

TÉCNICA DE CRIAÇÃO E BIOLOGIA DE *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER)
(HYMENOPTERA: FIGITIDAE) SOBRE *Liriomyza sativae* (BLANCHARD) (DIPTERA:
AGROMYZIDAE)

por

FERNANDA FERNANDES PINHEIRO

(Sob Orientação do Professor Elton Lucio de Araujo – UFERSA)

RESUMO

Zaeucoila incompleta (Kieffer) é um parasitoide que se encontra amplamente distribuído na América do Sul, e parasita várias espécies de moscas-minadoras, incluindo *Liriomyza sativae* (Blanchard). Este trabalho determinou o ínstar preferencial para parasitismo, densidade larval, tempo de exposição do hospedeiro e porcentagem de mel na dieta para o parasitismo de *L. sativae* por *Z. incompleta*, bem como as características biológicas do parasitoide sobre *L. sativae*. Os experimentos foram realizados em laboratório e os parâmetros biológicos avaliados em câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotoperíodo de 12:12h (L:E). As larvas de segundo ínstar de *L. sativae* foram preferidas por *Z. incompleta* para o parasitismo. A quantidade de 20 larvas de *L. sativae* e 6h de exposição para o parasitismo por fêmea proporcionou o maior número de descendentes produzidos e a maior proporção de fêmeas na descendência. A dieta na proporção de 50% de mel para adultos resultou em maior número de descendentes, maior proporção de fêmeas e maior longevidade das fêmeas e machos. As fêmeas de *Z. incompleta* produziram, em média, 183,25 descendentes. A média do parasitismo diário foi de 23,3 larvas/dia. Os machos foram mais longevos (48,2 dias) que as fêmeas (41,95 dias). A taxa líquida de reprodução foi de 53,82 fêmeas/fêmea do parasitoide, a taxa intrínseca de crescimento foi de 0,15 fêmea/fêmea*dia,

o tempo médio de uma geração foi de 26 dias, tempo de duplicação foi de 4,51 dias e taxa infinita de aumento foi de 1,16. Assim, os resultados mostram que *Z. incompleta* apresenta sucesso no parasitismo de *L. sativae* e que sua criação sobre esta praga terá sucesso nas condições estudadas parasitando preferencialmente larvas de segundo ínstar de *L. sativae* na densidade de 20 larvas por fêmea do parasitoide.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, melão, mosca-minadora, parasitoide.

REARING TECHNIQUE AND BIOLOGY OF *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER)
(HYMENOPTERA: FIGITIDAE) PARASITIZING *Liriomyza sativae* (BLANCHARD)
(DIPTERA: AGROMYZIDAE)

by

FERNANDA FERNANDES PINHEIRO

(Under the Direction of Professor Elton Lucio de Araujo - UFERSA)

ABSTRACT

Zaeucoila incompleta is a widely distributed parasitoid species across South America continent, as a parasitoid of various leafminer flies, including *Liriomyza sativae* (Blanchard). In this work, we determined the preferential larval instar of the leafminer as a host of *Z. incompleta*, the larval density, host exposure time and percentage of honey in the diet for the parasitism of *Z. incompleta* parasitizing *L. sativae*. Further, biological characteristics of the parasitoid parasitizing *L. sativae* were determined. The experiments were carried out under laboratory conditions of 25 °C, 70 ± 10% R.H. and 12:12h (L:D) photoperiod. Larvae within second instar of *L. sativae* were preferred by *Z. incompleta* for parasitism. The density of 20 larvae of *L. sativae* exposed to the female parasitoid for 6 h resulted in the largest number of offspring and the highest proportion of females in the offspring produced. The solution of 50% (honey: water) promoted production of greater number of offspring and proportion of female and male longevity compared to 0, 10 and 100% honey solution. Females of *Z. incompleta* produced, on average, 183.2 offspring. The average daily parasitism was 23.3 larvae/day. Males lived longer (48.2 days) than females (41.9 days). The fertility life table parameters net of reproductive rate, intrinsic rate of population increase, mean generation time, population doubling time and finite rate of increase were 53.8

females/female, 0.15 female /female*day, 26 days, 4,51 days and 1.16, respectively. Thus, the results indicate that *Z. incompleta* successfully parasite *L. sativae* larvae and can be reared under the studied physical conditions with adult female parasitoid fed 50% honey solution, offering preferentially second instar larvae of *L. sativae* at the density of 20 larvae per female during 6h of exposure.

KEY WORDS: Biological control, melon, leafminer, parasitoid.

TÉCNICA DE CRIAÇÃO E BIOLOGIA DE *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER)
(HYMENOPTERA: FIGITIDAE) SOBRE *Liriomyza sativae* (BLANCHARD) (DIPTERA:
AGROMYZIDAE)

por

FERNANDA FERNANDES PINHEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro – 2020

TÉCNICA DE CRIAÇÃO E BIOLOGIA DE *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER)
(HYMENOPTERA: FIGITIDAE) SOBRE *Liriomyza sativae* (BLANCHARD) (DIPTERA:
AGROMYZIDAE)

por

FERNANDA FERNANDES PINHEIRO

Comitê de Orientação:

Elton Lucio de Araujo – UFERSA

TÉCNICA DE CRIAÇÃO E BIOLOGIA DE *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER)
(HYMENOPTERA: FIGITIDAE) SOBRE *Liriomyza sativae* (BLANCHARD) (DIPTERA:
AGROMYZIDAE)

por

FERNANDA FERNANDES PINHEIRO

Orientador: _____
Elton Lucio de Araujo – UFERSA

Examinadores: _____
Jorge Braz Torres - UFRPE

Elania Clementino Fernandes - UFERSA

DEDICATÓRIA

A minha Mãe, Maria Girleide Fernandes Pinheiro, meu maior exemplo de superação e resiliência, por todo amor e incentivo diário; a meu pai, José Fernandes Pinheiro (In memoriam) por todo amor e carinho; aos meus irmãos Willian e Gustavo por toda alegria compartilhada; ao meu namorado e amigo Assis pelo amor e compreensão nos momentos difíceis.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção e por ser meu refúgio e fortaleza nos momentos difíceis.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) pela realização do curso, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Elton Lucio de Araujo, pela orientação, confiança, incentivo e por ser exemplo de profissionalismo.

Ao meu co-orientador Jorge Braz Torres, pelos ensinamentos repassados, pela orientação, amizade e paciência, e por ser exemplo de dedicação e comprometimento.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) pelos conhecimentos transmitidos e pela amizade.

A Dr. Elania Clementino Fernandes, pelas contribuições para o trabalho, pelos conhecimentos partilhados, e atenção durante minha caminhada em Mossoró-RN.

Ao Dr. Valmir Antônio da Costa do Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, em Campinas, São Paulo, pela identificação dos parasitoides.

Aos meus amigos do programa de pós-graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA).

Ao pessoal do Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em especial a Edivino Lopes, Jasmine Rodrigues, Karolina Rafrana, Marcia Mayara e Rayane Sley por todo carinho e amizade, pelos momentos de descontração, conhecimentos partilhados e auxílio nos experimentos do trabalho.

A minha mãe, Maria Girleide Fernandes Pinheiro, pelo seu apoio e dedicação quando sempre precisei e ao meu namorado Assis, por todo amor, compreensão e paciência.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA.....	5
2 BASES BIOLÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA DE CRIAÇÃO PARA <i>Zaeucoila incompleta</i> (KIEFFER) (HYMENOPTERA: FIGITIDAE).....	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
AGRADECIMENTOS.....	26
LITERATURA CITADA.....	26
3 BIOLOGIA DE <i>Zaeucoila incompleta</i> (KIEFFER) (HYMENOPTERA: FIGITIDAE) PARASITANDO <i>Liriomyza sativae</i> (BLANCHARD) (DIPTERA: AGROMYZIDAE).....	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41

MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
AGRADECIMENTOS.....	50
LITERATURA CITADA.....	51
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Agromyzidae inclui importantes espécies de dípteros minadores (Winkler *et al.* 2010). Nesta família, o gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) destaca-se do ponto de vista agrônomico, constituindo pragas de várias culturas ornamentais e hortícolas.

As moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* estão entre as pragas economicamente importantes de diversas culturas em vários países (Liu *et al.* 2011). Este gênero possui 300 espécies, embora apenas 23 dessas são de importância econômica (Parrella 1987). As três espécies de maior importância presentes no Brasil são *Liriomyza sativae* (Blanchard), *Liriomyza trifolii* (Burgess) e *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Costa-lima *et al.* 2015). Destas, a espécie *L. sativae* tem ocasionado perdas em cultivos de melão (*Cucumis melo* L.) na região Nordeste (Araujo *et al.* 2007, Costa-Lima *et al.* 2009). Além de causarem danos a diferentes culturas em todo o mundo, tais como tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Silva 2013) feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Costa-Lima *et al.* 2009), pepino (*Cucumis sativus* L.) (Basij *et al.* 2011), alface (*Lactuca sativa* L.) (Mou & Liu 2004), batata (*Solanum tuberosum* L.) (Boucher 2010), dentre outras. Ainda, possuem alto nível de polifagia e capacidade de adaptação e distribuição de novas áreas (Araujo 2004).

A presença da mosca-minadora nos cultivos de meloeiro tem sido motivo de grande preocupação para os produtores, pois as infestações iniciam ainda na fase de plântula (Guimarães *et al.* 2009). As injúrias causadas nas plantas estão relacionadas à formação de puncturas de alimentação e oviposição das fêmeas, além de galerias formadas pelas larvas (Parrella 1987). As larvas alimentam do mesófilo foliar, diminuindo a capacidade fotossintética das plantas,

provocando redução no acúmulo de sólidos solúveis totais nos frutos (°Brix), e inviabilizando assim a comercialização da produção (Araujo *et al.* 2007). Infestações da mosca-minadora, também, ocasiona orifícios que favorece a entrada de microrganismos fitopatogênicos oportunistas, que dependendo do nível de infestação, pode provocar ainda o ressecamento e queda das folhas, expondo os frutos à radiação solar (Guimarães *et al.* 2009).

Segundo Parrella (1987), a mosca-minadora é um inseto holometábolo, apresentando os estádios de ovo e larva dentro da folha, de pupa no solo sendo o adulto de vida livre. Araujo *et al.* (2013) conduziram a biologia de *L. sativae* a temperatura de 25 °C, em plantas de meloeiro, e determinaram duração média de 2,7 dias para fase de ovo, 4,1 dias para fase larval e 9,1 dias para fase de pupa, com ciclo de vida aproximadamente 15,9 dias.

Dessa forma, a adoção de estratégias de controle que visem à redução da praga se faz necessária durante todo o ciclo da cultura, como por exemplo: cobertura das ramas com manta TNT (Tecido Não Tecido) durante os primeiros 28 dias da cultura no campo, destruição de restos da cultura logo após a colheita dos frutos e a aplicação de inseticidas sintéticos (Guimarães *et al.* 2009, Costa *et al.* 2018). No entanto, o uso intensivo de inseticidas acarreta uma série de problemas, tais como: contaminação ambiental, intoxicação humana, bem como a mortalidade de inimigos naturais e polinizadores (Carvalho *et al.* 2008).

Uma alternativa que tem se mostrado promissora é a utilização do controle biológico através do uso de parasitoides, que é um dos principais agentes bióticos de mortalidade natural da mosca-minadora (Wharton 1993, Murphy & La Salle 1999, Pereira *et al.* 2002, Petcharat *et al.* 2002).

Segundo Guimarães (2005), o meloeiro abriga naturalmente, uma grande diversidade de inimigos naturais de suas pragas, como parasitoides, predadores e fungos entomopatogênicos. Os insetos entomófagos são os principais agentes de mortalidade biótica no agroecossistema do

meloeiro, sendo de fundamental importância na manutenção do equilíbrio das populações de insetos filófagos. Fernandes (2006) constatou a presença de nove famílias de parasitoides (Braconidae, Mymaridae, Eulophidae, Pteromalidae, Elasmidae, Diapriidae, Figitidae, Scelionidae e Encyrtidae) na cultura do meloeiro, em Mossoró, RN. Os parasitoides (Hymenoptera) Figitidae e Braconidae possuem grande importância econômica, devido ser parasitoides de dípteros fitófagos como: Tephritidae, Lonchaeidae, Agromizidae, Drosophilidae e Anthomyiidae (Quinlan 1979, Ronquist 1994). Eucoilinae é a subfamília que apresenta a maior diversidade de figitídeos com aproximadamente 84 gêneros e 1000 espécies e destes, 50 gêneros e 217 espécies são conhecidos da região Neotropical (Díaz *et al.* 2008).

Segundo Buffington (2009) a tribo Zaeucoilini é composta por 11 gêneros (*Dettmeria* Borgmeier, *Dicerataspis* Ashmead, *Lopheucoila* Weld, *Marthiella* Buffington e *Moneucoela* Dalla Torre & Kieffer, *Moritiella* Buffington, *Penteucoila* Weld, *Preseucoela* Buffington, *Rhabdeucoela* Kieffer, *Tropideucoila* Ashmead, *Agrostocynips* Díaz (Sinonímia de *Zaeucoila*) e *Zaeucoila* (Ashmead). E inclui 40 espécies, onde sua maior diversidade é encontrada na região Neotropical (Buffington *et al.* 2017).

O gênero *Zaeucoila* encontra-se distribuído no Sul do Canadá e Estados Unidos, além dos países da América Central, América do Sul e Caribe. Este gênero possui 12 espécies descritas, dentre estas *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) que já foi registrada em Cuba, Panamá, Brasil, Argentina, Belize, Bolívia, Colômbia, Costa Rica, República Dominicana, Equador, El Salvador, Dominica Guadalupe, Guatemala, Guiana, Honduras México, Nicarágua, Peru, Porto Rico, São Vicente, Granadinas e Trinidad e Tobago (Buffington *et al.* 2017).

A primeira ocorrência de *Z. incompleta* como parasitoide de Diptera no Brasil foi relatado por Marchiori *et al.* (1998), em Itumbiara, Goiás. A espécie *Z. incompleta* é um endoparasitoide, coinobionte, solitário que parasitam entre o primeiro e segundo ínstar de larva e emergem do

pupário (Buffington *et al.* 2017), que vem mostrando potencial para ser utilizado no controle da mosca-minadora na região Semiárida, uma vez que demonstra está bem adaptada as condições climáticas (Araujo, E.L. informação pessoal). Entretanto, um dos maiores entraves para o uso de parasitoides em programas de controle biológico aplicado é a dificuldade de criá-los em laboratório, principalmente quando se cria em hospedeiros naturais (Parra 2002).

De acordo com Parra (2005), a criação de insetos é um grande desafio para a condução de estudos visando, entre outros, ao estabelecimento de práticas para o seu controle. Assim, é evidente a necessidade de estudos de técnicas de criação que possibilitem a manutenção e disponibilidade de indivíduos dessa espécie em laboratório. A criação e multiplicação de insetos são de grande importância para o estudo das pragas e seus métodos de controle. Estabelecer uma metodologia de criação tem sido um dos grandes entraves em trabalhos de biologia e criação de insetos. Além disso, o elevado custo de implantação das biofábricas e a qualidade dos insetos produzidos também são fatores limitantes para as liberações de parasitoides (Carvalho & Nascimento 2002).

