



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

ANDRÉ VICTOR PEREZ MAIA

BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Phaeditoma scabriventris*
(NIXON 1955) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

MOSSORÓ

2019

ANDRÉ VICTOR PEREZ MAIA

**BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Phaedrotoma scabriventris*
(NIXON 1955) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

Co-orientador: Prof. Dr. Rui Sales Junior

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M217b Maia, André Victor Perez.
BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE
Phaedrotoma scabriventris (NIXON 1955)
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE) / André Victor Perez
Maia. - 2019.
49 f. : il.

Orientador: Elton Lúcio Araujo.
Coorientador: Rui Sales Júnior.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2019.

1. Parasitoide. 2. controle biológico. 3.
Liriomyza sativae. I. Araujo, Elton Lúcio,
orient. II. Sales Júnior, Rui, co-orient. III.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANDRÉ VICTOR PEREZ MAIA

**BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Phaedrotoma scabriventris*
(NIXON 1955) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

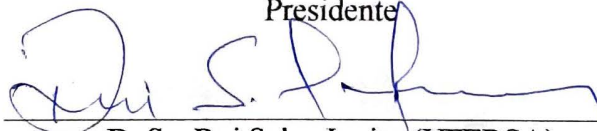
Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas.

Defendida em: 31 / 05 / 2019

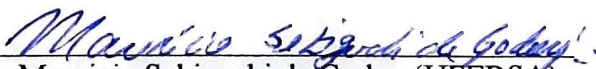
BANCA EXAMINADORA



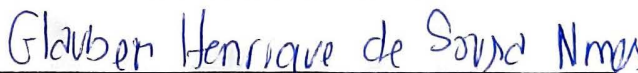
D. Sc. Elton Lucio de Araujo (UFERSA)
Presidente



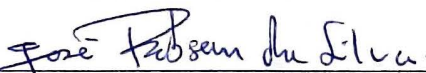
D. Sc. Rui Sales Junior (UFERSA)
Membro Examinador



D. Sc. Mauricio Sekiguchi de Godoy (UFERSA)
Membro Examinador



D. Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes (UFERSA)
Membro Examinador



D. Sc. José Robson da Silva (EMPARN)
Membro Examinador

Aos meus pais, Francisco Canindé Maia da Silva e Maria de Fátima Perez Maia, por me ajudarem a enfrentar todas as dificuldades para garantir que eu chegasse até aqui. Aos meus irmãos, Ciro Elias Perez Maia e Paulo Victor Perez Maia, pela amizade e incentivo. À minha esposa, Wigna Gabriela Nunes Santos Maia, pelo amor e compreensão nos momentos mais difíceis, e acima de tudo por todos os momentos felizes que compartilhamos juntos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente nos momentos mais importantes da minha vida, iluminando-me nas minhas decisões e dando-me forças para completar esse longo caminho.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade dada à minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos Professores Dr. Elton Lucio de Araujo e Dr. Ewerton Marinho da Costa, pela orientação, amizade, confiança e incentivo.

A Dra. Elania Clementino Fernandes, pela contribuição para o trabalho, e a Edivino da Silva, pela amizade e companheirismo, assim como a todos os colegas do Laboratório de Entomologia Aplicada, que contribuíram direta e indiretamente com essa pesquisa ao longo desses quatro anos.

À empresa TOPBIO, pela oportunidade de colocar em prática todo o conhecimento obtido ao longo de todos esses anos de estudo.

Enfim, a todas as pessoas que, de uma maneira geral, me ajudaram nesta caminhada.

RESUMO

MAIA, André Victor Perez. **Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Phaedrotoma scabriventris* (Nixon 1955) (Hymenoptera: Braconidae)**. 2019. 48f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Para a eficiência de um programa de controle biológico utilizando parasitoides, é fundamental o conhecimento de informações básicas sobre seus parâmetros biológicos: tempo de desenvolvimento, fecundidade e razão sexual, além de informações sobre seus parâmetros demográficos: taxa de reprodução líquida (R_o), Taxa intrínseca de crescimento (R_m), Tempo médio de uma geração (IMG), Tempo de duplicação da população (T_d) e a taxa finita de aumento (λ). Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram: a) Conhecer a biologia detalhada do parasitoide *Phaedrotoma scabriventris* a 25°C; b) Avaliar o efeito de diferentes temperaturas no desenvolvimento de *P. scabriventris*, para construção de sua tabela de vida de fertilidade. A 25°C, a oviposição iniciou-se no primeiro dia e teve seu pico no oitavo dia (10,29 parasitoide/fêmea), com as fêmeas apresentando maior longevidade (51,93 dias). A taxa de reprodução líquida foi 64,78; a taxa intrínseca de crescimento foi 0,32; o tempo médio de uma geração foi de 21,33 dias; o tempo de duplicação da população foi de 2,15 dias e a taxa finita de aumento foi 1,38. Na avaliação do efeito de diferentes temperaturas, observou-se desenvolvimento dos estágios imaturos em todas as temperaturas estudadas, exceto a 35° C. O maior período ovo-adulto foi verificado a temperaturas de 15° C. As maiores médias de parasitismo foram registradas nas temperaturas de 20 e 30°C. O parasitismo diário foi variável em todas as temperaturas e não ultrapassou 16,27 larvas durante toda a vida das fêmeas. A temperatura provocou efeito inversamente proporcional sobre a longevidade de machos e fêmeas de *P. scabriventris*. As fêmeas viveram em média 100,3 dias a 15° C, ao passo que os machos viveram 57,13 dias também a 15° C. A maior taxa de reprodução líquida (R_o) foi a 20°C, assim como o intervalo médio entre as gerações (IMG) e o tempo de duplicação da população (T_d) foram maiores também sob temperatura de 20° C.

Palavras-chave: Parasitoide, controle biológico, *Liriomyza sativae*.

ABSTRACT

MAIA, André Victor Perez. **Biology and fertility life table of *Phaeditoma scabriventris* (Nixon 1955) (Hymenoptera: Braconidae)**. 2019. 48p. (Doctorate in Phytotechny) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN, 2019.

For the efficiency of a biological control program using parasitoids, it is essential to know basic information about its biological parameters: development time, fecundity and sex ratio, besides information on their demographic parameters: Net Reproduction Rate (R_0), Intrinsic Rate of Increase (R_m), Mean Time of a Generation (IMG), Population Doubling Time (Td) and Finite Rate of Increase (λ). Therefore, the objectives of this work were: a) To know detailed biology of the parasitoid *Phaeditoma scabriventris* at 25°C; b) To evaluate the effect of different temperatures on the development of *P. scabriventris* to construct a fertility life table. At 25°C, oviposition began on the first day and peaked on the eighth day (10.29 parasitoid / female), and females had higher longevity (51.93 days). The net reproduction rate was 64.78, the intrinsic rate of increase was 0.32, the average time of a generation was 21.33 days, the population doubling time was 2.15 days and the finite rate of increase was 1.38. In the evaluation of the different effect temperatures, it was observed the immature stages developed in all studied temperatures, except at 35° C. The largest egg-adult period was observed at 15° C. The highest parasitism averages were recorded in temperatures of 20 and 30° C. Daily parasitism varied at all temperatures and did not exceed 16.27 larvae during the female's lifetime. Temperature had an effect inversely proportional to the longevity of *P. scabriventris* males and females. Females lived on average 100.3 days at 15° C, while males lived 57.13 days also at 15° C. The highest net reproduction rate (R_0) was at 20° C, as was the mean time of a generation (IMG) and population doubling time (Td) were also higher at 20 ° C.

Keywords: Parasitoid, biological control, *Liriomyza sativae*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Dinâmica da fecundidade de uma população de *Phaedrotoma scabriventris*, criadas parasitando larvas de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório (Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12L:12E).....24
- Figura 2 – Curvas de sobrevivência de machos de *Phaedrotoma scabriventris* criados parasitando larvas de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório (Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12L:12E). Curvas seguidas pelas mesmas letras, para cada sexo, não diferem entre si pelo teste de Log-Rank. (Tms - Tempo médio de sobrevivência).....24

CAPÍTULO 3

- Figura 1 – Duração média do desenvolvimento de ovo-adulto de *P. scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* mantidas em diferentes temperaturas, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Colunas seguidas por diferentes letras diferem no teste Tukey ($P \leq 0,05$).....38
- Figura 2 – Parasitismo diário e acumulado de *Phaedrotoma scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* em diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30 e 35°C), umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.....40
- Figura 3 – Curvas de sobrevivência de machos (A) e fêmeas (B) de *P. scabriventris* mantidos em diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30 e 35°C) e umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Curvas seguidas pelas mesmas letras, para cada sexo, não diferem entre si pelo teste de Log-Rank (Tms - tempo médio de sobrevivência).....41

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Valores médios da taxa de reprodução líquida (R_0), Taxa intrínseca de crescimento (R_m), Tempo médio de uma geração (IMG) (dias), Tempo de duplicação da população (Td) (dias) e a taxa finita de aumento (λ) de *Opius scabriventris* criados em larvas de *Liriomyza sativae* ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; $70 \pm 10\%$ de UR; 12L:12E.....25

CAPÍTULO 3

- Tabela 1 – Duração do período de desenvolvimento ovo-adulto (média \pm erro padrão) de machos e fêmeas e razão sexual de *P. scabriventris* em diferentes temperaturas. Umidade Relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.....38
- Tabela 2 – Número médio de descendentes (emergidos e não emergidos), média do percentual de parasitismo e razão sexual de *P. scabriventris* mantidos em diferentes temperaturas, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.....39
- Tabela 3 – Parâmetros da tabela de vida e fertilidade de *P. scabriventris* em larvas-pupas de *Liriomyza sativae* criadas em diferentes temperaturas, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.....42

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 2 - PARÂMETROS BIOLÓGICOS E DEMOGRÁFICOS DE <i>Phaedrotoma scabriventris</i> (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1. Local da realização do experimento.....	21
2.2. Criação de <i>L. sativae</i>	21
2.3. Criação de <i>P. scabriventris</i>	22
2.4. Biologia de <i>P. scabriventris</i>	22
RESULTADOS	23
DISCUSSÃO	25
CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 3 – BIOLOGIA E TABELA VIDA DE FERTILIDADE DE <i>Phaedrotoma scabriventris</i> (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) EM LARVAS DE <i>Liriomyza sativae</i> (DIPTERA: AGROMYZIDAE)	30
RESUMO	30
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1. Local de estudo	33
2.2. Criação da mosca minadora <i>L. sativae</i>	33
2.3. Criação do parasitoide <i>P. scabriventris</i>	34
2.4 Efeito da temperatura no desenvolvimento dos estágios imaturos do <i>P.</i> <i>scabriventris</i>	34
2.5. Biologia dos adultos e determinação dos parâmetros demográficos de <i>P.</i> <i>scabriventris</i>	35
2.6. Análise estatística.....	36
3.RESULTADOS	36
4. DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	45

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Dípteros da família Agromyzidae têm como característica o hábito de alimentarem-se do mesófilo foliar durante a fase larval, formando galerias nas folhas de seus hospedeiros. Esse comportamento está presente em 75% das espécies pertencentes a essa família. A fase larval dos outros 25% das espécies pode atacar as raízes, caules, galhos, vagens, hastes e capítulos (SPENCER, 1973).

Dentre os gêneros de maior importância, pode-se destacar o *Liriomyza* porque possui o maior número de hospedeiros encontrados (SCHEFFER et al., 2007). Foram registradas mais de 300 espécies de *Liriomyza*, sendo 23 de importância econômica e cinco delas consideradas polífagas: *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880), *L. bryoniae* Kaltenbach, 1858, *L. huidobrensis* Blanchard, 1926, *L. sativae* Blanchard, 1938 e *L. strigata* Meigen, 1830 (SPENCER, 1973; PARRELLA, 1987).

No território brasileiro, três espécies de *Liriomyza* apresentam importância econômica: *L. huidobrensis*, *L. sativae* e *L. trifolii* (SPENCER, 1973; GALLO et al., 2002), provocando danos em cerca de 14 famílias botânicas diferentes, sendo potenciais pragas de diversas espécies de hortaliças (GUIMARÃES et al., 2009; XING et al., 2017).

Entre os métodos adotados no manejo desse díptero, o controle químico utilizando inseticidas sintéticos ainda é o preferido pelos produtores (LIMA et al., 2012). Porém, o uso abusivo de inseticidas para o controle de pragas pode ocasionar prejuízos ambientais irreparáveis, como a diminuição da população de inimigos naturais e surgimento de populações de insetos resistentes ao uso de inseticida (COELHO, 2008; NADAGOUDA et al., 2010).

Apesar dos inseticidas possuírem, na atualidade, relativo sucesso na cadeia agroprodutora, os problemas relacionados ao seu uso vêm estimulando o desenvolvimento de métodos alternativos para o controle de pragas. Além disso, o significativo incremento que esses insumos agropecuários representam no custo final de produção, junto da pressão da sociedade por produtos livres de agrotóxicos, provocam maior empenho da pesquisa para criação e melhorias dos programas de controle biológico de pragas agrícolas (LOVATTO et al., 2004).

O controle biológico vem sendo utilizado como uma das principais táticas para o controle de pragas, por ser um método ambientalmente seguro e eficiente (ARAUJO et al., 2007;

BEZERRA et al., 2010). Dentre as várias técnicas empregadas para que se obtenha um controle biológico de insetos eficiente, estão a utilização de inimigos naturais, como microrganismos entomopatogênicos e insetos entomófagos (LOVATTO et al., 2004).

