontoppidan *et al.*, 2001; Jones *et al.*, 2002; Bridges *et al.*, 2002; Husebye *et al.*, 2005; Kazana *et al.*, 2007).

Não houve diferenças significativas nos parâmetros de desenvolvimento populacional (R_0 , T , r_m , λ e TD) e biológicos de *L. pseudobrassicae* que se desenvolveram sobre couve e mostarda. Isso pode indicar a relação positiva entre a taxa média de crescimento relativo e a taxa intrínseca de aumento populacional entre espécies de afídeos e seus hospedeiros. Espécies que colonizam culturas de relevância agrícola tendem a alcançar as maiores taxas médias de crescimento, pois

essas plantas representam fonte de alimento rica e abundante (Dixon, 1987). Além disso, a habilidade de espécies de afídeos em se estabelecerem como pragas em diferentes culturas está relacionada à sua alta taxa de crescimento populacional (Cividanes, 2002; Remaudière & Remaudière, 1997), rápido desenvolvimento (Loxdale; Balog, 2018), viabilizando a sobreposição de gerações (De Fabrizio *et al.*, 2024; Kindlmann ; Dixon, 1989), eficiente conversão dos recursos extraídos das plantas hospedeiras em investimento reprodutivo (Rabasse; Steenis, 1999).

O pulgão *L. pseudobrassicae* pode se tornar praga chave de Brassicacea no Brasil. Apesar de *B. brassicae* e *M. persicae* serem considerados os principais afídeos praga de Brassicacea no Brasil (Moura *et al.*, 2019; Holtz *et al.*, 2015), *L. pseudobrassicae* pode se tornar uma praga mais relevante devido ao elevado potencial biótico (King *et al.*, 2006) e ser mais adaptado a temperaturas elevadas, o que em um cenário de aumento da temperatura global (Bettiol *et al.*, 2017), pode favorecer seu desenvolvimento. Além disso, pode ser mais resistente a metabólitos de defesa vegetal (Pontoppidan *et al.*, 2001; Jones *et al.*, 2002; Bridges *et al.*, 2002; Husebye *et al.*, 2005; Kazana *et al.*, 2007) e menos atacado por parasitoides (Oliveira *et al.*, 2013). Nesse contexto, estudos sobre parâmetros biológicos e demográficos, por meio de tabelas de vida de fertilidade, corroboram para evidenciar o potencial de *L. pseudobrassicae*, indicando sua capacidade de desenvolvimento em diferentes hospedeiros. Esse conhecimento é essencial para direcionar estratégias de manejo integrado de pragas (MIP), visando o controle eficiente desse afídeo em Brassicaceae.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que *Lipaphis pseudobrassicae* apresenta desenvolvimento e crescimento populacional semelhantes em couve e mostarda, esta última praga-chave já estabelecida, indicando alta capacidade de adaptação e potencial de colonização da couve. Esses resultados reforçam a necessidade de incluir a espécie nas estratégias de monitoramento e manejo integrado de pragas, prevenindo sua disseminação e possível consolidação como praga importante dessa cultura. Considerando seu comportamento cosmopolita em Brassicaceae, estudos adicionais sobre a biologia de *L. pseudobrassicae* em outras espécies de interesse econômico e social são essenciais para compreender seu real potencial e projeção como praga relevante da família.

3.6 REFERÊNCIAS

- AHUJA, D. B. *et al.* Evaluation of different management strategies for *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) on *Brassica juncea*. **International Journal of Pest Management**, v. 55, n. 1, p. 11–18, 2009.
- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The innate capacity for increase in numbers. In: ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. (Eds.). **The distribution and abundance of animals**. Chicago: University of Chicago Press, 1954. p. 31–54.
- ASLAM, M. *et al.* Biology of cabbage aphid under laboratory conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 43, n. 6, p. 1009–1012, 2011.
- BETTIOL, W. *et al.* Mudanças climáticas e problemas fitossanitários. In: **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 11–16.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world's crops: An identification and information guide**. 2. ed. Chichester: Wiley, 2000. 475 p.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. Taxonomic issues. In: VAN EMDEN, H. F.; HARRINGTON, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. Wallingford: CAB International, 2007. p. 1–30.
- BRIDGES, M. *et al.* Spatial organization of the glucosinolate–myrosinase system in brassica specialist aphids is similar to that of the host plant. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1488, p. 187–191, 2002.
- CIVIDANES, F. J. Tabelas de vida de fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de campo. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 419–427, 2002.
- CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P. Distribuição vertical de pulgões (Hemiptera: Aphididae) em couve. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, n. 2, p. 254–256, 2004.
- DE FABRIZIO, V. *et al.* Preliminary characterization of biomolecular processes related to plasticity in *Acyrtosiphon pisum*. **Heliyon**, v. 10, n. 1, 2024.
- DEWAR, A. M. Chemical control. In: **CABI eBooks**. Wallingford: CABI, 2007. p. 391–422.
- DIAS DE ALMEIDA, G. D. *et al.* Determinação da concentração letal média (CL₅₀) de *Beauveria bassiana* para o controle de *Brevicoryne brassicae*. **Idesia (Arica)**, v. 25, n. 2, p. 69–72, 2007.
- DIXON, A. F. G. Parthenogenetic reproduction and rate of increase in aphids. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Eds.). **Aphids: Their biology, natural enemies and control**. v. 2A. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 269–287.
- FENING, K. O. *et al.* First report and distribution of the Indian mustard aphid, *Lipaphis erysimi pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) on cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) in Ghana. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1362–1372, 2020.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FORTUNA, L. S. **A interação *Spiroplasma* – *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae): efeito na biologia e utilização de plantas hospedeiras**. [S.l.: s.n.], 2019.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GOULART, L. S. *et al.* Biology and life table of *Brevicoryne brassicae* and *Lipaphis pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) on *Brassica oleracea* var. *acephala*. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 11, n. 5C, p. 172–177, 2023.

