

**LUCIANE KATARINE BECCHI**

**BIOECOLOGIA DO PARASITOIDE *Cleruchoides noackae* (HYMENOPTERA:  
MYMARIDAE) EM OVOS DE *Thaumastocoris peregrinus* (HEMIPTERA:  
THAUMASTOCORIDAE)**

**Botucatu**

**2017**



**LUCIANE KATARINE BECCHI**

**BIOECOLOGIA DO PARASITOIDE *Cleruchoides noackae* (HYMENOPTERA:  
MYMARIDAE) EM OVOS DE *Thaumastocoris peregrinus* (HEMIPTERA:  
THAUMASTOCORIDAE)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken

Coorientador: Dr. Leonardo Rodrigues Barbosa

**Botucatu**

**2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E  
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E  
DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B388b      Becchi, Luciane Katarine, 1988-  
            Bioecologia do parasitoide *Cleruchoides noackae*  
            (Hymenoptera: Mymaridae) em ovos de *Thaumastocoris pere-*  
            grinus (Hemiptera: Thaumastocoridae) / Luciane Katarine  
Becchi.- Botucatu: : [s.n.], 2017  
            73 p.: il., color. , grafs., tabs.

            Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
            Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2017  
            Orientador: Carlos Frederico Wilcken  
            Coorientador: Leonardo Rodrigues Barbosa  
            Inclui bibliografia

            1. Percevejo (Inseto). 2. Eucalipto. 3. Pragas - Con-  
            trole biológico. 4. Parasitoide. I. Wilcken, Carlos  
            Frederico. II. Barbosa, Leonardo Rodrigues. III. Univer-  
            sidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmp-  
            pus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV.  
            Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


TÍTULO: BIOECOLOGIA DO PARASITOIDE *Cleruchoides noackae* (HYMENOPTERA:MYMARIDAE) EM OVOS DE *Thaumastocoris peregrinus* (HEMIPTERA: THAUMASTOCORIDAE)


**AUTORA: LUCIANE KATARINE BECCHI**

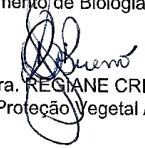
**ORIENTADOR: CARLOS FREDERICO WILCKEN**

**COORIENTADOR: LEONARDO RODRIGUES BARBOSA**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. CARLOS FREDERICO WILCKEN  
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas

  
Prof. Dr. JOSÉ COLA ZANUNCIO  
Departamento de Biologia Animal e Entomologia / UNIVERSIDADE FEDERAL DE VICOSA

  
Profa. Dra. REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO  
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Botucatu, 14 de julho de 2017.



*Aos meus pais por sempre me apoiarem em todas as  
circunstâncias.*

*A minha irmã, Anne Cristine Becchi Aita, ao meu cunhado  
Tiago Gai Aita, e ao meu sobrinho Theo Becchi Aita pelo  
incentivo e amor.*

*A minha família e amigos por tanto carinho, força, amizade e  
união,*

*Dedico.*



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e saúde.

Aos meus avós, pai e mãe, irmã, cunhado, sobrinho, tios, tias, primos e primas pelo incentivo, carinho, respeito e amor.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Botucatu, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), pela oportunidade de aprendizado.

Ao Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken, pela confiança, orientação e apoio para a realização e conclusão deste trabalho.

Ao pesquisador Dr. Leonardo Rodrigues Barbosa, pela amizade, apoio e coorientação nos experimentos.

À Embrapa Florestas pelo auxílio e suporte para a realização deste estudo.

Ao Prof. Dr. José Cola Zanuncio, pela ajuda, correção e orientação no desenvolvimento dos capítulos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa Cooperativo sobre Proteção Florestal (PROTEF/IPEF) pelo auxílio financeiro e apoio.

Aos professores e funcionários do Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP, Câmpus de Botucatu pelos ensinamentos e serviços prestados.

Aos amigos do Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF) pela amizade, parceria nos experimentos, nas disciplinas, eventos e confraternizações.

Aos amigos do Departamento de Proteção Vegetal.

À todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, em especial aos meus amigos e as respectivas família de Gabriel Dias Paiao, Claudinéia Fernanda Paes Fogaça, Lorena del Compare Hilário, Tamiris Mariani Pereira Desiderio e João Paulo Pereira Paes.



*“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”. (George Bernard Shaw)*



## RESUMO

O percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), nativo da Austrália, está presente no Brasil desde 2008. De forma agregada, a distribuição e disseminação do percevejo-bronzeado foi rápida nos estados produtores de eucalipto, sendo relatado causando danos em plantios em 14 estados brasileiros. Em 2012, o parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae) foi introduzido no país, para criação massal em laboratório e liberação à campo, para o controle biológico da população do percevejo-bronzeado. No entanto, ainda há poucos estudos de biologia e comportamento de *C. noackae* e da dinâmica entre o parasitoide e o hospedeiro. O objetivo foi determinar as exigências térmicas e duração do desenvolvimento de *C. noackae*, em ovos de *T. peregrinus*, em diferentes temperaturas; avaliar o parasitismo de ovos de *T. peregrinus*, por *C. noackae* em diferentes temperaturas, e estudar, em condições de laboratório, o comportamento de corte, acasalamento e oviposição e o parasitismo de fêmeas virgens e acasaladas de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*. A temperatura, influenciou o tempo de desenvolvimento de *C. noackae*, notando-se redução do período ovo-adulto com o aumento da temperatura. Fêmeas e machos do parasitoide necessitam de temperaturas acima de 7,34°C e 7,59°C e acúmulo de 298,50 e 289,85 graus-dia, respectivamente, para completar o desenvolvimento. A viabilidade de emergência foi também, afetada pela temperatura, com 20% de parasitoides retidos (não emergidos) a 30°C. A temperatura influenciou, o parasitismo de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*. Temperaturas entre 21 e 27°C foram as melhores para o parasitismo de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*, com maior taxa de parasitismo nas primeiras 24 horas. No estudo comportamental de *C. noackae*, não foi observado comportamento de corte e ocorre apenas uma cópula entre o casal. Fêmeas virgens e copuladas encontraram o primeiro hospedeiro em 15,21 e 17,14 minutos e os demais em 3,85 e 0,86 minutos, respectivamente. O tempo de forrageamento e inserção do ovipositor de fêmeas virgens e copuladas *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*, foi de 24 e 21 segundos e de 5,13 e 3,69 minutos, respectivamente. Fêmeas virgens e copuladas inseriram o ovipositor com maior frequência nas laterais e opérculo do ovo de *T. peregrinus*. Em uma hora, mais de 50% dos ovos de *T. peregrinus* oferecidos às fêmeas de *C. noackae* foram

parasitados, indicando alto e rápido parasitismo. A razão sexual de 0,00 (fêmeas virgens) e 0,68 (fêmeas copuladas) confirmam a partenogênese arrenótoca de *C. noackae*. Fêmeas virgens e copuladas de *C. noackae* tem capacidade semelhante de parasitismo em laboratório, 89%, porém, a viabilidade de emergência do parasitoide é menor para fêmeas copuladas. Os resultados apresentados neste trabalho podem ser utilizados para o ajuste de técnicas de criação massal em laboratório deste parasitoide e manejo do percevejo-bronzeado.

**Palavras-chave:** Biologia. Comportamento. *Eucalyptus*. Parasitoide de ovos. Percevejo-bronzeado.

## ABSTRACT

The bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) is an eucalypt sap-sucking, native of Australia, present in Brazil since 2008. Its distribution and dissemination, in aggregate form, was fast in the producing states of eucalyptus, being reported causing damages in plantations in 14 states Brazilians. In 2012, the parasitoid of eggs *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae) was introduced in the country for laboratory mass-rearing and release into the field for the biological control of the population of the bronze bug. However, there are few studies on a *C. noackae* biology and behavior and dynamics between the parasitoid and its host. The objective was to determine the thermal requirements and the duration of *C. noackae* development in eggs of *T. peregrinus* at different temperatures; to evaluate the parasitism of *C. noackae* in *T. peregrinus* eggs at different temperatures and to study, under laboratory conditions, the parasitoid courtship, mating and oviposition behaviour and the parasitism of virgin and mated females of *C. noackae* on *T. peregrinus* eggs. The temperature, influenced the development time of *C. noackae*, observing reduction of the biological cycle (egg-adult) with the increase of the temperature. Females and males of the parasitoid require temperatures above 7.34°C and 7.59°C and accumulation of 298.50 and 289.85 degrees day, respectively, for their development. The viability of emergence was affected by temperature with 20% of parasitoids retained (not emerged) at 30°C. The temperature also influenced the parasitism of *C. noackae* in *T. peregrinus* eggs. Temperatures ranging from 21 to 27°C were better for the parasitism of *C. noackae* in eggs of *T. peregrinus* with the highest rate of parasitism occurs within the first 24h. In the behavioral study of *C. noackae*, no courtship behavior was observed and only one copula between the couple occurred. Virgins and copulated females found the first host in 15.21 and 17.14 minutes and the next host in 3.85 and 0.86 minutes, respectively. The foraging time and duration of ovipositor insertion into *T. peregrinus* eggs was 24 and 21 seconds and 5.13 and 3.69 minutes, respectively. Virgins and copulated females of *C. noackae* inserted the ovipositor more frequently on the sides of the egg and operculum of the *T. peregrinus* egg. At one hour, more than 50% of *T. peregrinus* eggs offered to *C. noackae* females were parasitized, indicating high and rapid parasitism. The sex ratio of 0.00 (virgin females) and 0.68 (females copulated)

confirming the arrhenotokous parthenogenesis of *C. noackae*. Female virgins and copulated *C. noackae* have similar parasitism capacity in the laboratory, 89%, however, the viability of emergence is lower for copulated females. The results presented in this work can be used for adjustment of techniques for parasitoid mass-rearing and bronze bug management.