Os insetos entomófagos (parasitoides e predadores) são os organismos vivos que atuam no controle biológico e que devem apresentar características como: alta capacidade de busca, certo grau de especificidade a determinado hospedeiro/presa, alta capacidade de crescimento populacional com relação a seu hospedeiro/presa e capacidade de sobreviver nos períodos de ausência do hospedeiro/presa. Estes insetos devem ser prioridade em qualquer programa de manejo integrado de pragas (MIP), não devendo seu uso ser visto como uma linha secundária a ser usada em caso de falha de outros métodos (CRUZ, 2002; BUENO, 2008).

Insetos parasitoides são seres que geralmente não matam imediatamente seus hospedeiros, parasitam e alimentam-se de seus tecidos, levando à morte antes que completem seu ciclo de desenvolvimento (MARCHIORI et al., 2006). Além de regularem de forma eficiente os insetos-praga, os parasitoides possuem características inerentes, tais como serem insetos monoécios (utilizar apenas um tipo de hospedeiro para completar seu ciclo), serem menores que seus hospedeiros e o fato de os adultos serem de vida livre, ao passo que a fase imatura é parasita (GARCIA, 1991).

Entre os parasitoides da mosca minadora estão os dos gêneros *Dacnusa*, *Opius* e *Phaenodrotoma* (Hymenoptera: Braconidae); *Diglyphus*, *Chrysocharis* e *Chrysonotomyia* (Hymenoptera: Eulophidae), além de *Halticoptera* (Hymenoptera: Pteromalidae). Até o momento, foram registradas mais de 140 espécies de parasitoides associados a *Liriomyza* (LIU et al., 2009), dentre as quais se pode citar *Phaenodrotoma scabriventris* Nixon, (Hymenoptera: Braconidae).

Phaenodrotoma scabriventris é um endoparasitoide coinobionte solitário que parasita em larvas de 2º e 3º instares de agromizídeos, principalmente de espécies de *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) de importância econômica: *Liriomyza sativae* (Blanchard), *Liriomyza trifolii* (Burgess) e *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (MURPHY; LASALLE; 1999; KOX et al., 2005). Este parasitoide de agromizídeos tem registro de ocorrência natural apenas na América do Sul, nos seguintes países: Argentina (VAN ACHTERBERG; SALVO, 1997), Brasil (CAMPOS et al., 1984), Chile (NIXON, 1955) e Peru (CISNERO; MUJICA, 1999).

Na região semiárida brasileira, *P. scabriventris* foi registrado parasitando larvas de *L. sativae* em áreas produtoras de melão, despertando interesse sobre seu potencial como agente de controle biológico (ARAÚJO et al., 2007). Ao realizar trabalho com população de *P.*

scabriventris provenientes Rio Grande do Norte, Costa Lima et al. (2019) observaram capacidade de parasitismo médio diário de 5,4 larvas/dia em *L. sativae* criadas em condições de laboratório.

Parasitismo do gênero *Phaedrotomaem Liriomyza* spp. variou de 12,6 a 51,8% na cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (SCHUSTER; WHARTON, 1993). Após a liberação de 100 indivíduos do parasitóide *P. scabriventris* em faixas cultivadas com meloeiro, Araujo et al. (2009) verificaram uma variação do índice de parasitismo de 20 a 40%, ao passo que nas faixas onde não houve liberação esses valores foram inferiores a 7%. Essas altas taxas de parasitismo evidenciam a importância desse parasitoide no controle da mosca minadora.

Apesar dos resultados encontrados até o presente momento na literatura apontarem para *P. scabriventris* como importante inimigo natural da mosca minadora, são escassas as informações a respeito de fatores abióticos (condições climáticas, as características dos cultivos e o impacto ambiental dos agrotóxicos) sobre sua biologia. Estes fatores podem influenciar de forma direta ou indireta sua eficiência de parasitismo (PRATISSOLI et al., 2002).

A sobrevivência dos insetos é drasticamente afetada pelos fatores abióticos, são seres pecilotérmicos e, por isso, seu metabolismo sofre influência das condições climáticas, sendo a temperatura o fator primordial na biologia desses organismos, devido afetar o desenvolvimento durante o ciclo de vida, razão sexual e viabilidade dos ovos (SILVA, 2007; PINTO; PARRA, 2002).

Para a eficiência de um programa de controle biológico utilizando parasitoides, é fundamental o conhecimento de informações básicas quanto ao tempo de desenvolvimento, fertilidade, fecundidade e razão sexual.

Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram: conhecer os parâmetros biológicos do parasitoide *P. scabriventris* e seus parâmetros demográficos em condições de laboratório, bem como determinar parâmetros da tabela de vida de fertilidade em diferentes temperaturas utilizando como hospedeiro a mosca minadora *L. sativae*.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; MENEZES NETTO, A. C.; FILGUEIRA, M. A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.
- ARAUJO, E. L.; ALBUQUERQUE, G. H. S.; PONTES, N. C.; NOGUEIRA, C. H. F.; SOMBRA, K. D. S.; BRAGA-SOBRINHO, R. Incremento do parasitismo de *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) sobre a mosca-minadora *Liriomyza* spp., após liberações em campo. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 11, 2009, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Sociedade Entomológica do Brasil, 2009. 1 CD-ROM.
- BEZERRA, C. E. S.; TAVARES, P. K. A.; MACEDO, L. P. M.; FREITAS, S.; ARAUJO, E. L. Green Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) Associated with Melon Crop in Mossoró, Rio Grande do Norte State, Brazil. **Neotropical Entomology**, Santo Antonio de Goiás, v. 39, n. 3, p. 454-455, 2010.
- BUENO, R. C. O. F. **Bases biológicas para a utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) e *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctidae) em soja.** 2008. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- CAMPOS, T. B.; TAKEMATSU, A. P.; RODRIGUES, S. M.; BITRAN, E. A.; OLIVEIRA, D. A.; CHIBA, S. Controle químico do díptero minador *Liriomyza* sp. em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **O Biológico**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 955-963, 1984.
- CISNERO, F.; MUJICA, N. The leafminer fly in potato: plant reaction and natural enemies as natural mortality factors. In: **Internacional Potato Center**. Program report 1997-98. Lima: CIP; 1999.
- COELHO, S. A. M. P. **Resistência de genótipos de meloeiro (*Cucumis melo* L.) a *Bemisia tabaci* Biotipo B.** 2008. 61f. Dissertação (Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo, Campinas/SP.
- COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Comparing Potential as Biocontrol Agents of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae*. **Neotropical entomology**, Santo Antonio de Goiás, v. 48, n. 4, p. 660-667, 2019.
- CRUZ, I. Controle biológico em manejo integrado de pragas. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (org.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores.** São Paulo: Manole, 2002.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola.** Piracicaba: FEALQ, 2002.

GARCIA, M. A. Ecologia nutricional de parasitóides e predadores terrestres. In: PANIZZU, A. R.; PARRA, R. P. (org.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, SP: Manole, 1991.

GUIMARÃES, J. A.; FILHO, M. M.; OLIVEIRA, V. R.; LIZ, R. S.; ARAUJO, E. L. **Biologia e manejo de mosca-minadora no meloeiro**. Comunicação Científica EMBRAPA, 2009.

KOX, L. F.; BELD, H. E.; LINDHOUT, B. I.; GOFFAU, L. J. W. Identification of economically important *Liriomyza* species by PCR-RFL analyses. **Bulletin OEPP/EPP**, v. 35, n. 1, p. 79-85, 2005.

LIMA, A. C. C.; COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; MOLINA-RUGAMA, A. J.; GODOY, M. S. Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 2, p. 172-178, 2012.

LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, K. M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **Biocontrol News and Information**, v. 30, n. 1, p. 1-16, 2009.

LOVATTO, P. B.; GOETZE, M.; THOMÉ, G. C. H. Efeito de extratos de plantas silvestres da família Solanaceae sobre o controle de *Brevicoryne brassicae* em couve (*Brassica oleracea* var. acephala). **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 971-978, 2004.

MARCHIORI, C. H.; LELES, A. S.; BARBARESCO, L. F.; FERREIRA, M. M. Parasitóides de dípteros coletados em Itumbiara, GO, e Tupaciguara, MG, Brasil. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 73, n. 3, p. 371-374, 2006.

MURPHY, S. T.; LASALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v. 20, n. 3, 91-104, 1999.

NADAGOUDA, S.; PATIL, B. V.; VENKATESHALU, V.; SREENIVAS, A. G. Studies on development of resistance in serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Agromyzidae: Diptera) to insecticides. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 1, p. 56-58, 2010.

NIXON, G. E. J. Los insectos de las Islas Juan Fernandez. 26. Braconidae (Hymenoptera). **Revista Chilena de Entomologia**, v. 4, n. 4, p. 159-165, 1955.

PARRELLA, M. P.; JONES, V. P.; CHRISTIE, G. D. Feasibility of parasites for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on commercially grown chrysanthemum. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 3, p. 832-837, 1987.

PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P. Liberação de inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (org.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Barueri: Manole, p. 325-337, 2002.

PRATISSOLI, D.; FORNAZIER, M. J.; HOLTZ, A. M.; GONÇALVES, J. R.; CHIARAMITAL, A. B.; ZAGO, H. Ocorrência de *Trichogramma pretiosum* em áreas

comerciais de tomate, no Espírito Santo, em regiões de diferentes altitudes. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 73-76, 2002.

SCHEFFER, S.J.; WINKLER, I.S.; WIEGMANN, B.M. Phylogenetic relationships within the leaf-mining flies (Diptera: Agromyzidae) inferred from sequence data from multiple genes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 42, n. 3, p. 756-775, 2007.

SCHUSTER, D. J.; WARTON, R. A. Hymenopterous parasitoids of leaf-mining *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) on tomato in Florida. **Environmental Entomology**, v. 22, n. 5, p. 1118-1191, 1993.

SILVA, C. S. B. **Dispersão do parasitóide de ovos *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e sua interação com algumas variáveis ambientais em agroecossistemas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L).** 2007. 139f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. Minador-das-folhas: Importante praga na cultura da batata. **Revista da ABBA**. Ano.1, n. 2, Julho/2001. Disponível em: <http://www.abbabatabrasileira.com.br/revista02_022.htm>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SPENCER, K. A. Agromyzidae (Diptera) of economic importance (Series Entomologica, 9). **Kluwer**, Dordrecht. 1973.

VAN ACHTERBERG, C.; PENTEADO-DIAS, A. M.; QUICKE, D. L. J. Reared Opiinae (Hymenoptera: Braconidae) from Argentina. **Zoologische Mededeelingen**, v. 71, p. 1-8, 1997.

XING, Z.; ZHANG, L.; WU, S.; YI, H.; GAO, Y.; LEI, Z. Niche comparison among two invasive leafminer species and their parasitoid *Opius biroi*: implications for competitive displacement. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 42-46, 2017.

CAPÍTULO 2

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E DEMOGRÁFICOS DE *Phaeditoma scabriventris* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

RESUMO: Um dos parasitoides mais comuns de espécies do gênero *Liriomyza* é o parasitoide *Phaeditomas cabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae), um endoparasitoide larva-pupa coinobionte solitário que parasita larvas de dípteros agromizídeos e está distribuído principalmente na América do Sul. Estas características o colocam como um agente de controle biológico em potencial, porém informações sobre sua biologia ainda são pouco estudadas. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo conhecer os parâmetros biológicos e demográficos de *P. scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromizyidae) em condições controladas de laboratório a temperatura de 25°C. O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Foram usados 15 casais de *P. scabriventris*, com até 24 horas de emergência, mantidos em câmara climatizada a 25±2°C, umidade de 70±10% e fotofase de 12h. A oviposição teve início no primeiro dia e teve seu pico máximo de parasitismo no oitavo dia (10,29 parasitoide/fêmea), as fêmeas apresentaram longevidade média (51,93 dias) superior aos machos (39,29 dias) e a razão sexual foi de 0,49. A taxa de reprodução líquida foi 74,68, a taxa intrínseca de crescimento foi 0,32, o tempo médio de uma geração foi de 21,33 dias, o tempo de duplicação da população foi de 2,15 dias e a taxa finita de aumento foi 1,38. De forma geral, os resultados deste estudo geraram importantes informações para o estabelecimento de criação de *P. Scabriventris* em ambiente de laboratório, apresentando alto potencial de crescimento populacional a 25°C, podendo ser multiplicado em condições de laboratório nessa temperatura.

Palavras-chave: Biologia, parasitoide, controle biológico, mosca minadora.

CHAPTER 2

BIOLOGICAL AND DEMOGRAPHIC PARAMETERS OF *Phaeditoma scabriventris* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

ABSTRACT: One of the most common parasitoids of species of the genus *Liriomyza* is the parasitoid *Phaeditoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae), a solitary Koinobionte larval-pupal endoparasitoid which parasitizes larvae of agromyzid diptera and it is distributed mainly in South America. A potential biological control agent, but information on its biology is still poorly studied. Thus, the present work aimed to know the biological and demographic parameters of *P. scabriventris* in larvae of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) under controlled laboratory conditions at 25°C. The work was carried out at the Laboratório de Entomologia Aplicada on the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Fifteen *P. scabriventris* couples were used, with up to 24 hours of emergency kept in a climate chamber at $25 \pm 2^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ humidity and 12h of photophase. Oviposition began on the first day and peaked on parasitism on the eighth day (10.29 parasitoid / female), females had higher average longevity (51.93 days) than males (39.29 days) and sex ratio was 0.49. The net reproduction rate was 74.68, the intrinsic growth rate was 0.32, the average generation time was 21.33 days, and the population doubling time was 2.15 days and the finite rate of population increase was 1.38. In general, the results of this study generate important information for the establishment of *P. scabriventris* in the laboratory environment, showing high population growth potential at 25°C and can be multiplied under laboratory conditions at this temperature.