HOLTZ, A. M. *et al.* (Eds.). **Pragas das brássicas**. 1. ed. Vitória: Instituto Federal do Espírito Santo, 2015.

HUBAIDE, J. E. A. **Distribuição na planta, fatores climáticos e parasitismo na dinâmica populacional de pulgões (Hemiptera: Aphididae) em couve**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

HUSEBYE, H. *et al.* Crystal structure at 1.1 Å resolution of an insect myrosinase from *Brevicoryne brassicae* shows its close relationship to β -glucosidases. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 35, p. 1311–1320, 2005.

JAHAN, F. *et al.* Biology and life table parameters of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) on cauliflower cultivars. **Journal of Insect Science**, v. 14, p. 284, 2014.

JONES, A. M. E. *et al.* Characterization and evolution of a myrosinase from the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 32, n. 3, p. 275–284, 2002.

KAZANA, E. *et al.* The cabbage aphid: A walking mustard oil bomb. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1622, p. 2271–2277, 2007.

KINDLMANN, P.; DIXON, A. F. G. Developmental constraints in the evolution of reproductive strategies: telescoping of generations in parthenogenetic aphids. **Functional Ecology**, p. 531–537, 1989.

KING, C.; JACOB, H. S.; BERLANDIER, F. The influence of water deficiency on the relationship between canola (*Brassica napus* L.) and two aphid species (*Lipaphis erysimi* and *Brevicoryne brassicae*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 57, n. 4, p. 439–445, 2006.

LAZZARI, S. M. N.; ZONTA-DE-CARVALHO, R. C. Sugadores de seiva (Aphidoidea). In: PANIZZU, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa, 2009. p. 421–446.

LOXDALE, H. D.; BALOG, A. Aphid specialism as an example of ecological–evolutionary divergence. **Biological Reviews**, v. 93, n. 1, p. 642–657, 2018.

- MEYER, J. S. *et al.* Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. bootstrap techniques. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1156–1166, 1986.
- MOURA, A. P. *et al.* Recomendações técnicas para o manejo de pragas em brassicáceas com vistas à Produção Integrada de Hortaliças Folhosas. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2019. (Documento, 170).
- MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. D. Occurrence of *Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855)... **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 41–46, 2002.
- OLIVEIRA, R. S. *et al.* Low parasitism by *Diaeretiella rapae*... **Biocontrol Science and Technology**, v. 23, n. 1, p. 79–91, 2013.
- PACHECO, J. C. *et al.* Entomopathogenic potential of fungi... **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, n. 4, p. 496–509, 2017.
- PENA-MARTÍNEZ, R. **Áfidos como vectores de virus en México**. Centro de Fitopatología, 1992.
- 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**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.
- PONTOPPIDAN, P. *et al.* Purification and characterization of myrosinase from the cabbage aphid... **European Journal of Biochemistry**, v. 268, p. 1041–1048, 2001.
- RABASSE, J. M.; VAN STEENIS, M. J. Biological control of aphids. In: ALBAJES, R. *et al.* (Eds.). **Integrated pest and disease management in greenhouse crops**. Dordrecht: Springer, 1999. p. 235–243.
- RANA, J. S. Performance of *Lipaphis erysimi*... **Journal of Pest Science**, v. 78, n. 3, 2005.
- REMAUDIÈRE, G.; REMAUDIERE, M. **Catalogue of the world's Aphididae: Homoptera Aphidoidea**. Paris: INRA, 1997.
- RESENDE, A. L. S. *et al.* Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae*... **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 4, p. 551–555, 2006.
- RONDELLI, V. M. *et al.* Pulgões (*Myzus persicae* e *Macrosiphum euphorbiae*). In: MINAS, R. S. *et al.* (Eds.). **Solanáceas: Abordagem das principais culturas e suas pragas**. São Paulo: Kiron, 2013. p. 81–108.
- SOUSA-SILVA, C. R.; ILHARCO, F. A. **Afídeos do Brasil e suas plantas hospedeiras: Lista preliminar**. São Carlos: EDUFSCar, 1995.
- TAGHIZADEH, R. Comparative life table of mustard aphid... **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 21, n. 3, p. 543–551, 2019.
- TSAI, J. H.; WANG, J. J. Effects of host plants... **Environmental Entomology**, v. 30, p. 44–50, 2001.

VAN EMDEN, H. F. **Handbook of agricultural entomology**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. 311 p.

YADAV, S.; RATHEE, M. Sucking pests of rapeseed–mustard. In: **Sucking pests of crops**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 187–232.

YUE, B.; LIU, T. X. Host selection, development, survival, and reproduction of turnip aphid (Homoptera: Aphididae) on green and red cabbage varieties **Journal of Economic Entomology**, 2000.

4 EFEITO ENDOFÍTICO DE *Beauveria bassiana* (ASCOMYCOTA: CORDYCIPITACEAE) (BOVERIL®EVO) SOBRE PARÂMETROS BIOLÓGICOS E DEMOGRÁFICOS DE *Lipaphis pseudobrassicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM COUVE (*Brassica oleracea* var. *acephala*)

Resumo

O afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* é uma espécie de inseto recorrente em cultivos de Brassicaceae, provocando danos diretos e indiretos às plantas. O uso de fungos entomopatogênicos endofíticos representa uma alternativa sustentável ao controle químico, podendo afetar o desenvolvimento de insetos-praga. Este estudo avaliou o efeito endofítico de *Beauveria bassiana* (Boveril®EVO) sobre parâmetros biológicos e demográficos de *L. pseudobrassicae* em plantas de couve-folha (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Plântulas tiveram o sistema radicular imerso em suspensão fúngica ($1,0 \times 10^8$ conídios.mL⁻¹) e foram mantidas sob condições controladas. Após confirmação da colonização endofítica, ninfas foram criadas em plantas inoculadas e não inoculadas, avaliando-se desenvolvimento, fecundidade e sobrevivência. A inoculação de *B. bassiana* aumentou a taxa líquida de reprodução ($R_0 = 5,00$) e reduziu o tempo de duplicação populacional (TD = 4,96 dias), em comparação ao controle ($R_0 = 0,46$; TD = 11,16 dias). Houve maior duração da fase ninfal e menor longevidade dos adultos em plantas colonizadas, além de redução no período pré-reprodutivo. Os demais parâmetros biológicos e demográficos não diferiram entre os tratamentos. A colonização endofítica de *B. bassiana* alterou aspectos do desenvolvimento e reprodução de *L. pseudobrassicae*, indicando potencial para uso em estratégias sustentáveis de manejo de afídeos em *B. oleracea*.

