

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DA TEMPERATURA E DE HOSPEDEIROS NO  
DESENVOLVIMENTO DE *Diaeretiella rapae* (McINTOSH)  
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE)

Robson José da Silva  
Biólogo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
JUNHO de 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DA TEMPERATURA E DE HOSPEDEIROS NO  
DESENVOLVIMENTO DE *Diaeretiella rapae* (McINTOSH)  
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE)

Robson José da Silva

Orientador: Prof. Dr. Francisco Jorge Cividanes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

JUNHO de 2011

Silva, Robson José da  
S581e Efeito da temperatura e de hospedeiros no desenvolvimento de  
Diaeretiella rapae (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) /  
Robson José da Silva. -- Jaboticabal, 2011  
vi, 82 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011

Orientador: Francisco Jorge Cividanes

Banca examinadora: José Roberto Postali Parra, Marcus Vinicius  
Sampaio, Nelson Wanderley Peroto, Sergio Antonio De Bortoli,  
Bibliografia

1. Brassicaceae. 2. Criação massal. 3. Parasitoide. I. Título. II.  
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 638.4

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** EFEITO DA TEMPERATURA E DE HOSPEDEIROS NO DESENVOLVIMENTO DE *Diaeretiella rapae* (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE)

**AUTOR:** ROBSON JOSÉ DA SILVA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. FRANCISCO JORGE CIVIDANES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. FRANCISCO JORGE CIVIDANES  
Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. SERGIO ANTONIO DE BORTOLI  
Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. NELSON WANDERLEY PERIOTO  
Apta Centro Leste / Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegocios / Ribeirão Preto/SP

  
Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA  
Departamento de Entomologia / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz USP / Piracicaba/SP

  
Prof. Dr. MARCUS VINICIUS SAMPAIO  
Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Uberlândia

Data da realização: 27 de junho de 2011.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ROBSON JOSÉ DA SILVA – Natural de Suzano – SP, nascido em 3 março de 1980. Biólogo, graduado pelo Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS-MG em Ciências Biológicas Bacharelado. Título obtido em 10 de dezembro de 2004. O trabalho de conclusão de curso teve como título: Inventário das espécies de Scarabaeidae em campo rupestre e mata ciliar na reserva do Boqueirão sob orientação do Prof. Dr. Fernando Antônio Frieiro-Costa. No decorrer da graduação foi monitor na disciplina Ecologia de Populações e Comunidades / UNILAVRAS; realizou estágios: i) no Laboratório de Controle Biológico / Dep. Entomologia / UFLA-MG onde foi bolsista de iniciação científica pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq ii) na disciplina Ecologia de Sistemas / UNILAVRAS-MG, iii) no Laboratório de Ecologia Dep. Biologia / UFLA-MG. Em 2005 ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia/UFLA, concluído em 2007 com a aprovação da dissertação intitulada: Qualidade hospedeira e tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dra. Vanda Helena Paes Bueno.

*Aos meus pais Raimundo Severino da Silva e Angela de Oliveira Silva pelo carinho, amor, conselhos, palavras de incentivo e apoio que me deram forças nos momentos difíceis e por me mostrarem o valor da honestidade e do trabalho. Ao meu irmão Izaque Rodrigo Silva pela amizade e companheirismo desses anos todos.*

*Dedico*

*A minha companheira Elizabeth do Carmo Pedroso pelo carinho, amor e incentivo para terminar mais essa etapa de minha vida.*

*Ofereço*

## AGRADECIMENTOS

À força que nos guia, “Deus”, e que nos leva a trilhar caminhos que nunca imaginamos, mas que de uma forma ou de outra conseguimos chegar ao final.

Ao Professor Dr. Francisco Jorge Cividanes pela orientação, confiança, incentivo, ensinamentos, paciência e principalmente pela amizade nesses transcorridos anos de curso.

À UNESP Jaboticabal, pela oportunidade de concretizar mais essa etapa de minha vida e por permitir que este trabalho fosse realizado.

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa de estudo e financiamento concedidos.

Aos professores dos programas de pós-graduação em Entomologia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca pelas críticas construtivas que fizeram, com o intuito de aprimorar meu trabalho.

Ao Professor Dr. José Carlos Barbosa do Departamento de Ciências Exatas/FCAV pelo auxílio com as análises estatísticas.

Ao Professor Dr. Sergio Antonio De Bortoli do Departamento de Fitossanidade/FCAV, pelo fornecimento de material (Brassica oleracea) para execução dos experimentos quando necessário.

Ao Professor Dr. Nelson Wanderley Periotto do Departamento de Fitossanidade/FCAV e APTA-Ribeirão Preto, por ter fornecido os equipamentos necessários para efetuar as medições das tíbias dos insetos.

Ao professor Dr. Marcelo Teixeira Tavares / UFES (Vitória/ES), pela identificação do parasitoide.

Ao professor Dr. Carlos Roberto Sousa Silva / UFSCar (São Carlos/SP), pela identificação dos pulgões.

Ao professor Dr. Marcus Vinicius Sampaio ICIAG/ UFU (Uberlândia/MG), pelas sugestões que possibilitaram estabelecer a criações dos pulgões e parasitoide e conduzir os experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), Lígia Dias T. Fiorezzi, Márcia Regina Macri Ferreira, Lúcia Helena Tarina, Alex Antônio Ribeiro, José Altamiro de Souza, pela colaboração e amizade.



Aos amigos de departamento: Roberto Marchi Goulart, Alessandra Marieli Vacari, Daniell Rodrigo Rodrigues Fernandes, Francisco José Sosa Duque, Haroldo Xavier Linhares Lopes, Ana Paula Machado Baptista, Aniele Pianoscki de Campos, Juliana Nais, Flávio Gonçalves de Jesus, Cácia Leila Tigre Pereira Viana, Robson Thomaz Thuler, José Antônio de Souza Rossato Junior, Alexandre Carlos Menezes Netto, Carolina Veiga, Douglas Henrique Bottura Maccagnan, Daniel Junior de Andrade, Alessandra Karina Otuka e Daniel Ferreira Caixeta pela boa convivência ao longo do tempo.

Aos amigos de laboratório: Saulo Renê Damião Sala, Ivan Carlos Fernandes Martins, Lilian Roberta Batista Correa, Tatiana de Oliveira Barbosa, Crislany de Lima Barbosa, Tiago Augusto, Tiago Roberto, Karen Pereira da Silva, Laís da Conceição dos Santos e Gianni Haddad.

A todos os amigos, professores e companheiros que de uma forma ou de outra contribuíram com esse trabalho e fizeram parte de minha vida durante essa etapa. Muito obrigado !

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	iii
SUMMARY .....	v
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
1. Introdução.....	1
2. Referências.....	5
CAPÍTULO 2- QUALIDADE HOSPEDEIRA DE DIFERENTES ESPÉCIES DE PULGÕES PARA CRIAÇÃO DE <i>Diaeretiella rapae</i> (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE).....	10
Resumo.....	10
1. Introdução.....	11
2. Material e Métodos .....	13
2.1. Produção de <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> .....	13
2.2. Criação dos pulgões hospedeiros.....	13
2.3. Criação do parasitoide .....	14
2.4. Qualidade hospedeira de <i>M. persicae</i> , <i>L. erysimi</i> e <i>B. brassicae</i> .....	14
2.4.1. Análise dos dados .....	16
3. Resultados e Discussão.....	16
4. Conclusão.....	22
5. Referências.....	23
CAPÍTULO 3 - EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE <i>Diaeretiella rapae</i> (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE).....	31
Resumo.....	31
1. Introdução.....	33
2. Material e Métodos .....	34
2.1. Produção de <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> .....	34
2.2. Criação do pulgão hospedeiro.....	35

2.3. Criação do parasitoide .....	35
2.4. Exigências térmicas .....	36
2.5. Tabelas de vida de fertilidade .....	36
2.5.1. Período de desenvolvimento e mortalidade de imaturos .....	36
2.5.2. Longevidade e fecundidade.....	37
2.5.3. Análise dos dados .....	38
3. Resultados e Discussão.....	39
3.1. Exigências térmicas.....	39
3.2. Tabelas de vida de fertilidade .....	41
3.2.1. Período de desenvolvimento e mortalidade de imaturos .....	41
3.2.2. Longevidade e fecundidade.....	43
4. Conclusões .....	51
5. Referências.....	52
CAPÍTULO 4 – EFEITO DO ARMAZENAMENTO À BAIXA TEMPERATURA SOBRE <i>Diaeretiella rapae</i> (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE) .....	
Resumo.....	59
1. Introdução .....	60
2. Material e Métodos .....	62
2.1. Produção de <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> .....	62
2.2. Criação do pulgão hospedeiro .....	62
2.3. Criação do parasitoide .....	63
2.4. Armazenamento à baixa temperatura.....	63
2.4.1. Análise dos dados .....	65
3. Resultados e Discussão.....	65
4. Conclusões .....	74
5. Referências.....	75

EFEITO DA TEMPERATURA E DE HOSPEDEIROS NO DESENVOLVIMENTO  
DE *Diaeretiella rapae* (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE,  
APHIDIINAE)

RESUMO - O parasitoide *Diaeretiella rapae* (McIntosh) é considerado um importante inimigo natural de pulgões em culturas de brassicáceas, apresentando potencial como agente de controle biológico desses insetos-praga. O presente estudo visou obter informações sobre *D. rapae* para subsidiar o desenvolvimento de programas de controle biológico de pulgões em cultivos de brassicáceas. Foram considerados os seguintes objetivos específicos: a) avaliar a qualidade hospedeira de *Myzus persicae* (Sulzer), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) e *Brevicoryne brassicae* (L.); b) determinar as exigências térmicas; c) determinar as tabelas de vida de fertilidade em diferentes temperaturas e d) avaliar o efeito do armazenamento à baixa temperatura. Para condução dos experimentos e criação das espécies de pulgões e parasitoide utilizaram-se plantas de couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Da Geórgia. A qualidade hospedeira foi investigada utilizando-se câmara climatizada regulada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase e considerando-se as seguintes variáveis biológicas de *D. rapae*: parasitismo, períodos de desenvolvimento, porcentagem de emergência de adultos, razão sexual, longevidade e tamanho. As exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade foram determinadas em câmaras climatizadas reguladas a 15, 20, 25 e  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase. Para o armazenamento à baixa temperatura utilizou-se câmara climatizada sob temperatura constante de  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  nos seguintes períodos: 0, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 32, 34 e 36 dias. Entre as espécies de pulgões estudadas *M. persicae* foi a que proporcionou maior qualidade a *D. rapae*. O limite térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ) do parasitoide foram  $4,0^\circ\text{C}$  e 245,3 GD, respectivamente. A temperatura afetou o desempenho reprodutivo de *D. rapae*, sendo  $25^\circ\text{C}$  a melhor condição térmica para o crescimento populacional da espécie. O armazenamento de *D. rapae* sob  $5^\circ\text{C}$  por

até 32 dias não afetou negativamente a emergência e a sobrevivência. O armazenamento até 36 dias não influenciou a ocorrência de deformações morfológicas, a razão sexual e a emergência da geração F1. Quando transferido para 25 °C, após o período de armazenamento de 4 a 36 dias, *D. rapae* apresentou diminuição gradativa no período de emergência, na longevidade, na capacidade reprodutiva e na razão sexual da geração F1. *Diaeretiella rapae* pode ser armazenado por até 24 dias a 5 °C, nesse período a porcentagem de parasitismo e a razão sexual da geração F1 mantêm-se acima de 38% e 0,50, respectivamente.

Palavras-chave – Armazenamento, baixa temperatura, qualidade hospedeira, exigências térmicas, parasitoide, tabela de vida de fertilidade

EFFECT OF TEMPERATURE AND HOST IN THE DEVELOPMENT OF  
*Diaeretiella rapae* (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE,  
APHIDIINAE)

SUMMARY - The parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) is considered an important natural enemy of aphids in Brassicaceae, showing potential as a biological control agent of insect pests. This study aimed at obtaining information about *D. rapae* to subsidize the development of programs for biological control of aphids in Brassicaceae. Were considered the following specific objectives: a) to assess the host quality *Myzus persicae* (Sulzer), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) and *Brevicoryne brassicae* (L.), b) to determine the thermal requirements, c) to determine the fertility life tables at different temperatures and d) to evaluate the effect of storage at low temperature. The experiments and rearing of parasitoid and aphid species were conducted using cabbage plants (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Da Geórgia. The host quality was investigated using climate chamber at  $25 \pm 1$  ° C,  $60 \pm 10\%$  RH and 12 h photophase and considering the following biological variables of *D. rapae*: parasitism, developmental periods, percentage of adult emergence, sex ratio, longevity and size. The thermal requirements and fertility life tables were determined in climatic chambers at 15, 20, 25 and  $30 \pm 1$  ° C,  $60 \pm 10\%$  RH and 12 hours photophase. The storage at low temperature was determined under constant temperature of  $5 \pm 1$  ° C in the following periods: 0, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 32, 34 and 36 days. Among the aphid species studied *M. persicae* showed high quality to *D. rapae*. The lower thermal threshold ( $T_b$ ) and thermal constant ( $K$ ) of the parasitoid were 4.0 °C and 245.3 GD, respectively. The temperature affected the reproductive performance of *D. rapae*, 25 ° C provided the best thermal conditions for the population growth of the specie. The storage of *D. rapae* at 5 °C for up to 32 days does not negatively affect the emergence and survival. The storage up to 36 days did not influence the occurrence of morphological deformations, sex ratio and the emergence of F1 generation. When transferred to 25 °C, after the storage period from 4 to 36 days,

*D. rapae* showed gradual decrease in the period of emergence, longevity and reproductive capacity, in the sex ratio of F1 generation. *Diaeretiella rapae* can be stored for up to 24 days at 5 ° C during this period, the percentage of parasitism and sex ratio of F1 remains above 38% and 0.50, respectively.

Keywords - Storage, low temperature, host quality, thermal requirements, parasitoid, fertility life table

## CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. Introdução

Os pulgões são considerados pragas-chave em diversas culturas de interesse agrícola, tanto no campo como em ambientes protegidos, causando graves danos decorrentes da sucção da seiva e transmissão de vírus (SOUZA-SILVA & ILHARCO, 1995).

Os endoparasitoides da família Braconidae, subfamília Aphidiinae, constituem o grupo de inimigos naturais mais utilizados em programas de controle biológico de pulgões (SAMPAIO, 2004). No Brasil, os estudos sobre a utilização de afidiíneos no controle de pulgões relacionam-se com as espécies *Aphidius colemani* Viereck visando, principalmente, ao controle de *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (SAMPAIO et al., 2001), *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (SILVA et al., 2008), *Praon volucre* (Haliday) (DE CONTI et al., 2008) e *Aphidius ervi* Haliday (SIDNEY et al., 2010). Destaca-se que no país são escassas as informações sobre o emprego do afidiíneo *Diaeretiella rapae* (McIntosh) no controle de pulgões. A espécie é considerada parasitoide especialista em pulgões associados às brassicáceas (BLANDE et al., 2004), sendo no Brasil indicada como o principal parasitoide de *M. persicae*, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) e *Brevicoryne brassicae* (L.) em brassicáceas (SOUSA & BUENO, 1992; MUSSURY & FERNANDES, 2002; RESENDE et al., 2006). *Diaeretiella rapae* ocorre também associado a outras espécies de pulgões em diferentes culturas e ocorrência em vários estados brasileiros (STARÝ et al., 2007).

Alguns estudos indicaram que *D. rapae* apresenta grande potencial para uso em programas de controle biológico de pulgões em culturas de brassicáceas. LARA et al. (1999) relataram *D. rapae* parasitando *M. persicae* em cultura de batata em Jaboticabal (SP). Segundo MUSSURY & FERNANDES (2002), *D. rapae* foi responsável por 89,7 % de parasitismo de *B. brassicae* e *L. erysimi* na cultura da canola, *Brassica napus*, em Mato Grosso do Sul. VAZ et al. (2004)



relataram que 93,2% dos indivíduos das diferentes espécies de parasitoides do pulgão *B. brassicae* em couve pertenceram a *D. rapae*.

Entretanto, estudos relacionados com a qualidade hospedeira, influência da temperatura, exigências térmicas, armazenamento, dentre outros, são necessários para auxiliar na determinação do potencial de uso de *D. rapae* no controle biológico de pulgões.

Na produção massal de parasitoides é importante que a criação seja feita em hospedeiros adequados, pois a qualidade hospedeira afeta diretamente o desenvolvimento, a mortalidade, a longevidade e a fecundidade desses inimigos naturais (ROITBERG et al., 2001).

Além da qualidade hospedeira, estudos envolvendo a temperatura são necessários para o estabelecimento de uma criação massal de parasitoides. A temperatura tem sido considerada um dos principais fatores ecológicos devido a grande influência sobre características dos insetos relacionadas com a dispersão, o desenvolvimento, a fecundidade, o comportamento e a alimentação (ANDREWARTHA & BIRCH, 1954; VARLEY et al., 1973). Segundo HORN (1998), a temperatura desempenha importante papel no manejo integrado de pragas, pois, por atuar sobre as reações bioquímicas e as atividades dos insetos, pode aumentar ou diminuir a efetividade desses organismos no manejo de pragas.

A determinação das exigências térmicas de insetos proporciona o entendimento do comportamento populacional desses organismos relacionado com distribuição, abundância, tabela de vida, controle biológico, além da obtenção do zoneamento ecológico de determinada espécie (PARRA, 1985; RO et al., 1998; CIVIDANES, 2000). Estudos relacionados com a capacidade reprodutiva de parasitoides têm grande importância em programas de controle biológico e as tabelas de vida de fertilidade são fundamentais para o entendimento da dinâmica populacional desses inimigos naturais (van LENTEREN & WOETS, 1988; ELLIOTT & KIECKHEFER, 1989; BELLOWS et al., 1992), uma vez que para ser considerado efetivo o inimigo natural deve apresentar taxa intrínseca de aumento populacional ( $r_m$ ) maior ou igual ao da praga (van LENTEREN, 2000). Por outro lado, as tabelas de vida de fertilidade fornecem subsídios para comparar variáveis

biológicas de insetos sujeitas às alterações decorrentes de fatores bióticos e abióticos do ambiente (SILVEIRA NETO et al., 1976), além de permitir medir o grau de desempenho biológico de determinado inseto sob influência de diferentes temperaturas (SINGH et al., 2000; PANDEY & TRIPATHI, 2008). Esses estudos não são apenas de interesse teórico, mas proporcionam os fundamentos para serem utilizados no controle de pragas (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000).

Destaca-se a importância dos parâmetros das tabelas de vida de fertilidade serem obtidos utilizando-se a contagem do tempo em graus-dia, que proporciona uma referência comum para o desenvolvimento dos insetos e permite uma comparação mais precisa desses parâmetros quando provenientes de estudos realizados sob condições de diferentes temperaturas (NOWIERSKI et al., 1983; HUTCHISON & HOGG, 1984).

Nos processos de criação massal e uso comercial de inimigos naturais, geralmente há necessidade de o inimigo natural produzido ser armazenado por determinado período de tempo. Essa estocagem deve ser feita de maneira criteriosa, pois a habilidade de armazenar inimigos naturais sem perda da viabilidade e efetividade do inseto produzido é fator de extrema importância para o desenvolvimento do programa de controle biológico (MORRISON & KING, 1977; KING et al., 1985).

O uso de baixas temperaturas é uma valiosa ferramenta na produção massal, armazenamento e transporte de parasitoides até os locais de liberação. Com relação aos parasitoides de pulgões, esse armazenamento pode ser feito por curtos períodos de tempo e aplicado durante os estágios imaturos sob temperaturas que variam de 4 a 15°C (van LENTEREN, 2000). De acordo com van LENTEREN & TOMMAZINI (1999), a obtenção de produtos de elevada qualidade e a redução de custos na produção de agentes de controle biológico se deve aos avanços nas áreas de produção massal, controle de qualidade e armazenamento de inimigos naturais.