Key words: Biology, parasitoid, biological control, leafminer.

1. INTRODUÇÃO

Algumas espécies de mosca minadora do gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) são importantes pragas de várias culturas economicamente importantes ao redor do mundo (LIU et al., 2011). No entanto, cerca de 150 espécies de parasitoides estão associadas a este gênero, sendo a grande maioria relatados na América do Sul (LIU et al., 2009; LIU et al., 2011).

Dentre as espécies de parasitoides de *Liriomyza* relatados na América do Sul, pode-se destacar o microhimenóptero *Phaenodrotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae). Este braconídeo é um endoparasitoide larva-pupasolitário coinobionte, que parasita larvas dípteros agromizídeos ((MURPHY; LASALLE; 1999; KOX et al., 2005; AMERI et al., 2014). Este parasitoide tem sido relatado principalmente no Brasil, Argentina, Peru e Chile, ocasionando mortalidade entre 20% e 52% da mosca minadora (SALVO; VALLADARES, 1995).

No semiárido brasileiro, *P. scabriventris* foi encontrado parasitando *L. sativae* (Diptera: Agromyzidae) em áreas de cultivo de melão, despertando interesse sobre o potencial desse parasitoide para uso como ferramenta de controle biológico (ARAÚJO et al., 2007). Em trabalho realizado com população de *P. scabriventris* coletada no Rio Grande do Norte, foi observada capacidade de parasitismo médio diário de 5,4 larvas/dia em *L. sativae* criadas em condições de laboratório (COSTA-LIMA et al., 2019).

Em estudos realizados sobre a performance biológica em diferentes espécies de *Liriomyza*, observou-se que *P. scabriventris* tem como hospedeiras as espécies *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae), *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae), além de *L. sativae* também em ambiente de laboratório (CHABI-OLAYE et al., 2013). Costa-Lima et al. (2014), estudando a biologia de *P. scabriventris* em diferentes temperaturas, verificaram que este pode se desenvolver de 15 a 32 °C com seu período de desenvolvimento ovo-adulto variando de 29,84 a 13,33 dias, respectivamente. O parasitismo percentual médio de *P. scabriventris* ultrapassa 60% em *L. huidobrensis*, um de seus principais hospedeiros, em ambiente controlado (AKUTSE et al., 2014; CHABI-OLAYE et al., 2013).

Em condições de campo, *P. scabriventris* foi capaz de parasitar *Liriomyza* spp. em diferentes regiões no Kenya, onde mostrou melhor desempenho em regiões com até 1000 m de altitude acima do nível do mar (FOBA et al., 2015).

Para selecionar um agente de controle biológico, é essencial a realização de estudos sobre a sua biologia básica (tempo de desenvolvimento, fecundidade, razão sexual) (TRAN;

TAKAGI, 2006; FREWIN et al., 2010). Estas informações são importantes para conhecer a relação entre a taxa de desenvolvimento do inimigo natural e seu hospedeiro para o uso no controle biológico (BERNAL; GONZALEZ, 1996).

O parasitoide *P. scabriventris* é um agente de controle biológico em potencial, porém informações sobre sua biologia ainda são pouco estudadas. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo conhecer os parâmetros biológicos e demográficos de *P. scabriventris* em larvas de *L. sativae* em condições controladas de laboratório a temperatura de 25°C.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local da realização do experimento

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Os insetos utilizados foram originários das criações estoque de *L. sativae* e *P. scabriventris* do mesmo laboratório. Estas criações são mantidas desde o ano de 2004, em salas climatizadas com temperatura de 25±2°C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 12 horas.

2.2 Criação de *L. sativae*

A criação de *L. sativae* foi feita sobre mudas de *Canavalia ensiformes* (Fabaceae) (feijão-de-porco). Foram utilizadas sementes Brseeds®, semeadas em bandejas de polietileno de 200 células; o substrato utilizado foi fibra de coco (Amifibra) Golden Mix® mais matéria orgânica Polyfertil® na proporção de 75% e 25%, respectivamente. A produção das mudas foi realizada em casa de vegetação telada (tela antiáfídeo). Foram usadas mudas de 12 dias de idade com apenas folhas cotiledonares. Seis a oito mudas eram oferecidas a adultos de *L. sativae* em gaiolas de madeira com tela antiáfídeo (50 cm comprimento x 50 cm largura x 50 cm altura) durante 24 horas para oviposição. Os insetos foram alimentados com solução de mel (10% em água) em discos de espuma densidade 23 dentro de placas de Petri (90mm diâmetro x 15mm altura).

Após o período de oviposição, as mudas contendo os ovos de *L. sativae* eram levadas de volta para casa de vegetação, onde permaneciam durante o desenvolvimento larval. Após o quarto dia de desenvolvimento, as mudas contendo as larvas de *L. sativae* eram conduzidas novamente para o laboratório, onde era feito o corte das folhas (com pecíolo). Em seguida, essas folhas eram colocadas com o pecíolo imerso em potes de plástico de 40 ml contendo água e

acondicionadas em bandejas de polietileno brancas (50 cm comprimento x 30cm largura x 9,7 cm altura) dispostas em estantes metálicas (1,90m de altura x 0,3 m de largura).

As larvas abandonavam as folhas, pois o final da fase larval e o início da fase pupal ocorrem fora delas, ficando depositadas nas bandejas. Cinco dias após o corte das folhas, com os pupários formados e resistentes, eram coletados com auxílio de pincel Condor® 456 n° 24 e acondicionados em placas de Petri fechadas com filme de PVC transparente e devidamente identificadas. Os pupários permaneciam armazenados até a emergência dos adultos. Uma vez emergidos, os insetos eram liberados novamente nas gaiolas da criação de *L. sativae*.

2.3. Criação de *P. scabriventris*

Plantas de *Canavalia ensiformes* contendo larvas de *L. sativae* entre o 2° e 3° ínstaes (terceiro dia de desenvolvimento larval em casa de vegetação) em suas folhas cotiledonares, eram conduzidas para gaiolas (50 cm comprimento x 50 cm de largura x 50 cm altura) contendo adultos do parasitoide *P. scabriventris*, onde permaneciam por 24 horas para o parasitismo.

Após o período de parasitismo, as folhas eram cortadas (com pecíolo) e, semelhantemente à criação de *L. sativae*, as folhas foram colocadas com o pecíolo imerso em potes plásticos de 40 ml contendo água e acondicionadas em bandejas de polietileno (50 cm comprimento x 30cm largura x 9,7 cm altura) dispostas em estantes metálicas (1,90m de altura x 0,3m de largura). Em seguida, as larvas parasitadas abandonavam as folhas e passavam para a fase de pupa dentro das bandejas. Cinco dias após o corte das folhas, os pupários foram coletados com auxílio de pincel Condor® 456 n° 24 e acondicionados em placas de Petri fechadas com filme PVC transparente, onde permaneceram até a emergência dos parasitoides para posterior liberação nas gaiolas de criação.

2.4. Biologia de *P. scabriventris*

A partir da criação de *P. scabriventris*, estabelecida em laboratório, foram formados 15 casais com até 24 horas de idade. Os casais foram colocados em gaiolas plásticas (10cm diâmetro x 27,5cm altura) com aberturas cobertas com tela antiafídica para ventilação e alimentados com mel a 10%.

Durante todo o ensaio, os insetos foram mantidos em câmara climatizada com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Diariamente, foram ofertadas para cada casal plantas de *C. ensiformis* contendo 20 larvas de *L. sativae* de segundo ínstar, até a morte das fêmeas. Após um período de exposição de 24 horas, as plantas

foram retiradas das gaiolas e acondicionadas em pratos de polietileno (23cm diâmetro) para a obtenção dos pupários. Os pupários obtidos foram colocados em tubos de ensaio de fundo chato (25mm diâmetro x 85mm altura) fechados com filme PVC transparente, permanecendo até a emergência dos parasitoides e/ou moscas. Aproximadamente cinco dias após a obtenção dos pupários, diariamente foi avaliado o número de parasitoides emergidos. Os pupários sem emergência de adultos foram dissecados para avaliar a ocorrência de parasitismo ou não. A dissecação foi realizada com a ajuda de um microscópio estereoscópio.

Os seguintes parâmetros foram avaliados: período ovo-adulto, razão sexual (rs), longevidade de macho e fêmea, número de descendentes (ND), percentual de parasitismo (%P) e percentual de emergência (%E). Estes parâmetros foram obtidos da seguinte forma: Razão sexual (rs) = (número de fêmeas) / (número de fêmeas + número de machos); Número de descendentes (ND) = número de parasitoides emergidos + número de parasitoides não emergidos; Percentual de parasitismo (%P) = (número de parasitoides) / (número total de pupários) x 100; Percentual de emergência (%E) = (número de parasitoides emergidos) / (número de descendentes) x 100.

Com os dados biológicos obtidos, foi possível estimar os seguintes parâmetros demográficos: intervalo entre gerações (IMG), o tempo de duplicação da população (Td), a taxa líquida de reprodução (R_o), a taxa intrínseca de crescimento (R_m) e a taxa finita de aumento (λ). A análise estatística dos dados foi realizada de acordo com Gonçalves et al. (2014).

3. RESULTADOS

A postura dos ovos teve início no primeiro dia de avaliação, não havendo período de pré-oviposição. No 8º dia, ocorreu o máximo de produção de descendentes, 10,29 parasitoides/fêmea (Fig. 1). Até o 10º dia de vida das fêmeas, mais de 50% dos descendentes já haviam sido produzidos e continuaram a ser produzidos até o 49º dia de suas vidas. A quantidade de descendentes produzida foi caindo gradativamente ao longo do tempo (Fig. 1). A razão sexual dos descendentes de *P. Scabriventris* (0,49) foi aproximando-se do perfeito equilíbrio entre machos e fêmeas.

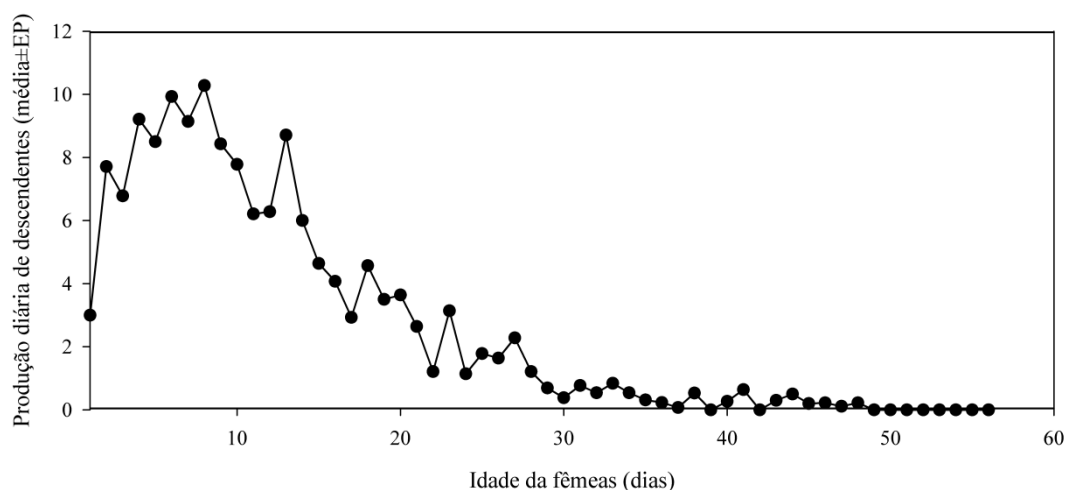


Figura 1. Dinâmica da fecundidade de uma população de *Phaedrotoma scabriventris*, criadas parasitando larvas de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório (Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12L:12E).

Em relação à longevidade dos parasitoides, foi verificado que as fêmeas apresentaram longevidade superior à verificada para os machos. O tempo médio de vida dos machos foi 39,20 dias, ao passo que as fêmeas viveram em média 51,93 dias. Todas as fêmeas estavam mortas ao 71º dia, ao passo que o último parasitoide macho morreu ao 58º dia (Fig. 2).