**Keywords:** Behaviour. Biology. Bronze bug. *Eucalyptus*. Egg parasitoid.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	17
<b>CAPÍTULO 1 – Características biológicas e exigências térmicas de <i>Cleruchoides noackae</i> (Hymenoptera: Mymaridae) em ovos de <i>Thaumastocoris peregrinus</i> (Hemiptera: Thaumastocoridae)</b> .....	21
1.1 INTRODUÇÃO.....	22
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
1.3 RESULTADOS.....	26
1.4 DISCUSSÃO.....	29
REFERÊNCIAS.....	31
<b>CAPÍTULO 2 - Parasitismo de ovos de <i>Thaumastocoris peregrinus</i> (Hemiptera: Thaumastocoridae) em diferentes temperaturas por <i>Cleruchoides noackae</i> (Hymenoptera: Mymaridae)</b> .....	35
2.1 INTRODUÇÃO.....	36
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.3 RESULTADOS.....	39
2.4 DISCUSSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	44
<b>CAPÍTULO 3 - Comportamento de corte, acasalamento, oviposição e parasitismo de <i>Cleruchoides noackae</i> (Hymenoptera: Mymaridae) em ovos de <i>Thaumastocoris peregrinus</i> (Hemiptera: Thaumastocoridae)</b> .....	48
3.1 INTRODUÇÃO.....	50
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	63
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	67
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	68



## INTRODUÇÃO GERAL

O gênero *Eucalyptus* representa um grupo de espécies de plantas exóticas originárias da Austrália e de Ilhas da Oceania (QUEIROZ; BARRICHELO, 2007), introduzidas no Brasil entre 1855 e 1870 como planta ornamental e quebra vento (PENFOLD; WILLIS, 1961). No entanto, o cultivo intensivo do eucalipto no Brasil só foi estabelecido a partir de 1903, após estudos de Edmundo Navarro no horto florestal de Jundiaí, São Paulo (ANDRADE, 1961; QUEIROZ; BARRICHELO, 2007).

O setor florestal brasileiro é um dos mais desenvolvidos e competitivos do mundo (SOUZA et al., 2016). O eucalipto, apresentando rápido desenvolvimento, alta produtividade e extensas áreas plantadas, tem posição de destaque, ocupando 5,6 milhões de hectares plantados, o que representa 71,8% das áreas florestais plantadas no país. Em 2015, foi responsável pela geração de R\$ 11,3 bilhões em tributos e 540 mil empregos diretos (IBÁ, 2016).

A madeira de eucalipto pode ser destinada para diferentes segmentos, devido a diversidade de espécies com características distintas quanto a cor, peso, dureza e durabilidade (OHMART; EDWARDS, 1991), sendo utilizada no Brasil, principalmente à produção de papel, celulose e lenha industrial (LONGUE JUNIOR; COLODETTE, 2013; IBÁ, 2016).

Com produtividade média de 36 m<sup>3</sup>/ha ano de eucalipto, o Brasil lidera o *ranking* global (IBÁ, 2016). No entanto, os plantios são realizados geralmente na forma de monocultivo, em grandes áreas e cultivados por longos períodos, favorecendo insetos-praga, o que, pode reduzir a produtividade dos plantios de eucalipto (COSTA; ARALDI, 2014). Esse cenário tem-se agravado pelo tráfego internacional de pessoas e produtos, com a introdução de pragas exóticas no setor de produção florestal (ZÚBRIK et al., 2006; MEYERSON; MOONEY, 2007), como o percevejo-bronzeado do eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae).

De origem australiana, a disseminação do percevejo-bronzeado para outros continentes ocorreu de forma rápida e após ter sido relatado causando prejuízos em áreas urbanas de Sydney na Austrália em 2002, chegou à África do Sul em 2003 (JACOBS; NESER, 2005), Zimbábue, Malawi e Quênia (NADEL et al., 2010; HURLEY et al., 2011), e posteriormente para países da América do Sul como Argentina em 2005 (CARPINTERO; DELLAPÉ, 2006; NOACK; COVIELLA, 2006), Uruguai em 2008

(MARTINEZ; BIANCHINI, 2010), Brasil em 2008 (WILCKEN et al., 2010) e Chile em 2009 (IDE et al., 2011). Na Europa foi detectado na Itália em 2011 (LAUDONIA; SASSO, 2012) e Portugal em 2013 (GARCIA et al., 2013). Na Oceania foi relatado em Nova Zelândia em 2012 (SOPOW et al., 2012) e em 2015 foi registrado na América do Norte, no México (JIMÉNEZ-QUIROZ et al., 2016).

No Brasil foi detectado no município de São Francisco de Assis, Rio Grande do Sul, provavelmente introduzido de forma natural pela fronteira com Argentina e Uruguai, países onde a praga estava presente, e, posteriormente, no estado de São Paulo (WILCKEN et al., 2010). Devido a alta capacidade reprodutiva, rápida colonização e infestação, o percevejo-bronzeado está amplamente distribuído pelo Brasil, com surtos desde as regiões do Sul até o Nordeste do Brasil (SOUZA et al., 2012).

O percevejo-bronzeado, *T. peregrinus* é um pequeno inseto sugador, com dois a quatro milímetros de comprimento, corpo achatado, olhos vermelhos, coloração marrom claro e hábito gregário (CARPINTERO; DELLAPÉ, 2006; BUTTON, 2007; SOLIMAN, 2010). Apresenta cinco instares ninfais (NOACK; ROSE, 2007; SOLIMAN, 2010) e o período de ovo-adulto de 35 dias (JACOBS; NESER, 2005). Os ovos são pretos, de formato oval (0,5 mm de comprimento e 0,2 mm de largura) (LAUDONIA; SASSO, 2012) e colocados isolados ou agrupados nas folhas, ramos e caules (JACOBES; NESSER, 2005; SOLIMAN, 2010). O período de incubação é em média seis dias (NOACK; ROSE, 2007), podendo variar de cinco dias (30°C) a 21 dias (14°C) (SOLIMAN, 2010). Machos e fêmeas vivem em torno de 36 e 23 dias e cada fêmea pode ovipositar 42 ovos (SOLIMAN, 2010). O trato reprodutivo de machos e fêmeas de *T. peregrinus* é similar ao de outros Thaumastocoridae, mas diferem em número de ovariolos por ovário, dois por fêmea (SOUZA et al., 2014).

Árvores de eucalipto, infestadas por *T. peregrinus*, perdem área fotossintética pela sucção da seiva, podendo ser observado o prateamento, amarelecimento ou bronzeamento das folhas, seguidas de secamento e desfolha parcial ou total (BUTTON, 2007; WILCKEN et al., 2010), e, conseqüentemente, redução em diâmetro, altura e volume das árvores e perdas na produtividade de madeira de eucalipto, que podem chegar a R\$1,4 mil/hectare (IPEF, 2008; WILCKEN et al., 2010; BARBOSA et al., 2012; JUNQUEIRA, 2016).

*Thaumastocoris peregrinus* é monitorado com armadilhas adesivas amarelas, fixadas no tronco da árvore e/ou na região entre plantas a 1,6 m do solo (LIMA, 2011)

ou amostrando-se folhas a partir do terço médio a leste contando-se ninfas, adultos e/ou ovos de *T. peregrinus* (LIMA et al., 2016).

A grande variedade de espécies de *Eucalyptus* atacadas pelo percevejo-bronzeado (NOACK et al., 2009; NADEL et al., 2010; SOLIMAN et al., 2012) reduz a chance do uso da resistência de plantas para o manejo desta praga (NOACK et al., 2011). O controle químico pode ser realizado com o inseticida bifentrina (piretroide), produto comercial Capture® 400 EC (AGROFIT, 2017), porém, isto pode causar danos ambientais, e ter alto custo de aplicação (ZANUNCIO et al., 1994), além do uso ser restrito pelas certificações florestais. O controle biológico é a principal estratégia para controlar essa praga é (WILCKEN et al., 2015).

Epizootias a campo, com os fungos *Aspergillus* sp., *Beauveria bassiana*, *Cladosporium* sp., *Fusarium* spp., *Paecilomyces cateniannulatus*, *Zoophtora radicans*, foram relatados causando altos níveis de mortalidade de ninfas e adultos de *T. peregrinus* (LORENCETTI et al., 2011; MASCARIN et al., 2012; SAN ROMAN-LAZO et al., 2012; SOLIMAN, 2014). Predadores de ocorrência natural no Brasil, como *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) (BARBOSA et al., 2010), *Supputius cincticeps* Stal (Heteroptera: Pentatomidae) (SOUZA et al., 2012) e *Atopozelus opsimus* Elkins (Hemiptera: Reduviidae) (DIAS et al., 2014) foram relatados predando tanto ninfas quanto adultos de *T. peregrinus*. Na Argentina *Atrachelus cinereus* Fabricius (Hemiptera: Reduviidae) e *Podisus australis* Berg (Hemiptera: Pentatomidae) (SANTADINO et al., 2013) e *Hemerobius bolivari* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) na Europa (GARCIA et al., 2013) foram, também, relatados predando *T. peregrinus*. No entanto, esses predadores podem ser insuficientes, em surtos populacionais dessa praga, devido a baixa especificidade hospedeira.