Considerando-se a importância representada pelos pulgões como pragas de brassicáceas e a escassez de informações sobre o controle biológico desses insetos, o presente estudo visou obter informações sobre *D. rapae* para subsidiar

o desenvolvimento de programas de controle biológico de pulgões em cultivos de brassicáceas.

## 2- Referências

ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The distribution and abundance of animals. Chicago: University of Chicago Press, 1954, cap. 6, p. 31 – 54.

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

BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Attack rate and success of the parasitoid *Diaeretiella rapae* on specialist and generalist feeding aphids. Journal of Chemical Ecology, New York, v. 30, n. 9, p. 1781-1795, 2004.

CIVIDANES, F. J. Uso de graus-dia em entomologia com particular referência ao controle de percevejos pragas da soja. Jaboticabal: Funep, 2000. 31 p.

DE CONTI, B. F. D.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. The parasitoid *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) as a potential biological control agent of the aphid *Uroleucon ambrosiae* (Homoptera: Aphididae) on lettuce in Brazil. European Journal of Entomology, Branisovska, v. 105, n. 3, p: 485–487, 2008.

ELLIOTT, N. C.; KIECKHEFER, R. W. Effects of constant and fluctuating temperatures on immature development and age-specific life tables of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae). The Canadian Entomologist, Ottawa, v. 121, n. 2, p. 131-140, 1989.

HORN, D. J. Temperature synergism in integrated pest management. In: HALLMAN, G. J.; DENLINGER, D. L. (Eds.). Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management. Boulder: Westview Press,

1998, cap. 5, p. 125-139. Disponível em <<http://pestdata.ncsu.edu/ipmtext/chap5.pdf>>. Acesso em : 21 mar. 2011.

HUTCHISON, W. D.; HOGG, D. B. Demographic statistics for the pea aphid (Homoptera: Aphididae) in Wisconsin and a comparison with other populations. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 13, n. 5, p. 1173-1181, 1984.

KING, E. G.; HOPPE, K. R. ; POWELL, J. E. Analysis of systems for biological control of crop arthropod pests in the U. S. by augmentation of predators and parasites. In: HOY, M. A. ; HERZORG, D. C. (Eds.). *Biological control in agricultural IPM systems*. Orlando: Academic Press, 1985, p. 201-227.

LARA, F. M.; SILVA, E. ; BOIÇA Jr., L.A. Resistência de genótipos de batata, *Solanum spp.*, a afídeos (Homoptera: Aphididae) e influência sobre parasitóides. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Londrina, v. 28, n. 4, p. 721-728, 1999.

MORRISON, E. G.; KING, E. G. Mass production of natural enemies. In: RIDGWAY, R. L.; VINSON, S. B. (Eds.). *Biological control by augmentation of natural enemies*. London: Plenum Press, 1977, cap. 6, p. 183-217.

MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. D. Occurrence of *Diaeretiella rapae* (Mc'Intosh, 1855) (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitising *Lypaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) and *Brevicoryne brassicae* (L., 1758) (Homoptera: Aphididae) in *Brassica napus* in Mato Grosso do Sul. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 41-46, 2002.

NOWIERSKI, R. M.; GUTIERREZ, A. P.; YANINEK, J. S. Estimation of thermal thresholds and age-specific life table parameters for the walnut aphid (Homoptera: Aphididae) under field conditions. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 12, n. 3, p. 680-686, 1983.

PANDEY, A. K.; TRIPATHI, E. C. P. M. Effect of temperature on the development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of *Campoletis chlorideae*, an endolarval parasitoid of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. *Biocontrol*, Dordrecht, v. 53, n. 3, p. 461-471, 2008.

PARRA, J. R. P. *Biologia comparada de Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 45-76, 1985.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES E. L. Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e sua associação com insetos predadores, parasitóides e formigas em couve (Cruciferae) no Brasil. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 35, n. 4, p. 551-555, 2006.

ROITBERG, B. D.; BOIVIN, G.; VET, L. Fitness, parasitoids and biological control: an opinion. *The Canadian Entomologist*, Ottawa, v. 133, n. 3, p. 429-438, 2001.

RO, T. H.; LONG, G. E.; TOBA, H. H. Predicting phenology of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) using degree-days. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 27, n. 2, p. 337-343, 1998.

SAMPAIO, M. V. *Bioecologia de Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). 2004. 154 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. 2004.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; PÉREZ-MALUF, R. Parasitismo de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) em diferentes densidades de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2001.

SIDNEY, L. A.; BUENO, V. H. P.; LINS, J. C.; SAMPAIO, M. V.; SILVA, D. B. Larval competition between *Aphidius ervi* and *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, Lanham v. 39, n. 5, p.1500-1505, 2010.

SILVA, R. J.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B.; SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) em *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 124-130, 2008.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419p.

SINGH, R.; PANDEY, S.; SINGH, A. Effect of temperature and photoperiod on development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of an aphid parasitoid *Binodoxys indicus*. *Malaysian Applied Biology Journal*, Bangi, v. 29, p. 79–95, 2000.

SOUSA, B. M.; BUENO, V. H. P. Parasitóide e hiperparasitóides de mummies de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera – Homoptera – Aphidiidae). *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 55-62, 1992.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. *Ecological methods*. 3. ed. Malden: Blackwell Science, 2000. 575p.

SOUZA-SILVA, C. R.; ILHARCO, F. A. Afídeos do Brasil e suas plantas hospedeiras (lista preliminar). São Carlos: Ed. da UFSCar, 1995. 85p.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in

Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 107-118, 2007.

van LENTEREN, J. C. Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. In: GURR, G.; WRATTEN, S. (Eds.). *Biological control: measures of success*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000, p. 77-103.

van LENTEREN, J. C.; WOETS, J. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 33, p. 239-269, 1988.

van LENTEREN, J. C.; TOMMAZINI, G. Mass production, storage, shipment and quality control of natural enemies. In: ALBAJES, R.; GULLINO, M.L.; van LENTEREN, J. C.; ELAD, Y. (Eds.). *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999, p. 276-294.

VARLEY, G. C.; GRADWELL, G. R.; HASSEL, M. P. *Insect population ecology: an analytical approach*. Berkeley: University California Press, 1973. 212 p.

VAZ, L. A. L.; TAVARES, M. T.; LOMÔNACO, C. Diversidade e tamanho de himenópteros parasitóides de *Brevicoryne brassicae* L. e *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 33, n. 2, 225-230, 2004.



CAPÍTULO 2- QUALIDADE HOSPEDEIRA DE DIFERENTES ESPÉCIES DE PULGÕES PARA CRIAÇÃO DE *Diaeretiella rapae* (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE)

RESUMO - Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade das espécies de pulgões *Myzus persicae* (Sulzer), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) e *Brevicoryne brassicae* (L.) como hospedeiros para o parasitoide *Diaeretiella rapae* (McIntosh). A qualidade hospedeira foi investigada utilizando-se câmara climatizada regulada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase e considerando-se as seguintes variáveis biológicas de *D. rapae*: parasitismo, períodos de desenvolvimento, porcentagem de emergência de adultos, razão sexual, longevidade e tamanho. Os resultados mostraram elevado parasitismo de *D. rapae* em *M. persicae* e *B. brassicae*. Os períodos de desenvolvimento de *D. rapae* de ovo-múmia e ovo-adulto (ovo-macho ou ovo-fêmea) foram menores em *M. persicae* em comparação com *L. erysimi* e *B. brassicae*. Além disso, *D. rapae* não apresentou diferença significativa na taxa de emergência, razão sexual e longevidade nas três espécies de pulgões. Os períodos de desenvolvimento e longevidade de machos e fêmeas de *D. rapae* não foram significativamente diferentes. *Myzus persicae* foi o maior hospedeiro seguido de *B. brassicae* com tamanho intermediário e *L. erysimi* com menor tamanho. O tamanho de *D. rapae* criado em *M. persicae* foi maior que em *L. erysimi* e *B. brassicae*. As fêmeas de *D. rapae* foram maiores que os machos em *M. persicae*, por outro lado, os machos foram maiores que as fêmeas em *L. erysimi*. O tamanho de machos e fêmeas dos parasitoides não diferiu em *B. brassicae*. Entre as espécies de pulgões estudadas *M. persicae* foi o hospedeiro que apresentou maior qualidade para *D. rapae*.

Palavras-chave: Brassicaceae, glicosinolatos, *Myzus persicae*, *Lipaphis erysimi*, *Brevicoryne brassicae*

## 1. Introdução

Endoparasitoides Aphidiinae (Braconidae) são os inimigos naturais mais utilizados em programas de controle biológico de pulgões. No Brasil, estudos sobre esses parasitoides para controle de pulgões são direcionados, principalmente, para *Aphidius colemani* Viereck visando, principalmente, ao controle de *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (SAMPAIO et al., 2001a), *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (SILVA et al., 2008a), *Praon volucre* (Haliday) (DE CONTI et al., 2008) e *Aphidius ervi* Haliday (SIDNEY et al., 2010). Ressalta-se que no país são escassas as informações sobre o uso do parasitoide afidiíneo *Diaeretiella rapae* (McIntosh) no controle de pulgões. Esta espécie é considerada especialista em afídeos associados às brassicáceas (BLANDE et al., 2004) e é relatada no Brasil como o principal parasitoide dos pulgões especialistas *Brevicoryne brassicae* (L.), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) e do generalista *M. persicae* em brassicáceas (SOUSA & BUENO 1992; MUSSURY & FERNANDES, 2002; RESENDE et al., 2006). *Diaeretiella rapae* também ocorre associado a outras espécies de afídeos em diferentes culturas e encontra-se distribuído em vários estados do Brasil (STARÝ et al., 2007).

Para avaliar a qualidade nutricional e fisiológica e aceitar um hospedeiro para a oviposição, parasitoides afidiíneos utilizam vários sinais derivados do hospedeiro, tais como forma, cor, odor, sabor e movimentos (MACKAUER et al., 1996; BLANDE et al., 2007). As características nutricionais e fisiológicas do hospedeiro afetam diretamente o desenvolvimento, a mortalidade, a longevidade e a fecundidade de parasitoides (ROITBERG et al., 2001). Pelo fato dos estágios imaturos de himenópteros parasitoides dependerem dos nutrientes presentes nos insetos hospedeiros (SEQUEIRA & MACKAUER, 1992), as fêmeas desses insetos ovipositam em um hospedeiro particular quando este apresenta condições nutricionais e fisiológicas para o desenvolvimento de sua prole. Além disso, as larvas parasitoides dependem da habilidade de suas mães para avaliar a qualidade do hospedeiro e assegurar o seu desenvolvimento (MACKAUER et al., 1996).

Vários estudos têm demonstrado a importância dos glicosinolatos (GS) de brassicáceas como indicadores da qualidade da planta hospedeira para insetos herbívoros (MOYES et al., 2000; GOLS et al., 2008). Esses compostos também desempenham um papel na defesa da planta contra insetos herbívoros (RASK et al., 2000) e podem afetar indiretamente predadores e parasitoides, causando um efeito cascata (FRANCIS et al., 2001; GOLS et al., 2009). Recentemente, tem sido investigado o uso dos sinais químicos dos glicosinolatos por parasitoides para localização de hospedeiros, habitats e mesmo para avaliar a qualidade do hospedeiro (BLANDE et al., 2004; 2007; 2008).

Herbívoros generalistas produzem enzimas que podem desintoxicar uma ampla gama de substratos (KRIEGER et al., 1971), enquanto os especialistas desenvolveram um sistema enzimático capaz de desintoxicar compostos de defesa da planta (RATZKA et al., 2002). Assim, herbívoros generalistas como são, geralmente, mais sensíveis aos elevados níveis de aleloquímicos específicos em comparação aos especialistas (GIAMOUSTARIS & MITHEN, 1995). Especialistas que se alimentam de brassicáceas são adaptados ao conteúdo de glucosinolatos das plantas, e podem desintoxicar, excretar ou mesmo sequestrar estes metabolitos prejudiciais (RATZKA et al., 2002; WITTSTOCK et al., 2004).

O alto potencial de *D. rapae* como agente de controle biológico contra pulgões em diversas culturas, incluindo brassicáceas, tem sido relatado por alguns autores (LARA et al., 1999; MUSSURY & FERNANDES 2002; VAZ et al., 2004). Entretanto, para o estabelecimento com êxito de um programa de controle biológico de pulgões através da utilização de parasitoides, é necessário conhecer vários aspectos bioecológicos dos inimigos naturais selecionados, tais como a adequação de espécies hospedeiras para a criação massal. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade dos pulgões *M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae* para a criação de *D. rapae*.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia de Insetos do Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Universidade Estadual Paulista (FCAV/ UNESP), Campus de Jaboticabal, SP, Brasil.

### 2.1. Produção de *Brassica oleracea* var. *acephala*

A produção de couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Da Geórgia foi feita utilizando-se bandejas de isopor de 128 células para obtenção de mudas. As bandejas foram preenchidas com substrato para produção de mudas. Em cada célula das bandejas foi colocada uma semente. Depois da semeadura, as bandejas foram mantidas em gaiola telada com tela antiafídeo (2x2x2 m) até o transplante. Após o período de 60 dias da semeadura as mudas foram transplantadas para vasos plásticos (500 ml) contendo solo e esterco bovino (proporção 1:1) e para canteiros adubados com esterco bovino. Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação (10 x 5 m) e nas gaiolas teladas descritas anteriormente. A cada 30 dias foi realizada adubação de cobertura nos canteiros e vasos com adubo NPK de fórmula 4-14-8, cloreto de potássio e sulfato de amônio.

### 2.2. Criação dos pulgões hospedeiros

Os pulgões *M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae* foram coletados em plantas de couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) presentes no campus da FCAV/UNESP em Jaboticabal (21°15'22" S, 48°18'58" O), São Paulo. A criação e multiplicação de cada espécie de pulgão foram conduzidas, separadamente, em casa-de-vegetação, utilizando-se vasos contendo plantas de couve (ver item 2.1). Os vasos foram mantidos em gaiolas de madeira (45x50x70 cm) revestidas com tecido voile.

### 2.3. Criação do parasitoide

Para dar início à criação de *D. rapae*, mummies dos pulgões *M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae* foram coletadas em plantas de couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) presentes no campus da FCAV/UNESP. As mummies foram individualizadas em tubos de vidro (80 x 19mm) e mantidas em sala climatizada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase. Após emergirem os adultos foram sexados sob microscópio estereoscópico e liberados em gaiolas de madeira, descritas anteriormente, contendo vasos com plantas de couve (ver item 2.1) infestadas com pulgões. *Diaeretiella rapae* foi criado, isoladamente, em cada uma das espécies de pulgões (*M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae*). As gaiolas foram mantidas em casa-de-vegetação. Gotículas de mel e água foram depositadas diariamente nas paredes das gaiolas para alimentação dos parasitoides adultos.

### 2.4. Qualidade hospedeira de *M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae*

O estudo foi conduzido em câmara climatizada regulada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase. Quinze fêmeas de *D. rapae* com menos de 24 horas de vida previamente acasaladas e sem experiência prévia de oviposição, foram liberadas individualmente em placas de Petri (5 cm de diâmetro) para oviposição. Cada placa conteve 20 ninfas, com três dias de idade, da espécie de pulgão (*M. persicae*, *L. erysimi* ou *B. brassicae*) e disco foliar de couve sobre uma camada de solução de ágar/água (1%). A espécie de pulgão submetida ao parasitismo correspondeu à mesma espécie que originou os adultos do parasitoide utilizados no experimento. As fêmeas do parasitoide permaneceram nas placas junto às ninfas por 60 minutos, sendo posteriormente retiradas. As placas com as ninfas submetidas ao parasitismo permaneceram em câmaras climatizadas até o completo desenvolvimento do parasitoide.

Cada uma das 15 fêmeas do parasitoide correspondeu a uma repetição e cada espécie do pulgão a um tratamento. Foram determinados o tempo, em dias,

do desenvolvimento do parasitoide de ovo a múmia e de ovo a adulto. Os pulgões mumificados foram quantificados e individualizados em tubos de vidro (80mm x 19mm) para se determinar as porcentagens de parasitismo e de emergência e a razão sexual. A longevidade dos adultos de *D. rapae* foi avaliada como segue: entre os adultos que emergiram em cada tubo de vidro, foram escolhidos aleatoriamente 15 machos e 15 fêmeas que permaneceram nos tubos até a morte. Os insetos foram alimentados diariamente com mel e água depositados nas paredes dos tubos em forma de gotículas. Diariamente foi efetuada a contagem de adultos do parasitoide mortos nos tubos.

Para se determinar qual espécie de pulgão é a melhor para ser utilizada na criação de *D. rapae* foi investigado se o tamanho de *M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae* tem relação com a qualidade hospedeira. O comprimento da tibia posterior é considerado adequado como indicador do tamanho de pulgões (NICOL & MACKAUER, 1999; van EMDEN & KIFLE, 2002) e de parasitoides afidiíneos (NICOL & MACKAUER, 1999). Desta forma, o estudo da qualidade hospedeira foi complementado determinando-se o comprimento da tibia das três espécies de pulgões e dos parasitoides oriundos dos mesmos.

Para determinar o tamanho dos hospedeiros e do parasitoide foram utilizadas ninfas de 2º instar de *M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae* mantidas em placa de Petri (15 cm de diâmetro) coberta com filme PVC, contendo disco foliar de couve (15 cm de diâmetro) e solução ágar/água (1%). De uma mesma colônia de pulgões foram coletadas 15 ninfas para serem retiradas as tíbias posteriores direita, além de 60 a 80 ninfas para serem oferecidas a uma fêmea de *D. rapae*, com menos de 24 horas de vida, previamente acasalada. Foram utilizadas três fêmeas para cada espécie de pulgão. As fêmeas permaneceram por 60 minutos em contato com as ninfas, sendo posteriormente retiradas. As ninfas submetidas ao parasitismo foram mantidas em câmara climatizada até a formação das múmias. A seguir, as múmias foram individualizadas em tubos de vidro (80mm x 19mm) até a emergência dos adultos do parasitoide. Entre os adultos emergidos foram coletados, aleatoriamente, 15 machos e 15 fêmeas para a retirada da tibia posterior direita.

As tíbias de ninfas e parasitoides foram montadas em lâmina de microscopia e medidas sob microscópio estereoscópio com ocular micrométrica.

#### 2.4.1. Análise dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se esquema fatorial 2 x 3 (2 sexos x 3 hospedeiros) para comparar períodos de desenvolvimento, longevidade e tamanho. Todas variáveis (parasitismo, períodos de desenvolvimento, porcentagem de emergência de adultos, razão sexual, longevidade e tamanho) foram analisados pela ANOVA, e teste de Tukey a 5% de significância utilizando-se os softwares SAS v. 9. 0. e AgroEstat v. 1. 1.

### 3. Resultados e Discussão

O parasitismo das espécies de pulgões por *D. rapae* variou de 42,5 a 66,5 %, sendo elevado em *M. persicae* ( $F = 4,91$ ,  $P < 0,05$ ) seguido de *B. brassicae* e *L. erysimi* (Tabela 1). Geralmente, o parasitismo pode ser um dos indicativos da qualidade hospedeira, pulgões com mais qualidade oferecem maiores condições para que fêmeas de afidiídeos depositem grande quantidade de ovos (SILVA et al., 2008a). A qualidade hospedeira também pode ser caracterizada pelo maior número de toques longos com ovipositor efetuados pela fêmea do parasitoide no momento da colocação do ovo (SAMPAIO et al., 2001b). Contudo, a aceitação do hospedeiro não necessariamente se correlaciona com a qualidade do hospedeiro, como demonstrado para outras espécies afidiíneas (CHAU & MACKAUER, 2001; HENRY et al., 2005; SAMPAIO et al., 2008). Por outro lado, o tempo de desenvolvimento também pode indicar a qualidade hospedeira, o desenvolvimento de ovo a múmia ( $F = 28,13$ ,  $P < 0,0001$ ), de ovo a adulto-macho ( $F = 12,04$ ,  $P < 0,0001$ ) e de ovo adulto-fêmea ( $F = 3,74$ ,  $P < 0,0001$ ) de *D. rapae* foram consistentemente menores em *M. persicae* que em *L. erysimi* e em *B. brassicae* (Tabela 1).