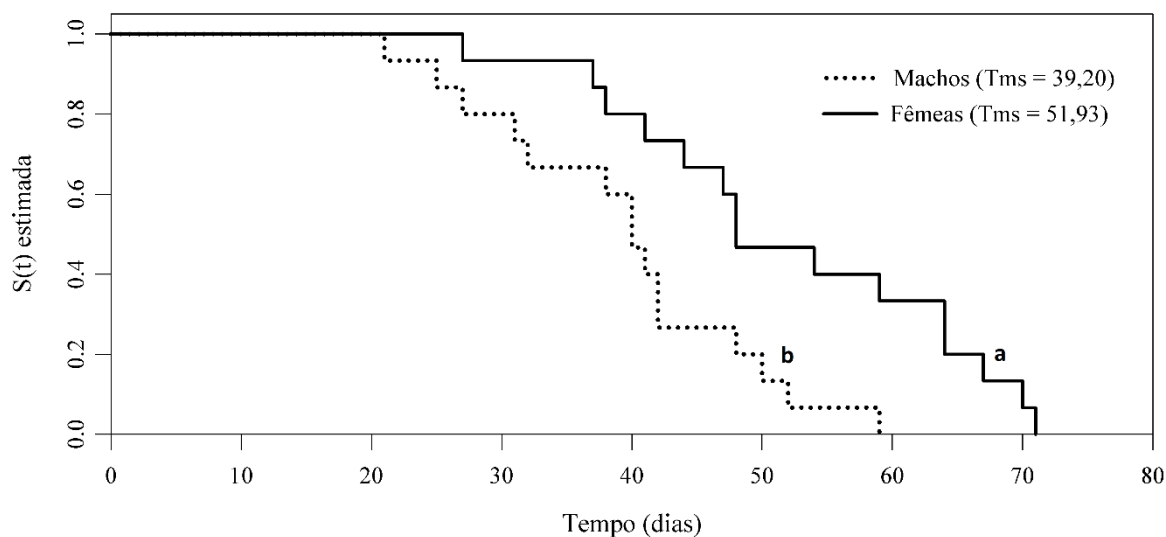


Figura 2. Curvas de sobrevivência de machos e fêmeas de *Phaedrotoma scabriventris* criados parasitando larvas de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório (Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12L:12E). Curvas seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Log-Rank (Tms - Tempo médio de sobrevivência).

Os parâmetros demográficos estimados neste estudo para uma população inicial de 15 machos e 15 fêmeas de *P. scabriventris* multiplicaram-se por geração, R_0 foi de 74,68. Por sua vez, o R_m , que representa a capacidade inata de aumentar em número ou taxa intrínseca de

aumento foi de 0,32. O tempo médio de geração (IMG) foi de 21,33 dias. O tempo de duplicação da população (Td), foi de 2,15 dias. Por fim, o valor da taxa finita de aumento (λ) do braconídeo estudado foi de 1,38 (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios da taxa de reprodução líquida (R_o), Taxa intrínseca de crescimento (R_m), Tempo médio de uma geração (IMG) (dias), Tempo de duplicação da população (Td) (dias) e a taxa finita de aumento (λ) de *Opius scabriventris* criados em larvas de *Liriomyza sativae* ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; $70 \pm 10\%$ de UR; 12L:12E).

Hospedeiro	R_o	R_m	IMG(dias)	Td (dias)	λ
<i>L. sativae</i>	74,68	0,32	21,30	2,15	1,38

4. DISCUSSÃO

O parasitoide *P. scabriventris* produziu seus descendentes até o 49º dia de vida, porém 50% dos seus descendentes haviam sido produzidos ao 10º dia, tendo ocorrido o pico de parasitismo ao oitavo dia, com média de 10,29 parasitoides/fêmea e total de descendentes de 152,14 sob temperatura de 25°C. Esses números aproximam-se dos obtidos por Costa-Lima (2019), também em *P. scabriventris* sob temperatura de 25°C, obtendo-se pico de parasitismo ao sexto dia ($8,9 \pm 1,22$ parasitoides/fêmea) e total de descendentes de $196,1 \pm 17,7$. Em ambos os trabalhos, ocorreu parasitismo nas primeiras 24h após a emergência dos adultos, comprovando a não ocorrência de período de pré-oviposição para essa espécie.

A característica de oviposição desse parasitoide é comum aos insetos sinovigênicos. Esses artrópodes iniciam a fase adulta com baixa quantidade de ovos maduros e continuam o processo de maturação ao longo da fase adulta (WANG et al., 2018). A sinovigenia torna a multiplicação de *P. scabriventris* em laboratório mais eficiente, uma vez que **não** após a emergência do adulto ele está apto a se reproduzir.

Com relação à razão sexual, *P. scabriventris* apresentou 0,49 na temperatura utilizada nesse trabalho. Portanto, a razão sexual de *P. scabriventris* aproximou-se do limite satisfatório, que, segundo Fitz-Earle; Barclay (1989), é igual ou superior a 0,5. A razão entre os sexos dos descendentes é de grande importância quando se tem o objetivo de utilizar um parasitoide como agente de controle biológico, pois quanto maior for o número de fêmeas, maior será o crescimento populacional e, conseqüentemente, o parasitismo (HEIMPEL; LUNDGREN, 2000).

Quando se trata de longevidade, os resultados obtidos evidenciaram que machos de *P. scabriventris*

apresentaram tempo de vida significativamente menor do que as fêmeas. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Costa-Lima et al.(2019), onde *P. scabriventris* e *Chrysocharis vonones*(Hymenoptera: Eulophidae) também apresentaram longevidade de machos inferior à das fêmeas sob temperatura de 25°C. A maior longevidade observada em fêmeas de *P. scabriventris* pode estar relacionada ao comportamento inerente a fêmeas parasitoides de se alimentar do hospedeiro para obtenção de nutrientes (JERVIS et al., 2008). Esses nutrientes são usados para a maturação dos ovos, permitindo vida útil mais longa para esses insetos (DA SILVA et al., 2016).

Phaeditoma scabriventris apresentou longevidade e fecundidade superiores às obtidas em *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae) (TRAN; TAKAGI, 2006) e apenas a longevidade foi superior à registrada em *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae)(10 dias) (OSCAR, 1989).O ideal seria que os inimigos naturais apresentassem alta longevidade juntamente a uma elevada fecundidade para maximizar suas tentativas de reprodução durante sua vida, no entanto esses organismos têm reservas de energia limitadas, forçando-os a escolher uma estratégia de alocação de energia para reprodução ou sobrevivência (PLOUVIER; WAJNBERG, 2018).

Com relação aos parâmetros demográficos estimados neste trabalho, o número de vezes que a população de *P. scabriventris* multiplicou-se por geração (R_o) foi de 64,78, ou seja, de cada geração a população aumenta aproximadamente 65 vezes. A taxa líquida de reprodução (R_o) mostrou-se superior à obtida por Tran; Takagi (2006), os quais obtiveram (R_o) de 40,3 ao trabalhar com *N. okazakii* tendo como hospedeiro *Liriomyzacinensis* (Kato) (Diptera: Agromyzidae), no entanto seu R_o foi inferior ao de *D. isaea* (81) quando criado em *Liriomyza* spp. (OSCAR, 1989). Segundo Birch (1948), o parâmetro R_o é a taxa de aumento por indivíduo sob condições físicas específicas, em um ambiente onde os efeitos do aumento da densidade populacional não necessitam ser considerados.

A taxa intrínseca de aumento R_m (0,32), foi maior do que a encontrada em *N. okazakii* (R_m de 0,22) (TRAN; TAKAGI, 2006). O R_m é um índice importante obtido entre os parâmetros demográficos, pois indica o quão bem-sucedida será a espécie em um ambiente ou hospedeiro em particular: quanto maior for o valor do R_m , melhor será a adaptação da espécie à temperatura do ambiente (PEDIGO; ZEISS, 1996).

O tempo médio de uma geração (IMG) de *P. scabriventris* foi de 21,33 dias. Em trabalho realizado por Oscar (1989), o IMG verificado foi de 18 dias a 25°C para *D. isaea* criados em larvas de *Liriomyza* spp. e de 17,70 dias em *N. okazakii* (TRAN; TAKAGI, 2006).

A razão finita de aumento (λ) foi de 1,38 ou seja, a população é multiplicada a cada dia 1,38. O valor da (λ) neste trabalho foi superior ao encontrado por Cheng et al. (2017) em *Hemiptarsenus varicornis* (Girault)(Hymenoptera: Eulophidae)(1,36), parasitoide de *L. trifolii*. Em trabalho realizado por Haghani et al. (2006), foi observado que *L. sativae* tem sua maior razão finita de aumento (λ) de 1,22 a 25°C, sugerindo, assim, que o parasitoide *P. scabriventris* possui potencial de crescimento populacional superior ao seu hospedeiro. A razão finita de aumento é um dos parâmetros mais importantes extraídos de uma tabela de vida, servindo também como valor de comparação com outros trabalhos (BIRCH, 1948).

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados dos parâmetros demográficos acima mencionados, pode-se afirmar que fêmeas adultas de *P. scabriventris* emergem com ovos maduros e apresentam parasitismo elevado até o 10º dia após emergência.

As fêmeas de *P. scabriventris* apresentaram longevidade superior aos parasitoides machos de sua espécie.

Phaerotroma scabriventris apresenta alto potencial de crescimento populacional a 25°C, podendo ser multiplicado em condições de laboratório nessa temperatura.

REFERÊNCIAS

- AKUTSE, K. S.; FIABOE, K. K.; VAN DEN BERG, J.; EKESI, S.; MANIANIA, N. K. Effects of endophyte colonization of *Vicia faba* (Fabaceae) plants on the life–history of leafminer parasitoids *Phaerotoma scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). **Plos one**, v. 9, n. 10, p. e109965, 2014.
- AMERI, A.; TALEBI, A. A.; RAKHSHANI, E.; BEYARSLAN, A.; KAMALI, K. Study of the genus *Opius* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) in Southern Iran, with eleven new records. **Zootaxa**, v. 3884, n. 1, p. 001–026, 2014.
- ARAUJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; MENEZES NETTO, A. C.; FILGUEIRA, M. A. Mosca-minadora associada à cultura do meloeiro no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.
- AZAD, S.; ISLAM, M.W. Life Table Parameters of *Opius dissitus* Musebeck (Braconidae), A Parasitoid of Leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard. **Advances in Agricultural Science**, v. 4, n. 1, p. 35-43, 2016.
- BERNAL, J. S.; GONZALEZ, D. Thermal requirements of *Aphelinus albipodus* (Hayat and Fatima) (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Diuraphis noxia* (Mordwilko)(Homoptera: Aphididae) hosts. **Journal of Applied Entomology**, v. 120, n. 631- 637, p. 631-637, 1996.

BIRCH, L.C. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. **Journal animal ecology**, v. 17, n. 1, p. 15-26, 1948.

CHABI-OLAYE, A.; MWIKYA, N. M.; FIABOE, K. K. M. Acceptability and suitability of three *Liriomyza* species as host for the endoparasitoid *Phaenocarpa scabriventris*: implication for biological control of leafminers in the vegetable production system of Kenya. **Biological control**, v. 65, n. 1, p. 1-5, 2013.

CHENG, X. Q.; CAO, F. Q.; ZHANG, Y. B.; GUO, J. Y.; WAN, F. H.; LIU, W. X. Life history and life table of the host-feeding parasitoid *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Applied entomology and zoology**, v. 52, n. 2, p. 287-293, 2017.

COSTA-LIMA, T. C.; GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. P. Reproductive activity and survivorship of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) at different temperatures and relative humidity levels. **Environmental entomology**, v. 39, n. 1, p. 195-201, 2010.

COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Temperature-dependent development of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 245-249, 2014.

COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Comparing Potential as Biocontrol Agents of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae*. **Neotropical entomology**, v. 48, n. 4, p. 660-667, 2019.

DA SILVA P. M.; GAUCHE C.; GONZAGA L. V.; COSTA A. C. O.; FETT R. Honey: chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry**, v. 196, p. 309–323, 2016.

FOBA, C. N.; SALIFU, D.; LAGAT, Z. O.; GITONGA, L. M.; AKUTSE, K. S.; FIABOE, K. K. M. *Liriomyza* leafminer (Diptera: Agromyzidae) parasitoid complex in different agroecological zones, seasons, and host plants in Kenya. **Environmental entomology**, v. 45, n. 2, p. 357-366, 2015.

FITZ-EARLE, M.; BARCLAY, H. J., Is there an optimal sex ratio for insect mass rearing. **Ecological Modelling**, v. 45, n. 3, p. 205-220, 1989.

FREWIN, A. J.; XUE, Y.; WELSMAN, J. A.; BROADBENT, B. A.; SCHAAFSMA, A. W.; HALLETT, R. H. Development and parasitism by *Aphelinus certus* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). **Environmental entomology**, v. 39, n. 5, p. 1570-1578, 2010.

GONÇALVES, R. S.; NAVA, D. E.; ANDREAZZA, F.; LISBÔA, H.; NUNES, A. M.; GRUTZMACHER, A. D.; VALGAS, R. A.; MAIA, A. H. N.; PAZIANOTTO, R. A. A. Effect of constant temperatures on the biology, life table, and thermal requirements of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae), a parasitoid of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Environmental Entomology**, v. 43, n. 2, p. 491–500, 2014.

GUIMARÃES, J. A.; FILHO, M. M.; OLIVEIRA, V. R.; LIZ, R. S.; ARAUJO, E. L. Biologia e manejo de mosca-minadora no meloeiro. **Comunicação Científica**. EMBRAPA, 2009.