Os parasitoides produzidos em grande escala devem ser semelhantes (desde seu comportamento e hábito) aos que são encontrados na natureza, ou seja, que tenham a mesma capacidade de localizar e parasitar seus hospedeiros, mesmo que a população do inseto praga esteja em baixa densidade (Carvalho & Nascimento 2002). Assim, é indispensável a realização de estudos prévios visando conhecer melhor a biologia, ecologia, comportamento, fisiologia e suas interações para uma criação bem-sucedida desses agentes de biocontrole (Parra 2002).

Apesar de demonstrar potencial como agente de controle biológico, pouco se conhece sobre a biologia de *Z. incompleta*. Sabe-se que, utilizam como hospedeiros dípteros Agromyzidae: *Nemorimyza maculosa* (Malloch); *Calycomyza servilis* (Spencer) e *Liryomyza huidobrensis* (Blanchard) (Buffington *et al.* 2017). O conhecimento da biologia de um inseto é de fundamental

importância para se desenvolver estratégias de manejo eficientes, dentro dos conceitos do Manejo Integrado de Pragas (Parra *et al.* 2002).

A temperatura e a umidade relativa são os principais fatores abióticos que interferem nas populações de insetos, sobretudo a temperatura que influencia a taxa de desenvolvimento dos insetos e suas distribuições (Jalali *et al.* 2014, Rehman & Kumar 2018). Além disso, Schneider (2009), também, ressaltou que os fatores ambientais são de grande importância para o desenvolvimento de técnicas de criação massal a fim de viabilizar uma grande produção de inimigos naturais no menor tempo possível.

Assim, pesquisas que visem obter informações sobre uma técnica de criação e a biologia do parasitoide *Z. incompleta* como as condições mais adequadas para seu desenvolvimento, utilização em criações massais e posterior liberação em campo em programa de controle biológico. Diante do exposto, este trabalho objetivou desenvolver uma metodologia de criação e conhecer a biologia de *Z. incompleta* criado sobre larvas-pupas de *L. sativae*, em condições de laboratório, e então fornecer subsídios para decisões futuras sobre um possível programa de controle biológico.

Literatura Citada

Araujo, E.L. 2004. Praga do meloeiro. Rev Fapern 1: 11.

Araujo, E.L. & M.A. Filgueira. 2007. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. Rev. Caatinga 20: 210-212.

Araujo, E.L., C.H.F. Nogueira, A.C. Menezes Netto & C.E.S. Bezerra, C. 2013. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). Cien. Rural 43: 579-582.

Basij, M., A. Askarianzaeh, A, S. Asgari, S. Moharramipou & R. Rafezi. 2011. Evaluation of resistance of cucumber cultivars to the vegetable leafminer (*Liriomyza sativae* Blanchard) (diptera: Agromyzidae) in greenhouse. Chil. J. Agric. Res. 71: 395-400.

- Boucher, S. 2010.** Family Agromyzidae (leaf-mining flies), p. 23-27. In B.V. Brown, A. Borkent, J.M. Cumming, D.M. Woodley & M. Zumbado (eds.) Manual of Central American Diptera. Ottawa: National Research Council. Press, 728p.
- Buffington, M.L. 2009.** Description, circumscription and phylogenetics of the new tribe Zaeucoilini (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae), including a description of a new genus. Syst. Entomol. 34: 162–187.
- Buffington, M.L. & F.E. Gallardo. 2017.** A revision of *Zaeucoila* Ashmead (Hymenoptera, Figitidae), parasitoids of Agromyzidae (Diptera): New species, identity, distributions, and hosts. Proc. Entomol. Soc. Washigton 119: 317-397.
- Carvalho, G.A, N.M. Santos, E.C Pedroso & A.F. Torres. 2008.** Eficiência do óleo de nim (*Azadiractha indica* A. Juss) no controle de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) e *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em couve-manteiga *Brassica oleracea* Linnaeus Var. Acephala. Arq. Inst. Biol. 75: 181-186.
- Carvalho, S.C & A.S Nascimento. 2002.** Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae), p. 165-177. In: Parra, J.R.P, P.A.M. Botelho, B.S. Côrrea-Ferreira & J.M.S Bento, Controle biológico no Brasil: Parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, 609p.
- Costa-Lima, T.C, L.D Geremias & J.R.P Parra 2009.** Efeito da temperatura e umidade relativa do ar no desenvolvimento de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) em *Vigna unguiculata*. Neotrop. Entomol. 38: 727-733.
- Costa-lima, T.C., Silva A.C. & J.R.P Parra 2015.** Moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* (Diptera:Agromyzidae) aspectos taxonômicos e biologia. Série Documentos. Petrolina: Embrapa Semiárido, 36p.
- Costa, E.M, F.E.L Silva & E.L Araujo. 2018.** Effect of aqueous neem seed extract via irrigation on larvae of *Liriomyza sativae* in melon crop. Hortic. Bras. 36: 353-356.
- Díaz, N.B. & J. Pujade-Villar. 2008.** Avances em el conocimiento de las Figitidae neotropicales (Hymenoptera, Cynipoidea), p. 141-158. In J.L. Bousquets & A. Lanteri (eds.), Contribuciones taxonómicas en órdenes de insectos hiperdiversos. UNAM, México D.F., Las prensas de ciencias, 221p.
- Fernandes, D.R.R. 2006.** Inimigos naturais presentes na cultura do meloeiro e sua associação com a mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) na região de Mossoró/Assu. Monografia (Graduação em Agronomia) - UFERSA, Mossoró, 59 p.
- Guimarães, J.A. & E.L. Araujo. 2009.** Biologia e manejo de mosca minadora no meloeiro. Embrapa, 9p (Circular técnica, 77).

- Guimarães, J.A. 2005.** Recomendações para o manejo das principais pragas do meloeiro na região do Semi Árido Nordeste. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 9p (Circular Técnica, 24).
- Jalali M., M. Mehrnejad & D. Kontodimas. 2014.** Temperature dependent development of the five psyllophagous ladybird predators of *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Psyllidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 107: 445-452
- Liu, T., L. Kang, Z. Lei & R. Hernandez. 2011.** Hymenopteran parasitoids and their role in biological control of vegetable *Liriomyza* leafminers, p. 376-403. In T.X Liu & L. Kang (eds), Recent Advances in Entomological Research. Springer, Berlin, Heidelberg, 500p.
- Marchiori, C.H. 1998.** Relação entre a espessura da crosta de placas fecais nas pastagens e a ocorrência de parasitoides de dípteros. Rev. Logos 2: 31-34.
- Mou, B & Y.B Liu. 2004.** Host plant resistance to leafminers in lettuce. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 129: 383-388.
- Murphy, S.T & J. Lasalle. 1999.** Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. Biocontrol News Inf. 20: 91-104.
- Parra, J.R.P & J.M.S. Bento. 2002.** Controle biológico: terminologia, p. 1-16. In J.R.P Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo, Manole, 609p.
- Parra, J.R.P. 2005.** Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológicos. 6ª. ed. Piracicaba, FEALQ, 134p.
- Parrella, M.P. 1987.** Biology of *Liriomyza*. Annu. Rev. Entomol. 32: 201-224.
- Pereira, D.I.P. 2002.** Parasitismo de larvas da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) pelo parasitóide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) na cultura da batata com faixas de feijoeiro intercaladas. Ciênc. Agrotec. 26: 955-963.
- Petcharat, J., L. Zeng, W. Zhang, Z. Xu & Q. Wu. 2002.** Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand: species and their host plants. Songklanakarin J. Sci. Technol. 24: 467-472.
- Quinlan, J. 1979.** A revisionary classification of the Cynipoidea (Hymenoptera) of the Ethiopian zoogeographical region. Bull. Br. Mus. Nat. Hist. 39: 85-133.
- Rehman, S.A. & R. Kumar. 2018.** Scenario of insect pests under changing climatic situations. Int. J. Chem. Stud. 6: 77-81.
- Ronquist, F. 1994.** Morphology, phylogeny and evolution of Cynipoid wasps. Acta Univ. Upsa 38: 1- 29.

Schneider, J.C. 2009. Environmental biology of insect rearing, p. 97-20. In J.C. Schneider (ed.), Principles and procedures for rearing high quality insects. Mississippi State University Mississippi State, MS, 352p.

Silva, A.A, W.R Maluf, J.C. Morais, R. Alvarenga & E.M. Rodrigues. 2013. Resistência a *Myzus persicae* em genótipos de tomateiro com altos teores foliares de aleloquímico. *Bragantia* 72: 173-179.

Winkler, I.S., C.C. Labandeira, T. Wappler & P. Wilf. 2010. Distinguishing Agromyzidae (Diptera) leaf mines in the fossil record: new taxa from the Paleogene of North America and Germany and their evolutionary implication. *J. Paleontol.* 84: 935-954.

Wharton, R.A. 1993. Bionomics of the Braconidae. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 121-143.

CAPÍTULO 2

BASES BIOLÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA DE CRIAÇÃO PARA *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER) (HYMENOPTERA: FIGITIDAE)¹

FERNANDA F. PINHEIRO¹

²Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua
Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil.

¹Pinheiro, F.F. Bases biológicas para o desenvolvimento de uma técnica de criação para *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) (Hymenoptera: Figitidae). A ser submetido.

RESUMO - A mosca-minadora *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) destaca-se como praga de diversas culturas. O controle biológico com parasitoides tem se demonstrado como uma alternativa para o manejo integrado desta praga. Dentre os inimigos naturais associados à mosca-minadora, encontra-se a espécie *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) (Hymenoptera: Figitidae), um endoparasitoide de larva-pupa, coinobionte e solitário. No entanto, pouco se conhece sobre este parasitoide. Portanto, os objetivos desse estudo foram: determinar o ínstar da praga preferencial para parasitismo de *Z. incompleta* (i); conhecer a melhor densidade larval para o parasitismo (ii); determinar o tempo de exposição ideal de larvas para o parasitismo por *Z. incompleta* (iii); e estabelecer a porcentagem ideal de mel na dieta para adultos de *Z. incompleta* (iv). Através desses estudos foi possível observar que: as larvas de segundo ínstar de *L. sativae* foram preferidas para o parasitismo; a densidade de 20 larvas de *L. sativae* por fêmea proporcionou o maior número de descendentes; o tempo de exposição das larvas de 6h proporcionou a produção de maior número de parasitoides e maior proporção de fêmeas na descendência; e a dieta composta de 50% de mel permitiu a produção de maior número de descendentes, razão sexual e longevidade das fêmeas e machos. Essas são informações importantes para a criação de *Z. incompleta* em larvas da mosca-minadora *L. sativae*.

PALAVRAS-CHAVE: Mosca-minadora, criação em laboratório, densidade de hospedeiro, preferência de hospedeiro, dieta

BIOLOGICAL BASIS FOR DEVELOPING A REARING TECHNIQUE OF *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER) (HYMENOPTERA: FIGITIDAE)

ABSTRACT – The leafminer fly *Liriomyza sativae* (Kieffer) stands out as pest of different cultivated plant species. Biological control with parasitoids has been proved to be a promising alternative within the tools for integrated management of leafminers. Among the parasitoids of leafminer flies, we have the coinobiont, solitary, endoparasitoid of larva-pupa *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) (Hymenoptera: Figitidae). Despite that, little information is available about the biology this parasitoid species. Thus, this study was conducted to determine the preferred larval instar for parasitism of *Z. incompleta* (i); to know the best larval density for parasitism (ii); to determine the ideal exposure time of the host larvae to parasitism by *Z. incompleta* (iii); and to establish the ideal percentage of honey in the diet for adults of *Z. incompleta* (iv). The results indicated the second instar larvae of *L. sativae* as the preferred host age for parasitism; the density of 20 larvae of *L. sativae* per female provided the largest number of offspring; the exposure time of 6h larvae provided the production of a greater number of parasitoids and a higher proportion of females in the offspring. Furthermore, female parasitoid fed 50% honey: water produced greater number of offspring and lived longer than fed with 0, 10 and 100% honey: water diet. These findings will support a better rearing of *Z. incompleta* parasitizing *L. sativae*.

KEY WORDS: Leafminer parasitoid, laboratory rearing, host density, host preference, diet

Introdução

A mosca-minadora *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) se destaca como uma das principais pragas de diversas culturas (Chandler & Thomas 1983, Parrella 1987). As perdas são oriundas de injúrias diretas e indiretas ocasionadas as folhas, e, conseqüentemente redução da área fotossintética. Como resultado, há redução do tamanho e qualidade dos frutos de plantas atacadas, tornando-os de baixo valor para a comercialização (Haghani *et al.* 2007, Araújo *et al.* 2013).

Dentre os métodos de controle de *Liriomyza* pode-se destacar o controle biológico, onde já foi constatada a efetividade de parasitoides na regulação natural de populações dessa praga em cultivos agrícolas (Lorini & Foerster 1985, Gravena & Benvenga 2003). No Brasil, alguns estudos foram realizados visando avaliar o parasitismo em espécies da mosca-minadora, em diferentes cultivos (Lorini & Foerster 1985). Em levantamentos recentes, o parasitoide *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) foi observado parasitando *L. sativae* no Semiárido brasileiro (Araujo, E.L. informação pessoal). No entanto, poucas são as espécies de parasitoide de *Liriomyza* que tem sua técnica de criação conhecida, como por exemplo, temos *Dacnusa sibirica* (Telenga) (Hymenoptera: Braconidae) (Minkenbergh 1990), *Neochrysocharis* sp. (Saleh *et al.* 2010) e *Opius scabriventris* (Nixon) (sinonímia de *Phaedrotoma scabriventris*) (Costa-Lima *et al.* 2019).

A criação eficiente de parasitoides, em laboratório, depende de muitos fatores que afetam o seu potencial de reprodução. Deve-se atentar para os fatores abióticos (temperatura, umidade relativa e luz) e bióticos (acasalamento, oviposição e alimentação dos adultos) para melhor desenvolvimento das criações (Parra 2000). Gonçalves *et al.* (2016) recomendaram que seja evitado o superparasitismo no processo de criação do parasitoide, uma vez que o superparasitismo reduz a produção de descendentes, bem como a redução do número de fêmeas na descendência.

Apesar do potencial do uso de *Z. incompleta* no manejo da mosca-minadora, são raras as

informações disponíveis que possibilitem o estabelecimento de sua criação de forma contínua e com qualidade. Às raras informações existentes sobre *Z. incompleta* são restritas à sua distribuição e revisão taxonômica. Assim, é evidente a necessidade de estudos que visem estabelecer uma técnica de criação para *Z. incompleta*. Portanto, os objetivos desse estudo foram: Determinar o ínstar preferencial para parasitismo de *Z. incompleta*; conhecer a melhor densidade larval para o parasitismo de *Z. incompleta*; Derminar o tempo de exposição ideal de larvas para o parasitismo de *Z. incompleta*; e determinar a porcentagem ideal de mel na dieta de adultos de *Z. incompleta*.

Material e Métodos

Criações dos Insetos. Os exemplares da mosca-minadora utilizados nesse estudo foram provenientes das populações existentes no Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA, Mossoró (RN), Brasil. As populações são mantidas sob temperatura de 25 ± 2 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12h.