Tabela 1. Valor médio ( $\pm$  erro padrão) das variáveis biológicas de *Diaeretiella rapae* em diferentes hospedeiros.

Variáveis biológicas		Hospedeiros		
		M. persicae	L. erysimi	B. brassicae
% Parasitismo		66,5 $\pm$ 5,37 a <sup>1</sup> (15) <sup>2</sup>	42,5 $\pm$ 4,51 b (15)	48,2 $\pm$ 6,80 ab (15)
Desenvolvimento	Ovo_Múmia	6,5 $\pm$ 0,10 b (185)	7,3 $\pm$ 0,08 a (117)	7,2 $\pm$ 0,07 a (117)
	Ovo_Adulto (Macho)	10,5 $\pm$ 0,11 bA (57)	11,3 $\pm$ 0,16 aA (50)	11,5 $\pm$ 0,19 aA (45)
	Ovo_Adulto (Fêmea)	10,6 $\pm$ 0,10 bA (90)	11,3 $\pm$ 0,15 aA (106)	11,5 $\pm$ 0,15 aA (46)
% Emergência		81,5 $\pm$ 4,89 a (15)	91,8 $\pm$ 3,02 a (15)	78,8 $\pm$ 5,24 a (15)
Razão Sexual		0,59 $\pm$ 0,06 a (15)	0,53 $\pm$ 0,09 a (15)	0,55 $\pm$ 0,09 a (15)
Longevidade	Macho	7,5 $\pm$ 0,74 aA (15)	7,0 $\pm$ 0,93 aA (15)	5,9 $\pm$ 0,36 aA (15)
	Fêmea	7,7 $\pm$ 0,96 aA (15)	8,9 $\pm$ 0,73 aA (15)	7,4 $\pm$ 1,00 aA (15)

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na horizontal, e maiúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>Número de indivíduos observados.

A porcentagem de parasitismo e o tempo de desenvolvimento de *D. rapae* em *B. brassicae* (Tabela 1) foram semelhantes aos obtidos por BAYHAN et al. (2007) (40,20 % e 11,6 dias, respectivamente), porém, os resultados obtidos com *M. persicae* e *L. erysimi* contradizem os obtidos por BLANDE et al. (2004), que relataram maior taxa de parasitismo de *D. rapae* em *L. erysimi* que em *M. persicae*. Essa discrepância nos resultados pode estar relacionada às variações genéticas entre as populações de *D. rapae* e seus hospedeiros nas diferentes regiões geográficas (ANTOLIN et al., 2006; BAER et al., 2004). Outra possível



explicação é o uso de plantas hospedeiras diferentes (BAYHAN et al., 2007), visto que BLANDE et al. (2004) criaram *M. persicae* e *L. erysimi* em plantas de nabo *Brassica rapa* var *rapifera* cv Tokyo Cross. O efeito diferencial das plantas hospedeiras no desempenho do hospedeiro e do parasitoide pode estar relacionado aos compostos glicosinolatos, produzidos por Brassicaceae que são hidrolisados pela enzima mirosinase sob ataque de herbívoros, conduzindo a produção de isotiocianatos, tiocianatos e nitrilas, que apresentam papel defensivo contra herbívoros (RASK et al., 2000; FAHEY et al., 2002; HALKIER & GERSHENZON, 2006). Ressalta-se ainda que o perfil desses glicosinolatos em *Brassica* varia significativamente entre e dentro da população (MOYES et al., 2000; NEWTON et al., 2009). Sabe-se que os glicosinolatos afetam a performance de insetos herbívoros a o terceiro nível trófico dependendo do grau de especialização do inseto (GOLS et al., 2008).

Pulgões especializados em se alimentar de brassicáceas como *L. erysimi* e *B. brassicae* conseguem sintetizar a enzima mirosinase (MACGIBBON & BEUZENBERG, 1978; JONES et al., 2001), a qual encontra-se compartimentalizada em microcorpos dentro de tecidos musculares da cabeça e tórax dos pulgões (BRIDGES et al., 2002). Desta forma, *L. erysimi* e *B. brassicae* desenvolveram a capacidade de sequestrar, hidrolisar e acumular glicosinolatos, evitando seus efeitos tóxicos e utilizando-os em benefício próprio como substâncias químicas de defesa contra inimigos naturais (HUSEBYE et al., 2005). Por outro lado, o pulgão generalista *M. persicae* pode apenas tolerar os efeitos negativos dos glicosinolatos, que são completamente eliminados através do intestino e excretados no honeydew (WEBER et al., 1986). Essa estratégia para lidar com os glicosinolatos da planta hospedeira pode explicar melhor a performance de *D. rapae* quando criado em *M. persicae* em comparação a *L. erysimi* e *B. brassicae*, sugerindo uma possível influência dos glicosinolatos sobre os estágios imaturos do parasitoide.

Machos e fêmeas de *D. rapae* tiveram tempos de desenvolvimento de ovo-adulto similares, independente do hospedeiro (*M. persicae* -  $F= 0,20$ ,  $P > 0,05$ ; *L. erysimi* -  $F= 0,00$ ,  $P > 0,05$  e *B. brassicae* -  $F= 0,01$ ,  $P > 0,05$ ) (Tabela 1). Não

foram encontradas diferenças significativas na sobrevivência de imaturos ( $F= 2,33$ ,  $P > 0,05$ ); na razão sexual ( $F= 0,12$ ,  $P > 0,05$ ) e na longevidade de adultos (macho -  $F= 1,30$ ,  $P > 0,05$ ; fêmea -  $F= 0,74$ ,  $P > 0,05$ ) de *D. rapae* entre as três espécies de pulgões hospedeiros (Tabela 1). Além disso, a longevidade de machos e fêmeas de *D. rapae* não diferiu entre si em cada espécie hospedeira (*M. persicae* -  $F= 0,01$ ,  $P > 0,05$ ; *L. erysimi* -  $F= 2,51$ ,  $P > 0,05$ ; e *B. brassicae* -  $F= 1,89$ ,  $P > 0,05$ ) (Tabela 1).

De modo geral, o tamanho do hospedeiro correlacionou-se com o tamanho do parasitoide, como observado para outros afidiíneos (SAMPAIO et al., 2008; SILVA et al., 2008b; DE CONTI et al., 2008). *Myzus persicae* foi o de maior tamanho (0,454 mm), seguido por *B. brassicae* (0,327 mm) e *L. erysimi* (0,296 mm) ( $F= 154,16$ ,  $P < 0,0001$ ) (Tabela 2), como observado por outros autores (SAMPAIO et al., 2008).

Tabela 2. Valor médio ( $\pm$  erro padrão) do comprimento da tíbia dos pulgões hospedeiros e do parasitoide *Diaeretiella rapae*.

Hospedeiros	Comprimento da tíbia (mm)		
	Pulgões (n= 15)	D. rapae	
		Machos (n= 15)	Fêmeas (n= 15)
<i>M. persicae</i>	0,454 $\pm$ 0,004 a <sup>1</sup>	0,546 $\pm$ 0,009 aB	0,582 $\pm$ 0,006 aA
<i>B. brassicae</i>	0,327 $\pm$ 0,010 b	0,487 $\pm$ 0,008 bA	0,499 $\pm$ 0,013 bA
<i>L. erysimi</i>	0,296 $\pm$ 0,004 c	0,530 $\pm$ 0,008 aA	0,494 $\pm$ 0,010 bB

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No geral, *M. persicae* proporcionou gerar os maiores adultos de *D. rapae*, tendo a tíbia dos machos atingindo 0,546 mm ( $F= 12,87$ ;  $P < 0,0001$ ) e fêmeas 0,582 mm ( $F= 23,00$   $P < 0,0001$ ) apesar dos machos terem apresentado tamanho similar em *L. erysimi*. Os tamanhos de *D. rapae* relatados nesse estudo foram superiores que aos documentados por BLANDE et al. (2004) para *D. rapae* criado

na mesma espécie de pulgão hospedeiro (tíbias de machos= 0,49 mm, tíbias de fêmeas= 0,51 mm).

Machos e fêmeas de *D. rapae* não apresentaram diferença significativa no comprimento tibial quando criados em *B. brassicae* ( $F= 0,51$ ,  $P > 0,05$ ) (Tabela 2). Porém, machos criados em *L. erysimi* foram maiores que as fêmeas ( $F= 8,09$ ,  $P < 0,01$ ), enquanto fêmeas criadas em *M. persicae* foram maiores do que os machos ( $F= 10,19$ ;  $P < 0,01$ ) (Tabela 2). O fato do menor pulgão hospedeiro, *L. erysimi*, dar origem a machos maiores que as fêmeas difere do padrão observado em afidiíneos, no qual as fêmeas são geralmente maiores que os machos (SEQUEIRA & MACKAUER, 1993; MACKAUER, 1996). Fêmeas de parasitoides afidiíneos conseguem obter e acumular mais recursos por unidade de tempo do que machos, conseguindo, assim, atingir maior tamanho em hospedeiros menores (SAMPAIO et al., 2008). Neste estudo o oposto foi observado, pois machos de *D. rapae* foram mais bem sucedido do que as fêmeas em alocar recursos atingindo maior tamanho no menor hospedeiro, *L. erysimi* (Tabela 2). Segundo alguns autores (SEQUEIRA & MACKAUER, 1993; MACKAUER, 1996; SAMPAIO et al., 2008) a variação de tamanho entre machos e fêmeas de parasitoides afidiíneos é, geralmente, mais visível quando esses parasitoides são criados em hospedeiros menores, a variação tende a diminuir conforme aumenta o tamanho do hospedeiro. Essa constatação não foi observada neste estudo, pois machos e fêmeas de *D. rapae* apresentaram significativa diferença de tamanho quando criados no maior e no menor hospedeiro (Tabela 2).

*Diaeretiella rapae* criado em *M. persicae* apresentou elevada porcentagem de parasitismo, menor período de desenvolvimento e maior tamanho. Geralmente, os maiores hospedeiros são preferidos e proporcionam melhor qualidade para parasitoides afidiíneos, propiciando o desenvolvimento de indivíduos maiores que apresentam vantagem competitiva em relação àqueles que se desenvolveram em hospedeiros menores (CHAU & MACKAUER, 2001; CLOUTIER et al., 2000). Entretanto, o tamanho do hospedeiro pode não necessariamente se correlacionar com a qualidade hospedeira para o desenvolvimento do parasitoide. Determinadas características biológicas do parasitoide como a capacidade

reprodutiva e a longevidade não são diretamente relacionadas ao tamanho do hospedeiro, mas com a capacidade da larva alocar recursos disponíveis no hospedeiro (SEQUEIRA & MACKAUER, 1992; 1994).

Deve ser enfatizada a necessidade novos estudos visando esclarecer a influência dos glicosinolatos sobre a biologia de *D. rapae*. As informações disponíveis referem-se aos efeitos desses compostos como sinais químicos atuando, principalmente no comportamento de forrageamento de fêmeas de *D. rapae*. Os resultados do presente estudo sugerem que o fenômeno da bioacumulação dos glicosinolatos pelos pulgões especializados em alimentar-se de brassicáceas pode atuar aumentando os mecanismos de defesa desses insetos, além de influenciar sua qualidade como hospedeiro para o parasitoide.

#### 4. Conclusão

As espécies de pulgões *M. persicae*, *L. erysimi* e *B. brassicae* são nutricionalmente e fisiologicamente adequadas ao desenvolvimento de *D. rapae*. Entretanto, *M. persicae* caracterizou-se como melhor hospedeiro dentre as espécies testadas por ter proporcionado a ocorrência de adultos maiores, menor tempo de desenvolvimento e elevada capacidade de parasitismo a *D. rapae*.

## 5. Referências

ANTOLIN, M. F.; BJORKSTEN, T. A.; VAUGHN, T. T. Host-related fitness trade-offs in a presumed generalist parasitoid, *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Ecological Entomology*, London, v. 31, n. 3, p. 242-254, 2006.

BAER, C. F.; TRIPP, D. W.; BJORKSTEN, T. A.; ANTOLIN, M. F. Phylogeography of a parasitoid wasp (*Diaeretiella rapae*): no evidence of host-associated lineages. *Molecular Ecology*, Oxford, v. 13, n. 7, p. 1859-1869, 2004.

BAYHAN, S. O.; ULUSOY, M. R.; BAYHAN, E. Is the parasitization rate of *Diaeretiella rapae* influenced when *Brevicoryne brassicae* feeds on Brassica plants? *Phytoparasitica*, Bet Dagan, v. 35, n. 2, p. 146-149, 2007.

BRIDGES, M.; JONES, A. M. E.; BONES, A. M.; HODGSON, C.; COLE, R.; BARTLET, E.; WALLSGROVE, R.; KARAPAPA, V. K.; WATTS, N.; ROSSITER, J. T. Spatial organization of the glucosinolate–myrosinase system in brassica specialist aphids is similar to that of the host plant. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, London, v. 269, n. 1487, p. 187-191, 2002.

BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Attack rate and success of the parasitoid *Diaeretiella rapae* on specialist and generalist feeding aphids. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 30, n. 9, p. 1781-1795, 2004.

BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Comparison of semiochemically mediated interactions involving specialist and generalist Brassica-feeding aphids and the braconid parasitoid *Diaeretiella rapae*. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 33, n. 4, p. 767-779, 2007.

BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Host foraging for differentially adapted brassica-feeding aphids by the braconid parasitoid *Diaeretiella rapae*. *Plant Signaling & Behavior*, Austin, v. 3, n. 8, p. 580-582, 2008.

CHAU, A.; MACKAUER, M. Preference of the aphid parasitoid *Monoctonus paulensis* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) for different aphid species: female choice and offspring survival. *Biological Control*, Orlando, v. 20, n. 1, p. 30–38, 2001.

CLOUTIER, C.; DUPERRON, J.; TERTULIANO, M.; MCNEIL, J. N. Host instar, body size and fitness in the koinobiontic parasitoid *Aphidius nigripes*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 97, n. 1, p. 29–40, 2000.

DE CONTI, B. F. D.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. The parasitoid *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) as a potential biological control agent of the aphid *Uroleucon ambrosiae* (Hemiptera: Aphididae) on lettuce in Brazil. *European Journal of Entomology*, Branisovska, v. 105, n. 3, p. 485–487, 2008.

FAHEY, J. W. ; ZALCMANN, A. T. ; TALALAY, P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, New York, v. 59, n. 2, p. 237–237, 2002.

FRANCIS, F. ; LOGNAY, G. ; WATHELET, J. P. ; HAUBRUGE, E. Effects of allelochemicals from first (brassicaceae) and second (*Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae*) trophic levels on *Adalia bipunctata*. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 27, n. 2, p. 243-256, 2001.

GIAMOUSTARIS, A.; MITHEN, R. The effect of modifying the glucosinolate content of leaves of oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) on its interaction

with specialist and generalist pests. *Annals of Applied Biology*, Warwick, v. 126, n. 2, p. 347–363, 1995.

GOLS, R.; BUKOVINSZKY, T.; van DAM, N. M. Performance of generalist and specialist herbivores and their endoparasitoids differs on cultivated and wild Brassica populations. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 34, n. 2, p. 132-143, 2008.

GOLS, R.; van DAM, N. M.; RAAIJMAKERS, C. E. Are population differences in plant quality reflected in the preference and performance of two endoparasitoid wasps? *Oikos*, Copenhagen, v. 118, n. 5, p. 733-743, 2009.

HALKIER, B.; GERSHENZON, J. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 57, p. 303-333, 2006.

HENRY, L. M.; GILLESPIE, D. R.; ROITBERG, B. D. Does mother really know best? Oviposition preference reduces reproductive performance in the generalist parasitoid *Aphidius ervi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 116, n. 3, p. 167-174, 2005.

HUSEBYE, H.; ARZT, S.; BURMEISTER, W. P.; HÄRTEL, F. V.; BRANDT, A.; ROSSITER, J. T.; BONES, A. M. Crystal structure at 1.1 Å resolution of an insect myrosinase from *Brevicoryne brassicae* shows its close relationship to  $\beta$ -glucosidases. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Oxford, v. 35, n. 12, p. 1311–1320, 2005.

JONES, A. M. E.; BRIDGES, M.; BONES, A. M. Purification and characterisation of a non-plant myrosinase from the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Oxford, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2001.



KRIEGER, R. I.; FEENY, P. P.; WILKINSON, C. F. Detoxication enzymes in guts of caterpillars: an evolutionary answer to plant defenses. *Science*, Washington, v. 172, n. 983, p. 579–581, 1971.

LARA, F. M.; SILVA, E. ; BOIÇA Jr, L.A. Resistência de genótipos de batata, *Solanum* spp., a afídeos (Homoptera: Aphididae) e influência sobre parasitóides. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Londrina, v. 28, n. 4, p. 721-728, 1999.

MACGIBBON, D. B. ; BEUZENBERG, E. J. Location of glucosinolase in *Brevicoryne brassicae* and *Lipaphis erysimi* (Aphididae). *New Zealand Journal of Science*, Wellington, v. 21, n. 3, p. 389-392, 1978.

MACKAUER, M.; MICHAUD, M. R.; VÖLKL, W. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality, and value. *The Canadian Entomologist*, Ottawa, v. 128, n. 6, p. 959-980, 1996.

MACKAUER, M. Sexual size dimorphism in solitary parasitoid wasps: influence of host quality. *Oikos*, Copenhagen, v. 76, n. 2, p. 265–272, 1996.

MOYES, C. L.; COLLIN, H. A.; BRITTON, G.; RAYBOULD, A. F. Glucosinolates and differential herbivory in wild populations of *Brassica oleracea*. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 26, n. 11, p. 2625–2641, 2000.

MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. D. Occurrence of *Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855) (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitising *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) and *Brevicoryne brassicae* (L., 1758) (Homoptera: Aphididae) in *Brassica napus* in Mato Grosso do Sul. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 41-46, 2002.

NEWTON, E. L.; BULLOCK, J. M.; HODGSON, D. J. Glucosinolate polymorphism in wild cabbage (*Brassica oleracea*) influences the structure of herbivore communities. *Oecologia*, Berlin, v. 160, n. 1, p. 63–76, 2009.

NICOL, C. M. Y.; MACKAUER, M. The scaling of body size and mass in a host-parasitoid association: influence of host species and stage. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 90, n. 1, p. 83–92, 1999.

RASK, L.; ANDREASSON, E.; EKBOM, B.; ERIKSSON, S.; PONTOPPIDAN, B.; MEIJER, J. Myrosinase: gene family evolution and herbivore defense in Brassicaceae. *Plant Molecular Biology*, Dordrecht, v. 42, n. 1, p. 93–113, 2000.

RATZKA, A.; VOGEL, H.; KLIEBENSTEIN, D. J.; MITCHELL-OLDS, T.; KROYMANN, J. Disarming the mustard oil bomb. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, Washington, v. 99, n. 17, p. 11223–11228, 2002.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e sua associação com insetos predadores, parasitóides e formigas em couve (Cruciferae) no Brasil. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 35, n. 4, p. 551-555, 2006.

ROITBERG, B.D.; BOIVIN, G.; VET, L. Fitness, parasitoids and biological control: an opinion. *The Canadian Entomologist*, Ottawa, v. 133, n. 3, p. 429-438, 2001.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; DE CONTI, B. F. The effect of the quality and size of host aphid species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *European Journal of Entomology*, Branisovska, v. 105, n. 3, p. 489–494, 2008.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; PÉREZ-MALUF, R. Parasitismo de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) em diferentes densidades de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2001a.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; van LENTEREN, J. C. Preferência de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) por *Myzus persicae* (Sulzer) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 30, n. 4, p. 655-660, 2001b.

SEQUEIRA, R.; MACKAUER, M. Nutritional ecology of an insect host-parasitoid association: the pea aphid-*Aphidius ervi* system. *Ecology*, New York, v. 73, n. 1, p. 183-189, 1992.

SEQUEIRA, R.; MACKAUER, M. The nutritional ecology of a parasitoid wasp, *Ephedrus californicus* Baker (Hymenoptera: Aphidiidae). *The Canadian Entomologist*, Ottawa, v. 125, n. 1, p. 423-430, 1993.