O endoparasitoide de ovos *Cleruchoides noackae* Lin & Huber (Hymenoptera: Mymaridae), específico da subfamília Thaumastocorinae é o principal agente de controle do percevejo-bronzeado (LIN et al., 2007; CROSS, 2009; NADEL; NOACK, 2012). *C. noackae* é uma vespa com partenogênese arrenótoca, coloração geralmente marrom, olhos cinza, pernas esbranquiçadas, asas hialinas e mede aproximadamente 0,5 milímetros de comprimento (LIN et al., 2007; MUTITU et al., 2013). O tempo de desenvolvimento de ovo-adulto de machos e fêmeas de *C. noackae* é de aproximadamente 15 dias a 24°C (Becchi, L.K., dados pessoais), a longevidade do adulto varia de 1,1 a 3,6 dias sem e com alimento, respectivamente

(SOUZA et al., 2016) e o parasitoide parasita ovos do percevejo-bronzeado com até cinco dias de idade, com preferência de um dia (MUTITU et al., 2013). O parasitismo em laboratório e a campo, avaliado em Minas Gerais, Brasil foi de 50% (Barbosa et al. 2017).

A temperatura é um dos fatores abióticos que mais influenciam os insetos, pois são pecilotérmicos, ou seja, a temperatura do corpo varia conforme a temperatura (GULLAN; CRANSTON, 2017). Parâmetros biológicos dos parasitoides como a longevidade, o parasitismo e o desenvolvimento podem ser afetados pela temperatura (SOUZA et al., 2016; TEE; LEE, 2016; VALENTE et al., 2017).

Nesse contexto, o conhecimento da biologia, desenvolvimento e parasitismo de *C. noackae* em diferentes temperaturas, e do comportamento de acasalamento e oviposição auxiliam no aperfeiçoamento das técnicas de multiplicação do parasitoide em laboratório, no controle da qualidade deste inimigo natural para liberações em campo e no estabelecimento do parasitoide em plantações de eucalipto. Desse modo, este estudo contempla conhecimentos sobre o comportamento e aspectos bioecológicos de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*.

## CAPÍTULO 1

### CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Cleruchoides noackae* (HYMENOPTERA: MYMARIDAE) EM OVOS DE *Thaumastocoris peregrinus* (HEMIPTERA: THAUMASTOCORIDAE)

(Baseado nas normas do periódico Florida Entomologist)

**Resumo:** *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae), nativo da Austrália, é um agente potencial no controle de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), considerada praga de *Eucalyptus* spp. O objetivo foi determinar as exigências térmicas de *C. noackae* criados em ovos de *T. peregrinus* para o desenvolvimento de estratégias de criação massal e uso deste inimigo natural no controle biológico de *T. peregrinus* em plantios de eucalipto. Dez ovos de *T. peregrinus*, com 0-24 horas de idade, foram oferecidos por fêmea recém-emergida de *C. noackae* (acasalada e alimentada) durante 24 horas a 24°C, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12 h e transferidos para câmaras climatizadas a 15, 18, 21, 24, 27 e 30°C até a emergência do parasitoide. O período de ovo-adulto de *C. noackae* foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura entre 15 a 24°C e semelhante entre 24 e 30°C, variando de 14 dias (30°C) a 46 dias (15°C). A viabilidade de *C. noackae* foi maior a 18, 21 e 24°C do que a 30°C. A temperatura não afetou a razão sexual de *C. noackae* de 0,55 (21°C) a 0,75 (30°C). A regressão linear da taxa de desenvolvimento entre 15 e 30°C, indicaram que 298,5 e 289,85 graus-dia são requeridos acima da temperatura base de 7,34 e 7,59°C para fêmeas e machos de *C. noackae* completarem o seu desenvolvimento, respectivamente. Temperaturas entre 18 e 24°C são melhores para o desenvolvimento e viabilidade de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus* e para a criação massal desse parasitoide em laboratório.

**Palavras-chave:** Controle biológico; *Eucalyptus*; Desenvolvimento; Parasitoide de ovos; Percevejo-bronzeado; Temperatura base

**Biological characteristics and thermal requirements of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) on eggs of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae)**

**Abstract:** *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae), native of Australia, is a potential agent in the control of *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), considered a pest of *Eucalyptus* spp. The aim of this work was to determine the thermal requirements for the development of *C. noackae* reared on *T. peregrinus* eggs for the development of strategies of parasitoid mass-rearing and use it in the biological control of *T. peregrinus* in eucalyptus plantations. Ten eggs of *T. peregrinus*, 0-24h old, were offered to newly emerged females (mated and fed), during 24h at 24°C, under 60 ± 10% relative humidity and photophase of 12 h and then transferred to acclimatized chambers at 15, 18, 21, 24, 27 and 30°C until parasitoid emergence. The duration of biological cycle (egg-adult) of *C. noackae* was inversely proportional to the increase in temperature between 15 and 24°C and similar between 24 and 30°C, ranging from 14 days (30°C) to 46 days (15°C). The parasitoid viability was greater at temperatures of 18, 21 and 24°C than 30°C. Temperature had no effect on sex ratio of *C. noackae* and it was similar between temperatures, ranging from 0.55 at 21°C to 0.75 at 30°C. Linear regression of developmental rate for temperatures 15 - 30°C, indicate that 298.5 and 289.85 degrees-day were required above a minimum threshold temperature of 7.34 and 7.59°C to females and males of *C. noackae* to complete development, respectively. These results indicate that temperatures ranging from 18 to 24°C were better for the development and viability of *C. noackae* in eggs of *T. peregrinus* and more suitable for parasitoid mass-rearing.

**Keywords:** Biological control; Bronze bug; Development; *Eucalyptus*; Egg parasitoid; Threshold temperature

## 1.1 INTRODUÇÃO

O percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), é originário da Austrália, tem hábito gregário, sugador e causa danos em plantios de eucalipto (Carpintero & Dellapé 2006; Noack

& Rose 2007; Wilcken et al. 2010). Esse inseto, desde a detecção no Brasil em 2008, nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, dispersou-se e, atualmente, está relatado em 14 estados brasileiros (Wilcken et al. 2010; Wilcken et al. 2016).

Redução no crescimento e produtividade de eucalipto e, mesmo a morte de árvores de materiais altamente suscetíveis tem sido registrada devido a danos por esse inseto (Barbosa et al. 2012; IPEF 2008; Wilcken et al. 2010). Os sintomas ocasionados pela praga, como o prateamento e bronzeamento das folhas, ocorre devido a sucção de seiva, seguido de secamento e desfolha (Button, 2007; Wilcken et al. 2010).

O controle químico, em plantios florestais, é caro e pode causar impacto ambiental (Zanuncio et al. 1994), sendo assim, o controle biológico pode reduzir a dependência de agrotóxicos no manejo de pragas (Torres et al. 2006, Hegazi et al. 2012). Assim, este método é a principal estratégia para controlar surtos de *T. peregrinus* em plantios de eucalipto (Wilcken et al. 2015).

Entre os inimigos naturais, *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae), um microhimenóptero parasitoide de ovos nativo da Austrália, é o principal agente utilizado no controle do percevejo-bronzeado (Cross 2009; Lin et al. 2007; Nadel & Noack 2012). Esse parasitoide foi introduzido no Brasil em 2012 e liberado nos estados de Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo (Wilcken et al. 2015). Fêmeas e machos desse parasitoide possuem coloração marrom claro e medem, aproximadamente, 0,5 milímetros de comprimento (Lin et al. 2007). O desenvolvimento de *C. noackae*, desde a oviposição até a emergência do adulto, é, aproximadamente, de 15 dias a 24°C (Becchi, L.K., dados pessoais). A longevidade média de adultos desse parasitoide em laboratório sem ou com solução de mel foi de 1,1 a 3,6 dias, respectivamente (Souza et al. 2016). O parasitismo em laboratório e a campo em Minas Gerais, Brasil foi de aproximadamente 50% (Barbosa et al. 2017).

Surtos de *T. peregrinus* no Brasil reforçam a necessidade de se entender a relação desta praga com o inimigo natural nas diferentes condições ambientais do país, principalmente em relação a temperatura, o principal fator que pode influenciar o desenvolvimento, características biológicas e, conseqüentemente, o potencial de parasitoides no controle biológico (Pratissoli & Parra 2000; Gullan & Cranston, 2017).

A temperatura deve ser estudada para aperfeiçoar a metodologia de criação em laboratório e estratégias de liberação de parasitoides em campo, sincronizando a

emergência dos mesmos com o estágio e surto populacional da praga (Haddad et al. 1999).

O objetivo foi avaliar o desenvolvimento, parâmetros biológicos e determinar as exigências térmicas do parasitoide de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

### Criação do hospedeiro *Thaumastocoris peregrinus*

Ovos de *T. peregrinus* foram obtidos da criação estoque do laboratório de entomologia da Embrapa Florestas em Colombo, Paraná, iniciada com ovos, ninfas e adultos coletados em plantações de eucalipto no estado de Minas Gerais. Os insetos foram mantidos em ramos de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage (Myrtaceae) em frascos Erlenmeyer de 250 ml com água e acondicionados em bandeja plástica retangular (40 cm de comprimento x 35 cm de largura x 8 cm de altura). Tiras de papel toalha (1,5 cm de largura x 15,0 cm de comprimento) foram dispostas na parte superior das folhas dos ramos por 24 horas para obtenção de ovos do percevejo-bronzeado. Esses ovos foram utilizados na multiplicação do parasitoide e no experimento. A criação de *T. peregrinus* foi mantida em sala climatizada a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h (Barbosa et al. 2015).

### Criação do parasitoide *Cleruchoides noackae*

O parasitoide *C. noackae* foi obtido da criação estoque, iniciada com ovos de *T. peregrinus* parasitados coletados em plantações de eucalipto no estado do Rio Grande do Sul, do laboratório de entomologia da Embrapa Florestas em Colombo, Paraná. Adultos desse parasitoide foram mantidos em frascos de poliestireno (7,5 cm de altura x 3,0 cm de diâmetro) com tiras de papel filtro (7,0 cm de altura x 1,5 cm de largura) umedecidas em solução de mel a 50% para alimentação dos parasitoides. A multiplicação e manutenção da criação estoque de *C. noackae* foram realizadas com ovos de *T. peregrinus* com 24 horas de idade, em sala climatizada a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h.