Para manutenção da criação da mosca-minadora foram utilizadas plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.). Para isso, sementes de feijão-de-porco eram semeadas em bandejas de 162 células de polietileno (JKS Industrial, Guarulhos, São Paulo), contendo como substrato, fibra de coco Golden Mix[®] (Amafibra[®], Nogueira, São Paulo), para a produção das plantas. As plantas eram mantidas em casa de vegetação até atingir o tamanho ideal de 25cm. Ao atingir este desenvolvimento vegetativo, cerca de 15 dias após a semeadura, as plantas eram transferidas para bandejas de polietileno (30 células) e levadas para o laboratório, onde eram submetidas à infestação da mosca-minadora *L. sativae* em gaiolas de madeira (50 x 50 x 50 cm), revestidas com tela anti-afídeo. Cada gaiola de criação recebia cerca de sete a oito plantas de feijão-de-porco, onde permaneciam por 24 h para oviposição/infestação. Após esse período de exposição à

oviposição, as plantas eram levadas para a casa de vegetação, onde permaneciam por quatro dias, até ocorrer o desenvolvimento larval. Posteriormente, as folhas infestadas eram destacadas das plantas e levadas para o laboratório, onde os seus pecíolos eram imersos em água, em recipientes de plásticos com capacidade para 40 mL (para manter a turgescência da folha). Esses recipientes contendo as folhas infestadas por larvas eram colocados em bandejas plásticas de 26 x 40 cm (largura x comprimento) dispostas em estantes metálicas (1,90 m de altura x 30 cm de largura). Após a saída das larvas e formação dos pupários, estes eram coletados e acondicionados em placas de Petri coberto com filme plástico onde permaneciam até a emergência dos adultos. Os adultos emergidos eram liberados nas gaiolas de criação para início da nova geração de acordo com a metodologia descrita em Araujo *et al.* (2007b).

A população de *Z. incompleta* existente no laboratório foi estabelecida a partir da coleta de larvas de *L. sativae* parasitadas em plantas de feijão de porco e meloeiro, no município de Mossoró, RN (4° 53' 36,8" S e 37° 21' 55,1" W e 16m de altitude). A criação de *Z. incompleta* foi realizada com os adultos sendo alimentados com mel diluído em água a 10%, borrifados em uma esponja (5 x 10cm) e diariamente plantas de feijão-de-porco infestadas com larvas da mosca-minadora eram ofertadas ao parasitoide, com base na metodologia de criação de outros parasitoides agromizídeos (Buffington *et al.* 2017).

A confirmação do nome da espécie foi realizada pelo Dr. Valmir Antônio Costa, pesquisador do Instituto Biológico, Campinas, SP. Os espécimes “voucher” estão depositados na coleção de Insetos Entomófagos “Oscar Monte” do Instituto Biológico (Campinas, SP).

Experimento 1: Parasitismo de *Zaeucoila incompleta* em Função da Idade do Hospedeiro *Liriomyza sativae*. Foram realizados testes com chance e sem chance de escolha, onde foram utilizados casais de *Z. incompleta* com quatro dias de idade, acasalados e sem experiência de parasitismo. Os casais foram sexados (fêmeas possuem 13 antenômeros e os machos 15) e

confinadas em gaiolas plásticas (12 cm de diâmetro × 25 cm de altura) (Fig. 1C), contendo uma abertura para aeração (15 x 15 cm) na lateral. Na parte inferior colocou-se uma esponja ($\varnothing = 15$ cm) que serviu como base para dar suporte a planta contendo as larvas para o parasitismo. Os insetos foram alimentados com mel diluído em água a 10%, borrifadas em uma esponja vegetal (1,5 x 1,5 cm) Spontex® (Spontex®, Ilhéus, Bahia) que eram trocadas, diariamente, junto com as plantas.

Para o teste com chance de escolha, as plantas contendo 20 larvas de *L. sativae* de cada um dos três instares (Fig. 1A) foram expostas ao mesmo tempo ao parasitismo de *Z. incompleta* por um período de 24h. As plantas foram fixadas em esponja no piso da gaiola de forma equidistante entre si (Fig. 1A).

Após a exposição ao parasitismo, as plantas contendo as larvas de primeiro e segundo instares foram devidamente identificadas e levadas para a casa de vegetação para completar o seu desenvolvimento. As plantas com larvas de terceiro instar foram retiradas das gaiolas e acondicionadas de forma individualizada em recipientes plásticos ($\varnothing = 23$ cm de diâmetro) e mantidos em uma sala climatizada (25 ± 2 °C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h) até a obtenção dos pupários. Após dois dias na casa de vegetação, as plantas infestadas com as larvas de primeiro e segundo instares tiveram as folhas coletadas e levadas para o laboratório, para a coleta dos pupários. Os pupários obtidos foram acondicionados em tubos de vidro de fundo chato (8 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro), fechados com filme plástico transparente e mantidos nas mesmas condições que as larvas até a emergência dos adultos. Ao final do período de emergência foi contabilizado o número de parasitoides. Os pupários intactos foram dissecados para avaliar se estavam parasitados ou não. A dissecção foi realizada com auxílio de bisturi e pinça sob um microscópio estereoscópico (Motic) com aumento de 50x.

No teste sem chance de escolha, os parasitoides foram confinados com larvas de cada ínstar por vez (Fig. 1B). O número de larvas de cada ínstar, o tempo de exposição das larvas e os procedimentos para o desenvolvimento larval foram conduzidos conforme descrito para o teste com chance de escolha.

Com os dados obtidos foram determinados: o número de descendentes (ND), razão sexual (RS), porcentagem de emergência (E) e porcentagem de parasitismo (P). O número de descendentes foi obtido somando o número de parasitoides emergidos. A razão sexual (RS) foi calculada utilizando a equação: $RS = (\text{número de fêmeas emergidas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos emergidos})$. Para a determinação da porcentagem de emergência foi utilizada a seguinte equação: $E (\%) = (\text{número de parasitoides emergidos} / \text{total de pupas parasitadas}) \times 100$. A porcentagem de parasitismo foi obtida através da equação: $P = (\text{número de parasitoides} / \text{número total de pupários}) \times 100$.

Experimento 2: Densidade Larval para Parasitismo de *Zaeucoila incompleta*. Fêmeas com quatro dias de idade do parasitoide, acasaladas e sem experiência de parasitismo foram pareadas com um macho em gaiolas plásticas (12 cm de diâmetro × 25 cm de altura), sendo alimentadas com mel a 10%, conforme descrito no Experimento 1. O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos constituídos por diferentes densidades larvais: 10, 20, 30 e 40 larvas de *L. sativae* (Fig. 3), com 15 repetições, sendo cada repetição constituída por um casal de *Z. incompleta*. A forma e o tempo de exposição, bem como o processo de manutenção das larvas após a exposição aos casais e obtenção dos adultos foram realizadas conforme descrito no Experimento 1.

Experimento 3: Determinação do Tempo de Exposição Ideal de Larvas ao Parasitismo por *Zaeucoila incompleta*. Fêmeas com quatro dias de idade, acasaladas e sem experiência de parasitismo foram individualizadas em gaiolas (12 cm de diâmetro × 25 cm de altura) e

alimentadas conforme descrito no Experimento 1. Este estudo foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos representados por quatro intervalos de exposição das larvas ao parasitismo (3, 6, 9 e 24h), com 15 repetições, sendo cada repetição constituída por um casal de *Z. incompleta*. A exposição das larvas aos parasitoides por diferentes períodos foi conduzida empregando a mesma metodologia descrita no Experimento 1, para o parasitismo e coleta de pupários parasitados ou não.

Experimento 4: Resposta Biológica de *Zaeucoila incompleta* a Dieta Composta de Mel.

Fêmeas com 24h de idade, acasaladas e sem experiência de parasitismo foram pareadas com um macho em gaiolas plásticas (12 cm de diâmetro × 25 cm de altura). Os tratamentos foram constituídos por diferentes proporções de mel, diluídos em água destilada: 10, 50 e 100% e água, ofertadas aos casais de *Z. incompleta*. Foi empregado delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (0, 10, 50 e 100% de mel na dieta), com 15 repetições, sendo cada repetição constituída por um casal de *Z. incompleta*. Os insetos foram alimentados com as respectivas dietas de mel e água borrifadas em uma esponja vegetal (1,5 x 1,5 cm) (Spontex[®], Ilhéus, Bahia) que era trocada diariamente junto com as plantas. A forma e o tempo de exposição, bem como o processo de manutenção das larvas após a exposição, e avaliação do parasitismo foram realizados como descrito no Experimento 1.

Análises Estatísticas. Os dados do experimento com chance e sem chance de escolha visando determinar a preferência de parasitismo entre os três instares larvais da mosca-minadora foram empregados para a obtenção das médias e respectivos intervalos de confiança (IC) a 95% de probabilidade. Devido à falta de independência de erros entre os tratamentos (idades da larva com oferta das larvas simultaneamente), os resultados foram comparados pela regra de sobreposição do IC a 95% de probabilidade, em que médias com IC sobrepondo não diferem estatisticamente (Di Stefano 2005).

No experimento 2, os dados foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) (SAS Institute 2002), sendo os resultados de N° de descendentes transformados em raiz quadrada ($x + 0,5$). Assim, o número de descendentes por fêmea, parasitismo e emergência durante cinco dias de parasitismo foram submetidos à análise de variância (Proc ANOVA, SAS Institute 2002) e as médias dos tratamentos separadas pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). Os dados de porcentagem de parasitismo, taxa de emergência e número de descendentes foram submetidos análise de variância pelo Proc Reg do SAS (SAS Institute 2002), considerando porcentagem de parasitismo, taxa de emergência e número de descendentes produzidos como variáveis dependentes em função da densidade diária de larvas ofertadas como variável independente. O modelo selecionado foi aquele em que todos os parâmetros foram significativos e com maior coeficiente de determinação.

No experimento 3, os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk; quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett (SAS Institute 2002), os dados de (N° de descendentes, parasitismo e emergência) produzidos durante cinco dias não necessitaram transformação e foram submetidos à análise de variância (Proc ANOVA, SAS Institute 2002) e as médias de tratamentos separadas pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). Os dados de taxa de emergência e número de descendentes foram submetidos análise de variância pelo Proc Reg do SAS (SAS Institute 2002), considerando taxa de emergência e número de descendentes produzidos como variáveis dependentes em função do tempo de exposição como variável independente. O modelo selecionado foi aquele em que todos os parâmetros foram significativos e com maior coeficiente de determinação.

No experimento 4, os dados de porcentagem de parasitismo, número de descendentes e taxa de emergência foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk; quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett (SAS Institute 2002), os dados de (número de descendentes,

parasitismo e emergência) não necessitaram transformação e foram submetidos à análise de variância (Proc ANOVA, SAS Institute 2002) e as médias de tratamentos separadas pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). Os dados de número de descendentes foram submetidos análise de regressão pelo (SAS Institute 2002), considerando número de descendentes produzidos como variáveis dependentes em função das proporções de mel na dieta como variável independente. O modelo selecionado foi aquele em que todos os parâmetros foram significativos e com maior coeficiente de determinação. 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 serão comparadas pelo teste de Log-rank a 5% de probabilidade pelo proc lifetest do SAS (SAS Institute 2002).

Resultados

Experimento 1 – Parasitismo de *Zaeucoila incompleta* em Função da Idade do Hospedeiro *Liriomyza sativae*. O instar larval de *L. sativae* afetou o número médio de larvas parasitadas no teste com chance de escolha (Tabela 1). Larvas de primeiro e segundo instares proporcionaram maior número de descendentes de *Z. incompleta*, enquanto em relação a porcentagem de emergência, o melhor desempenho foi observado com larvas de segundo instar (Tabela 1). No teste sem chance de escolha, o instar larval de *L. sativae* não afetou o número médio de larvas parasitadas (Tabela 1). Contudo, o número médio de descendentes e porcentagem de emergência foi maior quando se ofertou larvas de segundo e terceiro instares (Tabela 1).

A idade da larva da mosca-minadora não afetou a razão sexual dos parasitoides produzidos no teste com chance de escolha, sendo obtidos valores próximos 50% de fêmeas para os três instares larvais (Tabela 1). No teste sem chance de escolha, maior proporção de fêmeas foi observada na descendência de larvas de terceiro instar (Tabela 1).

O parasitismo foi variável em ambos os testes com chance e sem chance de escolha em função da idade das larvas (Tabela 1). No teste com chance de escolha maior parasitismo foi observado em larvas de primeiro e segundo instares, enquanto no teste sem chance de escolha o maior parasitismo foi observado em larvas de segundo ínstar (Tabela 1).

Experimento 2 - Densidade Larval para Parasitismo de *Zaeucoila incompleta*. O número de larvas de *L. sativae* expostas ao parasitismo afetou a taxa de parasitismo de *Z. incompleta* ($F=16,25$; $P < 0,0001$), bem como o número de descendentes produzidos ($F = 5,55$; $P < 0,002$) (Fig. 4). A taxa de parasitismo foi maior na proporção de 1:10 parasitoide/larvas em relação as densidades larvais de 1:20, 1:30 e 1:40. Contudo, o maior número de descendentes foi registrado na proporção de 1 fêmea para 20 larvas, com média de 55,8 descendentes (fêmea/dia), seguido da proporção de 1:40, 1:30 e 1:10 fêmea do parasitoide/larvas, respectivamente.

Em relação a taxa de emergência, foi observado efeito significativo nas diferentes densidades de larvas ofertadas ($F = 4,13$; $P < 0,01$). A maior porcentagem foi verificada na proporção de 1 fêmea para 20 larvas, com 73,3% (Fig. 4). A razão sexual variou de acordo as densidades de larvas, sendo observada a menor e maior razão sexual de 0,31 e 0,53 na proporção de fêmea do parasioide por larvas da mosca-minadora de 1:10 e 1:30.

Experimento 3: Determinação do Tempo de Exposição Ideal de Larvas ao Parasitismo por *Zaeucoila incompleta*. A porcentagem de parasitismo de larvas de *L. sativae* não variou em função do tempo de exposição das larvas as fêmeas de *Z. incompleta* ($F = 2,10$; $P = 0,1537$), com média de $52,4 \pm 2,46\%$ de parasitismo. Contudo, a produção de descendentes foi influenciada pelo tempo de exposição de forma exponencial, apresentando um significativo aumento no número de descendentes produzidos entre os tempos de 3 e 6h (40,2 para 59,1 descendentes por fêmeas), enquanto nos tempos acima de 6h, não diferiram (Fig. 5). Também, a taxa de emergência dos parasitoides aumentou em função do tempo de parasitismo, de forma linear (Fig. 5).

A razão sexual de *Z. incompleta* em função do tempo de exposição das larvas, apresentou uma maior proporção de fêmeas no tempo de 6 e 24 horas.

Experimento 4 – Resposta biológica de *Zaeucoila incompleta* a Dieta Composta de Mel. As diferentes proporções de mel na dieta ofertada as fêmeas de *Z. incompleta* não influenciaram sua taxa de parasitismo ($F= 0,44$; $P = 0,722$), com resultados variando de 24,9 a 32,2%. Da mesma forma, o alimento não afetou a taxa de emergência ($F = 0,78$; $P = 0,3822$), que variou de 52,5 a 72,5%. Também, a razão sexual dos descendentes foi de 40 a 73%. Por outro lado, o número de descendentes produzidos foi afetado pela dieta das fêmeas ($F = 9,04$; $P < 0,0001$), com maior produção de descendentes observada para fêmeas alimentadas com a dieta contendo 50% de mel (Fig. 6).