Palavras-chave: Afídeo; Tabela de vida de fertilidade; Manejo Integrado de Pragas; Brassicaceae; Fungos entomopatogênicos; Colonização endofítica.

Endophytic effect of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Cordycipitaceae) (Boveril®EVO) on biological and demographic parameters of *Lipaphis pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*)

Abstract

The aphid *Lipaphis pseudobrassicae* is a recurrent pest in Brassicaceae crops, causing direct and indirect damage to plants. The use of endophytic entomopathogenic fungi represents a sustainable alternative to chemical control, potentially affecting pest insect development. This study evaluated the endophytic effect of *Beauveria bassiana* (Boveril®EVO) on the biological and demographic parameters of *L. pseudobrassicae* in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Seedlings had their root systems immersed in a fungal suspension (1.0×10^8 conidia \cdot mL⁻¹) and were maintained under controlled conditions. After confirmation of endophytic colonization, nymphs were reared on inoculated and non-inoculated plants to assess development, fecundity, and survival. Inoculation with *B. bassiana* increased the net reproductive rate ($R_0 = 5.00$) and reduced the population doubling time (TD = 4.96 days) compared to the control ($R_0 = 0.46$; TD = 11.16 days). Nymphal duration was longer, and adult longevity was shorter on colonized plants, along with a reduction in the pre-reproductive period. Other biological and demographic parameters did not differ between treatments. It is concluded that *B. bassiana* established endophytic colonization in kale and altered aspects of *L. pseudobrassicae* development and reproduction, indicating potential for use in sustainable aphid management strategies in *B. oleracea*.

Keywords: aphid; fertility life table; integrated pest management; Brassicaceae; entomopathogenic fungi; endophytic colonization.

4.1 INTRODUÇÃO

O afídeo *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Hemiptera: Aphididae) é uma praga importante de Brassicaceae (Tran *et al.*, 2016; Yue; Liu, 2000). Os danos causados por *L. pseudobrassicae* ocorrem devido a sucção da seiva, transmissão de viroses e excreções que favorecem o desenvolvimento de fungos do gênero *Capnodium* sp. reduzindo a capacidade de fotossíntese da planta (Blackman; Eastop, 2000; Grazia *et al.*, 2012; Sharma *et al.*, 2017). Devido ao ataque de afídeos em Brassicaceae, as perdas podem chegar a 100% (Adenka *et al.*, 2021; Yue; Liu, 2000), caso medidas de controle não sejam empregadas.

O controle químico é a principal estratégia no manejo de afídeos em Brassicaceae. Entretanto, o uso sequencial e prevenido de inseticidas tem causado desequilíbrios no agroecossistema, contaminação de produtos agrícolas, seleção de insetos resistentes a inseticidas e eliminação de organismos benéficos (Bueno; Bueno, 2012). Diante dos impactos negativos causados por inseticidas químicos é necessária a busca de alternativas eficazes e ambientalmente seguras para o manejo afídeos, como *L. pseudobrassicae*.

O uso de Fungos Entomopatogênicos (FE) é uma alternativa promissora no manejo de afídeos. Os FE infectam o inseto após adesão e germinação do esporo e posterior colonização da hemocele (Bilgo *et al.*, 2018; Mannino *et al.*, 2019; Skinner *et al.*, 2014), sendo amplamente empregados para o manejo de artrópodes (Bernardi *et al.*, 2022; Mascarin; Pauli, 2010). No Brasil, existem diversos produtos formulados a partir de FE para o controle de pragas, com destaque para *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*, sendo efetivos no controle de afídeos (Almeida *et al.*, 2007; Araujo Jr. *et al.*, 2009; Loureiro; Moino Jr., 2006).

Os FE podem colonizar tecidos vegetais sem provocar danos visíveis ou sintomas à planta hospedeira (Jaber; Enkerli, 2017; Vega, 2018). Essa interação simbiótica pode promover o crescimento vegetal e proporcionar maior tolerância ao estresse hídrico, além de fortalecer os mecanismos de defesa da planta contra pragas e patógenos (Daisy *et al.*, 2002; Jaber; Ownley, 2018; Moloinyane; Nchu, 2019; Raman; Suryanarayanan, 2017; Rodriguez *et al.*, 2009). *B. bassiana* é relatada como um FE endofítico para diversas espécies vegetais (Akello *et al.*, 2007; Arnold; Lewis, 2005; Ownley *et al.*, 2004; Posada *et al.*, 2007). Apesar de FE endofíticos atuarem como promotores de crescimento vegetal (Amandio *et al.*, 2024) e afetar negativamente insetos herbívoros, em bioensaios tradicionais são utilizados FE

obtidos de culturas monospóricas. Entretanto, o emprego de FE em áreas agrícolas é possível apenas por meio de produtos comerciais formulados.

O conhecimento do efeito endofítico de produtos comerciais formulados a partir de FE sobre insetos é desejável para implementação de estratégias de manejo de pragas sustentáveis. Nesse contexto, avaliamos parâmetros biológicos e de desenvolvimento populacional de *L. pseudobrassicae* em plantas de couve inoculadas e não inoculadas por um bioinseticida comercial formulado a partir de *B. bassiana*.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção de couve-folha (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala*)

As plântulas de couve utilizadas nos bioensaios possuíam duas ou três folhas verdadeiras. Antes do emprego nos bioensaios, as plântulas foram mantidas por sete dias em bandejas plásticas, com o sistema radicular imerso em água, em condições controladas (25 ± 2 °C, Umidade Relativa (UR): $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h).