## Biologia de *Cleruchoides noackae* em diferentes temperaturas

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas em Colombo, Paraná.

Casais, recém-emergidos, de *C. noackae* foram individualizados em frascos de poliestireno transparente (7,5 cm de comprimento x 3,0 cm de diâmetro) com uma fita de papel filtro umedecida com solução de mel a 50% para alimentação dos parasitoides. Dez ovos de *T. peregrinus*, com até 24 horas de idade, foram oferecidos por fêmea de *C. noackae* por 24 horas à temperatura de  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ; UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. Após 24 horas, os casais foram removidos com pincel de pelos finos sob microscópio estereoscópico e os frascos com os ovos transferidos para câmaras climatizadas a 15, 18, 21, 24, 27 e  $30^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. A duração do período de ovo-adulto (dias); a viabilidade (%) e a razão sexual de *C. noackae* foram avaliados.

A sexagem de *C. noackae* foi baseada na característica morfológica da antena filiforme (machos) e clavada (fêmea) (Lin et al. 2007). A viabilidade de emergência do parasitoide foi calculada pela fórmula  $V = [ (n^\circ \text{ de parasitoides emergidos} / n^\circ \text{ de ovos parasitados}) ] * 100$ . A razão sexual foi calculada pela fórmula  $rs = n^\circ \text{ de fêmeas} / (n^\circ \text{ de fêmeas} + n^\circ \text{ de machos})$  (Gallo et al. 2002). O número de ovos parasitados foi obtido com adultos de *C. noackae* emergidos + adultos retidos nos ovos (mortos e não emergidos) dissecando-se os ovos de *T. peregrinus*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos (temperaturas) e 22 repetições (cada uma contendo 10 ovos:1 fêmea). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## Determinação das exigências térmicas de *Cleruchoides noackae*

A velocidade de desenvolvimento de *C. noackae* nas temperaturas testadas foi calculada pelo inverso da duração do período de ovo-adulto ( $1/D$ ). A temperatura base ( $T_b$ ) foi estimada pela relação do intercepto com o coeficiente linear da equação  $1/D = \alpha + \beta * T$  (método da hipérbole), resultante da estimativa de desenvolvimento zero na equação. A constante térmica ( $K$ ) foi determinada pelo inverso do coeficiente linear ( $K = 1/\beta$ ) (Haddad et al.1999).

### 1.3 RESULTADOS

#### Duração do período de ovo-adulto de *C. noackae*

A duração do período de ovo-adulto de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus* foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura até 24°C e semelhante entre 24°C e 30°C. A duração do período de ovo-adulto de machos ( $F= 6177,5680$ ;  $p= <0,0001$ ) e fêmeas ( $F= 3872,8898$ ;  $p= <0,0001$ ) de *C. noackae* diferiu entre 15°C a 24°C (Tabela 1).

**Tabela 1.** Duração (média  $\pm$  desvio-padrão) (dias) do período de ovo-adulto de machos e fêmeas do parasitoide *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) criados em ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) em diferentes temperaturas (Temp.) (UR:  $60 \pm 10\%$ ; Fotofase: 12 h)

Temp. (°C)	Duração do período de ovo-adulto (dias)			
	Machos	Amplitude	Fêmeas	Amplitude
15	43,09 $\pm$ 0,89 a	42 – 44	44,23 $\pm$ 1,39 a	42 - 46
18	27,68 $\pm$ 0,78 b	27 – 29	28,08 $\pm$ 0,82 b	27 - 29
21	22,54 $\pm$ 0,54 c	22 – 24	22,70 $\pm$ 0,54 c	22 - 24
24	15,29 $\pm$ 0,28 d	15 – 16	15,56 $\pm$ 0,50 d	15 - 17
27	14,62 $\pm$ 0,45 e	14 – 15	14,51 $\pm$ 0,50 e	14 - 15
30	14,32 $\pm$ 0,35 e	14 – 15	14,38 $\pm$ 0,36 e	14 - 15

Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### Viabilidade e razão sexual de *C. noackae*

A viabilidade de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus* variou com a temperatura ( $p= 0,0018$ ;  $F= 4,2011$ ), sendo de 98, 98 e 95% a 18, 21 e 24°C, respectivamente, maior que a 30°C, 80% (Tabela 2).

A razão sexual da progênie foi semelhante entre as temperaturas estudadas ( $p= 0,1578$ ;  $F= 1,6404$ ) com emergência de maior número de fêmeas que machos, principalmente a 30°C com razão sexual de 0,75 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Viabilidade (%) e razão sexual (média  $\pm$  desvio-padrão) de *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) criado em ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) em diferentes temperaturas (Temp.) (UR:  $60 \pm 10\%$ ; Fotofase: 12 h)

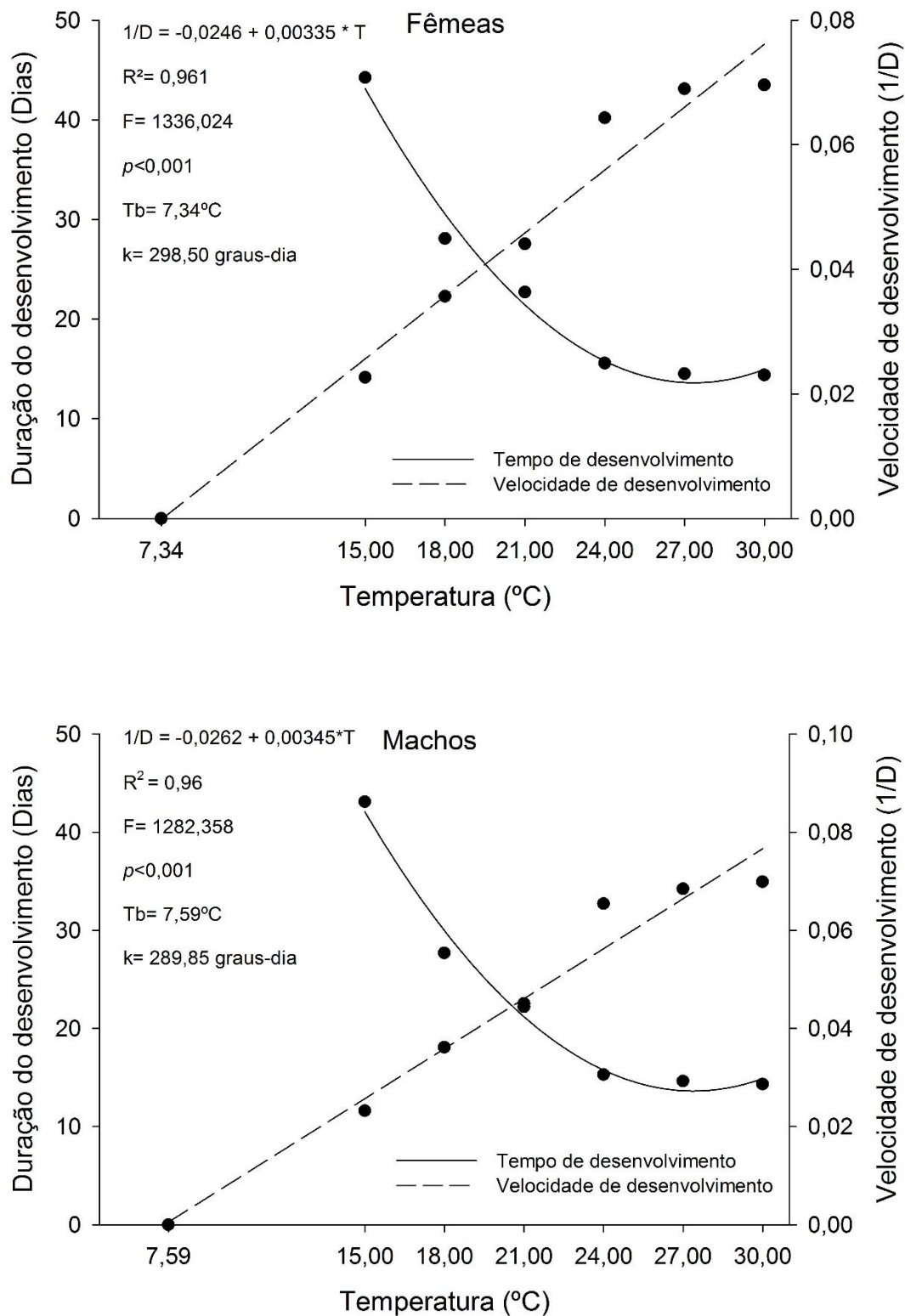
Temp. (°C)	Viabilidade (%)	Amplitude	Razão sexual	Amplitude
15	92,73 $\pm$ 17,06 ab	42 - 100	0,57 $\pm$ 0,25 a	0,00 - 1
18	98,52 $\pm$ 4,67 a	83 - 100	0,66 $\pm$ 0,16 a	0,29 - 1
21	98,68 $\pm$ 5,70 a	75 - 100	0,55 $\pm$ 0,24 a	0,00 - 1
24	95,42 $\pm$ 8,99 a	71 - 100	0,66 $\pm$ 0,16 a	0,00 - 1
27	86,61 $\pm$ 15,25 ab	50 - 100	0,60 $\pm$ 0,32 a	0,00 - 1
30	80,62 $\pm$ 24,69 b	14 - 100	0,75 $\pm$ 0,25 a	0,00 - 1

Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Exigências térmicas de *C. noackae*

Os modelos do limiar térmico inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ) do período de ovo-adulto de fêmeas e machos de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus* foram  $(1/D) = -0,0246 + 0,00335 * T$  ( $F = 1336,024$ ;  $p < 0,001$ ) e  $(1/D) = -0,0262 + 0,00345 * T$  ( $F = 1282,358$ ;  $p < 0,001$ ), respectivamente, nas temperaturas de 15, 18, 21, 24, 27 e 30°C.