A longevidade de *Z. incompleta* alimentada com a dieta composta de diferentes proporções de mel foi variável tanto para fêmeas como para machos (Fig. 7). Ainda, independente da proporção de mel na dieta, fêmeas e machos viveram significativamente mais que aqueles alimentados apenas com água (Fig. 7). Contudo, entre as dietas com diferentes proporções de mel, fêmeas e machos apresentaram melhor desempenho quando alimentados com a dieta de 50% de mel (Fig. 7).

Discussão

Experimento 1. Parasitismo de *Zaeucoila incompleta* em Função da Idade do Hospedeiro *Liriomyza sativae*. Os resultados obtidos demonstram a preferência de *Z. incompleta* por larvas de segundo ínstar de *L. sativae*. Geralmente, são utilizados aspectos biológicos em testes com chance e sem chance de escolha para definir o ínstar preferencial de um inimigo natural (Parra 2005, Chien & Chang 2012, Poncio *et al.* 2018).

O comportamento de parasitar preferencialmente instares iniciais de agromizídeos já foi registrado para outras espécies do gênero *Zaeuolia* (Buffington *et al.* 2017). Em contraste, parasitoides da família Eulophidae preferem ovipositar em larvas de terceiro ínstar de *Liriomyza*, como ocorre com *D. isaea* e *N. formosa* (Chien & Ku 2001, Hansson & Navone 2017). Independente da idade da larva parasitada, a emergência ocorre na fase de pupa da mosca. A preferência por parasitar larvas de segundo ínstar possivelmente está relacionada com a especificidade da biologia reprodutiva do parasitoide em relação a maturação do hospedeiro, que busca sincronizar o tempo necessário para o desenvolvimento adequado das formas imaturas do parasitoide com o hospedeiro (Jervis *et al.* 2008). O conhecimento e a utilização do ínstar preferencial é fundamental para o sucesso e eficiência do sistema de criação de *Z. incompleta*.

Do ponto de vista bioecológico o ínstar ideal do hospedeiro e, conseqüentemente, seu tamanho vai proporcionar melhor sobrevivência e emergência dos parasitoides. Além disso, as fases imaturas do parasitoide necessitam de quantidade e qualidade de recursos nutricionais, que provavelmente só serão fornecidas pelo ínstar e tamanho ideal do hospedeiro. Caso contrário, submetidos a quantidade e qualidade nutricional desfavorável, o parasitoide completa seu ciclo, porém gera adultos menores ou com menor fecundidade (Fellowes *et al.* 2005, Silva-Torres *et al.* 2009).

Experimento 2. Densidade Larval para Parasitismo de *Zaeucoila incompleta*. A resposta de parasitismo em função da densidade de hospedeiros pode ser influenciada por várias características, uma delas é a limitação diária de ovos disponíveis para serem depositados (Jervis *et al.* 2008). Este fato é observado com *Z. incompleta* que obteve a maior taxa de parasitismo com 10 larvas de *L. sativae*, e uma decrescente taxa de parasitismo nas maiores densidades de hospedeiros. Por outro lado, quando analisada a produção de descendentes, o maior desempenho de parasitismo em função da densidade de larvas foi obtido na densidade de 20 larvas, pois nesta

densidade além de alta taxa de viabilidade do parasitismo, também, obteve-se a maior produção de descendentes e similar proporção de fêmeas na descendência. Portanto, observa-se que fêmeas de *Z. incompleta* apresentou um balanço positivo para o seu desempenho quando criadas na densidade de 20 larvas de *L. sativae* e expostas por 6h ao parasitismo.

A determinação da densidade ideal de hospedeiros por fêmea é fundamental para estabelecer um sistema de criação bem-sucedido e, economicamente viável, pois a oferta de hospedeiros acima da capacidade diária de parasitismo das fêmeas tem como consequência o desperdício de material biológico. Em contraste, a oferta de hospedeiros abaixo da densidade ideal de parasitismo é prejudicial em sistemas de criação. Isto porque pode acarretar superparasitismo resultando em parasitoides menores, com anomalias e, principalmente, menor quantidades de parasitoides produzidos (Keasar *et al.* 2006; Silva-Torres *et al.* 2009).

Experimento 3. Determinação do Tempo de Exposição Ideal de Larvas ao Parasitismo por *Zaeucoila incompleta*. O maior sucesso de parasitismo associado ao tempo de exposição está relacionado ao tempo de procura do hospedeiro. Contudo, neste estudo, o tempo de procura deve ter pouca influência devido ao confinamento. Assim, o tempo de exposição para a obtenção do máximo de parasitismo está diretamente relacionado com a manipulação do hospedeiro em si. Caso, o hospedeiro seja adequado, ocorre então o parasitismo. A exposição de larvas de *L. sativae* a *Z. incompleta* mostra que 6 horas correspondem ao tempo suficiente para proporcionar maior produção de descendentes, maior porcentagem de parasitismo e emergência. Diferente do esperado que talvez maior tempo de exposição (24h) aumentaria o parasitismo e a produção de descendência não ocorreu. Isto talvez pelo fato do fotoperíodo de 12:12h, sendo que a maior parte do tempo excedente, acima de 9h de luz, tenha sido de escuro, quando o parasitoide não possui atividade. Portanto, o tempo de exposição de 6 horas durante a fotofase é o suficiente para *Z. incompleta* parasitar e produzir o seu máximo de descendentes no curso diário de criação.

Experimento 4. Resposta biológica de *Zaeucoila incompleta* a Dieta Composta de Mel. Em criações de laboratório, a fonte de carboidrato mais comumente utilizada são soluções de mel como testada neste estudo. Os resultados mostram que há diferença entre as dietas testadas mostrando que a adição de mel à água é adequada para a criação de *Z. incompleta*. De forma semelhante, os parasitoides de agromizídeos, *N. formosa* e *Diglyphus isaea* (Walker), também apresentaram maior longevidade e fecundidade quando alimentados com os monossacarídeos (Glicose e frutose) e dissacarídeos (sacarose) (Wang *et al.* 2012b). Além disso, a dieta com 50% de mel proporcionou uma maior longevidade aos adultos de *Z. incompleta* quando comparado com as demais dietas. Em criações massais de parasitoides, a capacidade de sobrevivência é um dos requisitos do controle de qualidade (Carneiro *et al.* 2009). Além disso, a maior longevidade representa uma característica favorável à espécie, pois confere às fêmeas dos parasitoides maior tempo de busca por hospedeiros em campo, em condições de escassez dos mesmos (Foerster *et al.* 1999).

As fêmeas de *Z. incompleta* são espécies sinovigênicas, ou seja, além de nutrientes ricos em carboidratos, precisam também de lipídios para oogênese e maturação dos ovos ao longo de sua vida. Segundo Jervis *et al.* (2008), o mel contém carboidratos e proteínas, mas quase nenhum lipídio. Outros parasitoides sinovigênicos como, *D. isae* e *N. formosa*, as fêmeas adultas matam e alimentam-se do seu hospedeiro para obter lipídios e suplementar suas exigências nutricionais para manutenção do seu corpo e reprodução (Hondo *et al.* 2006). As fontes de nutrientes para a sobrevivência e reprodução em parasitoides podem ser de reservas acumuladas durante a alimentação larval ou de recursos obtidos pela alimentação na fase adulta (Casas *et al.* 2005, Jervis *et al.* 2008, Visser & Ellers 2012). Ainda, segundo Jervis & Ferns (2004, 2011), a nutrição dos adultos desempenha um papel importante nos parâmetros de aptidão dos parasitoides, como fecundidade, longevidade e, em seguida, a eficácia do biocontrole. Isto porque fêmeas adultas de parasitoides sinovigênicos devem obter nutrientes para oogênese e maturação dos ovos através da

alimentação (Jervis *et al.* 2001). Para manutenção do corpo ou reprodução, os parasitoides sinovigênicos utilizam de nutrientes oriundos do hospedeiro e/ou alimentos não hospedeiros.

Neste estudo, o comportamento de se alimentar do hospedeiro não foi observado nas fêmeas de *Z. incompleta*. Se isto ocorre, deve ser em uma frequência muito baixa da qual não foi notada ou, provalvemente, as fêmeas se alimentaram do seu hospedeiro sem causar mortalidade. Segundo Jervis & Kidd (1986), a alimentação do hospedeiro pode ser dividida em alimentação não destrutiva, onde o hospedeiro sobrevive após a alimentação do parasitoide e destrutivo, quando resulta na morte do hospedeiro. Porém, para que esta hipótese seja comprovada, é necessário que seja feito novos estudos para confirmar este comportamento.

Os parasitoides quando alimentados apenas com água apresentaram uma maior taxa de parasitismo diário, quando comparados com as dietas ricas em carboidrato. Isto se deve ao fato de que, os parasitoides tiveram um tempo menor de vida quando comparado aos parasitoides que se alimentaram das demais dietas, dessa forma, obteve uma alta taxa de parasitismo.

A partir dos resultados obtidos, podemos concluir que *Z. incompleta* é capaz de parasitar todos os instares larvais de *L. sativae*, o que o torna um potencial agente de controle desta praga em campo, pois independente da idade do hospedeiro encontrado, ele será parasitado e, conseqüentemente, morto. Contudo, na criação deste parasitoide, em laboratório, *Z. incompleta* demonstrou melhor desempenho parasitando larvas de segundo ínstar. Também, em condições de criação, o tempo de exposição ao parasitismo que permite o maior desempenho foi de 6h, bem como a melhor densidade de larvas para a criação foi de 20 larvas/fêmea do parasitoide. E, que a alimentação com solução contendo mel promoveu maior desempenho do parasitoide independente da proporção de mel a 10%, 50% e puro (100%). Embora, tenha ocorrido tendência de melhor desempenho com solução de mel a 50%.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado e a Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) por disponibilizar o Laboratório de Entomologia Aplicada para realização desse estudo.

Literatura Citada

- Araujo, E.L. & C.E.S. Bezerra. 2013.** Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). Ciênc. Rural 43: 579-582.
- Araujo, E.L. & L.P.M. Macedo. 2007b.** Técnica de criação da mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:Agromyzidae). Campo Digital 2: 22-26.
- Buffington, M.L. & F.E. Gallardo. 2017.** A revision of *Zaeucoila* Ashmead (Hymenoptera, Figitidae), parasitoids of Agromyzidae (Diptera): New species, identity, distributions, and hosts. Proc. Entomol. Soc. Washington 119: 317-397.
- Carneiro, T.R., A.O Fernandes & I. Cruz. 2009.** Influência da competição intra-específica entre fêmeas e da ausência de hospedeiro no parasitismo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Bras. Entomol. 53: 482-486.
- Casas, J., S. Pincebourde, N. Mandon, F. Vannier, R. Poujol & D. Giron. 2005.** Lifetime nutrient dynamics reveal simultaneous capital and income breeding in a parasitoid. Ecology 86: 545-554.
- Chandler, L.D. & C.E Thomas. 1983.** Seasonal population trends and foliar damage of agromyzid leafminers on cantapoup in the Lower Rio Grande Valley, Texas. J. Georgia Entomol. Soc. 18:112-120.
- Chien, C.C. & S.C. Chang. 2012.** Effect of host and instar preference on the development and oviposition of the endoparasitoid *Opius caricivora* (Hymenoptera: Braconidae). J. Agric. Rev. 61: 165-171.
- Chien, C.C & S.C Ku. 2001.** Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Form. Entomol. 21: 89-97.
- Costa-Lima, T.C., M.C.M. Chagas & J.R.P Parra. 2019.** Comparing potential as biocontrol agents of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae*. Neotrop. Entomol. 48: 660-667.

- Di Stefano, J., F. Fidler & G. Cumming. 2005.** Effect size estimates and confidence intervals: an alternative focus for the presentation and interpretation of ecological data. *New Trends Ecol. Res.* 1: 71–102.
- Fellowes M.D.E., J.J.M. Van Alphen & M.A. Jervis. 2005.** Foraging behavior. p. 1-71. In M.A. Jervis, (eds.) *Insects as natural enemies: a practical perspective*. Springer. Dordrecht, 748p.
- Foerster, L.A., A.K Doetzer & M.R.F Avanci. 1999.** Capacidade reprodutiva e longevidade de *Glyptapanteles muesebecki* (Blanchard) (Hymenoptera: Braconidae) parasitando lagartas de *Pseudaletia sequax* Franclemont (Lepidoptera: Noctuidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 28: 485–490.
- Gonçalves, R.S., F. Andrezza, H. Lisbôa, A.D. Grützmacher & R.A. Valgas. 2016.** Basis for the development of a rearing technique of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae) in *Anastrepha fraterculus* (Tephritidae: Diptera). *J. Econ. Entomol.* 109: 1094-1101.
- Gravena, S. & S. R. Benvenga. 2003.** Manual prático para manejo de pragas do tomate para manejo ecologico de pragas. Jaboticabal, Embrapa Hortaliças, 143p (Documentos 055).
- Haghani, M. & B. Valiollah. 2007.** Thermal requirement and development of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. *J. Econ. Entomol.* 100: 350-356.
- Hansson, C & P. Navone, 2017.** Review of the European species of *Diglyphus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) including the description of a new species. *Zooatxa* 4262: 197–229.
- Hondo, T., A. Koike & T. Sugimoto. 2006.** Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 73–82.
- Idris, A.B & E. Grafius. 1995.** Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) a parasitoid of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Environ. Entomol.* 24: 1726–1735.
- Keasar T., M. Segoli, R. Bakar, S. Steinberg, D. Giron, D.G. Strand, A. Bouskila & A.R Harari. 2006.** Costs and consequences of superparasitism in the polyembryonic parasitoid *Copidosoma koehlerii* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Ecol. Entomol.* 31: 277–283.
- Jervis, M.A & N.A.C Kidd. 1986.** Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biol. Rev.* 61, 395–434.
- Jervis, M & P. Ferns. 2011.** Towards a general perspective on life-history evolution and diversification in parasitoid wasps. *Biol. J. Linn. Soc.* 104: 443–461.
- Jervis, M.A., J. Ellers & Harvey JÁ. 2008.** Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 361–385.