SEQUEIRA, R.; MACKAUER, M. Variation in selected life history parameters of the parasitoid wasp, *Aphidius ervi* influence of host developmental stage. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 71, n. 1, p. 15-22, 1994.

SIDNEY, L. A.; BUENO, V. H. P.; LINS, J. C.; SAMPAIO, M. V.; SILVA, D. B. Larval competition between *Aphidius ervi* and *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, Lanham v. 39, n. 5, p.1500-1505, 2010.

SILVA, R. J.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B.; SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) em *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera,

Aphididae). *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 124-130, 2008a.

SILVA, R. J.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Qualidade de diferentes espécies de pulgões como hospedeiros do parasitóide *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 37, n. 2, 173-179, 2008b.

SOUSA, B. M.; BUENO, V. H. P. Parasitóide e hiperparasitóides de múmias de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera – Homoptera – Aphidiidae). *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 55-62, 1992.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 107-118, 2007.

van EMDEN, H. F. ; KIFLE, A. T. Performance of the parasitoid *Aphidius colemani* when reared on *Myzus persicae* on a fully defined artificial diet. *Biocontrol*, Dordrecht, v. 47, n. 6, p. 607-616, 2002.

VAZ, L. A. L.; TAVARES, M. T.; LOMÔNACO, C. Diversidade e tamanho de himenópteros parasitóides de *Brevicoryne brassicae* L. e *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 33, n. 2, p. 225-230, 2004.

WEBER, G.; OSWALD, S.; ZOLLNER, U. Suitability of rape cultivars with different glucosino-late content for *Brevicoryne brassicae* (L.) and *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, Stuttgart, v. 93, n. 2, p. 113-124, 1986.

WITTSTOCK, U.; AGERBIRK, N.; STAUBER, E. J.; OLSEN, C. E.; HIPPLER, M.; MITCHELL-OLDS, T.; GERSHENSON, J.; VOGEL, H. Successful herbivore attack due to metabolic diversion of a plant chemical defense. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America, Washington*, v. 101, n. 14, p. 4859–4864, 2004.

CAPÍTULO 3 - EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Diaeretiella rapae* (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE)

RESUMO – As exigências térmicas e as tabelas de vida de fertilidade são fundamentais para o entendimento da dinâmica populacional de insetos-praga e de inimigos naturais. Este estudo teve como objetivo obter tabelas de vida de fertilidade do endoparasitoide de pulgões *Diaeretiella rapae* (McIntosh) sob diferentes temperaturas. O experimento foi conduzido em câmaras climatizadas reguladas a 15, 20, 25 e 30 ± 1 °C, 60 ± 10% UR e 12 horas de fotofase, utilizando-se como hospedeiro para o parasitoide, ninfas de 2º e 3º instar de *Myzus persicae* (Sulzer). O limite térmico inferior de desenvolvimento (T<sub>b</sub>) e a constante térmica (K) de *D. rapae* foram 4,0°C e 245,3 GD, respectivamente. *Diaeretiella rapae* não apresentou período pré-reprodutivo nas temperaturas consideradas. Cada fêmea do parasitoide ovipositou em média o total de 280,8; 124,7; 187,5 e 45,2 ovos, a fecundidade média diária foi de 15,6; 10,4; 31,2 e 11,3 ovos/fêmea nas temperaturas 15, 20, 25 e 30°C, respectivamente. As maiores taxas de sobrevivência (l<sub>x</sub>) das fêmeas de *D. rapae* ocorreram no início da fase adulta nas temperaturas de 15°C (80%) e 20°C (83%). Nessas temperaturas, o tempo de sobrevivência de fêmeas foi, respectivamente, 49,9 dias/539,0 graus-dia e 29,1 dias/464,0 graus-dia. Considerando-se os parâmetros da tabela de vida estimados na escala de tempo em graus-dias, observaram-se a 25°C os maiores valores de capacidade inata de aumento (r<sub>m</sub>) e razão finita de aumento (λ), e os menores valores tempos para população duplicar em número (TD) e intervalo entre cada geração (T), comparados a 15, 20 e 30°C. Os maiores valores de taxa líquida de reprodução (R<sub>0</sub>) foram obtidos a 15, 20 e 25°C. Na temperatura de 30°C foram obtidos os menores valores de r<sub>m</sub>, R<sub>0</sub> e λ estimados em graus-dia. A temperatura afetou o desempenho reprodutivo de *D. rapae* e a temperatura de 25°C proporcionou a melhor condição térmica para o crescimento populacional da espécie.

Palavras-Chave: Bioecologia, controle biológico, graus-dia, parasitoide, pulgão, temperatura

## 1. Introdução

A temperatura é considerada um dos principais fatores ecológicos atuando sobre os insetos (ANDREWARTHA & BIRCH, 1954; VARLEY et al., 1973). A capacidade de um inseto permanecer ativo sob temperatura extrema é um importante componente de sua aptidão (LOESCHCKE & HOFFMANN, 2007). Estudar os limites térmicos da atividade de insetos é, portanto, uma das maneiras de entender como condições climáticas extremas podem afetar a aptidão dos organismos e sua dinâmica populacional (TERBLANCHE et al., 2007).

Em parasitoides, os extremos de temperatura podem ocasionar a diminuição da longevidade, sobrevivência e fecundidade (SAMPAIO et al., 2007). A temperatura também pode afetar a distribuição e a abundância desses inimigos naturais e de seus hospedeiros (MAILAFIYA et al., 2010).

A determinação das exigências térmicas de insetos proporciona o entendimento do comportamento populacional desses organismos relacionado com distribuição, abundância, além da obtenção do zoneamento ecológico de determinada espécie (RO et al., 1998). Estudos relacionados com a capacidade reprodutiva de parasitoides têm grande importância em programas de controle biológico e as tabelas de vida de fertilidade são fundamentais para o entendimento da dinâmica populacional desses inimigos naturais (van LENTEREN & WOETS, 1988; ELLIOTT & KIECKHEFER, 1989; BELLOWS et al., 1992). As tabelas de vida de fertilidade fornecem subsídios para comparar variáveis biológicas de insetos sujeitas às alterações decorrentes de fatores bióticos e abióticos do ambiente (SILVEIRA NETO et al., 1976), além de permitir a medição do grau de desempenho biológico de determinado inseto sob influência de diferentes temperaturas (SINGH et al., 2000; PANDEY & TRIPATHI, 2008). Esses estudos não são apenas de interesse teórico, mas proporcionam os fundamentos para serem utilizados no controle de pragas (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000).



Destaca-se a importância dos parâmetros das tabelas de vida de fertilidade serem obtidos utilizando-se a contagem do tempo em graus-dia, que proporciona referência comum para o desenvolvimento dos insetos e permite comparação mais precisa desses parâmetros quando provenientes de estudos realizados sob condições de diferentes temperaturas (NOWIERSKI et al., 1983; HUTCHISON & HOGG, 1984).

*Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) é considerada parasitoide especialista de pulgões associados às brassicáceas (BLANDE et al., 2004) e, no Brasil, indicada é o principal parasitoide de *Brevicoryne brassicae* (L.), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) e *Myzus persicae* (Sulzer) (SOUSA & BUENO, 1992; MUSSURY & FERNANDES, 2002; RESENDE et al., 2006). *Diaeretiella rapae* é também associada a outras espécies de pulgões em diferentes culturas e tem ocorrência para vários estados brasileiros (STARÝ et al., 2007). Deve ser ressaltado que no Brasil não existem informações a respeito do efeito da temperatura sobre *D. rapae*, cujo entendimento será útil para o desenvolvimento de programas de controle biológico de pulgões em cultivos de brassicáceas. O presente estudo teve por objetivo determinar as exigências térmicas e obter tabelas de vida de fertilidade de *D. rapae*, sob influência de diferentes temperaturas constantes.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia de Insetos do Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Universidade Estadual Paulista (FCAV/ UNESP), campus de Jaboticabal, SP.

### 2.1. Produção de *Brassica oleracea* var. *acephala*

A produção de couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Da Geórgia foi iniciada utilizando-se bandejas de isopor com 128 células preenchidas com substrato para produção de mudas. Em cada célula foi colocada uma

semente. Após a semeadura de *B. oleracea*, as bandejas foram mantidas em gaiolas teladas com tela antiafídeo (2x2x2 m) por um período de 60 dias, sendo a seguir processado o transplante das mudas para vasos plásticos (500 ml) contendo solo e esterco bovino (proporção 1:1) e para canteiros adubados com esterco bovino. Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação (10 x 5 m) e nas gaiolas teladas descritas anteriormente. A cada 30 dias foi realizada adubação de cobertura nos canteiros e vasos com adubo NPK de fórmula 4-14-8, cloreto de potássio e sulfato de amônio.

## 2.2. Criação do pulgão hospedeiro

Como hospedeiro para *D. rapae* foi utilizado *M. persicae*. O pulgão foi coletado em plantas de couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) presentes no campus da FCAV/UNESP em Jaboticabal (21°15'22" S, 48°18'58" O), São Paulo. A criação e multiplicação do pulgão foram conduzidas em casa-de-vegetação utilizando-se vasos contendo plantas de couve (ver item 2.1). Os vasos foram mantidos dentro de gaiolas de madeira (45x50x70 cm) revestidas com tecido voile.

## 2.3. Criação do parasitoide

Para dar início à criação de *D. rapae*, múmias provenientes do pulgão *M. persicae* foram coletadas em plantas de couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) presentes no campus da FCAV/UNESP. As múmias obtidas foram individualizadas em tubos de vidro (80mm x 19mm) e mantidas em sala climatizada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase. Após emergirem os adultos foram sexados sob microscópio estereoscópico e liberados em gaiolas de madeira descritas anteriormente, contendo vasos com plantas de couve (ver item 2.1) infestadas com *M. persicae*. As gaiolas foram mantidas em casa-de-vegetação. Gotículas de mel e água foram depositadas diariamente nas paredes das gaiolas para alimentação dos parasitoides adultos.

## 2.4. Exigências térmicas

Para se determinar a temperatura base inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ) do ciclo de vida (ovo-adulto) do parasitoide foram utilizados os dados de desenvolvimento nas diferentes temperaturas obtidos no experimento sobre período de desenvolvimento e mortalidade de imaturos (item 2.5.1).

O limite térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ) foram determinados pelos métodos da Hipérbole e do Coeficiente de Variação (HADDAD et al., 1999).

## 2.5. Tabelas de vida de fertilidade

O experimento foi conduzido em câmaras climatizadas reguladas a 15, 20, 25 e  $30 \pm 1$  °C,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase.

Para determinação das tabelas de vida de fertilidade de *D. rapae* foi utilizado como hospedeiro o pulgão *M. persicae*, que apresentou melhor qualidade para o desenvolvimento do parasitoide de acordo com os resultados obtidos a partir dos testes de qualidade hospedeira (ver Capítulo 2).

A metodologia descrita nos itens 2.5.1 e 2.5.2 foi baseada em van STEENIS (1994) e RODRIGUES et al. (2003).

### 2.5.1. Período de desenvolvimento e mortalidade de imaturos

A determinação do desenvolvimento do ciclo de vida (ovo-adulto) e da mortalidade de imaturos de *D. rapae* foi iniciada com a obtenção de 60 a 80 casais do parasitoide com menos de 24 horas de vida, que foram isolados em tubo de vidro (80mm x 19mm) e alimentados com mel e água. Os casais permaneceram isolados nos tubos de vidro até a ocorrência do acasalamento.

Neste experimento foram avaliadas 400 ninfas do pulgão hospedeiro para cada temperatura considerada. Assim, após o acasalamento, uma fêmea do

parasitoide foi colocada em placa de Petri (9 cm de diâmetro) contendo 40 ninfas do pulgão hospedeiro com três dias de idade sobre disco foliar de couve em camada de ágar/água (1%). As placas foram vedadas com filme de PVC. Após 20 minutos, as fêmeas foram retiradas e as placas retornaram às câmaras climatizadas reguladas nas diferentes temperaturas. Os períodos de permanência das placas nas câmaras climatizadas variaram de acordo com a temperatura para que as larvas do parasitoide se desenvolvessem e atingissem tamanho suficiente para serem visualizadas no momento da contagem. Os períodos corresponderam a 9, 7, 5 e 4 dias a 15, 20, 25 e 30 C°, respectivamente. Após cada período, 50% das ninfas foram retiradas aleatoriamente das placas e dissecadas para a contagem das larvas do parasitoide. As ninfas restantes permaneceram nas câmaras climatizadas para que fossem determinados: a) o período, em dias, do desenvolvimento das fases de ovo até a formação da múmia e de ovo até a emergência do parasitoide; b) o número de adultos emergidos do parasitoide e c) a razão sexual do parasitoide.

A mortalidade de imaturos do parasitoide foi estimada pela diferença entre o número médio de larvas encontradas por dissecação dos pulgões e o número de adultos emergidos.

#### 2.5.2. Longevidade e fecundidade

A longevidade e fecundidade de *D. rapae* foram avaliadas a partir de dez casais com menos de 24 horas de vida, alimentados com mel e água. Para cada temperatura considerada, os casais foram mantidos em tubos de vidro (80mm x 19mm) para ser observado o acasalamento. A seguir as fêmeas foram utilizadas no experimento.

Para cada fêmea do parasitoide foi oferecida, diariamente, uma colônia de ninfas do pulgão hospedeiro, com três dias de idade, em diferentes densidades. As seguintes densidades foram utilizadas: 1º dia – 300 ninfas; 2º dia – 250 ninfas; 3º dia – 200 ninfas; 4º dia – 100 ninfas; 5º dia e nos dias posteriores – 50 ninfas, até a morte da fêmea. Os insetos foram mantidos em placa de Petri (15 cm de

diâmetro) contendo disco foliar de couve (15 cm de diâmetro) em camada ágar/água (1%) e vedada com plástico filme PVC, sendo a folha de couve trocada sempre que necessário. Na superfície do disco foliar foram depositadas gotículas de mel e água para alimentação do parasitoide.

As placas contendo as ninfas do pulgão submetidas ao parasitismo foram mantidas em câmaras climatizadas, reguladas nas diferentes temperaturas para que ocorresse o desenvolvimento das larvas do parasitoide. Como descrito no item 2.5.1, o período de permanência das placas nas câmaras climatizadas também variou de acordo com a temperatura. Transcorrido o período de permanência nas câmaras climatizadas em cada temperatura, as placas contendo as ninfas parasitadas foram transferidas para um freezer regulado a temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ , para promover a paralisação do desenvolvimento larval e preservar as ninfas, até a dissecação das mesmas.

A quantidade de ovos por fêmea do parasitoide foi estimada pela contagem do número de larvas existentes no interior de cada pulgão parasitado, que foram mantidos em solução de álcool 70% e dissecados com o auxílio de estilete sob microscópio estereoscópico.

### 2.5.3. Análise dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Todas as variáveis (períodos de desenvolvimento, mortalidade, razão sexual, longevidade e fecundidade) foram analisados pela ANOVA, e teste de Tukey a 5% de significância utilizando-se o software Statgraphics v. 15.1.02.

Para construção da tabela de vida de fertilidade de *D. rapae* foram utilizados: o ponto médio de cada idade das fêmeas parentais do parasitoide ( $x$ ); contadas a partir da fase de ovo; a taxa de sobrevivência na idade  $x$  ( $l_x$ ); a fertilidade específica, ou seja, nº ovos/fêmea/dia que originarão fêmeas ( $m_x$ ); o número total de fêmeas produzidas por fêmea na idade  $x$  ( $l_x m_x$ ), de acordo com metodologia de SILVEIRA NETO et al. (1976) e KREBS (2009). Os seguintes parâmetros foram calculados:  $R_0$ = taxa líquida de reprodução; MGT ou T= tempo

médio entre cada geração;  $r_m$  = capacidade inata de aumentar em número;  $\lambda$  = razão finita de aumento; TD = tempo necessário para a população duplicar em número, sendo:

Para a determinação desses parâmetros considerou-se a escala de tempo em dias e em graus-dia (NOWIERSKI et al., 1983). A contagem do tempo em graus-dia foi efetuada de acordo com metodologia utilizada por CIVIDANES (2002).

$$R_0 = \sum(m_x \cdot l_x)$$

$$T = (\sum m_x \cdot l_x \cdot x) / (\sum m_x \cdot l_x)$$

$$r_m = \ln R_0 / T$$

$$TD = \ln(2) / r_m$$

$$\lambda = e^{r_m}$$

Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade e respectivos erros padrão foram estimados através da técnica de “Jackknife” (MEYER et al., 1986) e as médias comparadas pelo teste “t”, a 5% de probabilidade, utilizando o software “Lifetable.sas” (MAIA et al., 2000) no ambiente “SAS System”.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Exigências térmicas

Através do método da Hipérbole, obteve-se para *D. rapae* o valor de 1,6 °C para temperatura base inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e 277,8 GD para constante térmica ( $K$ ) (Tabela 1; Figura 1). Alguns autores (ELLIOTT et al., 1995; ROYER et al., 2001; SAMPAIO et al., 2003; 2007; HUGHES et al., 2011) relataram valores da temperatura base de outras espécies de parasitoides afidiíneos que variando de 2,19 a 7,5°C. A provável explicação para o valor da temperatura base encontrado no presente estudo deve estar relacionada com a duração do desenvolvimento de *D. rapae* obtida nas diferentes temperaturas, que pode não ter se ajustado ao método da Hipérbole. O tempo de desenvolvimento

(ovo-adulto) de *D. rapae* diminuiu significativamente de 15 a 25 °C estabilizando-se na faixa de 25 a 35 °C (Tabela 2; Figura 1). Desta forma, não foi estabelecida relação de linearidade, prejudicando, provavelmente, a estimativa das exigências térmicas de *D. rapae* pelo método da Hipérbole. Deve ser ressaltado que em alguns casos, a relação entre a taxa de desenvolvimento e a temperatura pode não ser estimada adequadamente através de modelos lineares (ZAMANI et al., 2007).

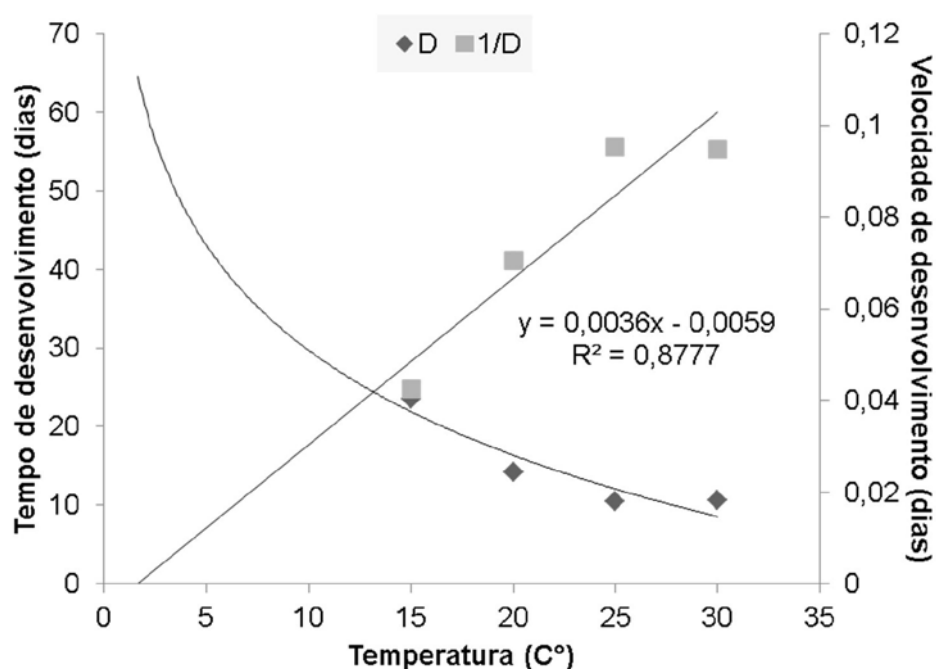


Figura 1. Relação entre a temperatura com o tempo de desenvolvimento (dias) e a velocidade de desenvolvimento de *Diaeretiella rapae* no hospedeiro *Myzus persicae*.