Fêmeas e machos do parasitoide *C. noackae* necessitam de temperaturas acima de 7,34°C e 7,59°C e de um acúmulo de 298,50 e 289,85 graus-dias para completarem seu desenvolvimento, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Tempo e velocidade de desenvolvimento do período de ovo-adulto de fêmeas e machos de *Cleruchooides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) desenvolvido em ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) em diferentes temperaturas (UR:  $60 \pm 10\%$ ; Fotofase: 12 h).

## 1.4 DISCUSSÃO

### Duração do período de ovo-adulto de *C. noackae*

A duração de desenvolvimento de ovo-adulto de machos e fêmeas de *C. noackae* quase três vezes maior na temperatura de 15°C que a 24, 27 e 30°C se deve a diminuição da atividade metabólica do inseto em temperaturas baixas e aumento do tempo necessário para completar seu desenvolvimento (Hernández & Díaz 1996; Bueno et al. 2009). O tempo de desenvolvimento dos parasitoides *Anaphes nitens* Girault e *Anaphes inexpectatus* Huber and Prinsloo (Hymenoptera: Mymaridae) de ovos de *Gonipterus platensis* Marelli (Coleoptera: Curculionidae), praga exótica do eucalipto, também foi inversamente proporcional a temperatura, variando para fêmeas de *A. nitens* de 70 a 16,5 dias e de 70 a 15,8 dias para machos nas temperaturas de 10 a 25°C (Valente et al. 2017). Relação inversa entre tempo de desenvolvimento e a temperatura foi, também, observada em outros parasitoides da família Mymaridae como *Anagrus atomus* Linnaeus e *Stethynium* sp. Enock em ovos das cigarrinhas *Empoasca decipiens* Paoli (Hemiptera: Cicadellidae) (Agboka et al. 2004) e *Zygina* sp. Fieber (Hemiptera: Cicadellidae) (Jacob & Batchelor, 2006), respectivamente.

O tempo de desenvolvimento, relativamente, curto de fêmeas de *C. noackae* nas temperaturas de 24°C até 30°C, 15,56 e 14,38 dias, respectivamente, aumenta o crescimento populacional desse parasitoide em campo em duas ou mais gerações atacando o percevejo-bronzeado, pois o ciclo de vida médio de fêmeas de *T. peregrinus* é de 56 e 35 dias nas temperaturas de 22 a 30°C respectivamente, ovipositando em média 46 a 34 ovos (Soliman 2010). No entanto, variações de temperatura no campo podem afetar o desenvolvimento do parasitoide (Golizadeh et al. 2008), tornando-se necessário estudar temperaturas flutuantes para melhorar a criação e aplicação prática de *C. noackae* no controle biológico do percevejo-bronzeado.

### Viabilidade e razão sexual de *C. noackae*

A viabilidade de *C. noackae* foi maior que 80% dos ovos parasitados a 30°C, porém, aproximadamente 20% de adultos desse parasitoide ficaram retidos nos ovos de *T. peregrinus*. Isso indica que as faixas térmicas entre 18 e 24°C, com

aproximadamente 100% de viabilidade são mais adequadas para a criação do parasitoide em relação a esse parâmetro do que quando criado a 30°C. Essa baixa viabilidade do parasitoide a 30°C pode ser explicada, devido a baixa viabilidade dos ovos de *T. peregrinus* em temperaturas iguais ou superior a 30°C, que foi de 66% (Soliman, 2010), tornando o hospedeiro inadequado ao desenvolvimento do parasitoide. A emergência dos Mymaridae *A. inexpectatus* e *A. nitens* de 63% (10, 15 e 20°C) e 7% (30 °C), e entre 83% (20 °C) e 0% (30 °C) em ovos de *G. platensis*, respectivamente, mostra limitações no desenvolvimento destes parasitoides em temperatura elevadas (Valente et al. 2017). A progênie de *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Mymaridae) em ovos *Homalodisca coagulata* Say (Hemiptera: Cicadellidae), nas temperaturas de 15 e 33°C, foi menor que a 20, 25 e 30°C, mostrando impacto da temperatura na viabilidade desse parasitoide (Pilkington & Hoddle 2006).

A razão sexual semelhante de *C. noackae* desenvolvidos em ovos de *T. peregrinus*, em diferentes temperaturas, de 0,55 a 0,75 concorda com o relatado para o parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Trichoplusia ni* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes temperaturas, com razão sexual de 0,5 a 0,72 (Altoé et al. 2012). A razão sexual pode beneficiar ou prejudicar o controle biológico (Heimpel & Lundgren 2000). Razão sexual mais próximas de 1,0 são desejáveis em liberações inundativas, pois machos não parasitam (Pandey & Tripathi 2008; Zanuncio et al. 2008). Todavia, a presença de macho de *C. noackae* é imprescindível em liberações inoculativas para o controle do percevejo-bronzeado, pois este parasitoide tem partenogênese arrenótoca (Mutitu et al. 2013), ou seja, fêmeas não copuladas darão origem apenas a machos impedindo o parasitismo. Isso mostra que a razão sexual deve ser adequada para que a população do parasitoide se estabeleça a campo e controle a praga ao longo do tempo.

### **Exigências térmicas de *C. noackae***

O valor relativamente baixo da temperatura base (Tb) (7,34°C fêmeas e 7,59°C machos) para a fase ovo-adulto de *C. noackae* é relativamente adequado, pois surtos populacionais de *T. peregrinus* acontecem, principalmente, no inverno (com baixa pluviosidade) (Lima 2011) e a Tb da fase de ovo desse inseto praga é próximo de zero graus-celsius (Soliman 2010). Portanto, *C. noackae* tem que apresentar baixa Tb para

o desenvolvimento da fase ovo-adulto para controle biológico do percevejo-bronzeado. A temperatura base de 6,0 e 5,4°C e a necessidade de 263 e 313 graus dia para os parasitoides *A. inexpectatus* e *A. nitens*, respectivamente, em ovos do gorgulho-do-eucalipto *G. platensis*, (Valente et al. 2017) foi próxima as constantes térmicas encontradas para *C. noackae*, pertencente a mesma família Mymaridae.

## REFERÊNCIAS

Agboka, K., Tounou, A.K., Al-moaalem, R., Poehling, H.M., Raupach, K., Borgemeister, C. 2004. Life-table study of *Anagrus atomus*, an egg parasitoid of the green leafhopper *Empoasca decipiens*, at four different temperatures. *BioControl* 49(3): 261-275.

Altoé, T.S., Pratisoli, D., De Carvalho J.R., Santos Junior, H.J.G., Paes, J.P.P., Bueno, R.C.O.F., Bueno, A.F. 2012. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* 105(1): 82-89.

Barbosa, L.R., Santos, F., Machado, B.O., Wilcken, C.F., Soliman, E.P., Zaché, B. 2012. Percevejo-bronzeado do eucalipto: reconhecimento, danos e direcionamentos para o controle. *Embrapa Florestas* 27 p.

Barbosa, L.R., Santos, F., Buhner, C.B., Nichele, L.A., Wilcken, C.F., Soliman, E.P. 2015. Criação massal do percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus*: Carpinteiro & Dellapé, 2006 (Hemiptera, Thaumastocoridae). *Embrapa Florestas* 22 p.

Barbosa, L.R., Rodrigues, A.P., Soler, L.S., Fernandes, B.V., de Castro e Castro, B.M., Wilcken, C.F., Zanutcio, J.C. 2017. Establishment in the Field of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an Exotic Egg Parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *Florida Entomologist* 100(2):372-374.

Bueno, R.C.O.F., Parra, J.R.P, Bueno, A. F. 2009. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includes* and *Anticarsia gemmatalis*. *Biological Control* 51(3): 355-361.

Button, G. *Thaumastocoris peregrinus*. 2007. Forestry facts [online]. Pietermaritzburg: NCT Forestry Co-operative Limited. p.16-17. Disponível em: <http://www.nctforest.com/upload/Publications/NV%202007%20April.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Carpintero, D.L., Dellapé, P.M. 2006. A new species of *Thaumastocoris Kirkaldy* from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae), *Zootaxa* 1228: 61-68.

Cross, D. 2009. The Parasitoids of *Thaumastocoris* spp. in the Sydney Region. Tese de mestrado, Department of Food and Natural Resources, University of Sydney 42p.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. 2002. Ecologia. In: Entomologia agrícola. Ed. Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. FEALQ 191-218.

Golizadeh, A., Kamali, K., Fathipour, Y., Abbasipour, H. 2008. Life table and temperature-dependent development of *Diadegma anurum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) on its host *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Environmental Entomology 37(1): 38-44.

Gullan, P.J., Cranston, P.S. 2017. Desenvolvimento e ciclo dos insetos. In: Gullan, P.J., Cranston, P.S. Insetos: Fundamentos da Entomologia. 5.ed. Roca, Rio de Janeiro, 117-137.

Haddad, M.L., Parra, J.R.P., Moraes, R.C.B. 1999. Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos. Piracicaba: FEALQ. 29 p.

Hegazi, E., Khafagi, W., Herz, A., Konstantopoulou, M., Hassan, S., Agamy, E., Atwa, A., Shweil, S. 2012. Dispersal and field progeny production of *Trichogramma* species released in an olive orchard in Egypt. Biocontrol 57(4): 481-492.