- Jervis, M.A & P.N. Ferns. 2004.** The timing of egg maturation in insects: ovigeny index and initial egg load as measures of fitness and of resource allocation. *Oikos* 107: 449–460.
- Jervis, M.A., G.E. Heimpel, P.N. Ferns, J.A. Harvey & N.A.C. Kidd. 2001.** Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of ‘ovigeny’. *J. Anim. Ecol.* 70: 442–458.
- Lorini, I & L.A. Foerster. 1985.** Flutuação populacional e parasitismo de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) na cultura do pepino (*Cucumis sativae* L.). *An. Soc. Entomol. Brasil* 14: 244-249.
- Minkenberg, O.P.J.M. 1990.** Reproduction of *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of leafminer *Liriomyza bryoniae* (Diptera: Agromyzidae) on tomatoes, at constant temperatures. *Environ. Entomol.* 19: 625–629.
- Parra, J.R.P. 2000.** A biologia de insetos e o manejo de pragas: da criação em laboratório a aplicação em campo, p. 1-29. In: J.C Guedes, I.D Costa & E. Castiglioni (eds.), *Bases técnicas do manejo de insetos*. Santa Maria, 248p.
- Parrella, M.P. 1987.** Biology of *Liriomyza*. *Annu. Rev. Entomol.* 32: 201-224.
- Poncio, S., A.M. Nunes, R.D.S. Gonçalves, H. Lisboa, R. Manica-Berto, M.S. Garcia & D.E. Nava. 2018.** Strategies for establishing a rearing technique for the fruit fly parasitoid: *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.* 111: 1087-1095.
- Saleh, A., T.F. Allawi & I. Ghabeish. 2010.** Mass rearing of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of leafminers (Agromyzidae: Diptera). *J. Pest Sci.* 83: 59–6.
- Silva-Torres, C.S.A., I.T.R Filho, J.B Torres & R. Barros. 2009.** Superparasitism and host size effects in *Oomyzus sokolowskii*, a parasitoid of diamondback moth. *Entomol. Exp. Appl.* 133: 65-73.
- Visser, B & J. Ellers. 2012.** Effects of a lipid-rich diet on adult parasitoid income resources and survival. *Biol. Control* 60:119 – 122.
- Wang W., X.W. Liu, L.S. Cheng & F.H Wan. 2012.** Effects of feeding diferente sugars on longevity and oogenesis in female adults of the synovigenic parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). *Acta Entomol. Sin.* 55: 964–970.

Tabela 1. Médias (\pm EP) do número de larvas parasitadas de 10 larvas ofertadas de cada instar, total de descendentes, descendentes emergidos, parasitismo e razão sexual de *Zaeuolia incompleta* criados em larvas de *Liriomyza sativae* de diferentes instares sem chance de escolha e com chance de escolha. Temp. 25 ± 2 °C, U.R. do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Testes	Características	Instar larval ¹		
		1 ^o	2 ^o	3 ^o
Sem chance de escolha	Larvas parasitadas	34,8b (26,2-43,4)	59,6a (50,6-68,6)	45,4ab (36,8-53,9)
	No. de descendentes	33,9b (24,8-43,0)	59,0a (50,2- 67,7)	45,1ab (36,5-53,6)
	Emergência (%)	94,4a (87,5-100,0)	99,1a (98,1-100,0)	99,3a (98,7-100,0)
	Parasitismo (%)	34,8a (26,2-43,4)	59,6a. (50,6-68,5)	45,4a (36,8-53,9)
	Razão sexual	0,32b (0,20-0,45)	0,50ab (0,41-0,59)	0,54a (0,48-0,61)
Com chance de escolha	Larvas parasitadas	36,7a (31,4-41,1)	38,8a (33,1-45,0)	22,9b (18,4-27,4)
	No. de descendentes	35,0a (29,4-40,5)	37,7a (31,0-45,0)	22,3b (17,7-26,9)
	Emergência (%)	95,7a (90,9-100,0)	98,1a (96,2-99,9)	96,7a (94,4-99,1)
	Parasitismo (%)	36,2a (30,9-41,5)	38,8a (32,6-45,0)	22,9b (18,4-27,4)
	Razão sexual (%)	0,46a (0,36-0,56)	0,44a (0,31-0,56)	0,41a (0,41-0,51)

¹Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre tratamentos pela regra de sobreposição do intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Di Stefano 2005).

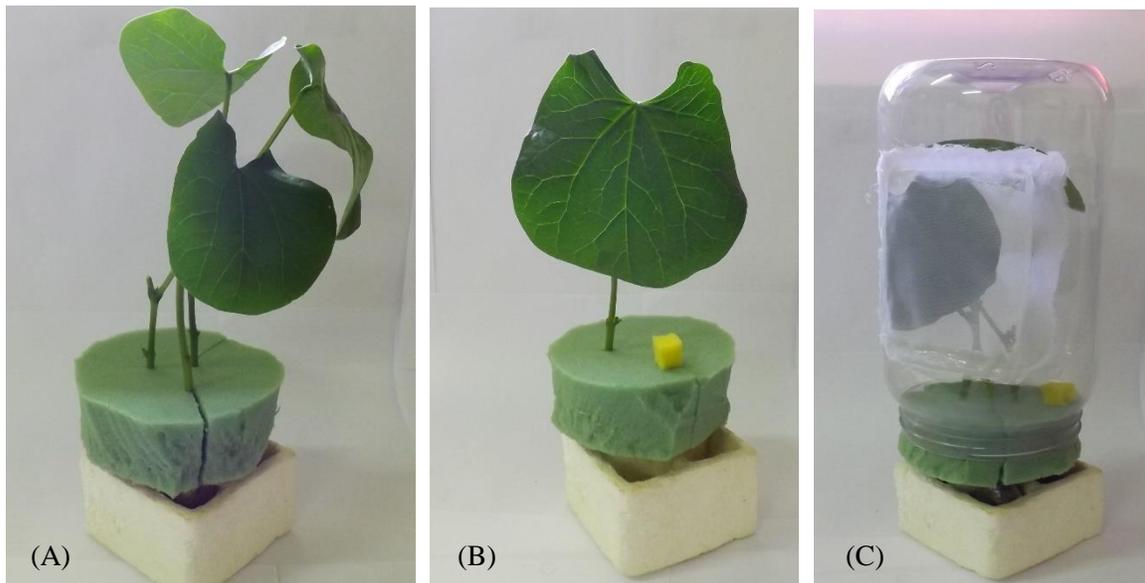


Figura 1. Plantas de feijão de porco infestadas com larvas de *Liriomyza sativae* de cada um dos três ínstares (A) (Com chance de escolha); Planta individualmente expostas com larvas do mesmo ínstar (B) (teste sem chance de escolha); gaiola fixada na base de esponja (C).



Figura 2. Folhas de feijão de porco infestadas com larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstar da mosca-minadora *Liriomyza sativae*.

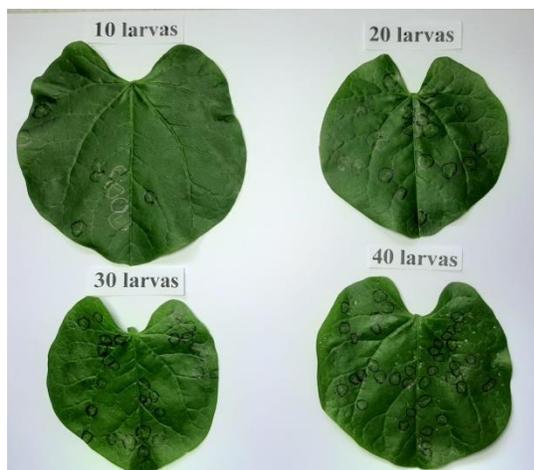


Figura 3. Folhas de feijão de porco infestadas com diferentes densidades: 10, 20, 30 e 40 larvas da mosca-minadora *Liriomyza sativae*.

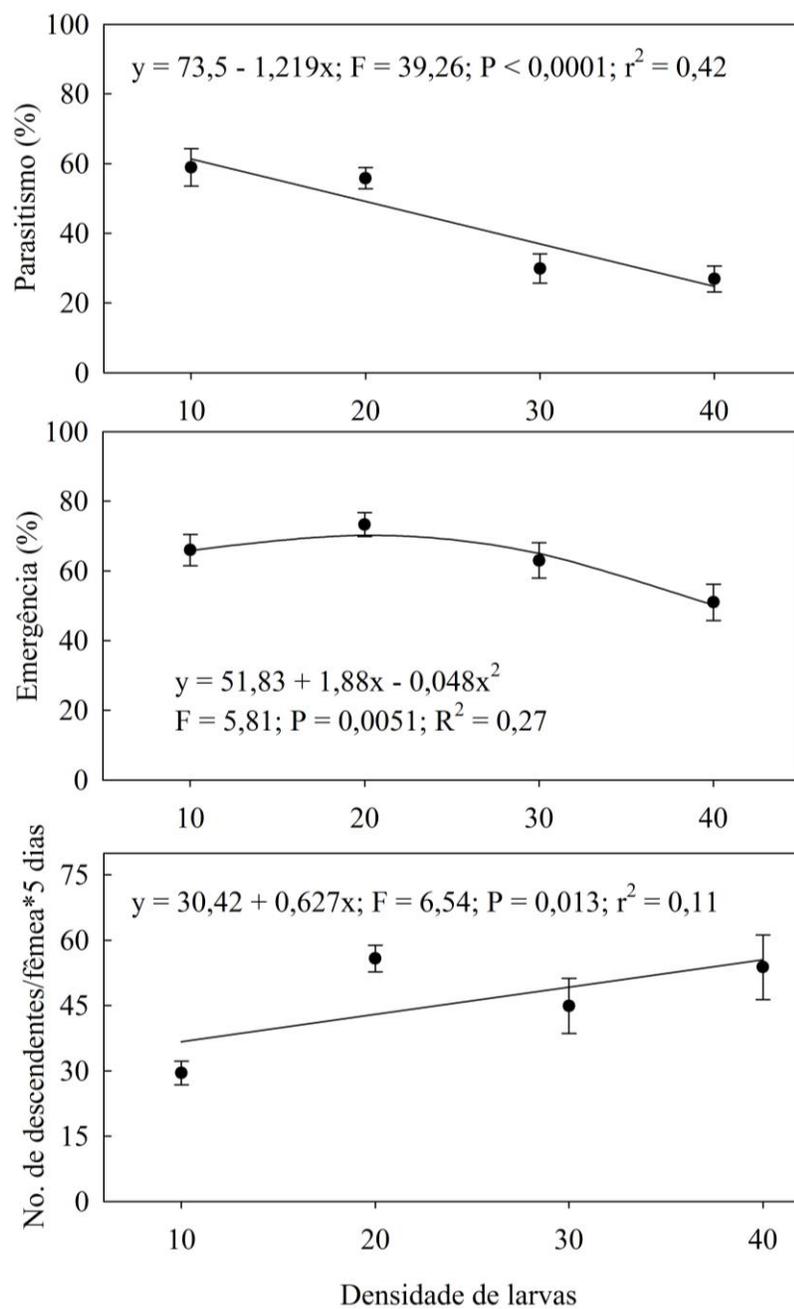


Figura 4. Desempenho de *Zaeucoila incompleta* parasitando larvas de segundo ínstar de *Liriomyza sativae* em função de diferentes densidades.

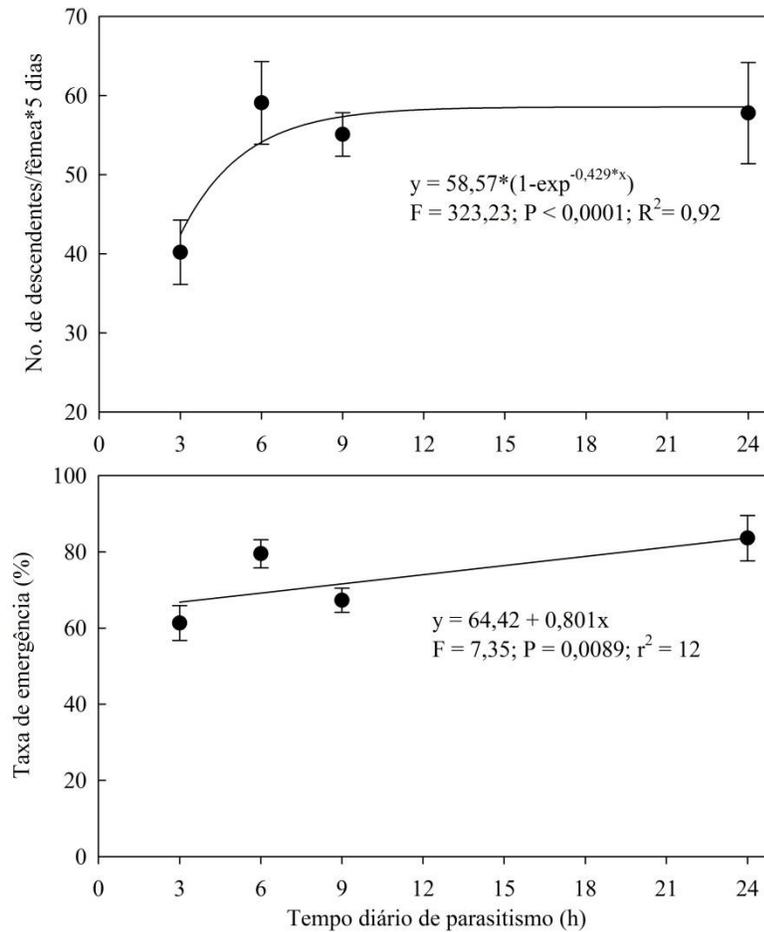


Fig. 5. Produção de descendentes por fêmeas de *Zaeucoila incompleta* parasitando *Liriomyza sativae* (superior) e taxa de emergência de parasitoide (inferior), em função do tempo de exposição diário do hospedeiro.

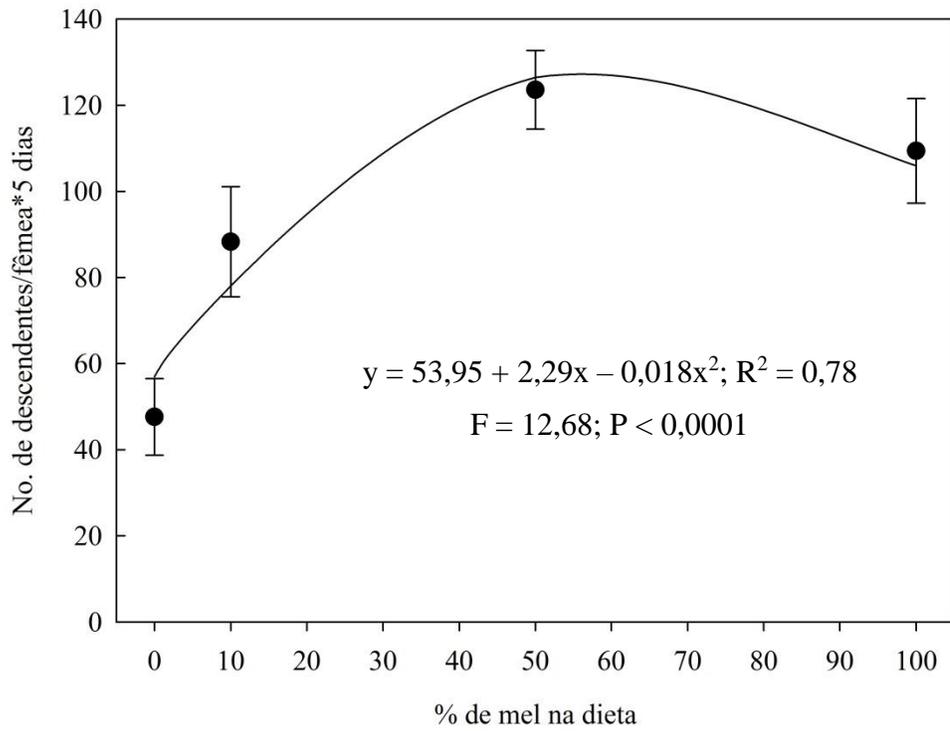


Fig. 6. Variação na produção de descendentes por fêmeas de *Zaeucoila incompleta* parasitando *Liriomyza sativae* em função da porcentagem de mel na dieta.