4.2.2 Criação de *Liphapis pseudobrassicae*.

A criação de *L. pseudobrassicae* teve início a partir de insetos coletados em áreas de cultivo de Brassicaceae ($27^{\circ}34'59''$ S; $48^{\circ}30'20''$ W). Os insetos foram transportados ao laboratório e após a eliminação de inimigos naturais foram transferidos para vasos com plantas de couve (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala*). Posteriormente os vasos foram mantidos a 25 ± 2 °C, UR: $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

4.2.3 Colonização endofítica de couve (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala*) por *Beauveria bassiana*

A avaliação endofítica de couve por *B. bassiana* foi feita empregando-se o bioinseticida comercial Boveril®EVO (Koppert PL63 – $2,0 \times 10^9$ conídios viáveis.g⁻¹). Com o auxílio de uma câmara de Neubauer e um microscópio óptico (400× aumento) foi feita uma suspensão com a concentração de $1,0 \times 10^8$ conídios viáveis.g⁻¹, sendo esta concentração usualmente utilizada para o controle de pragas em áreas agrícolas. Esta suspensão foi acondicionada em um frasco de vidro (10 mL⁻¹), juntamente com uma plântula de couve com duas ou três folhas verdadeiras e seu sistema radicular totalmente imerso na suspensão fúngica por duas horas (Rajab *et al.*, 2025). Após este período, as plântulas foram retiradas da suspensão e acondicionadas em frasco

de vidro (10 mL^{-1}) contendo água destilada esterilizada. Para fixação da plântula foi utilizado um algodão envolto ao hipocótilo (Goulart *et al.*, 2023), sendo posteriormente realizada a desinfecção superficial da parte aérea (Pacheco *et al.*, 2017). Como controle foram utilizadas plântulas de couve da mesma idade, mas com o sistema radicular imerso apenas em água destilada. As plântulas inoculadas na suspensão com *B. bassiana* ou água destilada foram mantidas por 15 dias a $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, UR: $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h para posterior emprego nos bioensaios com *L. pseudobrassicae* e confirmação da colonização endofítica.

4.2.4 Confirmação da colonização endofítica de couve por *B. bassiana*.

Em câmara de fluxo laminar, coletaram-se amostras das folhas do terço superior de cada repetição do tratamento controle (para verificar a ausência de contaminação) e tratamento onde as plantas foram expostas a suspensão fúngica de *B. bassiana*. As amostras passaram por desinfestação superficial (Carvalho *et al.* 2012; Ferreira *et al.* 2017) e posteriormente, fragmentos foliares foram retirados e acondicionados em placas de Petri contendo ágar Sabouraud, sendo posteriormente seladas em plástico filme e incubadas a $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, fotofase de 14 horas por quinze dias. A colonização de *B. bassiana* foi confirmada pela comparação da macromorfologia e micromorfologia dos isolados recuperados com as características do FE isolados de Boveril®EVO e cultivado em meio BDA. A identificação do FE foi baseada em chaves taxonômicas específicas (Alves *et al.* 1998). A confirmação da taxa de colonização endofítica foi feita pela contagem de colônias de *B. bassiana* que cresceram ao redor dos fragmentos vegetais de couve. A identificação taxonômica dos isolados foi realizada pela observação de conidióforos e conídios em microscópio óptico com aumento de $400\times$ e chaves de identificação.

4.2.5 Bioensaios com o afídeo *L. pseudobrassicae*.

O efeito endofítico de *B. bassiana* sobre *L. pseudobrassicae* foi avaliado após duas semanas da imersão do sistema radicular das plântulas em suspensão de esporos de *B. bassiana* (Altaf *et al.*, 2023; Wilberts *et al.*, 2022). Utilizando um pincel de cerdas finas e microscópio estereoscópico ($40\times$), adultos foram inoculados sobre plântulas de couve e mantidos a $25\pm 2^\circ\text{C}$, UR $60\pm 10\%$ e fotofase de 12h. Após 24h,

os adultos foram retirados, permanecendo uma ninfa com até 24h de idade em cada plântula.

As avaliações foram realizadas em intervalos de 24h até a morte do inseto. Na fase imatura foi avaliado o tempo de desenvolvimento de cada ínstar, por meio da coleta das exúvias e a mortalidade de ninfas. Na fase adulta foram avaliados os períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo. Durante o período reprodutivo, diariamente foi contado o número de ninfas com sua posterior remoção para não serem contabilizadas em avaliações subsequentes. Os afídeos mortos durante a realização do bioensaio foram individualizados em câmara úmida (placas de Petri estéreis contendo algodão umedecido e água destilada esterilizada) para favorecer o desenvolvimento do micélio e esporulação dos fungos para confirmação do agente causal.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, composto pelos tratamentos couve espоста a suspensão com a concentração de $1,0 \times 10^8$ conídios viáveis.g⁻¹ de *B. bassiana* e o controle (couve com o sistema radicular imerso apenas em água destilada). Para cada tratamento foram realizadas 50 repetições, sendo cada repetição formada por uma plântula de couve com um afídeo.

4.2.6 Análises

A tabela de vida de fertilidade foi confeccionada conforme proposto por Andrewartha e Birch (1954). A taxa líquida de reprodução (R_0), tempo médio de geração (T), taxa intrínseca de crescimento (r_m), razão finita de aumento (λ) e tempo de duplicação da população (TD) foram obtidos por meio do método Jackknife (Meyer *et al.*, 1986). As comparações entre os parâmetros de crescimento populacional de *L. pseudobrassicae* sobre couve foram realizadas por meio do teste t unilateral, utilizando o programa TabVida (Penteado *et al.*, 2010).