Heimpel, G.E; Lundgren, J.G. 2000. Sex ratios of commercially reared biological control agents. Biological Control 19(1): 77-93.

Hernández, D., Díaz, F. 1996. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) parasitoide de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Boletín de Entomología Venezolana 11:49-153.

IPEF. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. 2008. Percevejo-bronzeado no Brasil. Folheto PROTEF/IPEF 11 p.

Jacob, H.S, Joder, A., Batchelor, K.L. 2006. Biology of *Stethynium* sp. (Hymenoptera: Mymaridae), a native parasitoid of an introduced weed biological control agent. Environmental Entomology 35(3): 630-636.

Lima, A.C.V. 2011. Amostragem e dinâmica populacional do percevejo-bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) em floresta clonal de eucalipto. Dissertação (Mestrado em Proteção de plantas). Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. 73 f.

Lin, N.Q, Huber, J.T, Salle, J.L. 2007. The Australian genera of *Mymaridae* (Hymenoptera: Chalcidoidea). Zootaxa 1596: 1-111.

- Mutitu, E.K., Garnas, J.R., Hurley, B.P., Wingfield, M.J., Harney, M., Bush S.J., Slippers, B. 2013. Biology and rearing of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the biological control of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *Journal of Economic Entomology* 106(5): 1979-1985.
- Nadel, R.L., Noack, A.E. 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. *International Journal of Pest Management* 58(3):257–266.
- Noack, A.E., Rose, H.A. 2007. Life-history of *Thaumastocoris peregrinus* and *Thaumastocoris* sp. in the laboratory with some observations on behaviour. *General and Applied Entomology* 36:27-33.
- Pandey, A.K., Tripathi, C.O.M. 2008. 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* 53(3): 461-471.
- Pilkington, L.J., Hoddle, M.S. 2006. Reproductive and developmental biology of *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae). *Biological Control* 37(2006): 266–275.
- Pratissoli, D., Parra, J.R.P. 2000. Desenvolvimento e exigências de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(7): 1281-1288.
- Soliman, E.P. 2010. Bioecologia do percevejo-bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) em eucalipto e prospecção de inimigos naturais. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo. 90 p.
- Souza, A.R., Candelaria, M.C., Barbosa, L.R., Wilcken, C.F., Campos, J.M., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C. 2016. Longevity of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures. *Florida Entomologist* 99(1): 33-37.
- Torres, J.B., Zanuncio, J.C., Moura, M.A. 2006. The predatory stinkbug *Podisus nigrispinus*: biology, ecology and augmentative releases for lepidoperan larval control in *Eucalyptus* in Brazil. *Biocontrol News and Information* 27(15):1-18
- Valente C, Gonçalves CI, Reis A, Branco M. 2017. Pre-selection and biological potential of the egg parasitoid *Anaphes inexpectatus* for the control of the Eucalyptus snout beetle, *Gonipterus platensis*. *Journal of Pest Science* 90(3): 911-923.
- Wilcken, C.F., Soliman, E.P., Nogueira de Sá, L.A., Barbosa, L.R., Dias, T.K.R., Ferreira Filho, P.J., Rodrigues Oliveira, R.J. 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. *Journal of Plant Protection Research* 50(2): 201-205.

Wilcken, C.F., Barbosa, L.R., Soliman, E.P., Lima, A.C.V., de Sá, L.A.N., Lawson, S. 2015. Percevejo-bronzeado-do-eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpinteiro & Dellapé. In: Vilela EF, Zucchi RA. Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros. Piracicaba: Fealq: 898-908.

Wilcken, C.F., Becchi, L.K., Souza, N.M., Souza, A.R., Puretz, B.O., Velozo, S.G.M., Dias, T.K.R., Junqueira, L.R., Barbosa, L.R., de Sá, L.A.N., Zanuncio, J.C. 2016. Percevejo-bronzeado no Brasil. Material didático – Panfleto, 2p.

Zanuncio, J.C., do Nascimento, E.C., Garcia, J.F. 1994. Major lepidopterous defoliators of eucalyptus, in the Southeast Brasil. Forest Ecology and Management 65(1): 53-63.

Zanuncio, J.C., Pereira, F.F., Jacques, G.C., Tavares, M.T., Serrão, J.E. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). The Coleopterists Bulletin 62(1): 64-66.

## CAPÍTULO 2

### PARASITISMO DE OVOS DE *Thaumastocoris peregrinus* (HEMIPTERA: THAUMASTOCORIDAE) EM DIFERENTES TEMPERATURAS POR *Cleruchoides noackae* (HYMENOPTERA: MYMARIDAE)

(Baseado nas normas do periódico Biological Control)

**Resumo:** A utilização do parasitoide *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae) no controle biológico do percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) em plantios de eucalipto, depende de se conhecer os fatores bióticos, abióticos e de aprimorar as técnicas de criação massal desse inimigo natural em laboratório e posteriormente a liberação. O objetivo foi avaliar o parasitismo de ovos de *T. peregrinus*, por *C. noackae*, a 15, 18, 21, 24, 27 e 30°C. Dez ovos de *T. peregrinus*, com 0-24 horas de idade, foram oferecidos por fêmea de *C. noackae* recém-emergida (acasalada e alimentada), durante 24 horas, nas diferentes temperaturas, com umidade relativa de 60% ± 10 e fotofase de 12 h. Novos ovos (0-24 horas de idade) de *T. peregrinus* foram oferecidos, diariamente, até a morte das fêmeas do parasitoide, para estimar o parasitismo diário, número total de ovos parasitados, viabilidade, razão sexual e a longevidade desse inimigo natural. O número de ovos parasitados por dia diminuiu com a idade do parasitoide. O parasitismo diário foi maior nas primeiras 24h, em todas as temperaturas. O número total de ovos parasitados foi maior a 24°C (7,28 ovos), e menor a 15, 18 e 30°C (2,8, 3,4 e 0,5 ovos, respectivamente). A viabilidade de *C. noackae* foi menor a 30°C com emergência de 40%. A razão sexual de *C. noackae* variou de 0,69 a 0,38 entre 15 a 30°C. A longevidade de fêmeas de *C. noackae* foi maior nas temperaturas de 15, 21 e 24°C (45, 50 e 50 horas, respectivamente) e machos menor a 30°C. Temperaturas entre 21 e 27°C foram as melhores para o parasitismo de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus* e o parasitismo foi maior nas primeiras 24 horas.

**Palavras-chave:** Controle biológico; *Eucalyptus*; parasitoide de ovos; percevejo-bronzeado

## **Parasitism of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) on eggs of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) at different temperatures**

**Abstract:** The use of *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae) as biological control agent of bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) in eucalyptus plantations depends on several biotic and abiotic factors and efficient techniques for parasitoid mass-rearing and release. The aim of this work was to determine the parasitism of *T. peregrinus* eggs, by *C. noackae*, at 15, 18, 21, 24, 27 e 30°C. Ten eggs of *T. peregrinus*, 0-24h old, were offered to newly emerged females (mated and fed), during 24h at the different temperatures. Relative humidity was kept at 60 ± 10% and photophase of 12h. New set of eggs (0-24h old) was offered, daily, until the death of the parasitoids to estimate daily parasitism, total number of parasitized eggs, viability, sex ratio and longevity. The number of eggs parasitized per day decreased with the age of the parasitoid. The highest rate of daily parasitism was observed during the first 24h, regardless of the temperature. The highest total number of eggs parasited was observed at 24°C, with 7.28 eggs, and the lowest at 15, 18 and 30°C with 2.8, 3.4 e 0.5 eggs, respectively. The viability of *C. noackae* was lower at 30°C with rate of emergency of 40%. The sex ratio of *C. noackae* ranged of 0.38 to 0.69, between 15 and 30°C. Average longevities of female *C. noackae* were the highest at 15, 21 and 24°C with lifetimes of 45, 50 and 50 hours, respectively and of males was lower at 30°C. Temperatures ranging from 21 to 27°C were better for the parasitism of *C. noackae* in eggs of *T. peregrinus* with the highest rate of parasitism occurs within the first 24h.

**Keywords:** Biological control; Bronze bug; Egg parasitoid; Eucalyptus

### **2.1 INTRODUÇÃO**

O percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), de origem Australiana, foi relatado no Brasil em 2008 nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul (Carpintero & Dellapé, 2006; Wilcken et al., 2010).

*Thaumastocoris peregrinus*, desde a introdução, tem causado danos a eucaliptocultura com alta agressividade, capacidade de dispersão, reprodução, adaptação e, ainda diferentes espécies de eucalipto são atacadas (Jacobs & Nesser, 2005; Noack & Coviella, 2006; Soliman, 2012).

A distribuição de ninfas e adultos de *T. peregrinus*, sobre folhas da planta hospedeira é agregada e, devido ao hábito alimentar sugador de seiva, as plantas perdem área fotossintética tornando-se prateadas ou bronzeadas, causando o secamento e a desfolha (Wilcken et al., 2010).

O parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae) é o principal agente do controle biológico de *T. peregrinus* (Cross, 2009; Lin et al., 2007; Nadel & Noack, 2012). Esse inimigo natural foi descrito na região de Sydney, Austrália, parasitando ovos de *T. peregrinus* (Lin et al., 2007) e introduzido no Brasil em 2012 para estudos de bioecologia e utilização no manejo do percevejo-bronzado (Wilcken et al., 2014). O período de ovo-adulto de *C. noackae* foi, aproximadamente, de 15 dias a 24°C (Becchi, L.K., dados pessoais), e a longevidade dos adultos, sem experiência de parasitismo, de 1,1 dias (28 e 31°C) a 3,5 dias (25°C) (Souza et al., 2016).