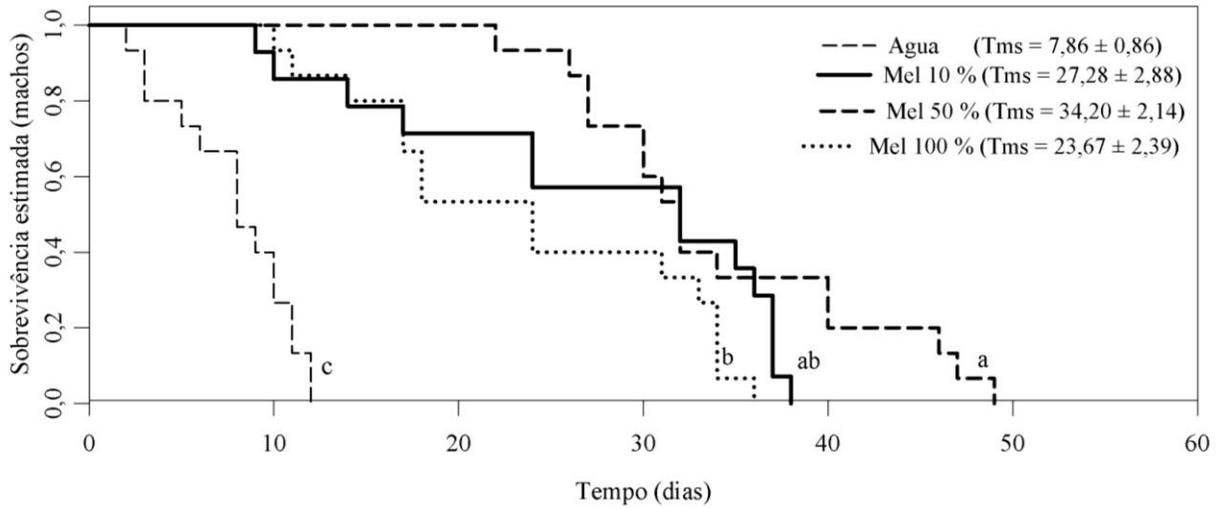
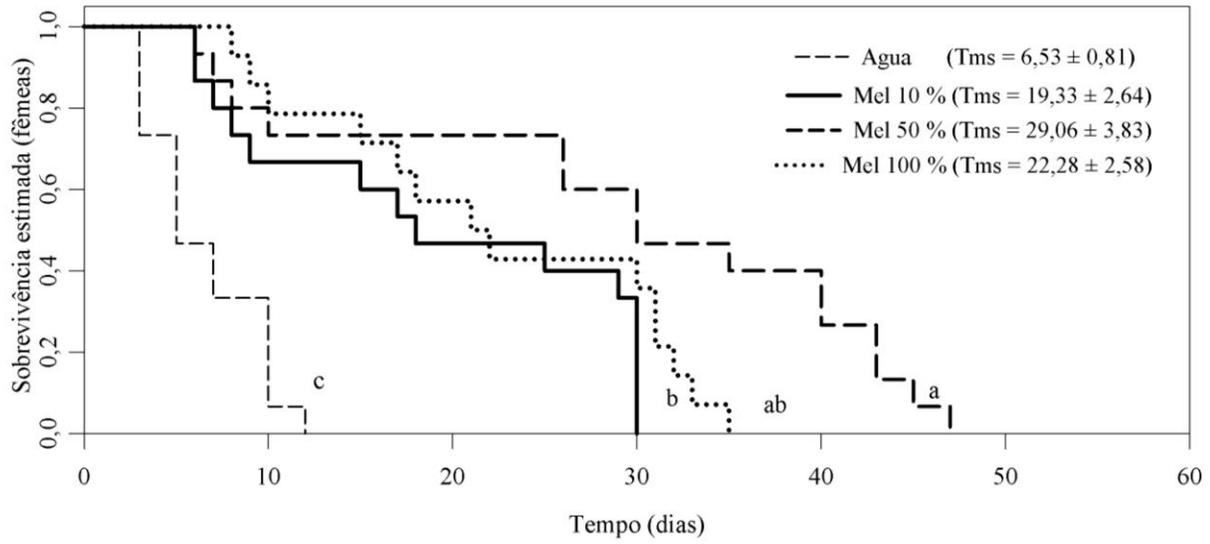


Figura 7. Curva de sobrevivência para fêmeas e machos de *Zaeucoila incompleta*, alimentadas com diferentes dietas. Diferença significativa ($P < 0,0001$) (Tms = Tempo médio de sobrevivência).

CAPÍTULO 3

BIOLOGIA DE *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER) (HYMENOPTERA:
FIGITIDAE) PARASITANDO *Liriomyza sativae* (BLANCHARD) (DIPTERA:
AGROMYZIDAE)¹

FERNANDA F. PINHEIRO²

²Departamento de Agronomia – Entomologia. Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife,
Pernambuco, Brasil.

¹Pinheiro, F.F. Biologia de *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) (Hymenoptera: Figitidae) parasitando *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). A ser submetido.

RESUMO – *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) (Hymenoptera: Figitidae) é um parasitoide solitário de larva-pupa de várias espécies de moscas-minadoras, incluindo *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae), praga-chave do meloeiro. Apesar da importância de *Z. incompleta* como agente de controle biológico de *L. sativae*, são poucas as informações sobre os aspectos biológicos desse parasitoide. Portanto, o objetivo deste estudo foi conhecer as características biológicas e alguns parâmetros demográficos de *Z. incompleta* parasitando *L. sativae*. O estudo foi realizado em câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e 12:12 (L:E). As fêmeas de *Z. incompleta* produziram, em média, 183,25 descendentes com parasitismo diário de 23,3 larvas. Os machos viveram mais que as fêmeas, 48,2 e 41,9 dias, respectivamente. A partir dos resultados da biologia calculou-se uma taxa líquida de reprodução de 53,82 fêmeas/fêmea, taxa intrínseca de crescimento de 0,15 fêmeas/fêmeas*dia, tempo médio de geração de 26 dias, tempo de duplicação foi de 4,51 dias e taxa infinita de aumento de 1,16.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, parasitoide solitário, mosca-minadora, parasitismo

BIOLOGY OF *Zaeucoila incompleta* (KIEFFER) (HYMENOPTERA:
FIGITIDAE) PARASITIZING *Liriomyza sativae* (BLANCHARD) (DIPTERA:
AGROMYZIDAE)

ABSTRACT – *Zaeucoila incompleta* (Kieffer) (Hymenoptera: Figitidae) is a solitary parasitoid of larva-pupa of several leafminer fly species including *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae), a key pest species of melon crops. Despite the importance of *Z. incompleta* as a biological control agent for *L. sativae*, there is little information on the biological aspects of this parasitoid. Therefore, the objective of this study was to know the biological characteristics and some demographic parameters of *Z. incompleta* parasitizing *L. sativae*. The study was carried out in an regulated biological chamber regulated to 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ RH and 12:12 (L:D). The females of *Z. incompleta* produced, on average, 183.25 offspring with daily parasitism of 23.3 host larvae. Males live longer than females 48.2 and 41.9 days. The fertility life table parameters net of reproductive rate, intrinsic rate of population increase, mean generation time, population doubling time and finite rate of increase were 53.8 females/female, 0.15 female /female*day, 26 days, 4,51 days and 1.16, resepectively.

KEY WORDS: Biological control, solitary parasitoid, leaf mining fly, parasitism

Introdução

O controle biológico é obtido pelo uso e conservação de diferentes agentes de controle biológico, um dos principais componentes do manejo integrado de pragas, método fundamental para produção agrícola (Barratt *et al.* 2010). Dentre os agentes de controle biológico, os parasitoides são os mais utilizados para o controle de moscas-minadora do gênero *Liriomyza*, em todo o mundo (Lenteren & Woets 1988, Liu *et al.* 2009, Ridland *et al.* 2020).

Nos últimos anos, vem crescendo o interesse na utilização do controle biológico para o manejo das populações de agromizídeos pragas. Entre as várias razões, as exigências do mercado consumidor de frutas e hortaliças que almejam por produtos sem resíduo de agrotóxicos e, conseqüentemente, sem os efeitos negativos que estes produtos causam ao meio ambiente e aos riscos à saúde humana. Em todo o mundo, cerca de 150 espécies de parasitoides estão associadas as moscas-minadora do gênero *Liriomyza* (Liu *et al.* 2011), sendo a maioria na América do Sul (Liu *et al.* 2009). No entanto, faltam estudos relacionados a biologia desses parasitoides que permitam uma visão integrada de suas características biológicas e parâmetros demográficos sob condições ambientais determinadas.

Os parâmetros que podem ser calculados a partir das características biológicas que descrevem o potencial do parasitoide como agente de controle biológico são aqueles originados pela tabela de vida de fertilidade (Southwood 1978). Entre esses, a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), já que um agente de controle biológico só será realmente considerado efetivo quando sua taxa intrínseca de crescimento populacional for semelhante ou maior que a da praga alvo (Van Lenteren 2000). A taxa líquida de reprodução (R_o), que indica o número de vezes que uma espécie consegue aumentar de uma geração para outra, bem como o tempo médio de geração (T) que mostra o quão rápido se dá o desenvolvimento da espécie. Outros fatores são muitos

importantes e, também, devem ser avaliados, tal como, a temperatura em que os parasitoides se desenvolvem, fator este que pode influenciar diretamente no desenvolvimento dos indivíduos e consequentemente, na qualidade dos parasitoides utilizados no controle biológico (Jiang *et al.* 2004).

Zaeucoila incompleta (Kieffer) (Hymenoptera: Figitidae) é um endoparasitoide, coinobionte, sinovigênico, solitário de larva-pupa, que parasita preferencialmente larvas de agromizídeos (Diptera), incluindo espécies de *Liriomyza* de importância econômica, como *Liriomyza sativae* (Blanchard), *Liriomyza trifolii* (Burgess) e *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Murphy & Lasalle 1999, Kox *et al.* 2005).

Este parasitoide se encontra distribuído desde o Sul do Canadá até a América do Sul (Buffington *et al.* 2017). No Brasil, o primeiro relato de *Z. incompleta* foi feito por Marchiori *et al.* (1998) no estado de Goiás. Também, apresenta ocorrência natural nas áreas de cultivos de melão na região semiárida do Nordeste, com destaque para os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, (Informação pessoal, Araujo, L.E). Apesar da frequente ocorrência em algumas regiões brasileiras, este parasitoide, ainda, não teve sua biologia estudada. Assim, este estudo visou conhecer as características da biologia de *Z. incompleta* parasitando *L. sativae*, na temperatura de 25 °C.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Entomologia Aplicada, localizado no Setor de Fitossanidade do Departamento de Ciências Vegetais, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte. Todas as criações foram mantidas na condição de temperatura de 25 ± 2 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h.

Criação e Obtenção do Hospedeiro *Liriomyza sativae*. Os exemplares da mosca minadora utilizados nesse estudo foram provenientes das populações existentes no Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA., Mossoró (RN), Brasil.

Para manutenção da criação da mosca-minadora foram utilizadas plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.). Para isso, sementes de feijão-de-porco foram semeadas em bandejas de polietileno (162 células) (JKS Industrial, Guarulhos, São Paulo), contendo como substrato, fibra de coco Golden Mix[®] (Amafibra[®], Nogueira, São Paulo), para a produção das plantas a serem utilizadas nos experimentos. As plantas eram mantidas em casa de vegetação até atingir o tamanho ideal de 25cm. Ao atingir este desenvolvimento vegetativo, cerca de 15 dias após a semeadura, as plantas eram transplantadas para bandejas de polietileno (30 células) e transferidas para o laboratório e submetidas à infestação da mosca-minadora em gaiolas de madeira (50 x 50 x 50 cm) revestidas com tela anti-afídeo para permitir a circulação de ar, as quais continham populações adultas de *L. sativae*. Cada gaiola de criação recebia cerca de sete a oito mudas do feijão de porco, onde permaneciam por 24h para a infestação.

Após esse período de exposição à praga, as mudas eram levadas para a casa-de-vegetação, onde permaneciam por quatro dias, até ocorrer o completo desenvolvimento larval. Posteriormente, as folhas infestadas eram destacadas das plantas e levadas para o laboratório, onde os seus pecíolos eram imersos em água, em recipientes de plásticos com capacidade para 40 mL (para manter a turgescência da folha). Esses recipientes eram colocados em bandejas plásticas de 26 x 40 cm (largura x comprimento) dispostas em estantes metálicas (1,90 m de altura x 30 cm de largura). Após a saída das larvas e formação dos pupários, estes eram coletados e acondicionados em placas de Petri coberto com filme plástico, onde permaneciam até a emergência dos adultos. À medida que os adultos emergiam, eles eram liberados nas gaiolas de criação para início da nova geração de acordo com a metodologia de Araujo *et al.* (2007b).

Criação e Obtenção do Parasitoide *Zaeucoila incompleta*. Os parasitoides utilizados nos ensaios foram provenientes das criações existentes no Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA.

Os adultos de *Z. incompleta* foram mantidos em gaiolas plásticas teladas (50 cm × 50 cm × 50 cm de largura × altura × comprimento) e alimentados com solução aquosa de mel a 10%. Para multiplicação dos parasitoides, diariamente eram ofertadas larvas de 2º ínstar de *L. sativae* (terceiro dia de desenvolvimento larval), as quais eram expostas ao parasitismo por 9h. Após esse período, as folhas eram individualizadas e acondicionadas de forma individualizada em recipientes plásticos ($\varnothing = 23$ cm). Posteriormente, os recipientes contendo as larvas/pupas permaneciam nas condições já citadas, até a obtenção dos pupários. Os pupários eram acondicionados em tubos de vidro de fundo chato (8 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro), fechados com filme plástico transparente e mantidos nas mesmas condições que as larvas até a emergência dos adultos, para serem liberados na gaiola de criação.

Biologia dos Adultos e Determinação dos Parâmetros biológicos de *Zaeucolia incompleta*.

Exemplares de *Z. incompleta* recém-emergidos (<24h de idade) foram pareados, formando 20 casais, e colocados em gaiolas plásticas (12 cm de diâmetro × 25 cm de altura), contendo uma abertura (15 x 15 cm) na lateral para permitir aeração e na parte inferior colocou-se uma esponja ($\varnothing = 15$ cm) que serviu como base para dar suporte a planta exposta ao parasitismo. Os parasitoides foram alimentados com uma solução de mel (10% em água) ofertada através de esponja vegetal (1,5 x 1,5 cm) (Spontex®, Ilheus, Bahia) que era substituída diariamente junto com as plantas. Os casais foram mantidos em câmara climatizada na temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotoperíodo de 12:12h (L:E). Diariamente, desde a formação dos casais até a morte das fêmeas, foram ofertadas larvas de *L. sativae* (40 larvas de segundo ínstar por folha/planta) para cada fêmea por um período de 24h. Após o período de exposição, as folhas com

as larvas de mosca-minadora foram individualizadas em recipientes plásticos ($\emptyset = 23$ cm de diâmetro) e acondicionadas em BOD, onde permaneceram até a saída das larvas da folha para pupação. Diariamente, os pupários obtidos em cada repetição foram contabilizados e acondicionados em tubos de vidro de fundo chato (8 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro), fechados com filme plástico, onde permaneceram até emergência dos adultos (moscas ou parasitoides).