- HEIMPEL, G. E.; LUNDGREN, J. G. Sex ratios of commercially reared biological control agents. **Biological Control**, v. 19, n. 1, p. 77–93, 2000.
- HAGHANI, M.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A. A.; BANIAMERI, V. Comparative demography of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) on cucumber at seven constant temperatures. **Insect Science**, v. 13, n. 6, p. 477-483, 2006.
- JERVIS M. A.; ELLERS J.; HARVEY J.A. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 361–385, 2008.
- KOX, L. F.; BELD, H. E.; LINDHOUT, B. I.; GOFFAU, L. J. W. Identification of economically important *Liriomyza* species by PCR-RFL analyses. **Bulletin OEPP/EPPPO**, v. 35, v. 1, p. 79-85, 2005.
- LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: Progress and perspective. **Biocontrol News and Information**, v. 30, n. 1, p. 1 - 16, 2009.
- LIU, T.; KANG, L.; LEI, Z.; HERNANDEZ, R. Hymenopteran parasitoids and their role in biological control of vegetable *Liriomyza* leafminers. In: **Recent Advances in Entomological Research**, p. 376-403, 2011
- LOPES FILHO, F. Tomate industrial no submédio São Francisco e as pragas que limitam sua produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 283-288, 1990.
- MURPHY, S. T.; LASALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v. 20, n. 3, 91–104, 1999.
- OSCAR, P. J. M. Temperature effects on the life history of the *eulophid* wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 115, n. 3, p. 381-397, 1989.
- PEDIGO, L. P.; ZEISS, R. M. Constructing life table for insect populations, p. 75–105. In **Analyses in insect ecology and management**. Iowa State University Press, Iowa. 1966.
- PLOUVIER, N. W.; WAJNBERG, E. Improving the efficiency of augmentative biological control with arthropod natural enemies: a modeling approach. **Biological control**, v. 125, p. 121–130, 2018.
- SALVO, A.; VALLADARES, G. Complejo parasítico (Hymenoptera: Parasitica) de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) en haba. **Agriscientia**, v. 12, p. 39-47, 1995.
- TRAN, D. H.; TAKAGI, M. Biology of *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the stone leak leafminer *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae). **Journal-faculty of Agriculture Kyushu University**, v. 51, n. 2, p. 269, 2006.
- WANG, X-G.; NANCE, A.; JONES, J. M. L.; HOELMER, K. A.; DAANE, K. M. Aspects of the biology and developmental strategy of two Asian larval parasitoids evaluated for classical biological control of *Drosophila suzukii*. **Biological Control**, v. 121, p. 58–65. 2018.

CAPÍTULO 3

BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Phaeditoma scabriventris* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) EM LARVAS DE *Liriomyza sativae* (DIPTERA: AGROMYZIDAE)

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de temperaturas constantes na biologia e no desenvolvimento do período ovo-adulto de *Phaeditoma scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) em larvas de *Liriomyza sativae*, visando a elaborar uma tabela de vida de fertilidade para este inimigo natural. O estudo foi realizado em câmara climatizada B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), nas temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30 e 35°C, com precisão $\pm 1^\circ\text{C}$, com $70 \pm 10\%$ UR e 12 h:12 h (L: D) de fotoperíodo. Observou-se o desenvolvimento de imaturos em todas as temperaturas estudadas, com exceção da temperatura de 35°C. A duração do desenvolvimento do período pré-imaginal (ovo - adulto) foi influenciada pela temperatura e variou de 41 dias a 15°C a de 14 dias a 30°C. A longevidade média de machos e fêmeas foi inversamente proporcional à temperatura, variando de 53,17 a 16,6 dias para machos e de 100,3 a 20,57 dias para fêmeas, nas temperaturas de 15 a 35°C, respectivamente. De acordo com a tabela de vida de fertilidade, o melhor desempenho ocorreu a 25°C, na qual a taxa intrínseca de aumento foi de 0,32; o tempo médio de uma geração foi de 21,33 dias; o tempo necessário para duplicar a população foi de 2,15 dias e a taxa finita de aumento populacional (λ) foi de 1,38. De forma geral, os resultados deste estudo fornecem informações importantes para o estabelecimento de criação massal e avaliação da adaptabilidade de *P. scabriventris* em diferentes ambientes, colaborando para o uso deste parasitoide no controle biológico de agromizídeos-praga.

Palavras-chave: Parâmetros demográficos, parasitoide, mosca minadora.

CHAPTER 3

BIOLOGY AND FERTILITY LIFE TABLE OF *Phaerotoma scabriventris* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) ON LARVAE OF *Liriomyza sativae* (DIPTERA: AGROMYZIDAE)

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of constant temperatures on the biology and development egg-adult period of *Phaerotoma scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) in larvae of *Liriomyza sativae*, by elaborating a fertility life table to this natural enemy. The study was conducted in the climate controlled chamber B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) at constant temperatures of 15, 20, 25, 30 and 35 ° C, accurately ± 1 ° C, 70 \pm 10% RH and 12 h: 12 h (L: D) photoperiod. It was observed the development of immatures at all temperatures studied, except at 35° C. A period of development of immature stages (egg - adult) was influenced by temperature and ranged from 41 days at 15°C and 14 days at 30°C. The average longevity of males and females was inversely proportional to temperature, ranging from 53.17 to 16.6 days for males and from 100.3 to 20.57 days for females, at temperatures of 15 to 35°C, respectively. According to a fertility shelf life table, the best performance was at 25° C, in which an intrinsic rate of increase was 0.32; the average generation time was 21.33 days; time required to double the population was 2.15 days and the finite population increase index (λ) was 1.38. In general, the results of this study include important information for the establishment of mass rearing and evaluation of *P. scabriventris* adaptability in different environments, contributing to the use of this parasitoid in the biological control of pests.

Keywords: Demographic parameters, parasitoid, leafminer.

1. INTRODUÇÃO

Phaenodrotoma scabriventris Nixon (Hymenoptera: Braconidae) é um endoparasitoide coinobionte solitário que oviposita em larvas de 2° e 3° ínstaes de agromizídeos, incluindo espécies de *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) de importância econômica: *Liriomyza sativae* (Blanchard), *Liriomyza trifolii* (Burgess) e *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (MURPHY; LASALLE; 1999; KOX et al., 2005). Esse parasitoide se encontra amplamente distribuído na região neotropical, sendo principalmente relatado na América do Sul (LIU et al., 2009; MUJICA et al., 2016), com taxas de parasitismo variando entre 20% e 52% (SALVO; VALLADARES, 1995; MUJICA et al., 2016).

No Brasil, esse parasitoide já foi constatado nas regiões sul (SANTOS et al., 2008), sudeste (PEREIRA et al., 2002), Centro-Oeste (GUIMARÃES et al., 2010) e Nordeste (ARAUJO et al., 2007). Na região semiárida do Nordeste, em destaque para os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, *P. scabriventris* é apontado em diversos levantamentos como um dos principais inimigos naturais de espécies de mosca minadora do gênero *Liriomyza* spp., principalmente devido ao alto índice de parasitismo e a alta frequência desses parasitoide em levantamentos populacionais (ARAUJO et al., 2007; GUIMARÃES, 2009).

Nos últimos anos, a utilização do controle biológico para o manejo de populações de agromizídeos-praga teve notável ressurgimento no âmbito mundial (PEREIRA et al., 2002; ARAUJO et al., 2008; LIU et al., 2009; HERNANDEZ et al., 2010; CARVALHO et al., 2011; WAHYUNI et al., 2017). Vários programas de controle biológico com uso de inimigos naturais foram bem-sucedidos (PARRA et al., 2002; VAN LENTEREN, 2006). Entretanto, programas de controle biológicos de agromizídeos-praga com uso de parasitoides ainda são dificultados pela falta de informações sobre a bioecologia destes inimigos naturais.

Taxas de parasitismo do gênero *Phaenodrotoma* em *Liriomyza* spp. variaram de 12,6 a 51,8% na cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (SCHUSTER; WHARTON, 1993). Araujo et al. (2009), após a liberação de 100 indivíduos do parasitoide *p. scabriventris* em faixas cultivadas com meloeiro, verificaram variação do índice de parasitismo de 20 a 40%, ao passo que nas faixas onde não houve liberação esses valores foram inferiores a 7%. Essas altas taxas de parasitismo evidenciam a importância desse parasitoide no controle da mosca minadora.

Embora os resultados mostrem o potencial de parasitismo de *P. scabriventris* como importante inimigo natural da mosca minadora e são escassas as informações a respeito de fatores abióticos sobre sua biologia. Isso ocorre porque a exposição à variação de temperatura

pode afetar características biológicas dos insetos, tais como desenvolvimento, sobrevivência, longevidade, razão sexual, fertilidade e fecundidade (KRECHEMER; FOERSTER, 2015). O conhecimento destes parâmetros biológicos fornecidos pelos estudos de construção de tabelas de vida de fertilidade (SOUTHWOOD, 1995) serve para melhor compreensão da dinâmica populacional de uma espécie em condições de laboratório, como também pode servir no desenvolvimento de modelos para estudos de zoneamento ecológico, bem como na previsão de liberações no campo (PARRA et al., 2002). Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo estimar parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *P. scabriventris* em diferentes temperaturas utilizando como hospedeiro a mosca minadora *L. sativae*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

As criações de manutenção de *L. sativae* e *P. scabriventris* foram conduzidas em salas climatizadas com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

2.2. Criação da mosca minadora *L. sativae*

Os insetos utilizados nos ensaios foram originários das criações existentes no Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA, mantidos à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12h, seguindo a metodologia de criação descrita por Araujo et al. (2007), com algumas adaptações.

Sementes de feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.) foram semeadas em bandejas de polietileno (200 células), tendo como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix[®], para a produção das plantas a serem utilizadas nos experimentos e mantidas em casa de vegetação até que se atingisse o desenvolvimento vegetativo ideal para a infestação da mosca. Aproximadamente 12 dias após a semeadura, as plantas eram transplantadas para bandejas de polietileno (30 células) e transferidas para o laboratório e depois submetidas à infestação de *L. sativae* em gaiolas de madeira (50 cm comprimento x 50 cm largura x 50 cm altura) com tela anti-afídeo para permitir a circulação de ar. Em cada gaiola, eram colocadas diariamente seis plantas para que as fêmeas ovipositassem. As plantas permaneciam no interior das gaiolas por um período de 24 h. Os insetos adultos foram alimentados com mel diluído em água a 10%,

borrifado em uma esponja (5 cm altura x 10 cm diâmetro), trocada diariamente junto com as plantas.

Após o período de postura, as plantas eram levadas à casa de vegetação para o desenvolvimento das larvas. Quatro dias após a postura, era feita a colheita das folhas contendo larvas desenvolvidas; em seguida, essas folhas eram colocadas com o pecíolo imerso em tubos de plástico contendo água e acondicionadas em bandejas plásticas dispostas em estantes metálicas (1,90 m de altura x 0,30 m de largura). Após a saída das larvas e formação dos pupários, estes foram coletados e acondicionados em placas de Petri coberto com filme plástico, onde permaneceram até a emergência. Uma vez emergidos, os insetos eram liberados novamente nas gaiolas da criação da mosca minadora.

2.3. Criação do parasitoide *P. scabriventris*

Os adultos de *P. scabriventris* foram mantidos em gaiolas plásticas teladas (50 cm × 50 cm × 50 cm - largura × altura × comprimento) e alimentados com solução aquosa de mel na concentração de 10 % e água. Para multiplicar os insetos, ofertou-se larvas de 2º e 3º ínstar de *L. sativae* (3º dia de desenvolvimento larval) eram expostas aos adultos por 24h. Após esse tempo, as folhas eram cortadas e acondicionadas em bandejas plásticas de cor branca (26 x 40 cm), com o pecíolo colocado dentro de recipientes plástico com capacidade para 40 mL de água. Posteriormente, as bandejas eram colocadas em uma sala climatizada (25 ± 2°C, 70 ± 10% UR e fotofase de 12h). Após completar o desenvolvimento larval, estas saíam da folha para se transformar em pupa dentro da bandeja. Os pupários obtidos formados eram coletados, com auxílio de um pincel de cerda fina, e acondicionados em recipientes plásticos, vedadas com plástico filme. Após isso, ocorria a emergência dos adultos para serem liberados na gaiola de criação.

2.4. Efeito da temperatura no desenvolvimento das fases imaturos de *P. scabriventris*

Plantas com larvas de segundo ínstar de *L. sativae* foram expostas ao parasitismo por *P. scabriventris*, durante cinco horas, nas condições de 25±2°C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 12 horas. Após esse tempo de exposição ao parasitismo, as folhas foram cortadas e acondicionadas em forma de sanduíche entre dois pratos descartáveis (23 cm diâmetro). Posteriormente, os recipientes contendo as folhas cortadas foram transferidos para câmara climatizada tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) nas temperaturas constantes: 15, 20, 25, 30 e 35°C com precisão ± 1°C, mantidos sob fotoperíodo de 12 h:12 h (L: D) e 70 ± 10%

UR. Após completar o desenvolvimento larval (aproximadamente 24 horas), quando os primeiros pupários foram formados, estes foram acondicionados individualmente em microtubos (1,5 ml), onde permaneceram até a emergência dos adultos. Após oito dias da formação dos pupários, os recipientes foram inspecionados diariamente e avaliados a fim de determinar o momento da emergência de machos e fêmeas de *P. scabriventris*.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (temperaturas) e 200 repetições, onde cada larva/pupa foi uma repetição (unidade experimental). Com os dados de emergência, determinou-se o percentual de parasitoides emergidos, a duração média do período ovo-adulto, bem como a razão sexual para cada uma das temperaturas estudadas.