Tabela 1. Exigências térmicas de *Diaeretiella rapae* estimadas através de dois métodos.

Método	Exigências térmicas	
	Temperatura base (Tb)	Constante térmica (K)
Hipérbole	1,6 °C	277,8 GD
Coefficiente de Variação	4,0 °C	245,3 GD

Para se calcular as exigências térmicas de determinada espécie de inseto pelo método da Hipérbole devem ser respeitadas as seguintes exigências: a) o estudo da biologia deve ser feito em, no mínimo, 04 temperaturas constantes; b) A relação temperatura x duração de desenvolvimento deve ser representada por uma hipérbole. Porém, para resultados experimentais que não atendem tais exigências, o método do Coeficiente de Variação (C.V.) pode ser utilizado (HADDAD et al., 1999).

Pelo método do Coeficiente de Variação (C.V.), obteve-se para *D. rapae*  $T_b = 4,0^{\circ}\text{C}$  e  $K = 245,3$  GD (Tabela 1). Esses resultados estão na faixa encontrada para os parasitoides afidiíneos  $T_b = 2,19$  a  $7,5^{\circ}\text{C}$  e  $K = 116$  a  $301$  GD (ELLIOTT et al., 1995; ROYER et al., 2001; SAMPAIO et al., 2003; 2007; HUGHES et al., 2011). BERNAL & GONZÁLEZ (1993) registraram para *D. rapae*, tendo como hospedeiro *Diuraphis noxia* Mordwilko, temperatura base ( $T_b$ ) de  $2,1^{\circ}\text{C}$  e constante térmica ( $K$ ) de  $293,4$  GD. Já CAMPBELL et al., (1974), verificando as exigências térmicas de diferentes pulgões e seus parasitoides provenientes de diferentes países, relataram para *D. rapae* criado em *B. brassicae*, temperatura base ( $T_b$ ) e constante térmica ( $K$ ) variando de  $3,5$  a  $7^{\circ}\text{C}$  e  $97$  a  $241$  GD, respectivamente.

### 3.2. Tabelas de vida de fertilidade

#### 3.2.1. Período de desenvolvimento e mortalidade de imaturos

O tempo de desenvolvimento de *D. rapae* nos períodos de ovo à formação de múmias e de ovo à emergência de adultos sofreram influência significativa da temperatura (Tabela 2). A duração do período de desenvolvimento de ovo até múmia variou de 6,5 a 14,9 dias, sendo o menor tempo observado à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , enquanto a duração do desenvolvimento de ovo a adulto variou de 10,5 a 23,6 dias, com menor tempo observado nas temperaturas de  $25$  e  $30^{\circ}\text{C}$ . BERNAL & GONZÁLEZ (1995) relataram que o tempo de desenvolvimento ovo à múmia de *D. rapae* no hospedeiro *D. noxia* teve duração de 7,3 dias a  $29,4^{\circ}\text{C}$ , valor muito próximo ao obtido no presente estudo (Tabela 2).



A porcentagem de mortalidade de imaturos de *D. rapae* aumentou com o aumento térmico e variou de 17,0 a 67,8 %; esta foi semelhante a 15 e 20 °C e significativamente maior a 30 °C (Tabela 2). A alta mortalidade de imaturos a 30°C pode estar relacionada ao fato de *D. rapae* não estar adaptado a temperaturas elevadas, não sobrevivendo à exposição prolongada a essa condição visto que se trata de uma espécie originária de regiões temperadas (BAER et al., 2004). Por outro lado, o aumento da mortalidade pode estar ligado à condição de *D. rapae* ser um endoparasitoide, cuja sobrevivência depende inteiramente da sobrevivência de seu hospedeiro. Em estudos realizados por CIVIDANES & SOUZA (2003) e MICHELOTTO et al. (2005) foi verificado alta mortalidade de ninfas de *M. persicae* a 30°C, o que demonstra ser essa temperatura desfavorável à sobrevivência dessa espécie de pulgão, sendo essa espécie utilizada no presente estudo como hospedeiro para *D. rapae*.

Tabela 2. Tempo de desenvolvimento, mortalidade e razão sexual de *Diaeretiella rapae* no hospedeiro *Myzus persicae* em temperaturas constantes.

Temperatura (°C)	Desenvolvimento (dias)		Mortalidade (%)	Razão sexual
	Ovo a múmia	Ovo a adulto	Imaturos	
15	14,9 ± 0,166 a <sup>1</sup> (99) <sup>2</sup>	23,6 ± 0,118 a (97)	19,9 ± 7,551 a (10)	0,25 ± 0,100 ab (10)
20	9,3 ± 0,110 b (115)	14,1 ± 0,192 b (97)	17,0 ± 7,543 a (10)	0,64 ± 0,103 c (10)
25	6,5 ± 0,010 d (58)	10,5 ± 0,088 c (50)	39,7 ± 8,054 ab (10)	0,59 ± 0,061 bc (10)
30	7,2 ± 0,073 c (56)	10,6 ± 0,147 c (18)	67,8 ± 13,715 b (10)	0,20 ± 0,119 a (10)
F	1880,61	1081,25	6,29	6,03
P	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,01

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>Número de indivíduos observados.

A 25°C foi observado mortalidade intermediária de imaturos quando comparada a mortalidade verificada nas demais temperaturas (Tabela 2). Parasitoides afidiíneos apresentam variação nas taxas de mortalidade de imaturos dependendo da temperatura e do hospedeiro no qual foram criados. A

25 °C, *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) apresentou taxa de mortalidade de 22,2 % sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (RODRIGUES et al., 2003) e 29,6 % ao sobre *A. gossypii* (van STEENIS, 1994).

A razão sexual de parasitoides pode ser afetada por fatores como qualidade do hospedeiro, temperatura e fotoperíodo (DENG & TSAI, 1998; ZAMANI et al., 2007). No presente estudo, as temperaturas intermediárias de 20 e 25°C se mostraram mais favoráveis para sobrevivência de fêmeas de *D. rapae* quando comparadas às temperaturas baixa e elevada de 15°C e 30°C (Tabela 2). Esses resultados sugerem que fêmeas de *D. rapae* são mais sensíveis do que machos em temperaturas extremas. Esse fenômeno parece ser característico de parasitoides afidiíneos (ZAMANI et al., 2007).

BERNAL & GONZÁLEZ (1997) encontraram para *D. rapae* criado em *D. noxia* razão sexual de 0,67 e 0,54 nas temperaturas de 21,1 e 26,7°C, respectivamente. Esses resultados estão próximos aos encontrados neste estudo para as temperaturas de 20°C (0,64) e 25°C (0,59), respectivamente (Tabela 2).

### 3.2.2. Longevidade e fecundidade

Para estimar o número de ovos produzidos por *D. rapae* ao longo de seu período reprodutivo foram dissecados 37.353 pulgões mantidos nas quatro temperaturas. Deste total, 5.862 pulgões continham larvas, dos quais 5.750 com 1 larva/pulgão; 111 com 2 larvas/pulgão e 1 com 3 larvas. Esses resultados evidenciam que prevaleceu o desenvolvimento de apenas uma larva de *D. rapae* por pulgão, com baixo índice de superparasitismo, e demonstra que *D. rapae* segue o padrão geral observado para outras espécies afidiíneas (TORRES et al., 2007; SILVA et al., 2008).

*Diaeretiella rapae* não apresentou período pré-reprodutivo criado em *M. persicae* nas temperaturas avaliadas, sendo esta espécie considerada por alguns autores como pró-ovigênica (BERNAL & GONZÁLEZ, 1997). Entretanto, segundo JERVIS et al. 2001; 2008, baseados no índice de ovigenia, parasitoides

afidiíneos não são estritamente pró-ovigênicos apresentando algum grau de sinovigenia.

A capacidade reprodutiva de *D. rapae* foi elevada no início da fase adulta das fêmeas em todas as temperaturas (Figura 2). Durante o período reprodutivo as fêmeas ovipositaram em média 280,8; 124,7; 187,5 e 45,2 ovos, apresentando fecundidade diária média de 15,6; 10,4; 31,2 e 11,3 ovos/fêmea nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30°C, respectivamente (Tabela 3, 4 e Figura 2). Considerando-se o total de ovos produzidos por fêmea, a fecundidade diária por fêmea e a longevidade se observou que fêmeas mantidas a 15 e 25 °C ovipositaram maior quantidade de ovos, porém, a 15 °C a postura deu-se por período mais prolongado que a 25°C. Nessa temperatura as fêmeas apresentaram menor período reprodutivo, com maior número de ovos por dia. A 25°C foi obtida a maior fertilidade específica ( $m_x$ ) (ovos por fêmea que originarão fêmeas) (Tabela 4 e Figura 2).

Tabela 3. Longevidade e fecundidade de fêmeas de *Diaeretiella rapae* criado em *Myzus persicae* sob diferentes temperaturas constantes.

Temperatura (°C)	Longevidade (dias)	Fecundidade total	Fecundidade diária
15	17,6 ± 2,061 a <sup>1</sup> (10) <sup>2</sup>	280,8 ± 45,169 a (10)	15,6 ± 2,321 (10)
20	9,8 ± 0,892 b (10)	124,7 ± 24,504 bc (10)	10,4 ± 1,454 (10)
25	5,3 ± 0,423 bc (10)	187,5 ± 21,804 ab (10)	31,2 ± 14,856 (10)
30	4,2 ± 0,767 c (10)	45,2 ± 13,928 c (10)	11,3 ± 9,769 (10)
F	25,76	10,48	2,31
P	<0,0001	<0,0001	0,09

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>Número de indivíduos observados.

Através dos resultados das tabelas de vida de fertilidade obtidas nas diferentes temperaturas (Tabela 4 e Figura 2), foi observado que as maiores taxas de sobrevivência ( $l_x$ ) das fêmeas de *D. rapae*, no início da fase adulta, ocorreram a 15°C (80%) e 20°C (83%). Nessas temperaturas, os períodos de sobrevivência das fêmeas foram, respectivamente, 49,9 dias/539,0 graus-dia e 29,1 dias/464,0 graus-dia. Ressalta-se que o menor período em graus-dia foi obtido na temperatura de 25°C (399,0 graus-dia).

A longevidade das fêmeas diminuiu significativamente com o aumento da temperatura. Esse aspecto biológico de *D. rapae* foi maior a 15°C e menor a 30°C (Tabela 3). De modo geral, a longevidade de parasitoides afidiíneos apresenta o padrão de ser inversamente dependente da temperatura ambiente, que se caracteriza como um dos principais fatores determinantes do tempo de vida dos adultos desses inimigos naturais (BERNAL & GONZÁLEZ, 1997).

Tabela 4. Tabelas de vida de fertilidade de *Diaeretiella rapae* no hospedeiro *Myzus persicae* obtidas para as escalas de tempo em dias e graus-dia sob diferentes temperaturas constantes.

Temperatura (°C)	x	gd	$l_x$	$m_x$	$l_x m_x$	$l_x m_x \times$	$l_x m_x \text{ gd}$
15	24,9	264,0	0,80	6,28	5,03	125,38	1326,77
	25,9	275,0	0,80	8,35	6,69	173,52	1839,07
	26,9	286,0	0,80	7,08	5,67	152,69	1620,58
	27,9	297,0	0,80	7,40	5,93	165,63	1760,22
	28,9	308,0	0,72	6,43	4,63	134,06	1426,41
	29,9	319,0	0,72	3,85	2,78	83,11	885,26
	30,9	330,0	0,72	4,60	3,32	102,61	1094,19
	31,9	341,0	0,72	3,75	2,70	86,35	921,74
	32,9	352,0	0,72	4,45	3,21	105,68	1129,08
	33,9	363,0	0,72	4,68	3,37	114,40	1223,23
	34,9	374,0	0,72	3,05	2,20	76,83	822,23
	35,9	385,0	0,72	2,35	1,69	60,89	652,15
36,9	396,0	0,64	1,38	0,88	32,55	348,87	

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Temperatura (°C)	x	gd	$l_x$	$m_x$	$l_x m_x$	$l_x m_x x$	$l_x m_x gd$
	37,9	407,0	0,64	2,88	1,84	69,90	749,72
	38,9	418,0	0,56	1,93	1,08	42,03	451,11
	39,9	429,0	0,56	0,68	0,38	15,12	162,34
	40,9	440,0	0,40	0,85	0,34	13,94	149,77
	41,9	451,0	0,40	0,25	0,10	4,20	45,15
	42,9	462,0	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
	43,9	473,0	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
	44,9	484,0	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
	45,9	495,0	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00
	46,9	506,0	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00
	47,9	517,0	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
	48,9	528,0	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
	49,9	539,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	15,1	240,0	0,83	11,78	9,77	147,52	2344,65
	16,1	256,0	0,83	5,63	4,67	75,22	1196,11
	17,1	272,0	0,83	9,92	8,23	140,73	2238,46
	18,1	288,0	0,83	11,39	9,45	171,06	2721,83
	19,1	304,0	0,83	10,05	8,34	159,21	2534,09
	20,1	320,0	0,83	5,44	4,51	90,71	1444,17
	21,1	336,0	0,66	5,44	3,61	76,18	1213,10
	22,1	352,0	0,58	4,66	2,71	59,80	952,40
	23,1	368,0	0,58	4,84	2,81	64,99	1035,36
	24,1	384,0	0,41	4,48	1,86	44,79	713,59
	25,1	400,0	0,41	4,10	1,70	42,65	679,61
	26,1	416,0	0,33	2,08	0,69	18,01	287,13
	27,1	432,0	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
	28,1	448,0	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
	29,1	464,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Temperatura (°C)	x	gd	$l_x$	$m_x$	$l_x m_x$	$l_x m_x x$	$l_x m_x gd$
25	11,5	231,0	0,60	58,65	35,34	406,41	8163,56
	12,5	252,0	0,60	23,66	14,26	178,21	3592,74
	13,5	273,0	0,60	16,58	9,99	134,87	2727,41
	14,5	294,0	0,60	7,49	4,52	65,47	1327,49
	15,5	315,0	0,36	3,64	1,32	20,40	414,60
	16,5	336,0	0,30	0,59	0,18	2,93	59,73
	17,5	357,0	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
	18,5	378,0	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
	19,5	399,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	11,6	286	0,32	8,10	2,61	30,26	745,95
	12,6	312,0	0,26	0,80	0,21	2,60	64,30
	13,6	338,0	0,22	0,06	0,01	0,18	4,42
	14,6	364,0	0,19	0,09	0,02	0,24	6,05
	15,6	390,0	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
	16,6	416,0	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
	17,6	442,0	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
	18,6	468,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

x= tempo (dias); gd= tempo (graus-dia);  $l_x$  = taxa de sobrevivência;  $m_x$ = fertilidade específica.

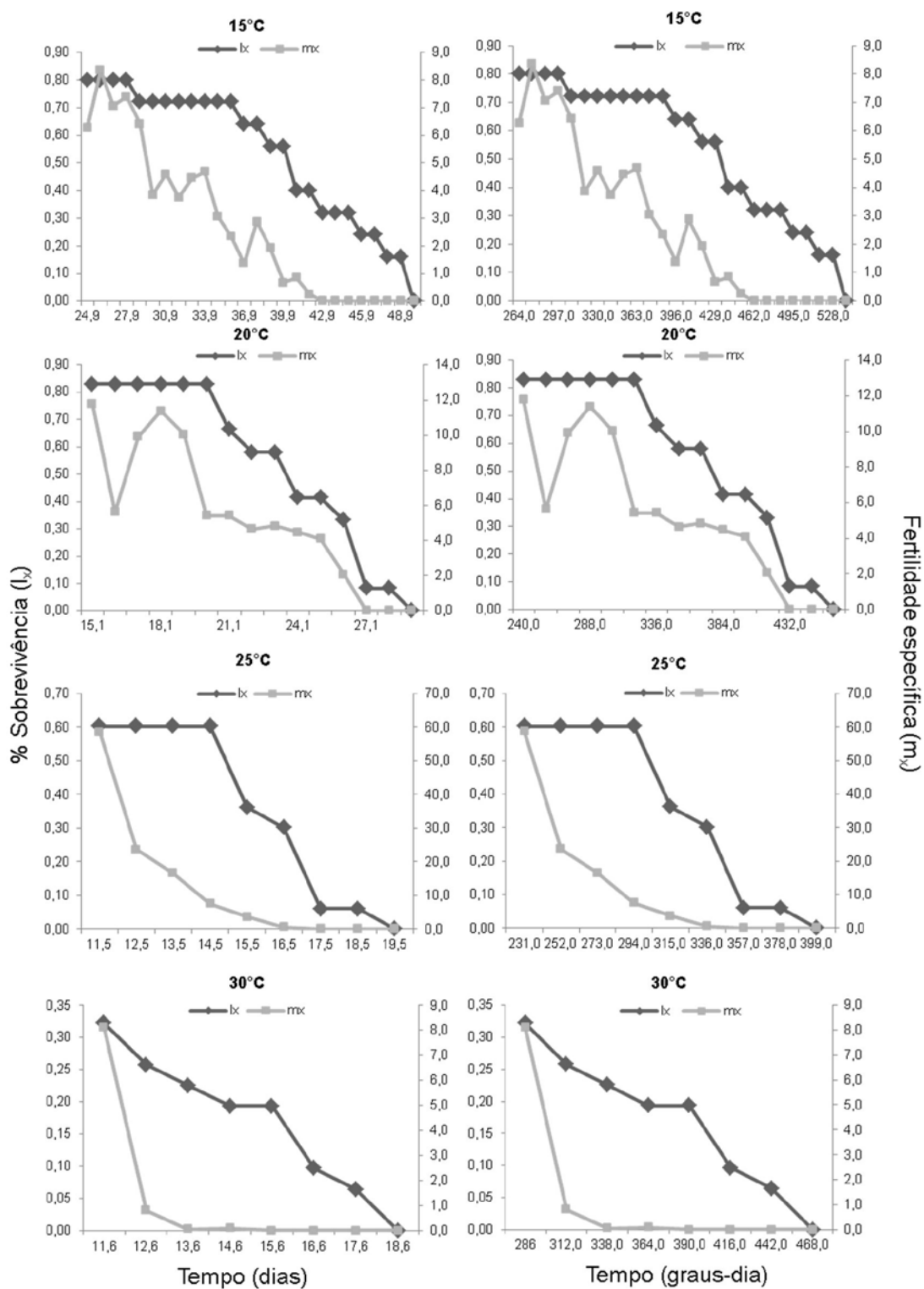


Figura 2. Taxa de sobrevivência ( $l_x$ ) e fertilidade específica ( $m_x$ ) de *Diaeretiella rapae* no hospedeiro *Myzus persicae* determinados em escala de dias e graus-dia sob diferentes temperaturas constantes.

Os maiores valores de taxa líquida de reprodução ( $R_o$ ) estimados em dias e graus-dia foram obtidos a 15, 20 e 25°C. Considerando-se os parâmetros estimados na escala de tempo em dias, foram constatados para a temperatura de 25°C os maiores valores de capacidade inata de aumento ( $r_m$ ), razão finita de aumento ( $\lambda$ ) e o menor tempo necessário para população duplicar em número de indivíduos (TD). O menor intervalo de tempo entre cada geração (T) foi obtido na temperatura de 30°C (Tabela 5). Por outro lado, quando se observa os parâmetros estimados na escala de tempo em graus-dia, que enfatiza a influência da temperatura e permite compará-los com maior precisão (HUTCHISON & HOGG, 1984), as fêmeas de *D. rapae* mantidas a 30°C apresentaram os menores valores de  $r_m$ ,  $R_o$  e  $\lambda$  e a 25°C obtiveram-se os maiores valores de  $r_m$  e  $\lambda$ , e menores de T e TD. Portanto, os resultados dos parâmetros estimados em graus-dia evidenciaram que a temperatura de 25°C proporcionou a melhor condição térmica para o crescimento populacional dessa espécie de parasitoide.