A duração média de cada ínstar, o período total de desenvolvimento ninfal, a mortalidade de cada ínstar, a mortalidade total das ninfas, os períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, a longevidade dos adultos, o número de ninfas por fêmea, o ciclo biológico total e a longevidade total foram submetidos à análise de normalidade e homogeneidade de variâncias. Posteriormente, as médias foram analisadas por meio do teste t de Student ou pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney (U-teste), utilizando o software Minitab 18.0.

4.3 RESULTADOS

A taxa líquida de reprodução (R_o), que estima o número médio de descendentes fêmeas produtivas por cada fêmea durante sua vida, foi 90% maior para insetos que se desenvolveram em couve inoculada com *B. bassiana* ($R_o = 5,00$) quando comparado com insetos que se desenvolveram no controle ($R_o = 0,46$) (Tabela 1). Além disso, o tempo médio para que a população duplique em tamanho (TD) foi 55,6% menor para afídeos que se desenvolveram em couve inoculada com *B. bassiana* ($TD = 4,96$) quando comparado com insetos que se desenvolveram no controle ($TD = 11,16$) (Tabela 1).

Tabela 1. Taxa líquida de reprodução (R_o) (\pm Erro Padrão da Média), intervalo de tempo entre cada geração (T) (\pm EPM), Capacidade inata de aumento em número (r_m) (\pm EPM), Razão finita aumento (λ) (\pm EPM) e Tempo para a população duplicar (TD) (\pm EPM) de *Lipaphis pseudobrassicae* sobre couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) inoculado e não inoculada com *Beauveria bassiana* (Boveril®EVO) na concentração de $1,0 \times 10^{-8}$ esporos.mL⁻¹.

Couve	Parâmetros (\pm EPM)				
	R_o	T	r_m	λ	TD
Controle	0,46 (0,002)	12,37 (0,505)	0,06 (0,003)	0,94 (0,038)	11,16 (0,484)
Inoculada	5,00 (0,254)	11,52 (0,562)	0,14 (0,007)	1,15 (0,056)	4,96 (0,248)
Teste t	8,68*	0,82	2,05	0,68	18,85*
p-valor*	< 0,001	0,433	0,09	0,504	< 0,001

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

A taxa intrínseca de crescimento (r_m), razão finita de aumento (λ) e intervalo de tempo entre cada geração (T) não apresentaram diferenças significativas entre os insetos dos distintos tratamentos (Tabela 1).

Não foram observadas diferenças significativas no desenvolvimento de ninfas durante o 1º, 2º e 3º ínstar. O 4º ínstar teve uma duração 36% maior que a verificada para ninfas que se desenvolveram sobre o controle (t: 3,48, GL: 34; p-valor: 0,001) (Figura 1). Do mesmo modo, o desenvolvimento total da fase imatura foi maior para os insetos que se desenvolveram sobre as plantas inoculadas com *B. bassiana* (t:

3,00; GL: 41; p-valor: 0,005), sendo 19,6% maior do que o verificado para o controle (Figura 1).

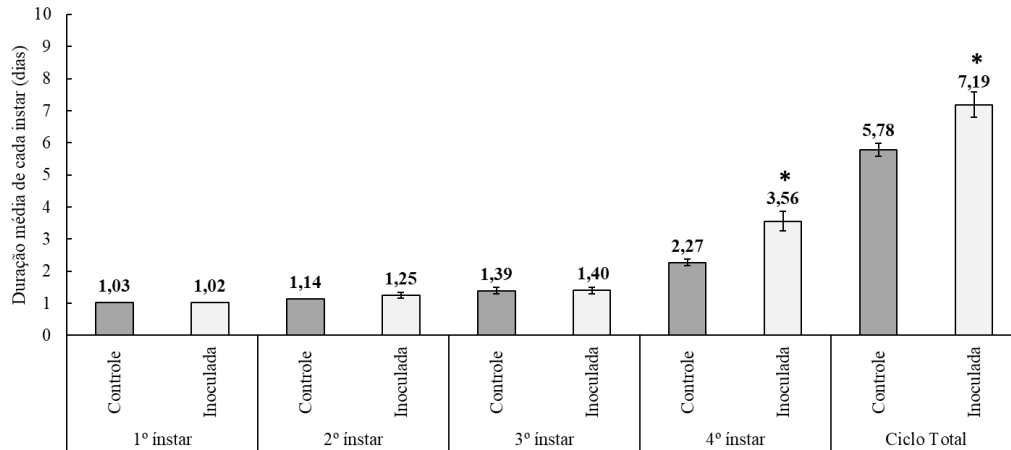


Figura 1. Duração média (\pm EPM) de cada instar de desenvolvimento e ciclo toda da fase juvenil de *Lipaphis pseudobrassicae* sobre couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) inoculada e não inoculada com *Beauveria bassiana* (Boveril®EVO) na concentração de $1,0 \times 10^{-8}$ esporos.mL⁻¹. Os dados foram submetidos ao teste *t* para amostras independentes. Diferenças significativas pelo teste *t* para amostras independentes (p-valor < 0,05).