2.5. Biologia dos adultos e determinação dos parâmetros demográficos de *P. scabriventris*

A partir da criação de *P. scabriventris*, estabelecida em laboratório, foram formados 15 casais com até 48h horas de idade, individualizados em Gaiolas PET (35 x 10,5 cm) contendo uma abertura para aeração (15 x 15 cm) na lateral, na porção superior fechada com plástico filme; na porção oposta, colocou-se um recipiente plástico (500 mL) que serviu como base para dar suporte à planta exposta ao parasitismo. Os insetos foram alimentados com mel diluído em água a 10%, borrifado em uma esponja (5 x 10 cm), trocada diariamente junto com as plantas

As gaiolas, contendo os casais pareados, foram mantidas em câmaras climatizadas, sendo 15 casais para cada temperatura avaliada (15, 20, 25, 30 e 35C \pm 2°C, umidade relativa de 70 \pm 10% e fotofase de 12 horas). Diariamente, foi oferecida por gaiola uma planta/folha contendo 20 larvas de segundo ínstar de *L. sativae* para cada casal formado, até a morte das fêmeas. O tempo de exposição das larvas foi de 24 horas. Após esse período, as plantas foram retiradas das gaiolas e acondicionadas em pratos plásticos, conforme detalhado na seção anterior. Posteriormente, os recipientes contendo as larvas/pupas permaneceram em sala climatizada a 25 \pm 2°C, umidade relativa de 70 \pm 10% e fotofase de 12h até a obtenção dos pupários.

Os pupários foram acondicionados em tubos de ensaio de fundo chato (8 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro), fechados com filme plástico transparente e mantidos nas mesmas condições das larvas até a emergência dos adultos. Ao final do período de emergência, foram contabilizados os números de parasitoides e os pupários intactos foram dissecados para avaliar se foram parasitados ou não. A dissecação foi realizada com auxílio de bisturi e pinça sob um microscópio estereoscópico (Motic) com aumento de 50x.

Os seguintes parâmetros foram avaliados: duração do período ovo-adulto, razão sexual (rs), longevidade de macho e fêmea, número de descendentes (ND), percentual de parasitismo (%P) e percentual de emergência (%E). Estes parâmetros foram obtidos da seguinte forma: Razão sexual (Rs) = (número de fêmeas) / (número de fêmeas + número de machos); Número de descendentes (ND) = número de parasitoides emergidos + número de parasitoides não emergidos; Percentual de parasitismo (%P) = (número de parasitoides) / (número total de pupários) x 100; Percentual de emergência (%E) = (número de parasitoides emergidos) / (número de descendentes) x 100.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (temperaturas), com 15 repetições, sendo cada unidade experimental constituída por um casal de *P. scabriventris*. Os dados dos parâmetros biológicos, obtidos nos estudos da biologia de imaturos e de adultos de *P. scabriventris*, foram utilizados para a construção da tabela de vida de fertilidade.

2.6. Análise estatística

Os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk; quanto à homocedasticidade do resíduo, pelo teste de Hartley e quanto à independência dos resíduos, por análise gráfica.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), constatando-se significância estatística. Os efeitos da temperatura foram avaliados pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). A longevidade (dias) de fêmeas e machos foi analisada por meio da construção das curvas de sobrevivência utilizando o estimador de Kaplan-Meier, as quais foram comparadas pelo teste de *log-rank* (SigmaPlot version 11.0). Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram estimados por meio da técnica de “Jackknife” (MEYER et al., 1986).

3. RESULTADOS

Dentre as temperaturas estudadas, ocorreu desenvolvimento das fases imaturas nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30°C. O tempo máximo de desenvolvimento do imaturo foi de 47 dias na temperatura de 15°C e o tempo mínimo foi de 10 dias a 30°C, com o tempo médio de desenvolvimento variando de $37,20 \pm 1,08$ dias a 15°C e $11,60 \pm 0,91$ dias a 30°C (Figura 1). Em média, o tempo de desenvolvimento (ovo-adulto) de *P. scabriventris* aumentou com a

redução da temperatura. A 35°C, não houve registro de desenvolvimento dos imaturos de *P. scabriventris*.

A razão sexual dos insetos oriundos dos imaturos foi afetada pelas diferentes temperaturas ($F=9,44$; $gl=3$; $P=0,01$) (Tabela 1). Quando compararmos os resultados obtidos em 15 e 20 °C, verificar-se-á que a diferença na produção de fêmeas entre estas temperaturas é de aproximadamente 15 %.

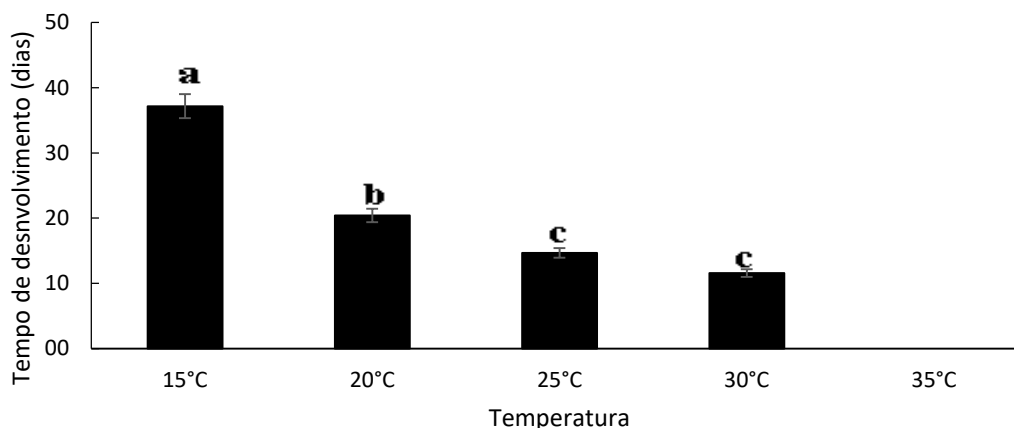


Figura 1. Duração média do desenvolvimento de ovo-adulto de *P. scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* mantidas em diferentes temperaturas, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Colunas seguidas por diferentes letras diferem no teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 1. Duração do período de desenvolvimento ovo-adulto (média \pm erro padrão) de machos e fêmeas e razão sexual de *P. scabriventris* em diferentes temperaturas. Umidade Relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Temperatura (°C)	Tempo de desenvolvimento (dias)		Razão Sexual
	Machos	Fêmeas	
15	33,80 \pm 1,46	37,33 \pm 0,22	0,84 a
20	20,26 \pm 0,11	20,46 \pm 1,09	0,69 b
25	14,24 \pm 0,11	14,79 \pm 0,07	0,75 b
30	11,50 \pm 0,23	11,60 \pm 0,12	0,76 b
35	-	-	-

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste *t* (LSD) ($P < 0,05$).

O número médio de descendentes por fêmea, considerando a soma dos parasitoides emergidos e não emergidos, foi significativamente afetado pela temperatura ($F= 105,1$; $gl= 4$; $P= 0,001$) (Tabela 2). O número de descendentes produzidos por fêmeas de *P. scabriventris* foi maior nas duas temperaturas mais baixas, 15°C e 20°C. O número máximo de descendentes

produzidos por uma única fêmea (491) foi verificado na temperatura de 20°C e quando expostas a 35°C houve fêmeas que não deixaram descendência.

Ocorreram reduções na taxa de parasitismo com o aumento ou diminuição da temperatura, com as maiores médias de parasitismo tendo sido observadas nas temperaturas de 20 e 30°C (Tabela 2). A razão sexual dos parasitoides emergidos variou de 0,48 a 0,65, sendo a maior proporção de fêmeas geradas a temperatura de 35°C (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio de descendentes (emergidos e não emergidos), média do percentual de parasitismo e razão sexual de *P. scabriventris* mantidos em diferentes temperaturas, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 12horas.

Temperatura (°C)	Número de descendentes	Parasitismo (%)	Razão sexual
15	258,4 b	2,09	0,51 ^a
20	342,8 a	4,50	0,50 ^a
25	152,14c	2,22	0,49 ^a
30	240,00 b	3,40	0,48 ^a
35	8,20 d	0,32	0,65b

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste "Tukey" ($p \leq 0,05$).

O parasitismo diário em todas as temperaturas estudadas foi variável e não ultrapassou a quantidade diária de 16,27 larvas durante toda a vida das fêmeas (Figura 1). Na temperatura de 15°C, a maior taxa de parasitismo diário foi de 8,08 larvas com média de parasitismo de 3,53 larvas. A 20°C, foi o tratamento que produziu maior número de descendentes (342,8), com média de 4,79 larvas por dia, com pico de parasitismo registrado no 13° dia de exposição das larvas. Na temperatura de 25°C, o parasitismo diário foi em média de 3,12 larvas e máxima taxa de parasitismo por dia foi de 10,28 larvas. Verificou-se que as fêmeas mantidas a 30°C parasitaram uma média 8,31 larvas por dia, sendo a maior entre todas as temperaturas estudadas, com pico de parasitismo ocorrendo ao 3° dia a 35°C

A taxa de 80% de parasitismo acumulado foi alcançada aos 40°, 43°, 18°, 18° e 2° dia de vida das fêmeas nas temperaturas de 15, 20, 25, 30 e 35°C, respectivamente (Figura 1).

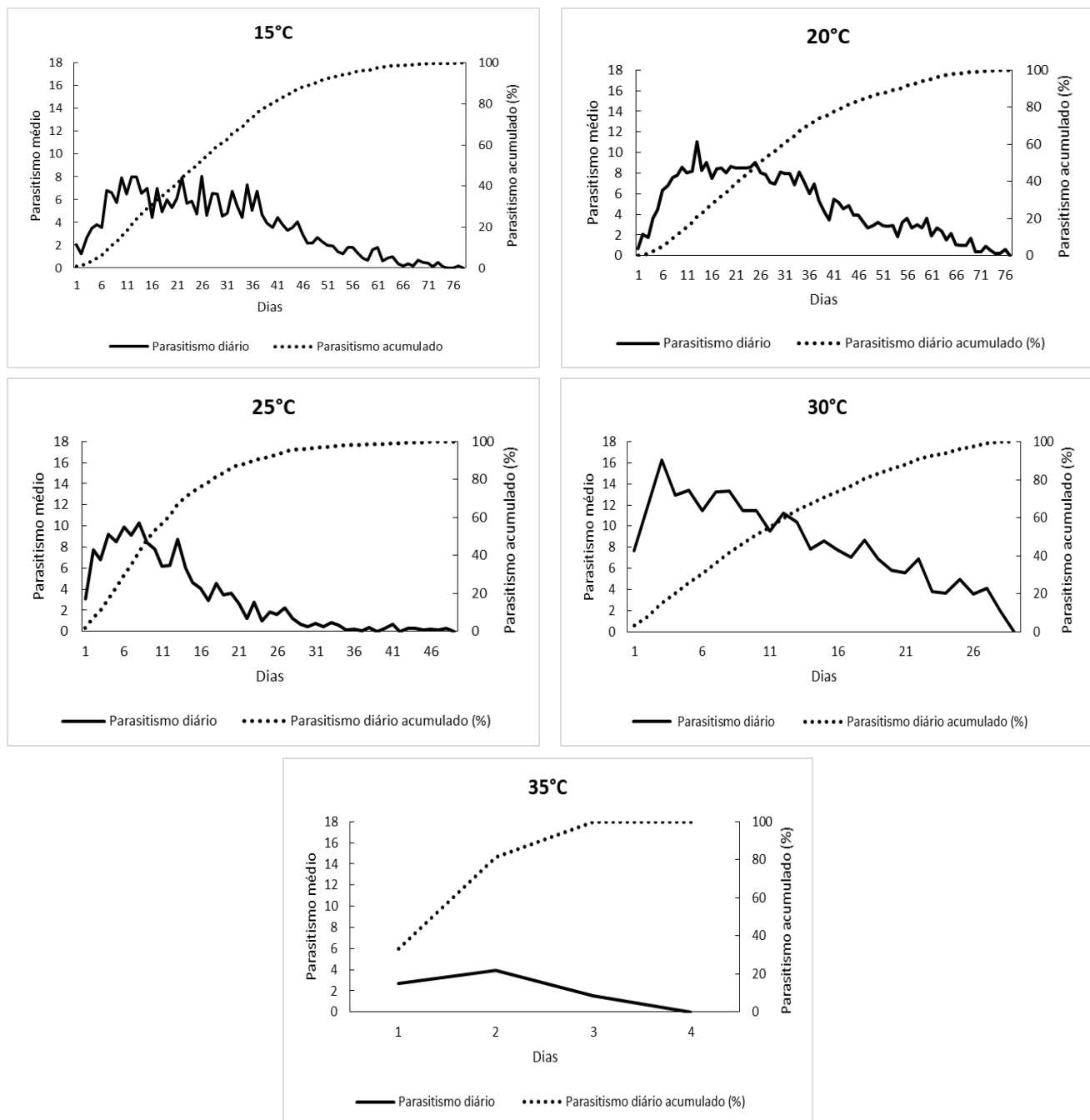


Figura 2. Parasitismo diário e acumulado de *Phaedrotoma scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* em diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30 e 35°C), umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 12 horas.

Em relação à longevidade dos parasitoides, foi verificada diferença significativa tanto em machos ($\chi^2 = 104,32$; $gl = 4$; $P = 0,001$) (Figura 2A) quanto em fêmeas ($\chi^2 = 144,20$; $gl = 4$; $P = 0,000$) (Figura 2B), nas diferentes temperaturas. O tempo médio de vida dos machos variou de 57,13 dias (15°C) a 16,60 dias (35°C) (Figura 2A), ao passo que o tempo médio de vida das fêmeas variou de 100,3 dias (15°C) a 20,57 (35°C).