O número de moscas e parasitoides emergidos foi avaliado diariamente. Posteriormente, os pupários que permaneceram intactos foram dissecados para se verificar a presença de moscas ou parasitoides, visando a determinar a real taxa de parasitismo. A dissecação foi realizada com auxílio de bisturi e pinça sob um microscópio estereoscópico (Motic) com aumento de 50x.

O experimento foi conduzido com 20 repetições, sendo cada repetição representada por um casal de *Z. incompleta*. Com os dados biológicos obtidos foram determinados: o número de descendentes (ND), razão sexual (RS), porcentagem de parasitismo (P) e longevidade de machos e fêmeas. O número de descendentes foi obtido somando o número de parasitoides emergidos. A razão sexual (RS) foi calculada utilizando a equação: $RS = (\text{número de fêmeas emergidas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos emergidos})$. Para a determinação da porcentagem de emergência foi utilizada a seguinte equação: $E (\%) = (\text{número de parasitoides emergidos} / \text{total de pupas parasitadas}) \times 100$. A porcentagem de parasitismo foi obtida através da equação: $P = (\text{número de parasitoides} / \text{número total de pupários}) \times 100$. 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 através do Proc lifetest do SAS (SAS Institute 2002).

De acordo com as fórmulas propostas por Birch (1948) e Silveira-Neto (1976), foram calculados os seguintes parâmetros biológicos e demográficos: taxa líquida de reprodução (R_0); taxa intrínseca de crescimento (r_m) taxa finita de aumento (λ), tempo médio de uma geração (T) e

tempo de duplicação da população (T_d). Os dados foram processados empregando o estimador “Jackknife” (Meyer *et al.* 1986) utilizando-se o Proc Lifetest do SAS (Maia *et al.* 2000).

Resultados

As fêmeas de *Z. incompleta* iniciaram a oviposição logo no primeiro dia após a emergência, indicando que esta espécie não apresenta período de pré-oviposição, e produziram descendentes até 31 dias de vida (Fig. 1). O número médio de descendentes por fêmea foi de 183,25 e número máximo de descendentes produzidos por uma fêmea foi de 292 descendentes.

Os machos viveram mais que as fêmeas, sendo o tempo médio de vida dos machos de 48,2 dias, podendo viver até 59 dias. As fêmeas viveram em média 41,95 dias, podendo viver até 60 dias (Fig. 2).

O parasitismo diário foi, em média, de 23,3 larvas/dia. A taxa máxima de parasitismo foi de 40 larvas em um dia. O pico de parasitismo foi registrado no quinto dia com média de 31,3 larvas/fêmea. A taxa de 80% do parasitismo acumulado foi obtida no oitavo dia de vida das fêmeas e 100% do parasitismo ocorreu, apenas, aos 31 dias de vida (Fig. 3).

Os parâmetros demográficos estimados para *Z. incompleta* na temperatura de 25 °C foi taxa líquida de reprodução = 53,82 fêmeas/fêmea, taxa intrínseca de crescimento (r_m) = 0,15 fêmeas/fêmea*dia, tempo médio de uma geração (T) = 26 dias, tempo para duplicar a população (T_d) = 4,51 dias, e taxa infinita de aumento (λ) = 1,16 (Tabela 1).

Discussão

O pico de parasitismo de *Z. incompleta* ocorreu no quinto dia de vida, com uma média (31,35 descendentes/fêmea) apresentando uma média superior que encontrado para os figitídeos, *Gronotoma micromorpha* (Perkins) que foi de 24,1 descendentes/fêmea com pico de parasitismo

no primeiro dia de vida. O figitídeo *Banacuniculus utilis* (Beardsley) (sinonímia de *Ganaspidium utilis*) produziu 6,8 descendentes/fêmea no sexto dia parasitando larvas de *L. trifolii* (Abe & Tahara 2003, Kafle *et al.* 2005). Outros parasitoides de moscas-minadoras, como o braconídeo *Opius scabriventris* (Nixon) e o eulophídeo *Chrysocharis vonones* (Walker) produziram pico de parasitismo médio no sexto dia de vida (8,9 parasitoides/fêmea) e no oitavo dia (19,1 parasitoides/fêmea) sobre *L. sativae*, respectivamente (Costa-lima *et al.* 2019). De forma geral, este comportamento de concentrar o parasitismo nos primeiros 10 dias de vida, é uma característica de parasitoides sinovigênicos, onde a oogênese nas fêmeas ocorre no estágio pupal (Liu *et al.* 2014), e conseqüentemente as fêmeas já emergem com uma certa quantidade de ovos maduros e continuam a realizar oogênese ao longo de sua fase adulta (Wang *et al.* 2018).

A produção de descendentes é variável entre parasitoides de moscas-minadoras. Nas condições deste estudo fêmeas de *Z. incompleta* foram mais fecundas que *B. utilis* e *G. micromorpha*. A produção de descendentes de *B. utilis* foi 51,4 descendentes/fêmea e *G. micromorpha* de 75,6 descendentes/fêmea parasitando *Liriomyza* spp. (Petcharat 1988, Abe & Tahara 2003). Contudo, o número de descendentes de *Z. incompleta* foi menor que outros parasitoides de agromizídeos, que são comercialmente utilizados em programas de controle biológico, como *Neochrysocharis formosa* (Westwood), que produziu em média 202 descendentes/fêmea parasitando *L. trifolii* (Chien & Ku 2001b) e pelo braconídeo, *O. scabriventris* que produziu 196,1 descendentes/fêmea sobre *L. sativae* (Costa-lima *et al.* 2019).

A razão sexual da progênie de *Z. incompleta* apresentou um valor satisfatório que é igual ou superior a 0,5 (Fitz-Earle 1989). Esse valor foi semelhante ao que foi encontrado para *O. scabriventris* ($0,52 \pm 0,09$) e *Dacnusa sibirica* (Telenga) ($0,49 \pm 0,10$), e superior ao que foi encontrado para *C. vonones* ($0,40 \pm 0,11$) a 25°C, sobre *Liriomyza* spp. (Abe *et al.* 2005, Costa-lima *et al.* 2019). Estas espécies que tem uma razão sexual próxima a 0,5 apresentam

variabilidade genética na população, pois ocorre reprodução sexuada. As proporções sexuais das espécies parasitoides podem ser controladas potencialmente, de preferência em favor das fêmeas, propiciando programas de controle biológico mais efetivos, com predominância de indivíduos do sexo feminino para liberações no campo (Cañete & Foerster 2003; Zacarin *et al.* 2004), uma vez que são as fêmeas que parasitam e impedem a emergência do adulto hospedeiro.

A longevidade de *Z. incompleta* observada neste estudo foi superior a outros parasitoides de agromizídeos já utilizados comercialmente. Os machos apresentaram um maior tempo de vida em comparação com as fêmeas. Alguns estudos sugerem que o tempo de sobrevivência de um parasitoide está diretamente relacionado com o tamanho do hospedeiro, assim insetos desenvolvidos em hospedeiros maiores são mais longevos, pois há uma maior disponibilidade de recursos nutricionais em hospedeiros maiores (Jervis 2003). Além disso, a maior longevidade representa uma característica favorável à espécie, pois confere às fêmeas parasitoides maior tempo de busca por hospedeiros no campo em condições de escassez dos mesmos (Foerster *et al.* 1999). É possível também que a alta demanda energética de reprodução deve ter um impacto negativo na longevidade das fêmeas de *Z. incompleta*, reduzindo assim seu tempo de vida. De modo geral, a longevidade dos insetos é um fator importante por ser um componente da aptidão inerente a cada indivíduo, podendo ser considerado como um indicador de capacidade de sobrevivência (Rivero & West 2002). Segundo Plouvier & Wajnberg (2018) fecundidade e longevidade são os fatores biológicos mais importantes na escolha de um inimigo natural como agente de controle biológico.

O ritmo diário de parasitismo foi reduzindo ao longo da vida da fêmea, apresentando uma concentração do parasitismo nos primeiros 10 dias de vida. Esta forma de distribuição do parasitismo diário é comum em outras espécies de parasitoides de agromizídeos (Petcharat 1988, Kafle 2005, Xiao-Qin *et al.* 2017, Costa-lima *et al.* 2019).

Em relação ao parasitismo acumulado de *Z. incompleta*, verificou-se 80% do parasitismo já ocorreu no oitavo dia de vida das fêmeas. Do ponto de vista de criação massal em laboratório, esta informação vai sinalizar que a utilização das fêmeas de *Z. incompleta* devem ser mantidas até o oitavo dia de vida, após esse tempo de vida há uma queda gradativa na capacidade de parasitismo das fêmeas, tornando economicamente inviável manter a população após o oitavo dia.

Os parâmetros biológicos estimados nesse estudo indicaram que taxa de reprodução líquida (R_o) de *Z. incompleta* é superior ao fitítideo *G. utilis* com 33 descendentes, sobre *L. trifolii* a 25°C (Kafle *et al.* 2005). Entretanto, apresentou uma taxa de reprodução líquida inferior ao parasitoide *N. formosa* que obteve (R_o) de 114,24 sobre *L. trifolii* a 25°C (Hondo *et al.* 2006). Esta diferença entre os valores de R_o observada entre *Z. incompleta* e *N. formosa* pode ser explicada pela razão sexual que é 100% fêmeas em *N. formosa*.

A taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) obtida para *Z. incompleta* foi inferior a de outros parasitoides, como por exemplo, *D. isaea* ($r_m = 0,20$), *N. formosa* ($r_m = 0,20$) e *H. varicornis* ($r_m = 0,20$) utilizando *L. trifolii* como hospedeiro (Hondo *et al.* 2006). O índice r_m é uma das principais informações obtidas na determinação dos parâmetros demográficos, pois indica se a espécie será bem-sucedida a um ambiente ou hospedeiro particular, quanto maior o valor do r_m , melhor será a adaptação da espécie ao hospedeiro e ao ambiente (Pedigo & Zeiss 1996). *Zaeucoila incompleta* apresentou taxa intrínseca de aumento (r_m) inferior que ao do seu hospedeiro, *L. sativae* com ($r_m = 0,21$) a 25°C (Zhang *et al.* 2000), isso resulta em várias sobreposições de gerações na mesma população de *L. sativae*. Portanto, as fêmeas de *Z. incompleta* podem facilmente encontrar hospedeiro para oviposição. Segundo Andrewartha & Birch (1954), o valor da taxa intrínseca de aumento (r_m) muda de acordo com os diferentes tipos de hospedeiros e com as condições abiótica.

No caso do uso de *Z. incompleta* como agente de controle biológico de *L. sativae*, deve ser considerado que *L. sativae* apresenta (Td) de 3,2 dias (Zhang *et al.* 2000), ou seja, aumenta sua população rapidamente, com superposição de gerações. Dessa forma, a presença do parasitoide no início da infestação e um aumento também rápido de sua população, poderá prevenir surtos nas populações de moscas minadoras e exercer o controle das mesmas.

Quanto à taxa finita de aumento (λ) de *Z. incompleta*, que é o fator de multiplicação da população original a cada intervalo unitário de tempo (Andrewartha & Birch 1954), esta foi de 1,16 por fêmea. Isto demonstra a capacidade de reprodução desse parasitoide em condições ideais de laboratório, tendo um hospedeiro adequado para sua reprodução. Contudo, no campo, é de se esperar que tal espécie esteja sujeita a diversos fatores ecológicos que podem alterar a sua capacidade reprodutiva (Rodrigues *et al.* 2003). No entanto, quanto maior for a razão finita de aumento (λ) maior será o número de indivíduos que serão adicionados à população.

Nas análises conjuntas das características biológicas e demográficas de *Z. incompleta* demonstra que esse inimigo natural através de sua boa fecundidade e longevidade tem potencial para ser usado em programa de controle biológico de agromizídeos. Entretanto, é de extrema importância analisar os parâmetros biológicos de *Z. incompleta* em outras temperaturas, uma vez que esse parasitoide está adaptado as condições do Semiárido, com temperatura média de 27,5 °C, onde ele ocorre naturalmente. Com o estudo dos parâmetros biológicos do parasitoide em outras temperaturas, será possível averiguar seu melhor desempenho e assim, posteriormente, recomendá-lo para multiplicação e para uso no controle biológico de *L. sativae*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado. A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) por disponibilizar o Laboratório de Entomologia Aplicada para realização desse estudo.

Literatura Citada

- Abe, Y. & M. Tahara. 2003.** Daily progeny production and thermal influence on development and adult longevity of the leafminer parasitoid, *Gronotoma micromorpha* (Hymenoptera: Eucolidae). J. Appl. Entomol. 127: 477-480.
- Abe, Y., T. Takeuchi, S. Tokumaru & J. Kamata. 2005.** Comparison of the suitability of three pest leafminers (Diptera: Agromyzidae) as hosts for the parasitoid *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera: Braconidae). Eur. J. Entomol. 102: 805-808.
- Araujo, E.L., S.M.A Pinheiro, L.D Geremias, A.C.M Neto & L.P.M. Macedo. 2007.** Técnica de criação da mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:Agromyzidae). Campo Dig. 2: 22-26
- Andrewartha, H.G. & L.C. Birch. 1954.** The innate capacity for increase in numbers, p. 31-54. In H.G. Andrewartha & L.C. Birch. (eds.). The distribution and abundance of animals. Chicago, University of Chicago Press, 782p.
- Azad, S. & Islam, M.W. 2016.** Life table parameters of *Opius dissitus* Musebeck (Braconidae), a parasitoid of leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard. Adv. Agric. Sci.4: 35-43.
- Barratt, B.I.P., F.G. Howarth, T.M. Withers, J.M Kean & G.S. Ridley. 2010.** Progress in risk assessment for classical biological control. Biol. Control 52: 245-254.
- Birch, L. 1948.** The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 15-26.
- Buffington, M.L. & F.E. Gallardo. 2017.** A revision of *Zaeucoila* Ashmead (Hymenoptera, Figitidae), parasitoids of Agromyzidae (Diptera): New species, identity, distributions, and hosts. Proc. Entomol. Society. Washington 119: 317-397.
- Cañete, C.L. & L.A Foerster. 2003.** Incidência natural e biologia de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Bras. Entomol. 47: 201-204.
- Chien, C.C. & S.C. Ku. 2001b.** Appearance and life history of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). Form. Entomol. 21: 383-393.
- Costa-Lima, T.C., M.C.M Chagas & J.R.P. Parra. 2019.** Comparing potential as biocontrol agents of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae*. Neotrop. Entomol. 48: 660-667.
- Fitz-Earle, M & H.J Barclay. 1989.** Is there an optimal sex ratio for insect mass rearing. Ecol. Modell. 45: 205-220.
- Foerster, L.A., A.K. Doetzer & M.R.F Avanci. 1999.** Capacidade reprodutiva e longevidade de *Glyptapanteles muesebecki* (Blanchard) (Hymenoptera: Braconidae) parasitando lagartas de *Pseudaletia sequax* Franclemont (Lepidoptera: Noctuidae). An. Soc. Entomol. Brasil 28: 485-490.