A temperatura pode afetar a sobrevivência e capacidade de parasitismo (Tee & Lee, 2016), longevidade (Souza et al., 2016), razão sexual (Moiroux et al., 2014; Zhang et al., 2016) e desenvolvimento (Valente et al., 2017) de parasitoides, insetos pecilotérmicos e sensíveis às mudanças da temperatura (Gullan & Cranston, 2017).

O conhecimento da capacidade de parasitismo em diferentes temperaturas, auxilia no estabelecimento de programas de controle biológico de *T. peregrinus* em regiões com diferentes temperaturas e aprimora a criação massal em laboratório.

O objetivo foi estudar a capacidade de parasitismo e a longevidade de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus* sob diferentes temperaturas em laboratório.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### Criação do hospedeiro *Thaumastocoris peregrinus*

Ovos de *T. peregrinus* foram obtidos da criação estoque do laboratório de entomologia da Embrapa Florestas em Colombo, Paraná, iniciada com ovos, ninfas e adultos coletados em plantações de eucalipto no estado de Minas Gerais. Os insetos

foram mantidos em ramos de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage (Myrtaceae) em frascos Erlenmeyer de 250 ml com água e acondicionados em bandeja plástica retangular (40 cm de comprimento x 35 cm de largura x 8 cm de altura). Tiras de papel toalha com 1,5 cm de largura x 15,0 cm de comprimento foram dispostas na parte superior das folhas dos ramos por 24 horas para obtenção de ovos do percevejo-bronzeado. Estes ovos foram utilizados na multiplicação do parasitoide e no experimento. A criação de *T. peregrinus* foi mantida em sala climatizada a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h (Barbosa et al., 2015).

### **Criação do parasitoide *Cleruchoides noackae***

O parasitoide *C. noackae* foi obtido da criação estoque, iniciada com ovos de *T. peregrinus* parasitados coletados em plantações de eucalipto no estado do Rio Grande do Sul, do laboratório de entomologia da Embrapa Florestas em Colombo, Paraná. Adultos desse parasitoide foram mantidos em frascos de poliestireno (7,5 cm de altura x 3,0 cm de diâmetro) com tiras de papel filtro (7,0 cm de altura x 1,5 cm de largura) umedecidas em solução de mel a 50% para alimentação dos parasitoides. A multiplicação e manutenção da criação estoque de *C. noackae* foram feitas com ovos de *T. peregrinus* com 24 horas de idade, em sala climatizada a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h.

### **Capacidade de parasitismo de *C. noackae* em diferentes temperaturas**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas, em Colombo, Paraná.

O parasitismo e a longevidade da progênie de *C. noackae* foram avaliadas em indivíduos que se desenvolveram e emergiram nas temperaturas de  $15^\circ\text{C}$ ,  $18^\circ\text{C}$ ,  $21^\circ\text{C}$ ,  $24^\circ\text{C}$ ,  $27^\circ\text{C}$  e  $30^\circ\text{C}$ .

Casais, recém-emergidos, de *C. noackae* foram individualizados em frascos de poliestireno transparente (7,5 cm de comprimento x 3,0 cm de diâmetro) cada um com uma fita de papel filtro umedecida com solução de mel a 50% para alimentação dos parasitoides. Dez ovos de *T. peregrinus*, com no máximo 24 horas de idade, foram oferecidos, diariamente, até a morte das fêmeas do parasitoide. Os frascos foram mantidos em câmaras climatizadas nas temperaturas de  $15^\circ\text{C}$ ,  $18^\circ\text{C}$ ,  $21^\circ\text{C}$ ,  $24^\circ\text{C}$ ,

27°C e 30°C, UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. Os ovos foram retirados, diariamente, e armazenados em frascos de poliestireno transparente em câmara climatizada à  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

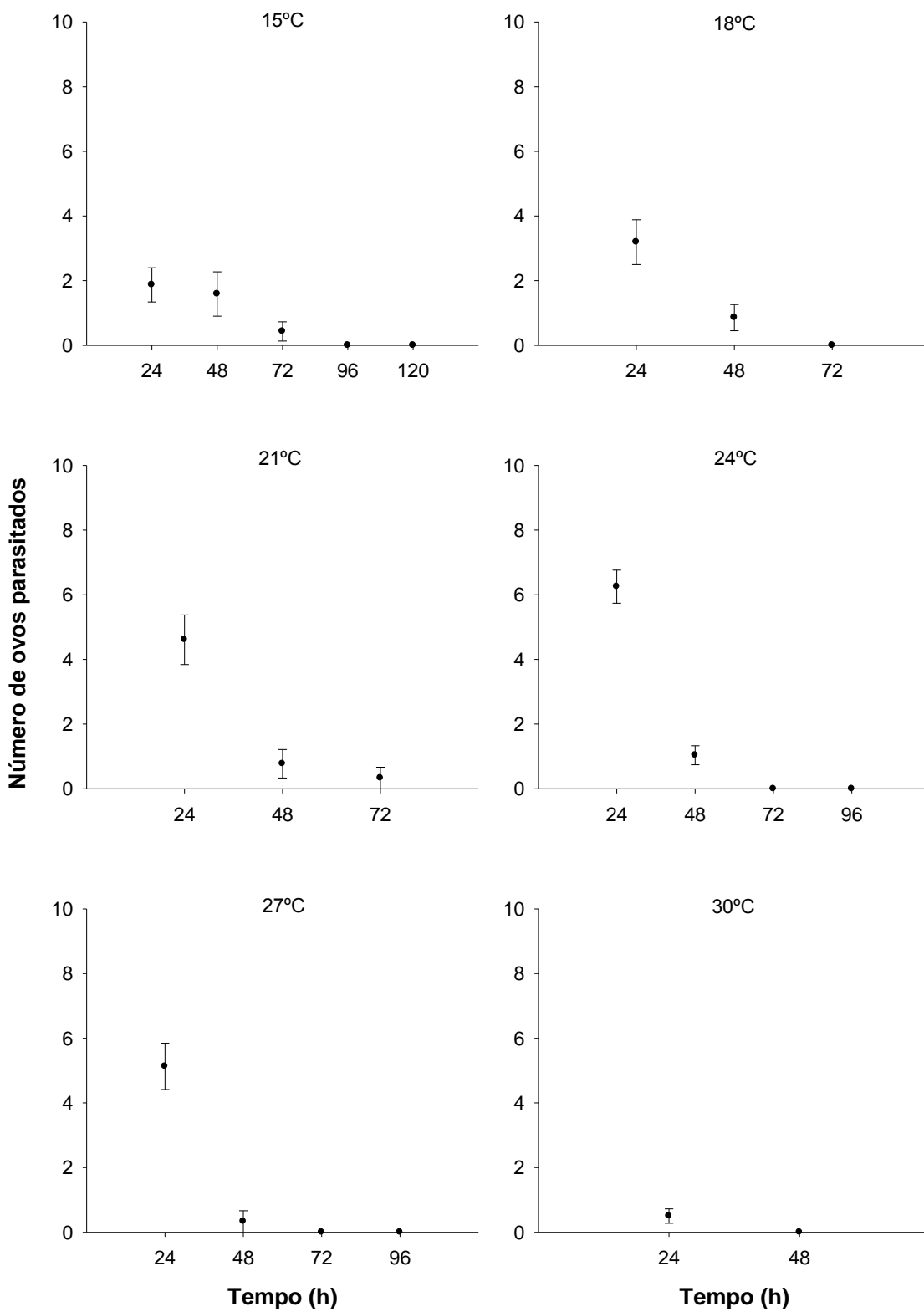
O parasitismo diário, número total de ovos parasitados, viabilidade (%), razão sexual e longevidade de machos e fêmeas com alimento e hospedeiros foram avaliados e calculados.

A sexagem de *C. noackae* foi baseada na característica morfológica da antena filiforme (machos) e clavada (fêmea) (Lin et al., 2007). A viabilidade (emergência) do parasitoide foi calculada pela fórmula  $V = [(n^\circ \text{ de parasitoides emergidos} / n^\circ \text{ de ovos parasitados})] * 100$ . A razão sexual foi calculada pela fórmula  $rs = n^\circ \text{ de fêmeas} / (n^\circ \text{ de fêmeas} + n^\circ \text{ de machos})$  (Gallo et al., 2002). O número de ovos parasitados foi obtido com adultos de *C. noackae* emergidos + adultos retidos nos ovos (mortos e não emergidos) dissecando-se os ovos de *T. peregrinus*.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos 15, 18, 21, 24, 27, e 30°C e 32, 26, 23, 28, 28 23 e 20 repetições, respectivamente (cada uma contendo 10 ovos:1 fêmea). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## 2.3 RESULTADOS

O parasitismo diário diminuiu de acordo com o avanço da idade da fêmea de *C. noackae* em todas as temperaturas (Figura 1) ( $p < 2,2e-16$ ;  $F = 10,5570$ ). O número de ovos parasitados foi maior nas primeiras 24 horas em todas as temperaturas testadas ( $p < 2,2e-16$ ;  $F = 167,8408$ ) com 1,87; 3,19; 4,61; 6,25; 5,13 e 0,5 ovos parasitados, neste período, a 15, 18, 21, 24, 27 e 30°C ( $p = 1,141e-10$ ;  $F = 11,4806$ ) com menor valor na temperatura mais alta (Figura 1). O número de ovos parasitados, entre 48 e 72 horas, variou de 1,69 a 0,0 e de 0,33 a 0,0, respectivamente, entre 15 e 30°C (Figura 1) e foi de zero a partir de 96 horas (Figura 1).



**Figura 1.** Parasitismo diário (média  $\pm$  desvio-padrão) em ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), em diferentes temperaturas (UR:  $60 \pm 10\%$  e fotofase: 12 h) por *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae).