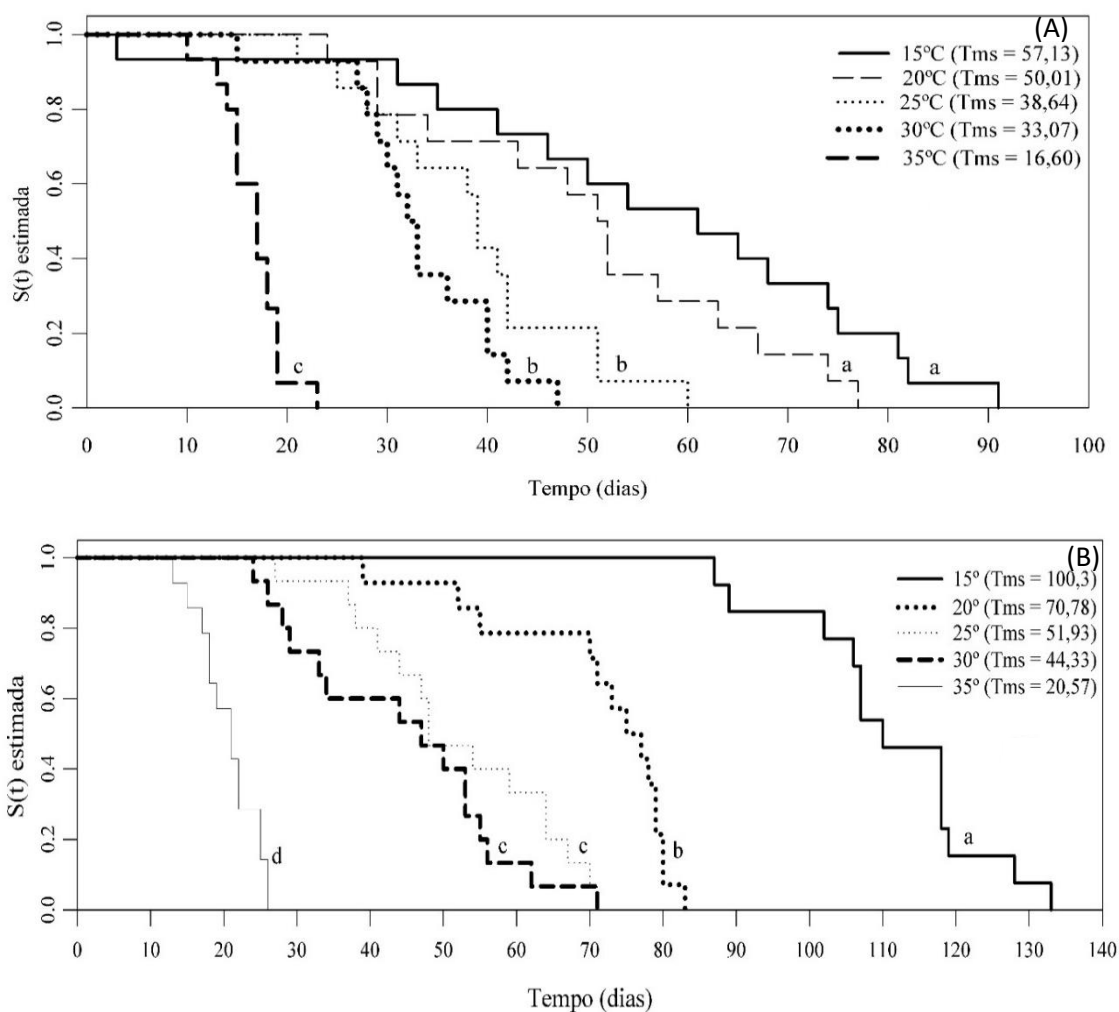


Figura 3. Curvas de sobrevivência de machos (A) e fêmeas (B) de *P. scabriventris* mantidos em diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30 e 35°C) e umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Curvas seguidas pelas mesmas letras, para cada sexo, não diferem entre si pelo teste de Log-Rank (Tms - tempo médio de sobrevivência).

As temperaturas influenciaram na taxa líquida de reprodução R_0 de *P. scabriventris* (Tabela 3). As fêmeas mantidas a 20°C apresentaram acréscimo na R_0 de 252,15% quando comparadas com as fêmeas mantidas a 25°C. A taxa intrínseca de aumento (R_m) variou sob influência das temperaturas estudadas, tendo apresentado seu valor máximo, 0,32, a 25°C.

O intervalo médio entre gerações (IMG) de *P. scabriventris* foi maior nas duas menores temperaturas avaliadas 15°C e 20°C (Tabela 2). O tempo de duplicação da população (T_d) diferiu entre as temperaturas avaliadas, ocorrendo o menor T_d a 25°C. A taxa finita de aumento populacional (λ) também foi influenciada pela temperatura, sendo a razão máxima de crescimento observada a 25°C. Comparando as temperaturas, observou-se que

fêmeas expostas a 25 e 30°C obtiveram acréscimos na razão finita de crescimento (λ), respectivamente de 13,1 e 10,6%, quando comparadas à temperatura de 20 °C.

Tabela 3. Parâmetros da tabela de vida e fertilidade de *P. scabriventris* em larvas-pupas de *Liriomyza sativae* criadas em diferentes temperaturas, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 12horas.

Parâmetros	Tratamentos			
	15°C	20°C	25°C	30°C
R _o	114,32	163,34	74,68	113,07
R _m	0,21	0,20	0,32	0,30
IMG	34,90	38,27	21,30	24,83
Td	3,28	3,43	2,15	2,34
Λ	1,24	1,22	1,38	1,35

R_o: Taxalíquida de reprodução; R_m: Taxa intrínseca de aumento; IMG: Intervalo médio entre geração; Td: Tempo de duplicação da população; λ : Taxa finita de aumento.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos apontam alterações no desenvolvimento das formas imaturas de *P. scabriventris* em resposta às diferentes temperaturas utilizadas. Estas alterações no desenvolvimento também foram constatadas em outros trabalhos envolvendo outras espécies de himenopteros parasitoides de *Liriomyza* spp. (SASAKI; UENO, 2016; COSTA-LIMA et al., 2014; OSCAR, 1989).

No presente trabalho, foi possível identificar desenvolvimento da fase imatura do *P. scabriventris* entre as temperaturas de 15°C a 30°C. Outros parasitoides de regiões tropicais também conseguem completar a fase imatura nessa faixa de temperatura, como os parasitoides larvais *Chrysocharis pentheus* e *Chrysocharis vonones* (Walker) (SASAKI; UENO, 2016; COSTA-LIMA et al., 2014).

É importante ressaltar que a 35°C não houve emergência de *P. scabriventris* nem do seu hospedeiro, *L. sativae*. Após a dissecação dos pupários, foi possível observar apenas alguns exemplares de *L. sativae* malformados. Em trabalho realizado por Costa-Lima (2009), foi verificado desenvolvimento até 32°C para o díptero hospedeiro utilizado neste trabalho.

O tempo de desenvolvimento das formas imaturas de *P. scabriventris* mostrou-se inversamente proporcional às temperaturas estudadas, com exceção da temperatura de 35°C, na qual não ocorreu desenvolvimento. As temperaturas mais elevadas (25°C e 30°C) promoveram

desenvolvimento mais rápido, ao passo que as temperaturas mais baixas (15°C e 20°C) fizeram o parasitoide permanecer mais tempo nos estágios larval e pupal.

Isso ocorre porque a exposição à variação de temperatura pode afetar características biológicas dos insetos, tais como desenvolvimento, sobrevivência, longevidade, fertilidade e fecundidade (KRECHEMER; FOERSTER, 2015). O aumento progressivo da temperatura até determinado limite pode reduzir a duração das fases de desenvolvimento de ovo, larva, pupa e, conseqüentemente, diminuir o ciclo total do inseto; além disso, a redução da temperatura pode prolongar a duração das fases de desenvolvimento, estendendo seu ciclo por mais tempo (MANFREDI et al., 2001).

A exposição a diferentes temperaturas afetou os parâmetros biológicos e demográficos em adultos de *P. scabriventris*. As fêmeas desse braconídeo começaram a ovipositar nas primeiras 24h após a emergência, 80% da oviposição ocorreram por volta do 40º dia de vida das fêmeas, para as temperaturas de 15°C e 20°C. Para as temperaturas de 25°C e 30°C, 80% dos descendentes foram produzidos antes do 20º dia de vida das fêmeas avaliadas.

Para os insetos expostos à temperatura de 35°C, 80% dos descendentes já haviam sido produzidos no segundo dia pós-emergência, no entanto o parasitismo ocorreu apenas nos três primeiros dias após a emergência. Este comportamento de oviposição é comum aos parasitoides sinovigênicos, que emergem com baixa carga de ovos maduros e continuam a maturar seus ovos ao longo de sua vida adulta (WANG et al., 2018).

A maior média de descendentes de *P. scabriventris* por fêmea foi registrada na temperatura de 20°C. Estudos realizados com outras espécies de parasitoides de mosca-minadora, como, por exemplo, *Opius dissitus* (AZAD; ISLAM, 2016) e *Chrysocharis pentheus* (SASAKI; UENO, 2016), apresentaram o maior número de descendentes em temperaturas superiores aos 20°C. Entretanto, em *Diglyphus isaea* (OSCAR, 1989) a maior prole foi observada em uma faixa menor de temperatura, semelhante à encontrada para *P. scabriventris* (15 - 20°C). Segundo Mujica et. al. (2009), *P. scabriventris* é uma espécie tolerante a baixas temperaturas e abundante na região dos Andes, explicando, assim, a maior produção de descendentes a 15 e 20° C.

O índice de parasitismo diário de *P. scabriventris* observado a 25°C (2,22 larvas parasitada por dia) foi inferior ao obtido por Costa-Lima et al. (2019) também em *P. scabriventris* (5,40 larvas parasitada por dia), embora o número total de descendentes tenha se mantido próximo, 152,14 neste trabalho e 196,10.

As oscilações no parasitismo acumulado de *P. scabriventris* ocorreram devido à

variação de temperatura, que pode acelerar ou diminuir a taxa metabólica dos parasitoides e, conseqüentemente, sua fisiologia reprodutiva (JERVIS et al., 2008; JAWORSKI; HILSZCZAŃSKI, 2013).

A razão sexual da progênie de *P. scabriventris* não foi afetada significativamente nas diferentes temperaturas estudadas, flutuando em torno do valor de 0,5 (exceto pela temperatura de 35°C, na qual ocorreu parasitismo apenas durante os três primeiros dias e razão sexual de 0,65). Portanto, a razão sexual de *P. scabriventris* ficou próximo do limite satisfatório, segundo trabalho realizado por Fitz-Earle e Barclay (1989), que é igual ou superior a 0,5.

A razão entre os sexos dos descendentes é muito importante quando se objetiva utilizar um parasitoide como agente de controle biológico: quanto maior for o número de fêmeas, maiores serão o crescimento populacional e o parasitismo, pois os machos não contribuem para mortalidade da praga (HEIMPEL; LUNDGREN, 2000).

Com relação à longevidade de *P. scabriventris*, foi observado que machos e fêmeas de *P. scabriventris* vivem menos na medida em que se aumenta a temperatura. Os machos apresentaram menor tempo de vida do que as fêmeas. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos em *O. dissitus* sobre o mesmo hospedeiro, utilizadas as temperaturas de 20, 24, 28 e 32°C (AZAD; ISLAM, 2016) e em *P. scabriventris* nas temperaturas de 25°C e 30°C (COSTA-LIMA et al., 2019).

A menor longevidade observada na medida em que se eleva a temperatura pode ser atribuída a um aumento da taxa metabólica dos insetos. Como esses organismos possuem reservas de energia limitadas, eles precisam escolher uma estratégia de alocação de energia para reprodução ou sobrevivência (WU et al., 2011; PLOUVIER; WAJNBERG, 2018). Um exemplo dessa necessidade de alocar energia foi observado claramente durante o bioensaio a 35° C. Durante esse bioensaio, *P. scabriventris* cessou sua produção de descendentes após o terceiro dia e destinou suas reservas apenas à sobrevivência.

Os parâmetros demográficos estimados no presente trabalho para a taxa de reprodução líquida (R_0) foram de 163,34 (ponto máximo), obtidos na temperatura de 20°C, indicando que uma população de *P. scabriventris* mantida nesta temperatura tem capacidade de aumentar aproximadamente 165 vezes a cada geração. O decréscimo de R_0 observado nas demais temperaturas pode ser explicado pela ocorrência existência de uma compensação (*trade-off*), conhecida por ser geralmente uma associação negativa entre fecundidade e longevidade, ou seja, para maior produção de descendentes a longevidade dos insetos é reduzida ou o contrário (BLACHER et al., 2017; SNART et al., 2018).

A taxa de reprodução líquida observada em *P. scabriventris* é superior à taxa de reprodução líquida de muitas espécies de parasitoides, como, por exemplo, *Neochrysocharis okazakii* com R_0 de 40,30 utilizando *Liriomyza chinensis* (Kato) como hospedeiro, a 25°C (TRAN; TAKAGI, 2006). A diferença entre os valores de R_0 observada entre *P. scabriventris* e *N. okazakii* pode ser explicada pela maior longevidade e maior número de descendentes gerados por *P. scabriventris* na mesma temperatura usada por (TRAN; TAKAGI, 2006).