Tabela 5. Parâmetros das tabelas de vida de fertilidade de *Diaeretiella rapae* no hospedeiro *Myzus persicae* determinados em escalas de dias e graus-dia sob temperaturas constantes.

Parâmetros	Escala de tempo	Temperatura °C			
		15	20	25	30
$R_o$	Dias	51,78±8,95a <sup>1</sup>	58,38±13,14a	65,31±7,72a	3,52±0,76b
	Graus-dia	51,78±8,95a	58,38±13,14a	65,31±7,72a	3,52±0,76b
T	Dias	25,04±0,28a	15,61±0,56b	10,27±0,09c	9,73±0,05d
	Graus-dia	267,16±3,10a	248,37±8,96ab	206,93±1,93c	240,04±1,40b
$r_m$	Dias	0,16±0,01c	0,26±0,01b	0,40±0,01a	0,13±0,02c
	Graus-dia	0,015±0,00c	0,016±0,00b	0,020±0,00a	0,005±0,00d
$\lambda$	Dias	1,17±0,01c	1,30±0,02b	1,50±0,02a	1,14±0,03c
	Graus-dia	1,01±0,00b	1,02±0,00b	1,02±0,00a	1,00±0,00c
TD	Dias	4,37±0,20a	2,63±0,16b	1,70±0,05c	5,06±1,06a
	Graus-dia	46,65±2,09b	41,94±2,58b	34,24±0,97c	124,88±26,26a

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste "t", a 5% de probabilidade.  $R_o$ = Taxa líquida de reprodução; T= Intervalo de tempo entre cada geração;  $r_m$ = Capacidade inata de aumentar em número;  $\lambda$ = Razão finita de aumento; TD= Tempo necessário para população duplicar em número de indivíduos.



REED et al. (1992) relataram  $R_0 = 58,6$ ,  $T = 15,5$  e  $r_m = 0,263$  para *D. rapae* criado no hospedeiro *D. noxia* a  $20^\circ\text{C}$  considerando escala em dias, resultados próximos aos obtidos neste estudo para a mesma temperatura. BERNAL & GONZÁLEZ (1997) verificaram variação nos parâmetros da tabela de vida de *D. rapae* criado em *D. noxia* em diferentes temperaturas em escala de dias. Os autores observaram que os valores de  $R_0$  e  $T$  diminuíram e  $r_m$  aumentou com o aumento da temperatura de 10 para  $26,7^\circ\text{C}$ . Os resultados do presente estudo para os valores de  $r_m$  aumentou e  $T$  diminuíram, porém, não foi constata diferença significativa para  $R_0$  de 15 a  $25^\circ\text{C}$  (Tabela 5).

As diferenças nas variáveis biológicas de *D. rapae* neste estudo com outros autores podem ser devido às diferenças de condições experimentais, como às variações genéticas entre as populações de *D. rapae* e seus hospedeiros em diferentes regiões geográficas (ANTOLIN et al., 2006; BAER et al., 2004) e utilização de plantas hospedeiras diferentes (BAYHAN et al., 2007). Alguns autores relataram diferenças em características biológicas entre populações de afidiíneos (CAMPBELL et al., 1974; FLINT, 1980).

#### 4. Conclusões

O limite térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ) observados para o parasitoide *D. rapae* foram  $4,0^\circ\text{C}$  e  $245,3$  GD, respectivamente.

A temperatura afeta o desempenho reprodutivo de *D. rapae* e a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  proporciona a melhor condição térmica para o crescimento populacional da espécie.

## 5. Referências

ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The distribution and abundance of animals. Chicago: University of Chicago Press, 1954, cap. 6, p. 31 – 54.

ANTOLIN, M. F.; BJORKSTEN, T. A., VAUGHN, T. T. Host-related fitness trade-offs in a presumed generalist parasitoid, *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Ecological Entomology*, London, v. 31, n. 3, p. 242-254, 2006.

BAER, C. F.; TRIPP, D. W.; BJORKSTEN, T. A.; ANTOLIN, M. F. Phylogeography of a parasitoid wasp (*Diaeretiella rapae*): no evidence of host-associated lineages. *Molecular Ecology*, Oxford, v. 13, n. 7, p. 1859-1869, 2004.

BAYHAN, S. O.; ULUSOY, M. R; BAYHAN, E. Is the parasitization rate of *Diaeretiella rapae* influenced when *Brevicoryne brassicae* feeds on Brassica plants? *Phytoparasitica*, Bet Dagan, v. 35, n. 2, p. 146-149, 2007.

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

BERNAL, J.; GONZÁLEZ, D. Reproduction of *Diaeretiella rapae* on Russian wheat aphid hosts at different temperatures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 82, n. 2, p. 159–166, 1997.

BERNAL, J.; GONZÁLEZ, D. Temperature requirements of four parasites of the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 69, n. 2, p. 173-182, 1993.

BERNAL, J.; GONZÁLEZ, D. Thermal requirements of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) on Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Mordwilko, Hom., Aphididae) hosts. *Journal of Applied Entomology*, Berlin, v. 119, n. 1-5, p. 273 – 277, 1995.

BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Attack rate and success of the parasitoid *Diaeretiella rapae* on specialist and generalist feeding aphids. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 30, n. 9, p. 1781-1795, 2004.

CAMPBELL, A.; FRAZER, B. D.; GILBERT, N.; GUTIERREZ, A. P.; MACKAUER, M. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *The Journal of Applied Ecology*, Oxford, v. 11, n. 2, p. 431-438, 1974.

CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P. Exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em laboratório. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 32, n. 3, p. 413-419, 2003.

CIVIDANES, F. J. Tabelas de vida de fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de campo. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 31, n. 3, p. 419-427, 2002.

DENG, Y. X.; TSAI, J. H. Development of *Lysiphlebia japonica* (Hymenoptera: Aphidiidae) a parasitoid of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae) at five temperatures. *Florida Entomologist*, Gainesville, v. 81, n. 3, p. 415-423, 1998.

ELLIOTT, N. C.; BURD, J. D.; KINDLER, S. D.; LEE, J. H. Temperature effects on development of three cereal aphid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae). *The Great Lakes Entomology*, East Lansing, v. 28, n. 3-4, p. 199-204, 1995.

ELLIOTT, N. C.; KIECKHEFER, R. W. Effects of constant and fluctuating temperatures on immature development and age-specific life tables of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae). *The Canadian Entomologist*, Ottawa, v. 121, n. 2, p. 131-140, 1989.

FLINT, M. L. Climatic ecotypes in *Trioxys complanatus*, a parasite of the spotted alfalfa aphid. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 9, n. 5, p. 501-507, 1980.

HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P.; MORAES, R. C. B. Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos. Piracicaba: FEALQ, 1999. 29p.

HUGHES, G. E.; STERK, G.; BALE, J. S. Thermal biology and establishment potential in temperate climates of the aphid parasitoid, *Lysiphlebus testaceipes*. *Biocontrol*, Dordrecht, v. 56, n. 1, p. 19-33, 2011.

HUTCHISON, W. D.; HOGG, D. B. Demographic statistics for the pea aphid (Homoptera: Aphididae) in Wisconsin and a comparison with other populations. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 13, n. 5, p. 1173-1181, 1984.

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

JERVIS, M. A.; HEIMPEL, G. E.; FERNS, P. N.; HARVEY, J. A.; KIDD, N. A. C. Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of 'ovigeny'. *Journal of Animal Ecology*, Oxford, v. 70, n. 3, p. 442-458, 2001.

KREBS, C. J. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. 6. ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 2009. 688 p.

LOESCHCKE, V.; HOFFMANN, A. A. Consequences of heat hardening on a field fitness component in *Drosophila* depend on environmental temperature. *American Naturalist*, Chicago, v. 169, n. 2, p. 175-183, 2007.

MAIA, H. N. M.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.93, n.2, p. 511-518, 2000.

MAILAFIYA, D. M.; RU, B. P. L.; KAIRU, E. W.; CALATAYUD, P. A.; DUPAS, S. Geographic distribution, host range and perennation of *Cotesia sesamiae* and *Cotesia flavipes* Cameron in cultivated and natural habitats in Kenya. *Biological Control*, Orlando, v. 54, n. 1, p. 1-8, 2010.

MEYER, J. S.; IGERSELL, C. G.; MACDONALD, L. L.; BOYCE, M. S. Uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, New York, v. 67, n. 5, p.1156-1166, 1986.

MICHELOTTO, M. D.; CHAGAS FILHO, N. R.; SILVA, R. A.; BUSOLI, A. C. Longevidade e parâmetros reprodutivos de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) sobre berinjela em diferentes temperaturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 788-793, 2005.

MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. D. Occurrence of *Diaeretiella rapae* (Mc'Intosh, 1855) (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitising *Lypaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) and *Brevicoryne brassicae* (L., 1758) (Homoptera: Aphididae) in *Brassica napus* in Mato Grosso do Sul. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 41-46, 2002.

NOWIERSKI, R. M.; GUTIERREZ, A. P.; YANINEK, J. S. Estimation of thermal thresholds and age-specific life table parameters for the walnut aphid (Homoptera: Aphididae) under field conditions. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 12, n. 3, p. 680-686, 1983.

PANDEY, A. K.; TRIPATHI, E. C. P. M. Effect of temperature on the development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of *Campoletis chloridae*, an endolarval parasitoid of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. *Biocontrol*, Dordrecht, v. 53, n. 3, p. 461-471, 2008.

REED, H. C.; REED, D. K.; ELLIOTT, N. C. Comparative life table statistics of *Diaeretiella rapae* and *Aphidius matricariae* on the Russian wheat aphid. *Southwestern Entomologist*, Weslaco, v. 17, n. 4, p. 307–312, 1992.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e sua associação com insetos predadores, parasitóides e formigas em couve (Cruciferae) no Brasil. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 35, n. 4, p. 551-555, 2006.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera, Aphidiidae) em *Schizaphis graminum* (Rondani, 1850) (Hemiptera: Aphididae). *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 637-642, 2003.

RO, T. H.; LONG, G. E.; TOBA, H. H. Predicting phenology of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) using degree-days. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 27, n. 2, p. 337-343, 1998.

ROYER, T. A.; GILES, K. L.; KINDLER, S. D.; ELLIOTT, N. C. Developmental response of three geographic isolates of *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Aphidiidae) to temperature. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 30, n. 4, p. 637-641, 2001.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; RODRIGUES, S. M. M.; SOGLIA, M. C. M.; DE CONTE, B. F. Desenvolvimento de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) e alterações causadas pelo parasitismo no hospedeiro *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 36, n. 3, p. 436-444, 2007.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; RODRIGUES, S. M. M.; SOGLIA, M. C. M. Thermal requirements of three populations of *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). IOBC WPRS Bulletin, Dijon, v. 26, p. 85-88, 2003.

SILVA, R. J.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B.; SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) em *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). Revista Brasileira de Entomologia, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 124-130, 2008.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419p.

SINGH, R.; PANDEY, S.; SINGH, A. Effect of temperature and photoperiod on development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of an aphid parasitoid *Binodoxys indicus*. Malaysian Applied Biology Journal, Bangi, v. 29, p. 79–95, 2000.

SOUSA, B. M.; BUENO, V. H. P. Parasitóide e hiperparasitóides de mummies de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera – Homoptera – Aphidiidae). Revista de Agricultura, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 55-62, 1992.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. Ecological methods. 3. ed. Malden: Blackwell Science, 2000. 575p.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. Revista Brasileira de Entomologia, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 107-118, 2007.



TERBLANCHE, J. S.; DEERE, J. A.; CLUSELLA-TRULLAS, S.; JANION, C.; CHOWN, S. L. Critical thermal limits depend on methodological context. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, London, v. 274, n. 1628, p. 2935–2943, 2007.

TORRES, A. F.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; DE CONTI, B. F. Tabela de vida de fertilidade de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 36 n. 4, p. 532-536, 2007.

van LENTEREN, J. C.; WOETS, J. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 33, p. 239-269, 1988.

van STEENIS, M. J. Intrinsic rate of increase of *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hym.; Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, Berlin, v. 118, n. 4-5, p. 399-406, 1994.

VARLEY, G. C.; GRADWELL, G. R.; HASSEL, M. P. *Insect population ecology: an analytical approach*. Berkeley: University California Press, 1973. 212 p.

ZAMANI, A. A.; TALEBI, A.; FATHIPOUR, Y.; BANIAMERI, V. Effect of temperature on life history of *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Braconidae), two parasitoids of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, Lanham, v. 36, n. 2, p. 263-271, 2007.

#### CAPÍTULO 4 – EFEITO DO ARMAZENAMENTO À BAIXA TEMPERATURA SOBRE *Diaeretiella rapae* (McINTOSH) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE, APHIDIINAE)

RESUMO – Este estudo avaliou o efeito do armazenamento à temperatura baixa constante (TBC) sobre o endoparasitoide *Diaeretiella rapae* (McIntosh), foi utilizado como hospedeiro o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer). O armazenamento foi realizado em câmara climatizada sob temperatura constante de  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  com os seguintes períodos de duração: 0, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 32, 34 e 36 dias. A porcentagem de emergência de *D. rapae* nos períodos de exposição prolongada ao frio, variou de 100 a 83 % no período de zero a 32 dias de armazenamento. Após 32 dias de armazenamento, a emergência foi afetada acentuadamente com 55 % nos períodos de 34 e 36 dias. Foram necessários 40 dias de armazenamento para ocorrer mortalidade de 50 % da população de *D. rapae*. O armazenamento a  $5^\circ\text{C}$  por até 32 dias não afeta negativamente a emergência e a sobrevivência de *D. rapae*. A exposição de *D. rapae* ao frio por até 36 dias não influencia a ocorrência de deformações morfológicas, razão sexual e a emergência da geração F1. Quando transferido para  $25^\circ\text{C}$ , após período de armazenamento por 4 a 36 dias a  $5^\circ\text{C}$ , *D. rapae* apresentou diminuição gradativa no período de emergência, na longevidade, na capacidade reprodutiva e na razão sexual da geração F1. *Diaeretiella rapae* pode ser armazenado por até 24 dias a  $5^\circ\text{C}$ , nesse período a porcentagem de parasitismo e a razão sexual da geração F1 mantêm-se acima de 38% e 0,50, respectivamente.

Palavras-chave: Brassicaceae, estresse termal, estocagem, frio, parasitoide, pulgão

## 1. Introdução

A implementação de um programa de controle biológico de inseto-praga enfrenta várias dificuldades relacionadas com a regulação do tempo e o custo da produção de grande número de inimigos naturais para a liberação em campo. Como a maioria dos agentes de controle biológico tem vida útil relativamente curta a opção de liberar no campo fica restrita a curto período de tempo. Desta forma, é imprescindível o estabelecimento de métodos eficientes de armazenamento de inimigos naturais (COLINET & HANCE, 2010).

O armazenamento de inimigos naturais é uma técnica importante como parte de programas de controle biológico, e tem como objetivo assegurar a disponibilidade do inimigo natural em número suficiente no momento da liberação. Além disso, o desenvolvimento de técnicas de armazenagem de agentes de biocontrole tem grande importância por fornecer flexibilidade e eficiência na produção massal, sincronizar o estágio de desenvolvimento desejado do inseto para liberação e disponibilizar estoques padronizados de insetos para o uso em pesquisas (LEOPOLD, 1998; TEZZE & BOTTO, 2004).

O armazenamento de inimigos naturais deve ser feito sem que ocorra perda da viabilidade e efetividade desses organismos (KING et al., 1985). Nesse contexto, o uso de baixa temperatura tem-se revelado um valioso método para armazenagem de insetos aumentando sua vida útil (COLINET & HANCE, 2010). Em muitas espécies de insetos, a exposição ao frio pode causar lesões que se tornam progressivamente irreversíveis e letais quando a “dose” de exposição ao frio, isso é, a combinação do tempo de exposição e a temperatura de armazenagem, excede um limite específico (BALE, 2002; KOŠTÁL et al., 2006). Mesmo em temperaturas acima de 0° C podem ocorrer lesões letais acumulativas, porém ainda não são bem compreendidas as principais causas da morte (KOŠTÁL et al., 2004; 2006).

Embora a resistência ao frio tenha sido estudada em várias espécies de insetos, pouco se conhece a respeito dos efeitos da baixa temperatura sobre parasitoides (RIVERS et al., 2000). Nesses insetos, a adaptação às baixas

temperaturas é similar aos demais animais ectotérmicos, sendo possível seu armazenamento em baixa temperatura (HANCE et al., 2007). Mesmo populações de insetos tropicais, que dificilmente enfrentam condições extremas de baixa temperatura, podem ser tolerantes ao frio apresentando respostas fisiológicas semelhantes às populações de espécies não tropicais (PULLIN, 1996; NEDVED, 2000).

Exposições prolongadas a baixas temperaturas são reconhecidamente negativas para parasitoides (LANGER & HANCE, 2000; TEZZE & BOTTO, 2004; LEVIE et al., 2005; COLINET et al., 2006a; b). Para parasitoides de pulgões, o armazenamento à baixa temperatura deve ser feito por períodos curtos e durante os estágios imaturos, em temperaturas que variem de 4° a 15°C (van LENTEREN, 2000).

Identificar e compreender as causas dos danos da exposição ao frio torna-se difícil, pois os danos derivam tanto de efeitos do frio ou da fome, ou mesmo da combinação desses dois fatores (COLINET et al., 2007a). Dentre os efeitos prejudiciais aos insetos decorrentes de baixas temperaturas podem ser citados: fecundidade reduzida por causa da baixa viabilidade de ovos (COULSON & BALE, 1992), comprometimento do sistema nervoso (YOCUM et al., 1994), letalidade, diminuição da longevidade, deformação de asa, redução de fertilidade pela esterilização de machos (RINEHART et al., 2000), modificação de lipídios da membrana celular (LEE et al., 2006) e redução da capacidade de voo com efeitos na dispersão (LUCZYNSKI et al., 2007).

*Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) é considerada parasitoide especialista em pulgões associados às brassicáceas (BLANDE et al., 2004) e, no Brasil, considerado principal parasitoide de *Brevicoryne brassicae* (L.), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) e *Myzus persicae* (Sulzer) em brassicáceas (SOUSA & BUENO, 1992; MUSSURY & FERNANDES, 2002; RESENDE et al., 2006). *Diaeretiella rapae* ocorre também associada a outras espécies de pulgões em diferentes culturas e tem distribuição relatada para vários estados brasileiros (STARÝ et al., 2007).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do armazenamento à baixa temperatura sobre diferentes aspectos biológicos de *D. rapae*.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia de Insetos do Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Universidade Estadual Paulista (FCAV / UNESP), campus de Jaboticabal, SP.

### 2.1. Produção de *Brassica oleracea* var. *acephala*

Para produção de couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Da Geórgia foram utilizadas bandejas de isopor de 128 células para obtenção de mudas. As bandejas foram preenchidas com substrato próprio para produção de mudas. Em cada célula das bandejas foi colocada uma semente. Depois da semeadura, as bandejas foram mantidas em gaiola telada 2x2x2 m até o transplante das mudas para vasos e canteiros. Após um período de 60 dias da semeadura as mudas foram transplantadas para vasos plásticos (500 ml) e canteiros contendo solo e esterco bovino na proporção 1:1; os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação (10x5 m) e gaiolas teladas (2x2x2 m). A cada 30 dias foi realizada adubação de cobertura nos canteiros e vasos com adubo NPK de fórmula 4-14-8, cloreto de potássio e sulfato amônio.

### 2.2. Criação do pulgão hospedeiro

Como hospedeiro para *D. rapae* foi utilizado *M. persicae*. O pulgão foi coletado em plantas de couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) presentes no campus da FCAV/UNESP em Jaboticabal (21°15'22" S, 48°18'58" O), São Paulo. A criação e multiplicação do pulgão foram conduzidas em casa-de-vegetação sendo utilizados vasos contendo plantas de couve (ver item 2.1). Os vasos foram mantidos em gaiolas de madeira (45x50x70 cm) revestidas com tecido voile.