A mortalidade de ninfas foi similar durante a fase imatura. No 1º instar houve uma maior mortalidade em insetos que estavam se desenvolvendo sobre as plantas inoculadas com *B. bassiana* (Tabela 2). A partir do 2º até o 4º instar houve um aumento gradual, mas não significativo, na mortalidade de ninfas entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual de mortalidade (\pm EPM) em cada instar de desenvolvimento de *Lipaphis pseudobrassicae* sobre couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) inoculada e não inoculada com *Beauveria bassiana* (Boveril®EVO) na concentração de $1,0 \times 10^{-8}$ esporos.mL⁻¹. Os dados foram comparados por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Couve	Mortalidade (%)				
	1º instar	2º instar	3º instar	4º instar	CicloTotal
Controle	0,0 (0,0)	1,67 (1,67)	16,95 (4,45)	24,55 (6,31)	38,33 (6,22)
Inoculada	8,62 (3,72)	1,89 (1,89)	15,38 (5,04)	38,64 (7,47)	53,45 (6,61)
Valor-W		3416,50	3328,00	2150,50	3307,00
P-valor		0,940	0,890	0,242	0,102

Os insetos mantidos em couve inoculada por *B. bassiana* apresentaram um período pré-reprodutivo significativamente diferente dos insetos mantidos no controle, sendo 43,8% menor (Tabela 3). Entretanto, a longevidade de adultos mantidos no tratamento controle foi 28,4% maior que a longevidade de insetos que se desenvolveram em plantas inoculadas por *B. bassiana* (Tabela 3). Não foram verificadas diferenças significativas para o período reprodutivo, pós-reprodutivo, total de ninfas/fêmea e ciclo biológico total em insetos mantidos em couve inoculada por *B. bassiana* e o controle (Tabela 3).

Tabela 3. Duração média (\pm EPM) em dias de parâmetros biológicos de *Lipaphis pseudobrassicæ* sobre couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) inoculada e não inoculada com *Beauveria bassiana* (Boveril®EVO) na concentração de $1,0 \times 10^{-7}$ esporos.mL⁻¹. Os dados foram comparados por meio do teste *t* para amostras independentes.

Parâmetros avaliados	<i>Lipaphis pseudobrassicæ</i>		T-valor	P-valor
	Controle	Inoculado		
Período pré-reprodutivo	4,04 (0,39)	2,27 (0,19)	4,05	< 0,001*
Período reprodutivo	3,15 (0,74)	3,33 (0,59)	0,19	0,851
Período pós-reprodutivo ¹	1,50 (0,50)	1,00 (0,00)	---	---
Longevidade adultos	7,92 (0,80)	5,67 (0,62)	2,23	0,036*
Total ninfas/fêmea	4,77 (1,38)	7,20 (1,64)	1,13	0,267
Ciclo biológico	14,23 (0,77)	13,60 (0,48)	0,70	0,494

*Diferenças significativas pelo teste *t* para amostras independentes (p-valor<0,05).

¹Número de repetições insuficientes para comparação estatística

4.4 DISCUSSÃO

As plantas colonizadas por FE endofíticos, como *B. bassiana*, podem ser induzidas a produzir defesas químicas. Essa indução ocorre devido a produção de

metabólitos secundários capazes de interferir nas interações planta-herbívoro (Gange *et al.*, 2007; Mckinnon *et al.*, 2018; Ríos-Moreno *et al.*, 2016). Assim, o controle exercido por FE endofíticos está relacionado à antibiose decorrente da atividade de seus metabólitos ou à resistência sistêmica induzida nas plantas. No entanto, ainda são escassos os estudos que investigam detalhadamente esses mecanismos (Jaber & Ownley, 2018; Lopes; Sword, 2015). FE endofíticos possuem mecanismos complexos para produção de compostos que podem desencadear uma resistência sistêmica induzida nas plantas (Jaber; Enkerli, 2017; Jaber; Ownley, 2018; Vega, 2018), impactando negativamente insetos.

A colonização endofítica de *B. bassiana* em couve pode ter favorecido *Ro* e *TD*, além de proporcionar um menor período pré-reprodutivo. Afídeos que se desenvolvem em plantas colonizadas por FE podem apresentar alterações positivas em parâmetros de desenvolvimento populacional, entretanto sem ocorrer incrementos populacionais significativos (González-Mas *et al.* 2019), sendo mais comum o comprometimento da biologia do inseto (Castilho-Lopes *et al.*, 2014; Jaber; Araj, 2018;). Nossos resultados podem ser justificados pela resposta de *L. pseudobrassicae* a um hospedeiro inadequado devido a colonização por *B. bassiana*. Algumas espécies de afídeo podem aumentar o investimento reprodutivo em situações em que o ambiente oferece risco de morte devido ao elevado parasitismo ou infecção por microrganismos (Adamo, 1999; Barribeau *et al.*, 2010; Leventhal *et al.*, 2014).

A mortalidade de ninfas teve uma maior tendência em insetos que se desenvolveram em couve exposta a colonização endofítica por *B. bassiana*. Além disso, a longevidade dos adultos foi reduzida de forma significativa, indicando a possível ação deste FE. A relação entre o tempo de exposição a FEs e o aumento da mortalidade de imaturos foi observada por Ullah *et al.*, (2022), quando verificou o aumento na mortalidade de ninfas entre o terceiro e o décimo dia após a exposição indireta a *B. bassiana*, pois FE requerem um maior tempo para causar a mortalidade do inseto (Lomer *et al.*, 2001). A ação de endofítica de *B. bassiana* pode ter causado a maior duração da fase imatura de *L. pseudobrassicae*. O prolongamento da fase juvenil é um dos efeitos negativos causados devido a ação endofítica de *B. bassiana* (Jaber; Araj, 2018). O aumento na duração da fase imatura pode ser causado por compostos produzidos por FEs endofíticos, pois possuem propriedades inseticidas, capacidade de degradar a cutícula e comprometer o desenvolvimento de insetos (Sudha *et al.*, 2016; Sugahara; Varéa, 2014).