A taxa intrínseca de aumento (0,32) obtida a 25°C foi maior do que a R_m de outras espécies de parasitoides de mosca-minadora, como *N. okazakii* (R_m de 0,22) (TRAN; TAKAGI, 2006) e maior que *O. dissitus* (R_m de 0,26) a 24°C, porém menor do que o próprio *O. dissitus* (R_m de 0,38) a 28°C (AZAD; ISLAM, 2016). O índice R_m é uma das principais informações obtidas na determinação dos parâmetros demográficos, pois indica se a espécie será bem-sucedida em um ambiente ou hospedeiro particular: quanto maior for o valor do R_m , melhor será a adaptação da espécie à temperatura do ambiente (PEDIGO; ZEISS, 1996).

O intervalo médio de uma geração (IMG) de *P. scabriventris* apresentou maiores valores nas menores temperaturas, a 20°C foi de 38,27 dias. Em trabalho realizado por Oscar (1989), o IMG verificado foi de 30 dias a 20°C para *D. isaea* criado em *Liriomyza* spp. Isso ocorre porque os insetos são organismos pecilotérmicos, ou seja, regulam a temperatura do corpo de acordo com a temperatura do ambiente e as taxas das reações bioquímicas e processos biológicos tendem a aumentar exponencialmente com a temperatura (ZUO et al., 2012). Portanto, quando a temperatura do ambiente se altera o intervalo médio de uma geração (IMG) também é alterado.

A maior taxa finita de crescimento (λ) da população de *P. scabriventris* foi de 1,38 a 25°C. Azad; Islam (2016), estudando os parâmetros reprodutivos e populacionais de *O. dissitus* em quatro temperaturas distintas em *L. sativae*, obtiveram valores da taxa de crescimento finito entre 1,21 (20°C) a 1,67(32°C).

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados neste estudo, verificou-se que as fases imaturas de *P. scabriventris* se desenvolvem em um gradiente de temperatura de 15 a 30°C. Diante desta informação, é possível acelerar ou retardar o desenvolvimento dos imaturos quando necessário.

Não ocorreu desenvolvimento das fases imaturas de *P. scabriventris* quando os insetos foram mantidos a 35° C. Com relação à fase adulta, foi constatado que *P. scabriventris* é capaz de parasitar o hospedeiro em uma ampla faixa de temperatura (15°C a 35°C).

De acordo com a análise conjunta dos dados da tabela de vida e fertilidade, o melhor desempenho ocorreu a 25°C para todos os parâmetros estudados, exceto a taxa de reprodução líquida, sendo esta a temperatura com melhores resultados para sua multiplicação de *P. scabriventris* em larvas de *L. sativae* em condições de laboratório.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; MENEZES NETTO, A. C.; FILGUEIRA, M. A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.

ARAÚJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; GUIMARÃES, J. A.; MESQUITA, A. L. M.; BRAGA SOBRINHO, R. Controle Biológico de Pragas do Meloeiro. In: BRAGA SOBRINHO R.; GUIMARÃES, J. A.; SOUZA, J. A. D.; TERAPO, D. (org.). **Produção Integrada de Melão**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 201-205.

ARAÚJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, C. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo L.*). **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 579-582, 2013.

AZAD, S.; ISLAM, M. W. Life Table Parameters of *Opius dissitus* Musebeck (Braconidae), A Parasitoid of Leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard. **Advances in Agricultural Science**, v. 4, n. 1, p. 35-43. 2016.

BELLOWS JUNIOR, T. S.; VAN DRIESCHE, R. G.; ELKINTON, J. S. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. **Annual Review of Entomology**, v. 37, p. 587-614, 1992.

BLACHER, P.; HUGGINS, T. J.; BOURKE, A. F. G. Evolution of ageing, costs of reproduction and the fecundity – longevity trade-off in eusocial insects. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 284, n. 1858 p. 1-9, 2017.

CARVALHO, A. R.; BUENO, V. H. R.; SILVA, D. B.; COSTA, V. A. Record of *Diglyphus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) Species in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 2, p. 290-291, 2011.

CHENG, X. Q.; CAO, F. Q.; ZHANG, Y. B.; GUO, J. Y.; WAN, F. H.; LIU, W. X. Life history and life table of the host-feeding parasitoid *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Applied entomology and zoology**, v. 52, n. 2, p. 287-293, 2017.

COSTA-LIMA, T. C.; GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. P. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar no desenvolvimento de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) em *Vigna unguiculata*. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 6, p. 727-733, 2009.

COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Temperature-dependent development of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 245-249, 2014.

COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Comparing Potential as Biocontrol Agents of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae*. **Neotropical Entomology**, Cidade, v. 48, n. 4, p. 660-667, 2019.

DAMASCENO, G. C. C.; DA SILVA, T. C.; TORRIS, A. F.; COSTA, V. A.; LIMA, T. D. C. Influência da temperatura na biologia do parasitoide de mosca-minadora, *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 13, Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018.

FITZ-EARLE, M.; BARCLAY, H. J., Is there an optimal sex ratio for insect mass rearing. **Ecological Modelling**, v. 45, n. 3, p. 205-220, 1989.

GONÇALVES, R. S.; NAVA, D. E.; ANDREAZZA, F.; LISBÔA, H.; NUNES, A. M.; GRUTZMACHER, A. D.; VALGAS, R. A.; MAIA, A. H. N.; PAZIANOTTO, R. A. A. Effect of constant temperatures on the biology, life table, and thermal requirements of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae), a parasitoid of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Environmental Entomology**, v. 43, n. 2, p. 491-500, 2014.

GUIMARÃES, J. A. et al. Manejo integrado de pragas do meloeiro. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERÃO, D. (org.). **Produção Integrada de Melão**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindustrial Tropical, 2008. p. 183-199

GUIMARÃES, J. A.; FILHO, M. M.; OLIVEIRA, V. R.; LIZ, R. S.; ARAUJO, E. L. **Biologia e manejo de mosca minadora no meloeiro**. Comunicação Científica EMBRAPA, 2009.

GUIMARÃES, J. A.; OLIVEIRA, V. R.; MICHEREFF, M.; LIZ, R. S. Ocorrência da mosca minadora sul-americana e seus himenópteros parasitoides em meloeiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 790-794, 2010.

HEIMPEL, G. E.; LUNDGREN, J. G. Sex ratios of commercially reared biological control agents. **Biological Control**, v. 19, n. 1, p. 77-93, 2000.

HERNÁNDEZ, R.; HARRIS, M.; CROSBY, K.; LIU, T. X. *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) and Parasitoid Species on Pepper in the Lower Rio Grande Valley of Texas. **Southwestern Entomologist**, v. 35, n. 1, p. 33-43, 2010.

HERNÁNDEZ, R.; HARRIS, M.; LIU, T-X. Impact of insecticides on parasitoids of the leafminer, *Liriomyza trifolii*, in pepper in south Texas. **Journal of Insect Science**, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2011.

JAWORSKI, T.; HILSZCZAŃSKI, J. The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the expected climate change. **Forest Research Papers**, v. 74, n. 4, p. 345–355, 2013.

JERVIS, M. A.; ELLERS, J.; HARVEY, J. A. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. **Annual Review of Entomology**, v. 53, n. 1, p. 361-385, 2008.

KOX, L. F.; BELD, H. E.; LINDHOUT, B. I.; GOFFAU, L. J. W. Identification of economically important *Liriomyza* species by PCR-RFL analyses. **Bulletin OEPP/EPPO**, v. 35, n. 1, p. 79-85, 2005.

KRECHEMER, F. S.; FOERSTER, L. A. *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Thermal requirements and effect of temperature on development, survival, reproduction and longevity. **European Journal of Entomology**, v. 112, p. 658-663. 2015.

LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, K. M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

MANFREDI, C. S.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M. Exigências Térmicas e Estimativa do Número de Gerações de *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick)(Lepidoptera: Tortricidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 553-557. 2001.

MORGAN, P. B.; WEIDHASS, D. E.; LABRECQUE, G. C. Host-parasite relationship of the house fly, *Musca domestica* L., and the microhymenopteran pupal parasite, *Muscidifurax raptor* Girault and Sanders (Diptera: Muscidae and Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 52, p. 276-281, 1979.

MUJICA, N.; VALENCIA, C.; CARHUAPOMA, P.; KROSCHER, J. *Phaedrotoma scabriventris* (Nixon 1955). In: KROSCHER, J.; MUJICA, N.; CARHUAPOMA, P.; SPORLEDER, M. (org.). **Pest distribution and risk atlas for Africa**. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. Lima (Peru). International Potato Center (CIP), 2016. p. 257-268.

MUJICA, N.; VALENCIA, C.; RAMIREZ, L.; PRUDENCIO, C.; KROSCHER, J. Temperature-dependent development of three parasitoids of the leafminer fly *Liriomyza huidobrensis*. **Annual Report of the International Potato Center, Integrated Crop Management Division**, v. 105, p. 171-177, 2009.

MURPHY, S. T.; LASALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v. 20, n. 3, p. 91–104, 1999.

MUSUNDIRE, R.; CHABI-OLAYE, A.; KRÜGER, K. Host plant effects on morphometric characteristics of *Liriomyza huidobrensis*, *L. sativae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 136, n. 1-2, p. 97-108, 2012.

OSCAR, P. J. M. Temperature effects on the life history of the *eulophid* wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 115, p. 381-397, 1989.

PARRA, J. R. P., BOTELHO, P. S. M., CORRÊA-FERREIRA, B. S., BENTO, J. M. S. Controle biológico: Uma visão inter e multidisciplinar. 2002. In: _____(org.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 125-142.

PEDIGO, L. P.; ZEISS, R. M. Constructing life table for insect populations. In: **Analyses in insect ecology and management**. Iowa State University Press, Iowa. 1966. p. 75–105.

PEREIRA, D. I. P.; SOUZA, J. C.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; REIS, P. R.; SOUZA, M. A. Parasitism level of the leafminer, *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), by the parasitoid *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae), on potato plants intercropped with common bean. **Ciências Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 955-963, 2002.

PLOUVIER, N.W.; WAJNBERG, E. Improving the efficiency of augmentative biological control with arthropod natural enemies: a modeling approach. **Biological Control**, v. 125, p. 121–130, 2018.

RIVERO, A.; WEST, S.A. The physiological costs of being small in a parasitic wasp. **Evolutionary Ecology Research**, v. 4, p. 407–420, 2002.

SANTOS, J. P.; DAL SOGLIO, F. K.; REDAELLI, L. R.; FOELKEL, E. Levantamento e identificação de parasitóides de dípteros minadores em plantas de crescimento espontâneo em pomar orgânico de citros em Montenegro, RS, Brasil. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 75, n. 3, p. 313-319, 2008.

SALVO, A.; VALLADARES, G. Complejo parasítico (Hymenoptera: Parasitica) de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) en haba. **Agriscientia**, v. 12, p. 39-47, 1995.

SASAKI, F.; UENO, T. Development and sex ratio of the parasitoid *Chrysocharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae) on the leaf miner *Liriomyza trifoli* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 61, n. 1, p. 133-139. 2016.

SNART, C. J. P.; KAPRANAS, A.; WILLIAMS, H.; BARRETT, D. A.; HARDY, I. C. W. Sustenance and performance: nutritional reserves, longevity, and contest outcomes of fed and starved adult parasitoid wasps. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 12, p. 1-12, 2018.

SCHUSTER, D. J.; WARTON, R. A. Hymenopterous parasitoids of leaf-mining *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) on tomato in Florida. **Environmental Entomology**, v. 22, n. 5, p. 1118-1191, 1993.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. 2 ed. London: Chapman & Hall, 1995.

TRAN, D. H.; TAKAGI, M. Biology of *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the stone leak leafminer *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae). **Journal-faculty of Agriculture Kyushu University**, v. 51, n. 2, p. 269, 2006.

WANG, X-G.; NANCE, A.; JONES, J. M. L.; HOELMER, K. A.; DAANE, K. M. Aspects of the biology and developmental strategy of two Asian larval parasitoids evaluated for classical biological control of *Drosophila suzukii*. **Biological Control**, v. 121, p. 58–65, 2018.

VAN LENTEREN, J. C.; BALE, J.; BIGLER, F.; HOKKANEN, H. M. T.; LOOMANS, A. J. M. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 609–634, 2006.

WAHYUNI, S.; SUPARTHA, I. W.; UBAIDILLAH, R.; WIJAYA, I. N. Parasitoid community structure of leafminer *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) and the rate of parasitization on vegetable crops in Lesser Sunda Islands, Indonesia. **Biodiversitas**, v. 18, n. 2, p. 593-600, 2017.

WU, G. M.; BARRETTE, M.; BOIVIN, G.; BRODEUR, J.; GIRALDEAU, L. A. Temperature influences the handling efficiency of an aphid parasitoid through body size-mediated effects. **Environ Entomol**, v. 40, p. 737–742, 2011.

ZUO, W.; MOSES, M.E.; WEST, G.B.; CHEN HOU, C. J.H. A general model for effects of temperature on ectotherm ontogenetic growth and development. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1734, p. 1840-1846, 2012.