### 2.3. Criação do parasitoide

Para dar início a criação de *D. rapae*, múmias provenientes do pulgão *M. persicae* foram coletadas em plantas de couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) presentes no campus da FCAV/UNESP. As múmias foram individualizadas em tubos de vidro (80 x 19mm) e mantidas em sala climatizada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase. Os adultos que emergiram foram sexados sob microscópio estereoscópico e liberados em gaiolas de madeira descritas anteriormente, contendo vasos com plantas de couve (ver item 2.1) infestadas com *M. persicae*. As gaiolas foram mantidas em casa-de-vegetação. Gotículas de mel e água foram depositadas diariamente nas paredes das gaiolas para alimentação dos parasitoides adultos.

### 2.4. Armazenamento à baixa temperatura

Para verificar o efeito da exposição a Temperatura Baixa Constante (TBC) sobre *D. rapae* foram utilizadas da criação estoque 680 múmias do parasitoide criado em *M. persicae*, com aproximadamente 24 horas de formação. As múmias foram armazenadas em câmara climatizada com temperatura de  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ , sendo distribuídas em grupos de quatro por placa de Petri (9 cm de diâmetro), totalizando 40 múmias por tratamento e dez repetições. Foram considerados 17 tratamentos, isto é, períodos de armazenamento como segue: 0, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 32, 34 e 36 dias. No caso da testemunha (zero dia de armazenamento) as múmias foram mantidas em câmara climatizada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  de UR e 12 horas de fotofase. Nos demais tratamentos, as múmias permaneceram em câmara climatizada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  por quatro dias, após esse período iniciou-se a transferência das placas de Petri para câmara climatizada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e 12h de fotofase. O procedimento de transferência para  $25^\circ\text{C}$  foi repetido a cada dois dias até que fosse atingido o período de 36 dias de armazenamento. As placas contendo as múmias transferidas a  $25^\circ\text{C}$  foram observadas diariamente para se determinar a porcentagem e o tempo, em

dias, de emergência dos adultos de *D. rapae*, foi avaliado simultaneamente a existência de deformações nos mesmos, sob microscópio estereoscópico. Quando não foi constatada emergência, as múmias foram dissecadas para determinação do estágio que o parasitoide cessou o desenvolvimento. A longevidade dos adultos de *D. rapae* foi avaliada como segue: entre os adultos que emergiram de cada período de armazenamento, foram escolhidos aleatoriamente 15 machos e 15 fêmeas que permaneceram em tubos de vidros até a morte. Os insetos foram alimentados diariamente com mel e água depositados nas paredes dos tubos em forma de gotículas. Diariamente foi efetuada a contagem de adultos do parasitoide mortos nos tubos.

Também foi avaliada a viabilidade de óvulos e espermatozoides de *D. rapae* expostos à baixa temperatura. A viabilidade foi obtida através da razão sexual da geração F1 de *D. rapae*. Isso foi possível devido à reprodução de parasitoides afidiíneos ser do tipo arrenótoca (STARÝ, 1988). Assim, quando óvulos e espermatozoides de *D. rapae* não foram afetados adversamente pela baixa temperatura emergiram machos e fêmeas ou apenas fêmeas, devido a fecundação ser controlada pela fêmea. Quando somente os óvulos permaneceram viáveis, apenas machos foram obtidos. Nesta etapa, 15 machos e 15 fêmeas de *D. rapae*, de mesma idade e oriundos de cada período de armazenamento, foram submetidos ao acasalamento e alimentados com mel e água. Após o acasalamento, cada fêmea foi colocada em contato com 20 ninfas de *M. persicae*, com três dias de idade, por 60 minutos. Esses insetos foram mantidos em placa de Petri (9 cm de diâmetro) vedadas com filme PVC, contendo disco foliar de couve (9 cm de diâmetro) sobre solução de ágar/água (1%). As placas contendo os pulgões parasitados pelas fêmeas oriundas de cada período de armazenamento foram mantidas em câmara climatizada a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR de  $60\pm 10\%$  e 12h de fotofase até o desenvolvimento e emergência dos parasitoides adultos.

### 2.4.1. Análise dos dados

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, composto por 17 tratamentos e dez repetições. As variáveis biológicas (emergência, mortalidade, longevidade, parasitismo, razão sexual, deformidade morfológica) de *D. rapae* foram submetidas à análise de regressão e ANOVA, sendo empregado teste de Duncan a 5 % de significância. A análise de Probit foi utilizada para determinar a mortalidade de 50% (TL<sub>50</sub>) da população de *D. rapae* armazenada nos diferentes períodos a 5 ± 1°C (RODRIGUES et al., 2003).

## 3. Resultados e Discussão

A maioria das variáveis biológicas de *D. rapae* foi significativamente influenciada pela exposição à temperatura de 5 °C, nos diferentes períodos de armazenamento (Figuras 2, 3, 4 e 5; Tabelas 1 e 2).

Após a transferência de pulgões mumificados da espécie *M. persicae* dos diferentes períodos de armazenamento a 5 °C para 25 °C, o tempo para a emergência de adultos de *D. rapae* diminuiu de aproximadamente quatro dias para um dia no período de zero a 36 dias de armazenamento à baixa temperatura. Possivelmente, a utilização da temperatura de armazenamento acima da temperatura base de 4 °C observada para *D. rapae* (ver capítulo 3) explica o fato de que a exposição a 5 °C não foi suficiente para que o desenvolvimento de *D. rapae* fosse paralisado. Exposições a baixas temperaturas que não ultrapassem a temperatura base inferior de desenvolvimento aliada ao tempo de exposição podem limitar o desenvolvimento e reduzir a mortalidade de parasitoides afidiíneos (HUGHES et al., 2011). A capacidade de afidiíneos se manterem vivos sob baixas temperaturas tem sido relacionada com a manutenção do metabolismo basal através do gasto de fonte de energia (COLINET et al., 2006b), sendo os lipídios reconhecidos como uma das principais fontes de energia utilizada pelos insetos na manutenção das funções vitais (ADEDOKUN & DENLINGER, 1985; van HANDEL, 1993).



A porcentagem de emergência de *D. rapae* diferiu significativamente nos períodos de exposição prolongada ao frio com baixa redução no período de zero a 32 dias de armazenamento, variando de 100 a 83 %. Entretanto, houve acentuada redução no período de 34 a 36 dias de armazenamento (55 % de emergência). Portanto, houve aumento acentuado da mortalidade a partir de 32 dias de armazenamento (Figuras 2 e 3; Tabelas 2). De acordo com a análise de Probit, foram necessários aproximadamente 40 dias de exposição a 5 °C para ocorrer 50 % de mortalidade (TL<sub>50</sub>) da população de *D. rapae* (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de Probit da mortalidade de *Diaeretiella rapae* em função do período de armazenamento a 5 ± 1°C.

Modelo	$\chi^2$	P	TL <sub>50</sub> (I.C.)*
Y= -2,50863 + 0,0618125x	132,434	<0,0001	40,58 (37,60 – 44,78)

\*(I.C.)= Intervalo de Confiança

Com relação às múmias que não apresentaram emergência de *D. rapae* nos diferentes períodos de armazenamento, foi constatado que a maioria dos parasitoides morreu logo após atingir o estágio adulto (Figura 1). Esse fato indica que *D. rapae* foi capaz de completar o ciclo biológico, porém, provavelmente, não teve disponível recurso para emergir, como observado em outras espécies de afidiíneos (LEVIE et al., 2005; COLINET et al., 2006b; COLINET et al., 2007b).

Tabela 2. Resultado da análise de variância para variáveis biológicas de *Diaeretiella rapae* em função do período de armazenamento a 5 °C.

Variável biológica	F	P
Período de emergência (dias)	173,42	<0,0001
Emergência (%)	9,42	<0,0001
Indivíduos deformados (%)	1,82	<0,05
Razão sexual	0,83	0,6520
Longevidade de fêmeas (dias)	7,59	<0,0001
Longevidade de machos (dias)	5,94	<0,0001
Parasitismo (%)	15,99	<0,0001
Emergência F1 (%)	1,32	0,1802
Razão sexual F1 (%)	3,18	<0,0001

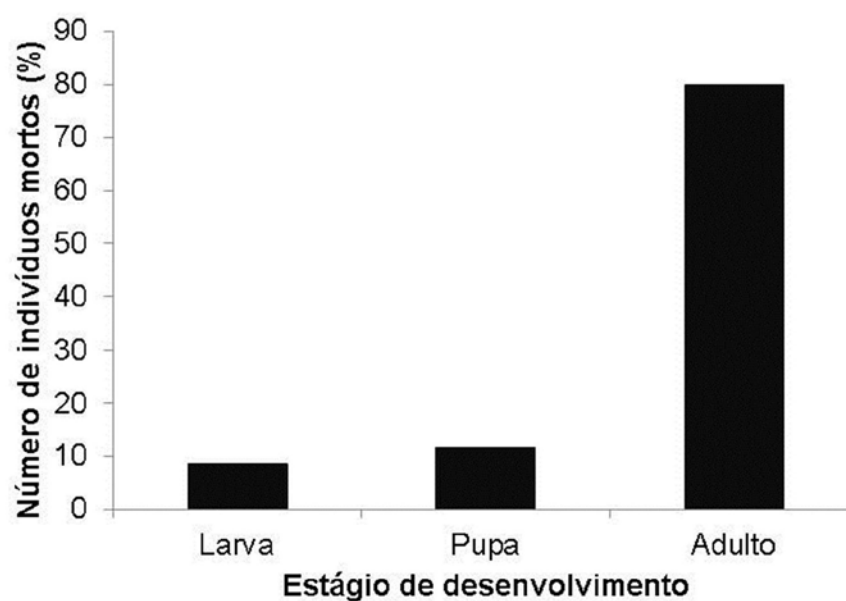


Figura 1. Mortalidade de diferentes estágios de desenvolvimento de *Diaeretiella rapae* submetido ao armazenamento a 5 °C por 36 dias.

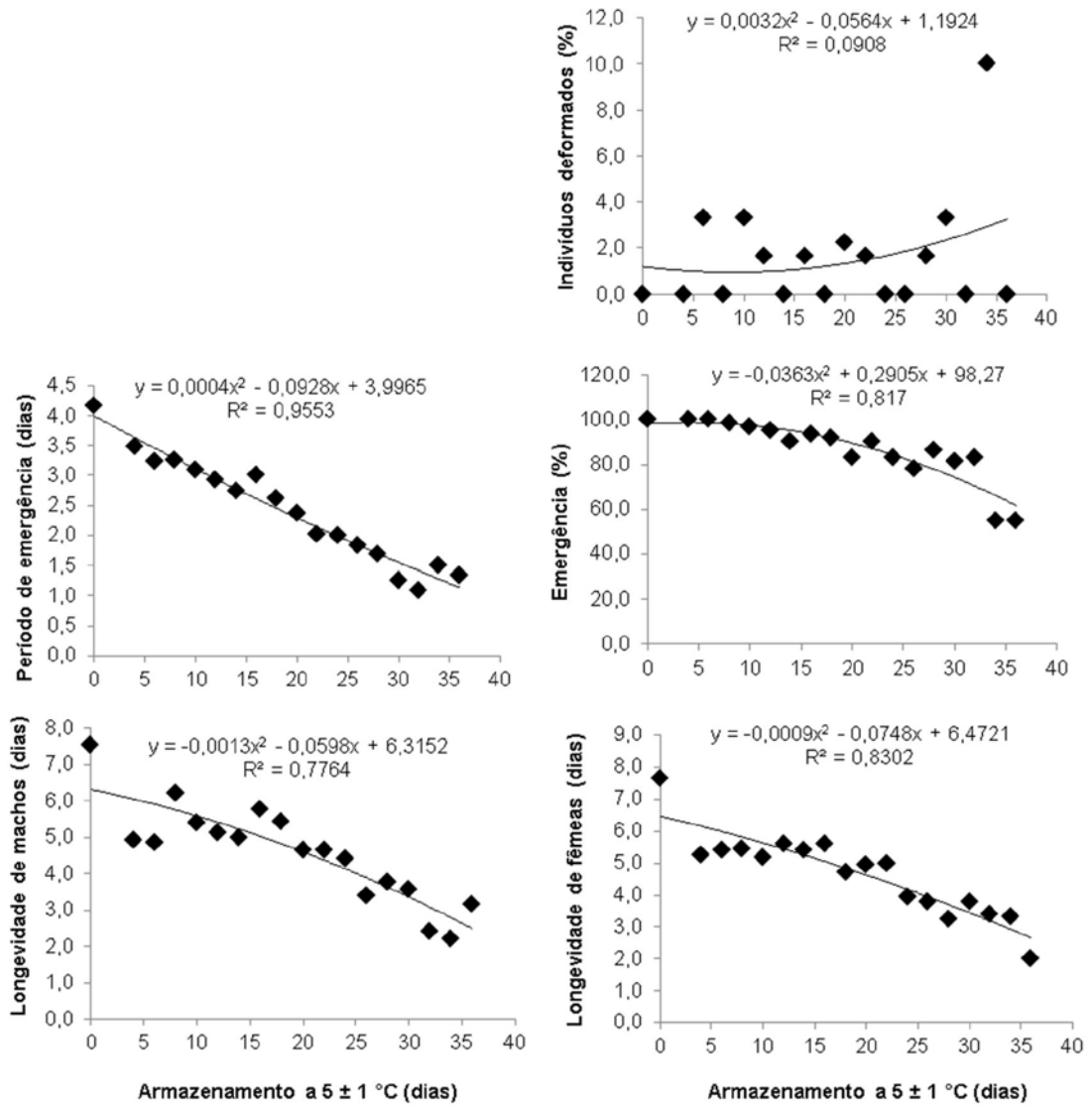


Figura 2. Regressão polinomial entre variáveis biológicas de *Diaeretiella rapae* e os períodos de armazenamento a 5 °C.

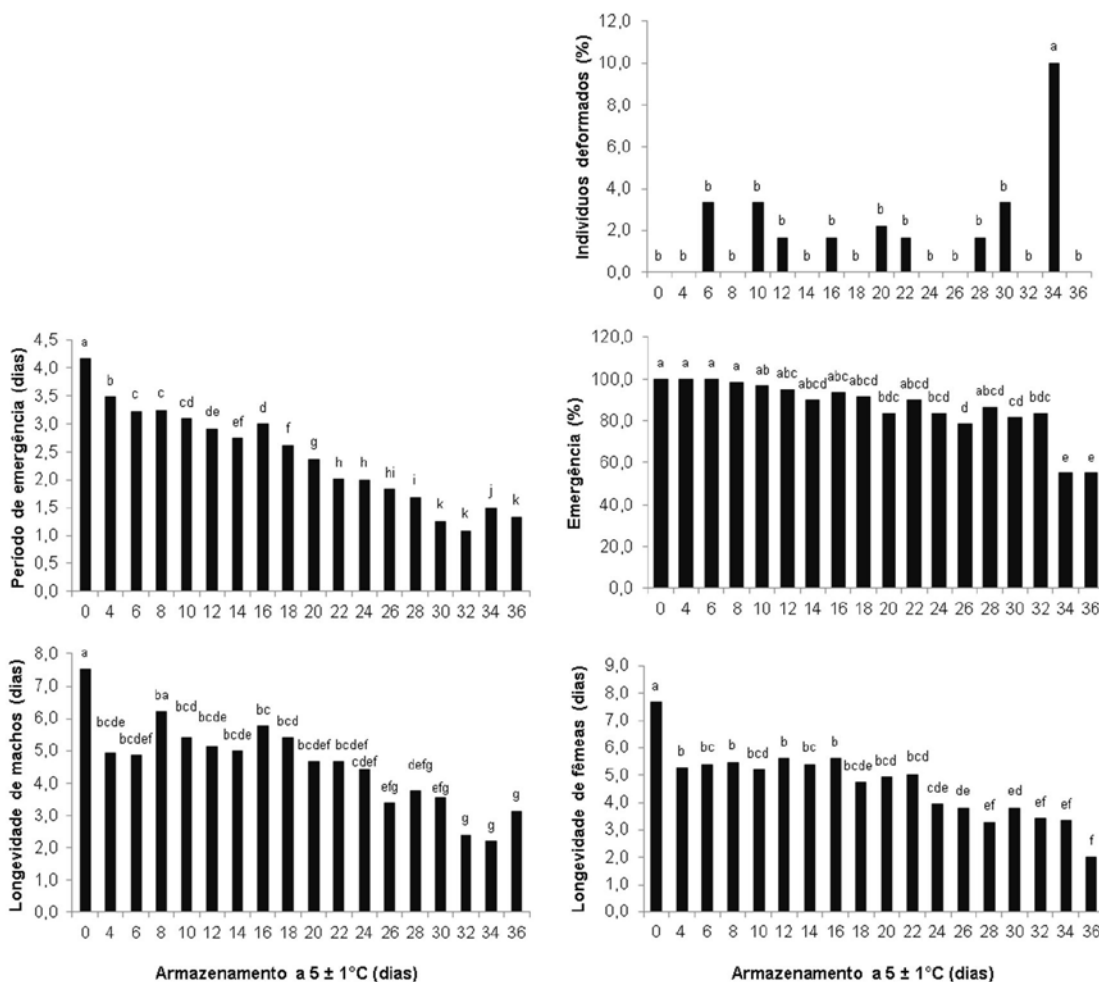


Figura 3. Variáveis biológicas de *Diaeretiella rapae* em função do período de armazenamento a 5 °C. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os resultados do presente estudo indicam que *D. rapae* mostrou-se mais tolerante ao frio que outras espécies de afidiíneos com relação à mortalidade. Parasitoides afidiíneos apresentam considerável variação interespecífica com relação à mortalidade sob condições de TBC, como relatado por COLINET & HANCE (2010) para as seguintes espécies armazenadas a 2°C em diferentes períodos: *Aphidius ervi* Haliday e *Aphidius matricariae* Haliday apresentaram 35 % de mortalidade quando armazenados por 20 dias, *Praon volucre* Haliday acima de

60% por 20 dias, *Ephedrus cerasicola* Starý 60% por 10 dias e *Aphidius colemani* Viereck mais de 96 % por 20 dias.

A diminuição da sobrevivência de parasitoides expostos prolongadamente à baixa temperatura foi relatada por vários autores (WHITAKER-DEERBERG et al., 1994; LANGER & HANCE, 2000; LYSYK, 2004; TEZZE & BOTTO, 2004; LEVIE et al., 2005; COLINET et al., 2006a, b). Neste caso, a sobrevivência desses insetos está relacionada com o esgotamento progressivo das reservas de energia durante o período de inanição podendo tornar-se crítica com exposição prolongada a TBC (COLINET et al., 2006b). Além disso, o armazenamento de insetos por TBC pode gerar várias disfunções fisiológicas que resultam no acúmulo de lesões por influência da baixa temperatura. Entre as disfunções fisiológicas observadas destacam-se: mudanças na estrutura das membranas lipídicas associadas com estresse termoelástico (QUINN, 1985; DENLINGER et al., 1991), lesões neuromusculares (KELTY et al., 1996), inibição de processos enzimáticos com aumento de concentrações de metais livres chegando a níveis tóxicos (ZACHARIASSEN, et al., 2004), perturbação da homeostase de íons (KOŠTÁL et al., 2006) e inibição da expressão de genes críticos (YOCUM et al., 2006).

Machos e fêmeas de *D. rapae* tiveram a longevidade reduzida com o prolongamento do período de exposição a 5 °C (Figuras 2 e 3; Tabelas 2). Esse fato foi observado em outros himenópteros parasitoides (UÇKAN & GÜLEL, 2001; RUNDLE et al., 2004; COLINET, et al., 2006b). Ressalta-se que a longevidade de parasitoides está fortemente vinculada à quantidade das reservas de gorduras (ELLERS, 1995). Quando sob influência de baixas temperaturas, essas reservas diminuem provocando, conseqüentemente, o decréscimo de energia disponível para funções vitais na vida adulta (COLINET et al., 2006b).