O manejo de afídeos em Brassicaceae é fundamentado em inseticidas químicos. Estudos reportam efeito antagônicos de FE endofíticos sobre afídeos (Anderson *et al.*, 2007; Gurulingappa *et al.*, 2010; Gurulingappa *et al.*, 2011). Entretanto, diversos grupos de insetos de hábito sugador e mastigador estão sujeitos a ação destes microrganismos (Amandio *et al.*, 2023; Azevedo *et al.*, 2000; Garrido-Jurado *et al.* 2017;). O uso de FE endofíticos, além de promover a redução de danos causados por pragas (Canassa *et al.*, 2019; Muvea *et al.*, 2014;), podem favorecer a integração com outros inimigos naturais (Ferreira *et al.*, 2025) e atuarem como promotores de crescimento vegetal (Amandio *et al.*, 2024). Nesse contexto, ainda que não tenha ocorrido uma redução significativa nos parâmetros biológicos de *L. pseudobrassicae*, nossos resultados reforçam a hipótese de o uso de produtos comerciais formulados a partir de FE podem promover a colonização endofítica e a proteção de culturas, contribuindo para práticas mais sustentáveis no manejo de pragas em Brassicaceae.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que *Beauveria bassiana* coloniza endofiticamente plantas de couve e causa alterações pontuais na biologia de *L. pseudobrassicae*, como prolongamento do desenvolvimento ninfal, maior mortalidade inicial e redução da longevidade adulta, sem efeitos consistentes sobre fecundidade ou capacidade de crescimento populacional. Esses efeitos subletais indicam interferência fisiológica limitada e insuficiente para restringir o aumento populacional do pulgão, mas sugerem potencial de uso do fungo como componente complementar no manejo integrado, desde que avaliado em estudos adicionais e em condições mais próximas da realidade de campo.

4.6 REFERÊNCIAS

- ADAMO, S. A. Evidence for adaptive changes in egg laying in crickets exposed to bacteria and parasites. **Animal Behaviour**, v. 57, n. 1, p. 117–124, 1999.
- ADENKA, K. D. *et al.* Susceptibility of five cabbage varieties to attack by aphids (Hemiptera: Aphididae) in the Accra plains of Ghana. **Phytoparasitica**, v. 49, n. 1, p. 33–47, 2021.
- AKELLO, J. *et al.* *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin as an endophyte in tissue culture banana (*Musa* spp.). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 96, n. 1, p. 34–42, 2007.
- ALTAF, N. *et al.* Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants affects the fitness of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Microorganisms**, v. 11, n. 4, p. 1067, 2023.
- ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Org.). **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 289–381.
- AMANDIO, D. T. T. *et al.* Bermudagrass plants endophytically colonized with *Metarhizium anisopliae* isolates reduces the biological performance of fall armyworm. **Symbiosis**, v. 203, p. 1–11, 2023.
- AMANDIO, D. T. T. *et al.* Endophytic entomopathogenic fungi isolates as growth promoters of the grass *Urochloa brizantha*. **Fungal Ecology**, v. 70, p. 101355, 2024.
- ANDERSON, C. M. *et al.* The fungus *Lecanicillium lecanii* colonises the plant *Gossypium hirsutum* and the aphid *Aphis gossypii*. **Australasian Mycologist**, v. 26, p. 65–70, 2007.
- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The innate capacity for increase in numbers. In: ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. (Eds.). **The distribution and abundance of animals**. Chicago: University of Chicago Press, 1954. p. 31–54.
- ARAUJO JR., J. M.; MARQUES, E. J.; OLIVEIRA, J. V. Potencial de isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* e do óleo de nim no controle do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 3, p. 1–9, 2009.
- ARNOLD, A. E.; LEWIS, L. C. Ecology and evolution of fungal endophytes, and their roles against insects. In: VEGA, F. E.; BLACKWELL, M. (Eds.). **Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution**. New York: Oxford University Press, 2005. p. 74–96.
- AZEVEDO, J. L. *et al.* Endophytic microorganisms: A review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 40–65, 2000.
- BARRIBEAU, S. M.; SOK, D.; GERARDO, N. M. Aphid reproductive investment in response to mortality risks. **BMC Evolutionary Biology**, v. 10, n. 1, p. 1–11, 2010.

- BERNARDI, E. *et al.* Efeito dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre o desenvolvimento de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 127–129, 2022.
- BILGO, E. *et al.* Native entomopathogenic *Metarhizium* spp. from Burkina Faso and their virulence against *Anopheles coluzzii* and non-target insects. **Parasites & Vectors**, v. 11, n. 1, p. 209, 2018.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world's crops**. Chichester: Wiley, 2000.
- BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F. Manejo integrado de pragas como ferramenta para mitigar o impacto negativo do agrotóxico no agroecossistema: o exemplo da soja. In: JOKANOVIC, M. (Ed.). **O impacto dos pesticidas**. [S.l.]: Academy Publish, 2012. p. 165–190.
- CANASSA, F. *et al.* Fungal isolate and crop cultivar influence the beneficial effects of root inoculation with entomopathogenic fungi in strawberry. **Pest Management Science**, v. 76, n. 4, p. 1472–1482, 2019.
- CARVALHO, C. R. *et al.* The diversity, antimicrobial and anticancer activity of endophytic fungi associated with *Stryphnodendron adstringens*. **Symbiosis**, v. 57, p. 95–107, 2012.
- CASTILHO LOPEZ, D. *et al.* The entomopathogenic fungal endophytes *Purpureocillium lilacinum* and *Beauveria bassiana* negatively affect cotton aphid reproduction. **PLOS ONE**, v. 9, n. 8, e103891, 2014.
- DAISY, B. H. *et al.* Naphthalene, an insect repellent, is produced by *Muscodor vitigenus*, a novel endophytic fungus. **Microbiology**, v. 148, n. 11, p. 3737–3741, 2002.
- DE ALMEIDA, G. D. *et al.* Determinação da concentração letal média (CL50) de *Beauveria bassiana* para o controle de *Brevicoryne brassicae*. **Idesia**, v. 25, n. 2, 2007.
- FERREIRA, M. C. *et al.* Diversity of endophytic fungi associated with *Vellozia gigantea*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 71, p. 163–169, 2017.
- FERREIRA, T. T.; AZEVEDO, X.; SANTOS, M. A systematic review of chemical dialogues mediated by volatile compounds in plants associated with entomopathogenic–endophytic fungi: from herbivores to natural enemies. 23 out. 2025.
- GANGE, A. C. *et al.* Site- and species-specific differences in endophyte occurrence in herbaceous plants. **Journal of Ecology**, v. 95, n. 4, p. 614–622, 2007.
- GARRIDO-JURADO, I. *et al.* Transient endophytic colonization of melon plants by entomopathogenic fungi. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 1, p. 319–330, 2017.
- GONZÁLEZ-MAS, N. *et al.* Effects of endophytic ascomycetes on *Aphis gossypii*. **Insects**, v. 10, n. 6, p. 165, 2019.