- Hondo, T., A. Koike & T. Sugimoto. 2006.** Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 73-82.
- Jervis M.A., P.N Ferns & G.E Heimpel. 2003.** Body size and the timing of egg production in parasitoid wasps: a comparative analysis. *Funct. Ecol.* 17:375–83
- Jiang, N., M. Sétamou, A.J. Ngi-Song & C.O. Omwega. 2004.** Performance of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) in parasitizing *Chilo partellus* (Lepidoptera: Crambidae) as affected by temperature and host stage. *Biol. Control* 31: 155-164.
- Kafle, L. N., P. Y. Lai, and Y. F. Chang. 2005.** Life history of *Ganaspidium utilis* (Beardsley) (Hymenoptera: Eucoilidae) in Taiwan. *Form. Entomol.* 25: 87-94.
- Kox, L.F.F., H.E. Van den Beld, B.I. Lindhout & L.J.W. De Goffau. 2005.** Identifications of economically importante *Liriomyza* species by PCR-RFLP analysis. *Bull. OEPP/EPP0* 35: 79-85.
- Liu, T., L. Kang, Z. Lei & R. Hernandez. 2011.** Hymenopteran parasitoids and their role in biological control of vegetable *Liriomyza* leafminers. *Recent Adv. Entomol. Res.* 376-403
- Liu, T.X., L. Kang, K.M. Heinz & J. Trumble. 2009.** Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 4:1–16.
- Liu, W.X., W. Wang, L.S. Cheng, J.Y. Guo & F.H. Wan. 2014.** Contrasting patterns of ovarian development and oogenesis in two sympatric host-feeding parasitoids, *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Appl. Entomol. Zool.* 49: 305-314.
- Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz & C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- Marchiori, C.H. 1998.** Relação entre a espessura da crosta de placas fecais nas pastagens e a ocorrência de parasitóides de dípteros. *Rev. Logos* 2: 31-34.
- Meyer, J.S. & M.S. Boyce. 1986.** Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology* 67: 1156–1166.
- Murphy, S.T & J. Lasalle. 1999.** Review article: Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. *Biocontrol News Inf.* 20: 91-104.
- Pedigo, L.P & R.M Zeiss. 1996.** Constructing life table for insect populations, p. 75–105. In L.P Pedigo (eds.). *Analyses in insect ecology and management.* Iowa, Iowa State University Press, 180p.

- Petcharat, J & M.W. Johnson. 1988.** Biology of the leafminer parasitoid *Ganaspidium utilis* Beardsley (Hymenoptera: Eucolidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 477-480
- Plouvier, N.W & E. Wajnberg. 2018.** Improving the efficiency of augmentative biological control with arthropod natural enemies: a modeling approach. *Biol. Control* 125: 121–130
- Pratissoli, D.J.C.Z., R.V. Ulysses, A.S Josimarde, M.G Edylene & C.E Marcelo. 2004.** Tabela de vida da fertilidade de *Trichogramma pretiosum* e *Trichogramma acacioi* em ovos de *Anagasta kuehniella* em temperaturas diferentes. *Pesqu. Agropec. Bras.* 39: 193-196.
- Ridland, P.M., P.A Umina, E.I Pirtle & A.A Hoffmann. 2020.** Potential for biological control of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae), in Australia with parasitoid wasps. *Austral Entomol.* 59: 16-36.
- Rivero, A & S.A West. 2002.** The physiological costs of being small in a parasitic wasp. *Evol. Ecol. Res.* 4: 407-420.
- Rodrigues, S.M.M, Bueno V.H.P & M.V Sampaio. 2003.** Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera, Aphidiidae) em *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera, Aphididae). *Rev. Bras. Entomol.* 47: 637-642.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT User's Guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Southwood T.R.E. 1978.** Ecological methods. 2^a ed. London: Chapman and Hall, 524p.
- Van Lenteren, J.C. & J. Woets. 1988.** Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annu. Rev. Entomol.* v.33, 329-369.
- Xiao-Qin, C., C. Feng-Qin, Z. Yi-Bo, Z., G. Jian-Yang, W. Fang-Hao & L. Wan-Xue. 2017.** Life history and life table of the host-feeding parasitoid *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae) *Appl. Entomol. Zool.*, 52: 287-293.
- Wang, X-G., A. Nance, J.M.L Jones, K.A. Hoelmer & K.M. 2018.** Aspects of the biology and developmental strategy of two Asian larval parasitoids evaluated for classical biological control of *Drosophila suzukii*. *Biol. Control* 121: 58-65.
- Zacarin, G.G., N. Gobbi. & J. Chaud Netto. 2004.** Capacidade reprodutiva de fêmeas de *Apanteles galleriae* (Hymenoptera, Braconidae) em lagartas de *Galleria mellonella* e *Achroia grisella* (Lepidoptera, Pyralidae) criadas com dietas diferentes. *Iheringia Sér. Zool.* 94: 139-147.
- Zhang, R.J., D.J. Yu & C.Q. Zhou. 2000.** Effect of temperature on certain population parameters of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Entomol. Sin.* 7: 185-192.

Tabela 1. Taxa líquida de reprodução (R_o), taxa intrínseca de crescimento (r_m), tempo médio de uma geração (T) (dias), tempo para duplicar a população (Td) (dias) e a taxa finita de aumento (λ) de *Zaeucoila incompleta* parasitando larvas de *Liriomyza sativae*. Temp. $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR. de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12L:12E).

Hospedeiro	R_o (fêmeas/fêmeas)	r_m (fêmeas/fêmeas*dias)	T (dias)	Td (dias)	λ
<i>L. sativae</i>	53,82 (44,08 - 63,56) ¹	0,15 (0,14 - 0,16)	31,18 (24,84 - 27,15)	2,8 (4,22 - 2,80)	1,24 1,15 – 1,17

¹(IC) Intervalo de confiança a 95%

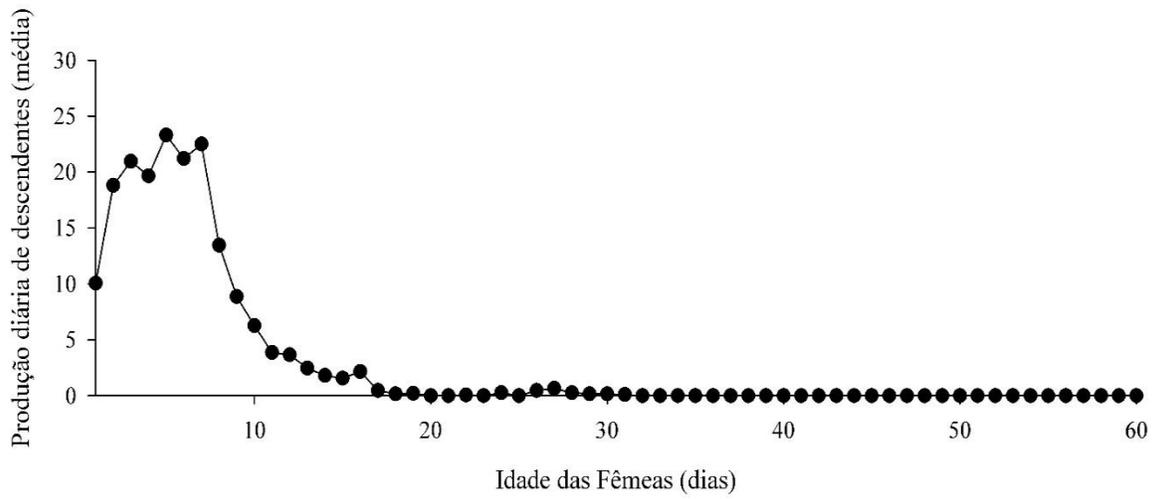


Figura 1. Dinâmica da fecundidade de *Zaeucoila incompleta*, criadas parasitando larvas de *Liriomyza sativae*, em B.O.D (Temperatura constante: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12L:12E).

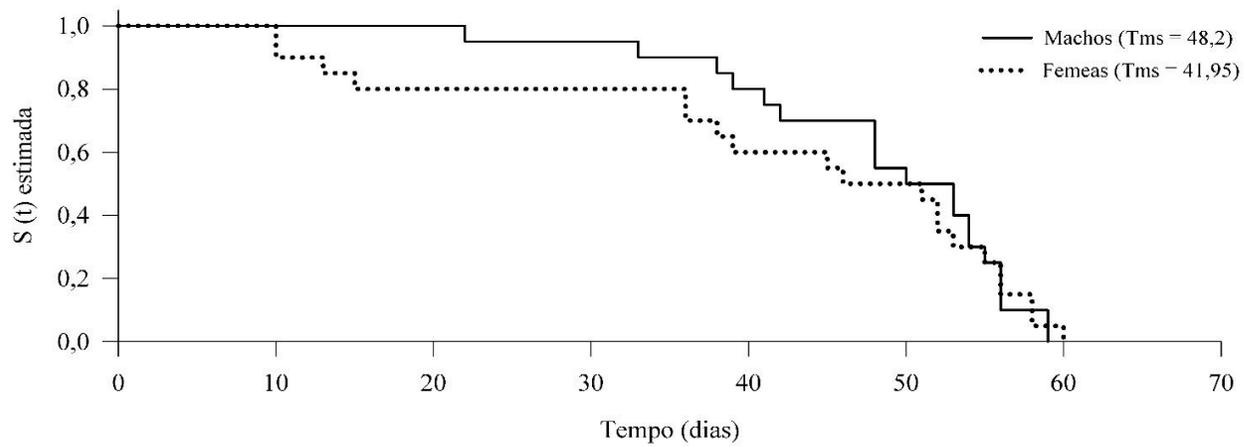


Figura 2. Curva de sobrevivência de uma população de *Zaeucoila incompleta*, criadas parasitando larvas de *Liriomyza sativae* em B.O.D (Temperatura constante: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12L:12E).

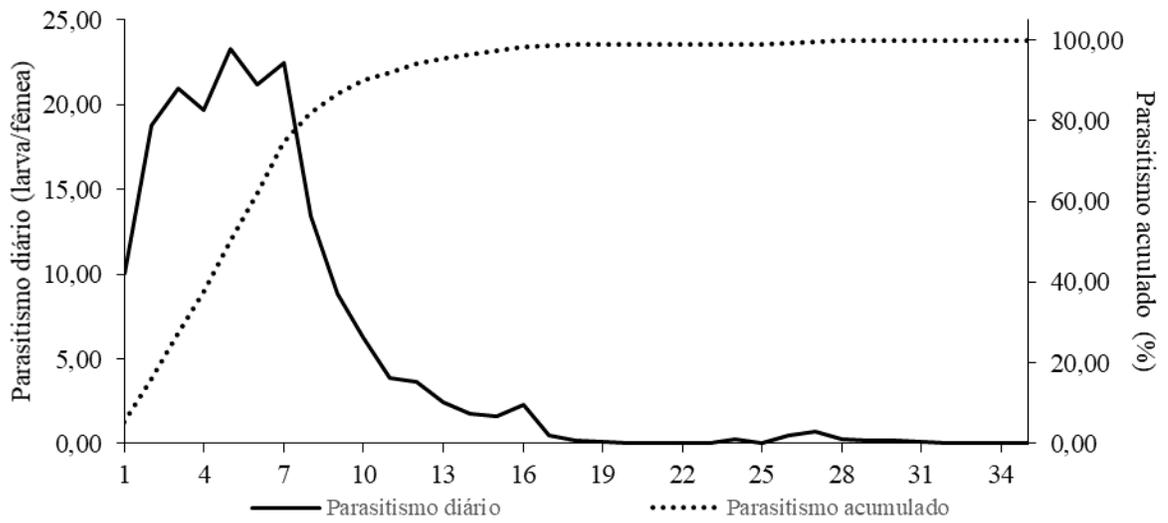


Figura 3. Parasitismo diário e acumulado de *Zaeucoila incompleta*, criadas parasitando larvas de *Liriomyza sativae* em B.O.D (Temperatura constante: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12L:12E).

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, podemos afirmar que *Zaeucoila incompleta* é capaz de parasitar todos os instares larvais de *Liriomyza sativae*. Contudo a criação deste parasitoide em laboratório, demonstrou que sua preferência é parasitar larvas de segundo ínstar, pois ocorreu um maior número de descendentes e uma maior taxa de parasitismo em testes com e sem chance de escolha. Também, em condições de criação, o tempo de exposição ao parasitismo que permitiu o maior desempenho foi de 6 e 24 h, bem como a melhor densidade de larvas para a criação foi de 20 larvas/fêmea de *Z. incompleta*. Adultos de parasitoides podem obter nutrientes para a sua sustentação do próprio hospedeiro. Assim, a oferta de dieta a base de mel promoveu maior desempenho do parasitoide independente da proporção de mel a 10%, 50% e puro (100%). Embora, tenha ocorrido tendência de melhor desempenho com solução de mel a 50%.

Uma criação massal de parasitoides eficiente e econômica deve-se analisar parâmetros biológicos do parasitoide, que devem demonstrar o seu potencial de crescimento populacional e, conseqüentemente, sua capacidade de regular a população da praga alvo. Portanto, os resultados obtidos definiram alguns procedimentos metodológicos que podem ser aplicado a criação massal de *Z. incompleta*.

Os resultados deste estudo empregando a temperatura mais comum para a criação de insetos (25 °C) demonstrou que *Z. incompleta* apresenta desempenho compatível com outras espécies já estudadas de parasitoides de moscas-minadoras, inclusive parasitoides já usados comercialmente no controle de moscas-minadoras. As fêmeas apresentam uma média de 183,25 descendentes. Os machos são mais longevos que as fêmeas, o tempo médio de sobrevivência das

fêmeas foi de 41,95 dias. A média do parasitismo diário na temperatura estudada foi de 23,3 larvas/dia.

A partir dos resultados encontrados nos parâmetros demográficos de *Z. incompleta*, podemos sugerir que, o parasitoide sofreu efeito com a temperatura estudada, pois não foram tão propícias para o seu desenvolvimento. Isso se deve ao fato de que o parasitoide está adaptado as condições do Semi-Árido, com altas temperaturas, com temperatura média na região de Mossoró-RN de 27,5 °C, onde ele ocorre naturalmente. Sendo sugerido assim, mais estudos com diferentes temperaturas para averiguar a influência das mesmas sobre seu desenvolvimento e desta forma será possível averiguar seu melhor desempenho e assim, posteriormente, recomendá-lo para multiplicação e para uso no controle biológico de *L. sativae*.

Com base nos resultados obtidos pode-se afirmar que o parasitoide *Z. incompleta* possui potencial para ser utilizado no controle biológico de *L. sativae*. No entanto, devido este ser o primeiro trabalho sobre a biologia e parâmetros demográficos desta espécie de parasitoide, estudos futuros como as exigências térmicas em laboratório, tabela de vida de fertilidade, seletividade e estimação de número de gerações para os municípios produtores de melão (RN e CE) e etc, precisam ser realizados e servirão para viabilizar a utilização desse parasitoide em campo.