Exceto pela ocorrência significativa de indivíduos deformados de *D. rapae* mantidos por 34 dias a 5 °C (Figura 3; Tabela 2), para os demais períodos de armazenamento à baixa temperatura foi observado ausência de correlação significativa entre o número de indivíduos deformados e o tempo de exposição ao frio (Figura 2) dias. Esse resultado indica baixa incidência dessa anomalia e

demonstra comportamento incomum de *D. rapae* com relação a deformações oriundas da baixa temperatura no período de 34 dias. Assim como ocorreu em outras variáveis biológicas de *D. rapae* no presente estudo, se esperava que a diferença fosse aumentada gradativamente ou que a ocorrência de deformações fosse mais acentuada nos períodos mais longos de exposição ao frio. Possivelmente, os períodos de exposição ao frio utilizados no presente estudo pode não ter sido suficiente para causar grandes alterações morfológicas em *D. rapae*. Ressalta-se que a exposição por TBC parece pouco influenciar a má formação de parasitoides afidiíneos durante determinados períodos de armazenamento, como observado para *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (RODRIGUES et al., 2003) e *Aphidius rhopalosiphi* DeStefani-Peres (BOURDAIS et al., 2006) armazenados a 5 °C por 20 dias e 4 °C por 42 dias, respectivamente. Por outro lado, em parasitoides tricogramatídeos expostos a períodos acima de 50 dias a 4 °C houve aumento significativo na quantidade de indivíduos deformados (TEZZE & BOTTO, 2004).

Não foi observada diferença significativa na razão sexual de *D. rapae* exposto aos diferentes períodos de frio (Tabela 2). Essa característica também foi relatada para outras espécies de afidiíneos, com machos e fêmeas demonstrando igual tolerância às condições de baixas temperaturas (RODRIGUES et al., 2003; LEVIE et al., 2005; COLINET & HANCE, 2010).

O período de armazenamento à baixa temperatura atuou adversamente sobre a capacidade reprodutiva de indivíduos de *D. rapae* expostos ao frio ao longo do período de armazenamento, uma vez que a porcentagem de parasitismo e a razão sexual da geração F1 diminuíram significativamente com o aumento do período de armazenamento, variando, respectivamente, de 0 a 61 % e de 0,10 a 0,69, sendo os menores valores constatados aos 36 dias de armazenamento. Até 24 dias de armazenamento a porcentagem de parasitismo e a razão sexual da geração F1 de *D. rapae* permaneceram acima de 38% e 0,50, respectivamente (Figuras 4 e 5; Tabela 2). Uma possível explicação para essa constatação pode estar relacionada com a incidência de dano no aparelho reprodutor de *D. rapae* devido à exposição ao frio. Geralmente, insetos machos submetidos a estresse

relacionado com baixa temperatura podem apresentar redução na fertilidade por várias causas entre as quais se destacam lesões nos testículos, redução na reposição das vesículas seminais e na produção de espermatozoides (LACOUME et al., 2007). Nas fêmeas ocorrem lesões nos ovócitos e má formação do ovário, contribuindo para a redução da fertilidade (RINEHART et al., 2000; LEVIE et al., 2005; HANCE et al., 2007). Ressalta-se que são irreversíveis os danos causados ao aparelho reprodutor de insetos com a exposição prolongada ao frio (COLINET & HANCE, 2009; RENAULT, 2011).

O declínio no número de fêmeas em relação a de machos na geração F1 de *D. rapae* conforme aumentou o período de exposição ao frio, sugere que a baixa temperatura afetou com mais intensidade o aparelho reprodutor dos machos. Isso ocorreu devido a reprodução de parasitoides afidiíneos ser do tipo arrenótoca, sendo necessária a participação do espermatozoide para originar fêmeas (STARÝ, 1988). O estudo de HANNA (1935) reforça essa hipótese, pois demonstrou que os tecidos dos testículos do parasitoide *Euchalcidia caryobory* Hanna são mais sensíveis às baixas temperaturas do que dos ovários, além de provocar atraso na espermatogênese e degeneração das células pré-metamórfica, resultando em esterilidade de machos.

Por outro lado, a exposição prolongada ao frio teve pouca relação com a mortalidade observada na progênie de *D. rapae*, pois não foi detectada diferença significativa na porcentagem de emergência da geração F1 que variou de 77,8 a 97,8 % entre os diferentes períodos de armazenamento a baixa temperatura (Tabela 2).

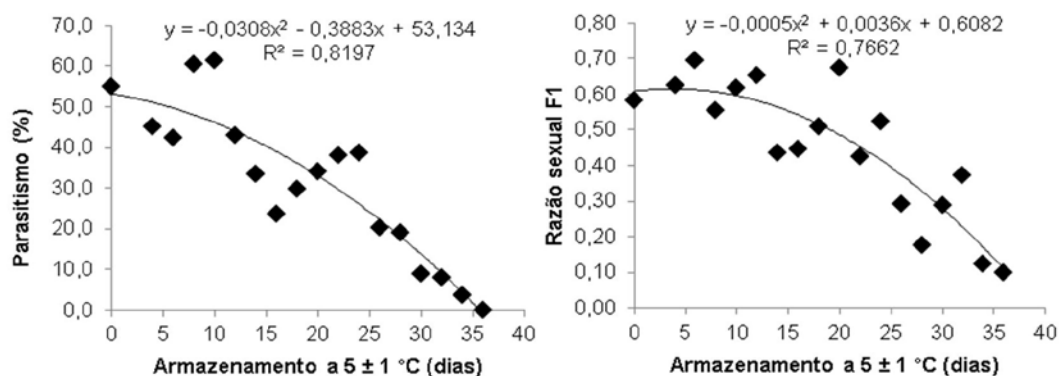


Figura 4. Regressão polinomial entre parasitismo e razão sexual da geração F1 de *Diaeretiella rapae* e os períodos de armazenamento a 5 °C.

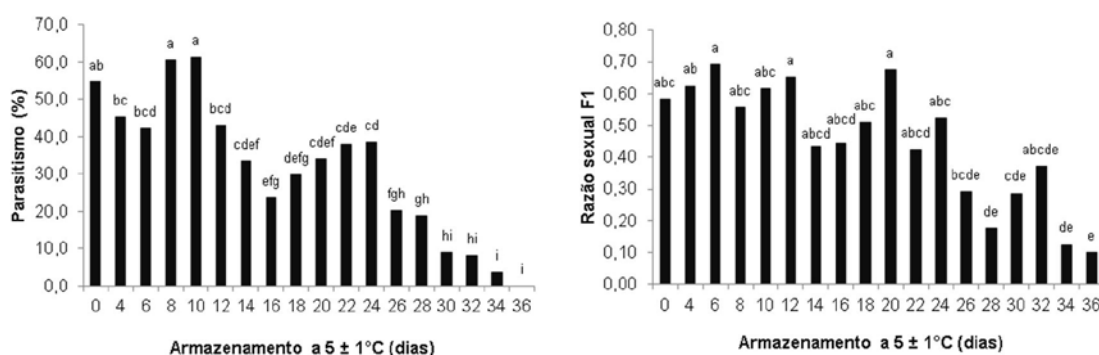


Figura 5. Parasitismo e razão sexual da geração F1 de *Diaeretiella rapae* em função do período de armazenamento a 5 °C. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Deve ser ressaltada a necessidade de estudos sobre a biologia de *D. rapae* que esclareçam a influência do armazenamento à baixa temperatura sob Regime Térmico Flutuante (RTF), nos quais a exposição ao frio fica interrompida por pequenos períodos de alta temperatura. Estudos recentes têm apontado que a exposição ao RTF em comparação ao TBC reduz os efeitos prejudiciais do frio sobre afidiíneos (COLINET et al. 2006a; ISMAIL et al., 2010). Podendo isso ser resultado da reparação fisiológica e recuperação dos danos causados pelo frio durante os intervalos de alta temperatura (COLINET et al. 2007 a; b; c). Entretanto, ainda se desconhece se esse fenômeno ocorre com outras espécies de parasitoides, além de afidiíneos (COLINET & HANCE, 2010).



#### 4. Conclusões

O armazenamento sob 5 °C por até 32 dias não afeta negativamente a emergência e a sobrevivência de *D. rapae*.

A exposição de *D. rapae* ao frio por até 36 dias não influencia a ocorrência de deformações morfológicas, razão sexual e a emergência da geração F1.

*Diaeretiella rapae* apresenta diminuição gradativa no período de emergência, na longevidade, na capacidade reprodutiva e na razão sexual da geração F1 armazenado a 5 °C de 4 a 36 dias.

*Diaeretiella rapae* pode ser armazenado por até 24 dias a 5 °C, nesse período a porcentagem de parasitismo e a razão sexual da geração F1 mantêm-se acima de 38% e 0,50, respectivamente.

## 5. Referências

ADEDOKUN, T. A.; DENLINGER, D. L. Metabolic reserves associated with pupal diapause in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*. *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 31, n. 3, p. 229-233, 1985.

BALE, J. S. Insects and low temperatures: from molecular biology to distributions and abundance. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, London, v. 357, n. 1423, p. 849–862, 2002.

BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Attack rate and success of the parasitoid *Diaeretiella rapae* on specialist and generalist feeding aphids. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 30, n. 9, p. 1781-1795, 2004.

BOURDAIS, D.; VERNON, P.; KRESPI, L.; LE LANNIC, J.; van BAAREN, J. Antennal structure of male and female *Aphidius rhopalosiphii* DeStefani-Peres (Hymenoptera: Braconidae): description and morphological alterations after cold storage or heat exposure. *Microscopy Research and Technique*, New York, v. 69, n. 12, p. 1005-1013, 2006.

COLINET, H.; HANCE, T. Interspecific variation in the response to low temperature storage in different aphid parasitoids. *Annals of Applied Biology*, Warwick, v. 156, n. 1, p. 147-156, 2010.

COLINET, H.; HANCE, T. Male reproductive potential of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae) exposed to constant or fluctuating thermal regimens. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 38, n. 1, p. 242–249, 2009.

COLINET, H.; HANCE, T.; VERNON, P. Water relations, fat reserves, survival, and longevity of a cold-exposed parasitic wasp *Aphidius colemani* (Hymenoptera:

Aphidiinae). *Environmental Entomology*, Lanham, v. 35, n. 2, p. 228–236. 2006b.

COLINET, H.; HANCE, T.; VERNON, P.; BOUCHEREAU, A.; RENAULT, D. Does fluctuating thermal regime trigger free amino acid production in the parasitic wasp *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae)? *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular and integrative physiology*, New York, v. 147, n. 2, p. 484–492, 2007b.

COLINET, H.; NGUYEN, T. T. A.; CLOUTIER, C.; MICHAUD, D.; HANCE, T. Proteomic profiling of a parasitic wasp exposed to constant and fluctuating cold exposure. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Oxford, v. 37, n. 11, p. 1177–1188. 2007c.

COLINET, H.; RENAULT, D.; HANCE, T.; VERNON, P. The impact of fluctuating thermal regimes on the survival of a cold-exposed parasitic wasp, *Aphidius colemani*. *Physiological Entomology*, Oxford, v. 31, n. 3, p. 234–240, 2006a.

COLINET, H.; VERNON, P.; HANCE, T. Does thermal-related plasticity in size and fat reserves influence supercooling abilities and cold-tolerance in *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae) mummies? *Journal of Thermal Biology*, Oxford, v. 32, n. 7-8, p. 374-382, 2007a.

COULSON, S. C.; BALE, J. S. Effect of rapid cold hardening on reproduction and survival of offspring in the housefly *Musca domestica*. *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 38, n. 6, p. 421-424, 1992.

DENLINGER, D. L.; JOPLIN, K. H.; CHEN, C. P.; LEE, R. E. Cold shock and heat shock. In: LEE, R. E.; DENLINGER, D. L. (Eds.). *Insects at Low Temperature*. New York: Chapman and Hall, 1991. p. 131–146.

ELLERS, J. Fat and eggs an alternative method to measure the trade-off between survival and reproduction in insect parasitoids. *Netherlands Journal of Zoology*. Leiden, v. 46, n. 3-4, p. 227-235, 1995.

HANCE, T.; van BAAREN, J.; VERNON, P.; BOIVIN, G. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 52, p. 107-126, 2007.

HANNA, A. D. Fertility and toleration of low temperature in *Euchalcidia caryobory Hanna* (Hymenoptera: Chalcidinae). *Bulletin of Entomological Research*, Farnham Royal, v. 26, n. 3, p. 315-322, 1935.

HUGHES, G. E.; STERK, G.; BALE, J. S. Thermal biology and establishment potential in temperate climates of the aphid parasitoid, *Lysiphlebus testaceipes*. *Biocontrol*, Dordrecht, v. 56, n. 1, p. 19-33, 2011.

ISMAIL, M.; VERNON, P.; HANCE, T.; van BAAREN, J. Physiological costs of cold exposure on the parasitoid *Aphidius ervi*, without selection pressure and under constant or fluctuating temperatures, *Biocontrol*, Dordrecht, v. 55, n. 6, p. 729-740, 2010.

KELTY, J. D.; KILLIAN, K. A.; LEE, R. E. Cold shock and rapid cold-hardening of pharate adult flesh flies (*Sarcophaga crassipalpis*): effects on behavior and neuromuscular function following eclosion. *Physiological Entomology*, Oxford, v. 21, n. 4, p. 283–288, 1996.

KING, E. G.; HOPPER, K. R.; POWELL, J. E. Analysis of systems for biological control of crop arthropod pests in the U. S. by augmentation of predators and parasites. In: HOY, M. A.; HERZOG, D. C. (Eds.). *Biological control in agricultural IPM systems*. Orlando: Academic Press, 1985. p. 201-227.

KOŠTÁL, V.; VAMBERA, J.; BASTL, J. On the pre-freezing mortality in insects: water balance, ion homeostasis and energy charge in the adult of *Pyrrhocoris apterus*. *The Journal of Experimental Biology*, Cambridge, v. 207, n. 9, p. 1509-1521, 2004.

KOŠTÁL, V.; YANAGIMOTO, M.; BASTL, J. Chilling-injury and disturbance of ion homeostasis in the coxal muscle of the tropical cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, New York, v. 143, n. 2, p. 171-179, 2006.

LACOUME, S.; BRESSAC, C.; CHEVRIER, C. Sperm production and mating potential of males after a cold shock on pupae of the parasitoid wasp *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 53, n. 10, p. 1008-1015, 2007.

LANGER, A.; HANCE, T. Overwintering strategies and cold hardiness of two aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 46, n. 5, p. 671–676, 2000.

LEE, R. E.; DAMODARAN, K.; YI, S. X.; LORIGAN, G. A. Rapid cold-hardening increases membrane fluidity and cold tolerance of insect cells. *Cryobiology*, San Diego, v. 52, n. 3, p. 459-463, 2006.

LEOPOLD, R. A. Cold storage of insects for integrated pest management. In: HALLMAN, G. J.; DENLINGER, D. L. (Eds.). *Temperature Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management*. Boulder: Westview Press, 1998. p. 235-267.

LEVIE, A.; VERNON, P.; HANCE, T. Consequences of acclimation on survival and reproductive capacities of cold-stored mummies of *Aphidius rhopalosiphii*

(Hymenoptera: Aphidiinae). *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 98, n. 3, p. 704-708, 2005.

LUCZYNSKI, A.; NYROP, J. P.; SHI, A. Influence of cold storage on pupal development and mortality during storage and on post-storage performance of *Encarsia formosa* and *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biological Control*, Orlando, v. 40, n. 1, p. 107–117, 2007.

LYSYK, T. J. Effects of cold storage on development and survival of three species of parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) of house fly, *Musca domestica*. *L. Environmental Entomology*, Lanham, v. 33, n. 4, p. 823–831, 2004.

MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. D. Occurrence of *Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855) (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitising *Lypaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) and *Brevicoryne brassicae* (L., 1758) (Homoptera: Aphididae) in *Brassica napus* in Mato Grosso do Sul. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 41-46, 2002.

NEDVED, O. Chill tolerance in the tropical beetle *Stenotarsus rotundus* (Coleoptera: Endomychidae). *Cryo-Letters*, Cambridge, v. 21, n. 1, p. 25–30, 2000.

PULLIN, A. S. Physiological relationships between insect diapause and cold tolerance: coevolution or coincidence? *European Journal of Entomology*, Branisovska, v. 93, n. 2, p. 121–129, 1996.

QUINN, P. J. A lipid phase separation model of low temperature damage to biological membranes. *Cryobiology*, San Diego, v. 22, n. 2, p. 128–146, 1985.

RENAULT, D. Long-term after-effects of cold exposure in adult *Alphitobius diaperinus* (Tenebrionidae): the need to link survival ability with subsequent

reproductive success. *Ecological Entomology*, London, v. 36, n. 1, p. 36–42, 2011.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES E. L. Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e sua associação com insetos predadores, parasitóides e formigas em couve (Cruciferae) no Brasil. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 35, n. 4, p. 551-555, 2006.

RINEHART, J. P.; YOCUM, G. D.; DENLINGER, D. L. Thermotolerance and rapid cold hardening ameliorate the negative effects of brief exposures to high or low temperatures on fecundity in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*. *Physiological Entomology*, Oxford, v. 25, n. 4, p. 330-336, 2000.

RIVERS, D. B.; LEE JR., R. E.; DENLINGER, D. L. Cold hardiness of the fly pupal parasitoid *Nasonia vitripennis* is enhanced by its host *Sarcophaga crassipalpis*. *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 46, n. 1, p. 99–106, 2000.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Storage of mummies of *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) parasitized by *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) at low temperature. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, Madrid, v. 29, n. 3, p. 1–8, 2003.

RUNDLE, B. J.; THOMSON, L. J.; HOFFMAN, A. A. Effects of cold storage on field and laboratory performance of the *Trichogramma carverae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and the response of three *Trichogramma* spp. (*T. carverae*, *T. nr. brassicae*, and *T. funiculatum*) to cold. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 97, n. 2, p. 213-221, 2004.

SOUSA, B. M.; BUENO, V. H. P. Parasitóide e hiperparasitóides de mummies de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera – Homoptera – Aphidiidae). *Revista de Agricultura, Piracicaba*, v. 67, n. 1, p. 55-62, 1992.

STARÝ, P. Aphidiidae. In: MINKS, A. K.; HARREWINJS, P. (Eds.). *Aphids: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 171-184.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia, São Paulo*, v. 51, n. 1, p. 107-118, 2007.

TEZZE, A. A.; BOTTO, E. N. Effect of cold storage on the quality of *Trichogramma nerudai* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biological Control, Orlando*, v. 30, n. 1, p. 11-16, 2004.

UÇKAN, F.; GÜLEL, A. The effect of cold storage on the adult longevity, fecundity and sex ratio of *Apanteles galleriae* (Hym.: Braconidae). *Turkish Journal of Zoology, Ankara*, v. 25, n. 3, p. 187–191, 2001.

van HANDEL, E. Fuel metabolism of mosquito (*Culex quinquefasciatus*) embryo. *Journal of Insect Physiology, Oxford*, v. 39, n. 10, p. 831-833, 1993.

van LENTEREN, J. C. Critérios de seleção para avaliação de inimigos naturais em controle biológico. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. cap. 1, p. 1-19.

WHITAKER-DEERBERG, R. L.; MICHELS, G. J.; WENDEL, L. E.; FAROOQUI, M. The effect of short-term cold storage on emergence of *Aphelinus asychis* Walker



(Hymenoptera: Aphelinidae) mummies. *Southwestern Entomologist*, Weslaco, v. 19, n. 2, p. 115-118, 1994.

YOCUM, G. D.; KEMP, W. P.; BOSCH, J.; KNOBLETT, J. N. Thermal history influences diapause development in the solitary bee *Megachile rotundata*. *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 52, n. (11-12), p. 1113–1120, 2006.

YOCUM, G. D.; ZDAREK, J.; JOPLIN, K. H.; LEE, R. E.; SMITH, D. C.; MANTER, K. D.; DENLINGER, D. L. Alteration of the eclosion rhythm and eclosion behavior in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*, by low and high temperature stress. *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 40, n. 1, p. 13-21, 1994.

ZACHARIASSEN, K. E.; KRISTIANSEN, E.; PEDERSEN, S. A. Inorganic ions in cold-hardiness. *Cryobiology*, San Diego, v. 48, n. 2, p. 126-133, 2004.