- GOULART, L. S. *et al.* Biology and life table of *Brevicoryne brassicae* and *Lipaphis pseudobrassicae*. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 11, n. 5C, p. 172–177, 2023.
- GRAZIA, J. *et al.* Hemiptera. In: RAFAEL, J. A. *et al.* (Orgs.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Natal: Holos, 2012. p. 347–405.
- GURULINGAPPA, P.; MCGEE, P. A.; SWORD, G. Endophytic *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* reduce survival of *Aphis gossypii*. **Crop Protection**, v. 30, p. 349–353, 2011.
- GURULINGAPPA, P. *et al.* Colonization of crop plants by fungal entomopathogens and their effects on insect pests. **Biological Control**, v. 55, p. 34–41, 2010.
- JABER, L. R.; ARAJ, S. E. Interactions among endophytic fungi, *Myzus persicae*, and *Aphidius colemani*. **Biological Control**, v. 116, p. 53–61, 2018.
- JABER, L. R.; ENKERLI, J. Fungal entomopathogens as endophytes. **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 28–41, 2017.
- JABER, L. R.; OWNLEY, B. H. Dual biological control with endophytic fungi. **Biological Control**, v. 116, p. 36–45, 2018.
- LEVENTHAL, G. E.; DÜNNER, R. P.; BARRIBEAU, S. M. Delayed virulence and fecundity compensation. **The American Naturalist**, v. 183, n. 4, p. 480–493, 2014.
- LOMER, C. J. *et al.* Biological control of locust and grasshoppers. **Annual Review of Entomology**, v. 46, p. 667–702, 2001.
- LOPEZ, D. C.; SWORD, G. A. Endophytic *Beauveria bassiana* enhances cotton growth. **Biological Control**, v. 89, p. 53–60, 2015.
- LOUREIRO, E. S.; MOINO JR., A. Patogenicidade de fungos hifomicetos aos pulgões. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 1–6, 2006.
- MANNINO, M. C. *et al.* Is the insect cuticle the only entry gate for fungal infection? **Journal of Fungi**, v. 5, n. 2, 33, 2019.
- MASCARIN, G. M.; PAULI, G. Bioprodutos à base de fungos entomopatogênicos. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Orgs.). **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica**. v. 4. Belo Horizonte: Epamig, 2010. p. 169–195.
- MCKINNON, A. C. *et al.* Detection of *Beauveria bassiana* in the rhizosphere of wounded maize. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 1161, 2018.
- MEYER, J. S. *et al.* Estimating uncertainty in population growth rates. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1156–1166, 1986.
- MOLOINYANE, S.; NCHU, F. Effects of endophytic *Beauveria bassiana* on grapevine. **Toxins**, v. 11, n. 2, p. 72, 2019.

- MUVEA, A. M. *et al.* Colonization of onions by endophytic fungi. **PLOS ONE**, v. 9, n. 9, e0108, 2014.
- OWNLEY, B. H. *et al.* *Beauveria bassiana*: a dual-purpose biocontrol organism. In: LARTEY, R. T.; CESAR, A. J. (Eds.). **Emerging concepts in plant health management**. Kerala: Research Signpost, 2004. p. 255–269.
- PACHECO, J. C. *et al.* Entomopathogenic potential of fungi... **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, n. 4, p. 496–509, 2017.
- 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**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.
- POSADA, F. *et al.* Inoculation of coffee plants with *Beauveria bassiana*. **Mycological Research**, v. 111, n. 6, p. 749–758, 2007.
- RAJAB, L. *et al.* Endophytic activity of *Beauveria bassiana* in cucumber. **Journal of Plant Protection Research**, v. 65, n. 1, p. 61–74, 2025.
- RAMAN, A.; SURYANARAYANAN, T. S. Fungus–plant interaction influences plant-feeding insects. **Fungal Ecology**, v. 29, p. 123–132, 2017.
- RÍOS-MORENO, A. *et al.* Destruxin A production during colonisation of *Solanum tuberosum*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 26, n. 11, p. 1574–1585, 2016.
- RODRIGUEZ, R. J. *et al.* Fungal endophytes: diversity and functional roles. **New Phytologist**, v. 182, n. 2, p. 314–330, 2009.
- SHARMA, D. *et al.* Population dynamics of major insect pests and their natural enemies in broccoli. **Indian Journal of Entomology**, v. 79, n. 4, p. 493–497, 2017.
- SKINNER, M.; PARKER, B. L.; KIM, J. S. Role of entomopathogenic fungi in IPM. In: ABROL, D. P. (Org.). **Integrated pest management**. London: Academic Press, 2014. p. 169–191.
- SUDHA, V. *et al.* Biological properties of endophytic fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 59, e16150436, 2016.
- SUGAHARA, V. H.; VARÉA, G. S. Immobilization of *Beauveria bassiana* lipase on silica gel. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 6, p. 842–850, 2014.
- TRAN, D. H. *et al.* Control efficacy of pongamia leaf extract against *Lipaphis pseudobrassiccae*. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 61, p. 141–145, 2016.
- ULLAH, S. *et al.* Virulence of indigenous entomopathogenic fungi against *Myzus persicae*. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 32, p. 2, 2022.
- VEGA, F. E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control. **Mycologia**, v. 110, p. 4–30, 2018.

WILBERTS, L. *et al.* Impact of endophytic colonization on *Myzus persicae*. **PLOS ONE**, v. 17, n. 9, e0273791, 2022.

YUE, B.; LIU, T. X. Host selection, development and reproduction of turnip aphid. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 4, p. 1308–1314, 2000.