O número total de ovos parasitados e a longevidade do adulto de *C. noackae* variou com a temperatura. Cada fêmea de *C. noackae* parasitou, 7,2 ovos a 24°C, enquanto que a 15°C, 18°C e 30°C, 2,8, 3,4 e 0,5 ovos, respectivamente, demonstrando serem estas temperaturas as menos adequadas para o parasitismo por *C. noackae* ( $p= 4,361e-09$ ;  $F= 11,6040$ ) (Tabela 1).

A viabilidade da progênie de *C. noackae*, entre 15 e 27°C, foi maior que 85% e a 30°C, de 40% ( $p= 0,002767$ ;  $F= 4,0898$ ) (Tabela 1).

A razão sexual de *C. noackae* variou de 0,69 a 0,38 entre 15 a 30°C ( $p= 0,39201$ ;  $F= 1,0588$ ) (Tabela 1), com emergência de mais fêmeas do que machos em todas as temperaturas, exceto a 30°C.

**Tabela 1.** Número total de ovos parasitados, viabilidade (%) e razão sexual (média  $\pm$  desvio-padrão) de *Cleruchooides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) parasitando ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), em diferentes temperaturas (Temp.°C) (UR:  $60 \pm 10\%$  e fotofase: 12h)

Temp.°C	Total de ovos parasitados/fêmea	Viabilidade (%)	Razão sexual
15	2,8 $\pm$ 3,92 bc	87,9 $\pm$ 24,82 a	0,69 $\pm$ 0,18 a
18	3,4 $\pm$ 3,78 bc	91,9 $\pm$ 13,54 a	0,64 $\pm$ 0,30 a
21	5,4 $\pm$ 3,91 ab	89,2 $\pm$ 22,97 a	0,64 $\pm$ 0,26 a
24	7,2 $\pm$ 3,07 a	85,9 $\pm$ 13,80 a	0,68 $\pm$ 0,19 a
27	5,2 $\pm$ 3,56 ab	87,0 $\pm$ 23,11 a	0,58 $\pm$ 0,25 a
30	0,5 $\pm$ 1,00 c	40,0 $\pm$ 54,77 b	0,38 $\pm$ 0,25 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A longevidade de fêmeas de *C. noackae* foi maior a 15, 21 e 24°C com 45,6; 49,0 e 52,2 h, respectivamente, do que a 30°C, 26,4 h ( $p= 1,195e-06$ ,  $F= 8,1977$ ) e de machos foi maior a 15°C e 24°C (51 e 49,7 h, respectivamente) do que a 30°C (30 h) ( $p=0,003081$ ,  $F= 3,8196$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Longevidade (média  $\pm$  desvio-padrão) (horas) de fêmeas e machos de *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), alimentados com mel 50% e com experiência de parasitismo, em diferentes temperaturas (Temp. °C) (60%  $\pm$  10% UR e fotofase: 12h)

Temp. (°C)	Longevidade (horas)			
	Fêmeas	Amplitude	Machos	Amplitude
15	45,6 $\pm$ 24,28 abc	24 – 120	51,0 $\pm$ 29,55 a	24 – 144
18	32,3 $\pm$ 13,47 cd	24 – 72	35,0 $\pm$ 12,20 ab	24 – 48
21	49,0 $\pm$ 23,42 ab	24 – 96	40,6 $\pm$ 22,22 ab	24 – 96
24	52,2 $\pm$ 14,68 a	24 – 96	49,7 $\pm$ 19,51 a	24 – 96
27	35,4 $\pm$ 17,53 bcd	24 – 96	43,8 $\pm$ 20,01 ab	24 – 96
30	26,4 $\pm$ 7,38 d	24 – 48	30,0 $\pm$ 10,66 b	24 – 48

Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## 2.4 DISCUSSÃO

O maior parasitismo diário nas primeiras 24 horas favorece a liberação e utilização de *C. noackae* no controle de *T. peregrinus*, por reduzir o impacto dos fatores bióticos e abióticos neste inimigo natural e, também, os efeitos de produtos químicos, eventualmente, aplicados após liberação do mesmo no campo (Bueno et al., 2012; Carvalho et al., 2014). Resultados semelhantes foram averiguados para outros parasitoides como *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* Zeller e *Corcyra cephalonica* Stainton (Lepidoptera: Pyralidae) (Zago et al., 2007) e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos da traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* Linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae) (Pratissoli et al., 2004) com maiores números de ovos parasitados nas primeiras 24h. Isso pode ser explicado devido a capacidade de algumas espécies, como *C. noackae* e *Trichogramma* sp. serem pro-ovigênicas, ou seja, não necessitam de um período de maturação dos ovos para oviposição (Jervis et al., 2001; Mills and Kuhlmann, 2000; Mutitu et al., 2013). Enquanto a fêmea de *T. peregrinus* oviposita, em média, dois ovos por dia (Martinez-Crosa 2008), o parasitoide *C. noackae* pode ovipositar três vezes a mais a 24°C.

O número total de ovos parasitados por *C. noackae* a 30°C, indica que temperaturas elevadas reduzem a capacidade de parasitismo deste inimigo natural.

O número de ovos de *Gonipterus platensis* Marelli (Coleoptera: Curculionidae), praga exótica do eucalipto, parasitados por *Anaphes nitens* Girault e *Anaphes inexpectatus* Huber & Prinsloo (Hymenoptera: Mymaridae) variou, também, com a temperatura, com 24 a 37 ovos parasitados por fêmea do primeiro nas temperaturas de 10 a 25°C e 4 ovos a 30°C e 17 e 2,3 ovos por fêmea do segundo parasitoide a 10°C e 30°C, respectivamente (Valente et al., 2017). O número de ovos de *Homalodisca coagulata* Say (Homoptera: Cicadellidae) parasitados por *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae) foi maior a 24°C e menor a 32°C. A redução no parasitismo em temperaturas mais elevadas pode ser explicada pelo aumento no metabolismo do inseto (Bleicher & Parra, 1989), diminuição da eficiência do forrageamento (Denis et al., 2011) e avanço na idade do parasitoide. No entanto, o tipo de alimento pode afetar no número de ovos parasitados por *C. noackae*, com fêmeas alimentadas com solução de mel e sem alimentação parasitando 7,7 e 1,2 ovos, respectivamente, a 24°C (Mutitu et al., 2013).

A viabilidade de *C. noackae* foi acima de 85% nas temperaturas entre 15 e 27°C, e declinou a 30°C, 40%. Essa mesma tendência foi relatada para *A. nitens* em ovos de *G. platensis* avaliado nas temperaturas entre 5 e 30°C (Valente et al., 2017).

A razão sexual de *C. noackae* maior que 0,5, nas temperaturas entre 15 e 27°C, com emergência de mais fêmeas do que machos, contribui para o aumento da eficiência de programas de controle biológico, pois os machos não contribuem para o parasitismo (Zacarin et al., 2004; Zanuncio et al., 2008), porém, os machos são importantes para a manutenção da população do parasitoide em campo. O impacto de temperaturas extremas na razão sexual pode dificultar o acasalamento de parasitoides (Hanna, 1935; Sekhar, 1957; Wilkes, 1963), favorecendo o desenvolvimento de partenogênese arrenótoca como apresentada por *C. noackae*. No entanto, isso varia com o parasitoide, pois a razão sexual de *A. inexpectatus* foi de 54 - 60% entre 5 e 30°C e a de *A. nitens* de 71 e 58% de progênies fêmeas a 15 e 20°C, respectivamente (Valente et al., 2017).

A menor longevidade de fêmeas de *C. noackae* com experiência de parasitismo, com o aumento na temperatura foi, também, relatada para esse parasitoide sem experiência de parasitismo, com menores valores a 28°C e 31°C, 1,1 dias e maior a 25°C, 3,5 dias (76 horas) (Souza et al., 2016), ou seja, 24 horas a mais que neste estudo na temperatura de 24°C. Isso demonstra que o parasitismo, incluindo a cópula e/ou oviposição, consome energia e reduz a longevidade de

parasitoides (Pacheco et al., 1998). A longevidade de parasitoides como *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de 15 a 33°C (Zago et al., 2007), *Gonatocerus ashmeadi* Girault de 16 a 32°C (Chen, 2006), *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de 18 a 32°C (Pratissoli et al., 2004) e *Anagrus optabilis* Perkins (Hymenoptera: Mymaridae) de 15 a 30°C (Sahad, 1984), também diminuiu com o aumento da temperatura. A alimentação e gênero podem, também, afetar a longevidade de parasitoides como demonstrado pela interação significativa desses parâmetros na sobrevivência do parasitoide de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus* (Mutitu et al., 2013).

## REFERÊNCIAS

Barbosa, L.R., Santos, F., Buhner, C.B., Nichele, L.A., Wilcken, C.F., Soliman, E.P., 2015. Criação massal do percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus*: Carpinteiro & Dellapé, 2006 (Hemiptera, Thaumastocoridae). Embrapa Florestas 22 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1049862>. Acesso em: 14 março de 2017.

Bleicher, E., Parra, J.R.P., 1989. Espécies de *Trichogramma* parasitoides de *Alabama argillacea* I. Biologia de três populações. Pesqui. Agropecu. Bras. 24 (8): 929-940.

Bueno, R.C.O.F., Parra, J.R.P., Bueno, A.F., 2012. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. Biol. Control. 60(2): 154-162.

Carpintero, D.L., Dellapé, P.M., 2006. A new species of *Thaumastocoris Kirkaldy* from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae). Zootaxa 1228(1228): 61-68.

Carvalho, J.R., Pratissoli, D., Dalvi, L.P., Silva, M.A., Bueno, R.C.O.F., Bueno, A.F. et al., 2014. Parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* on eggs of *Trichoplusia ni* at diferente temperatures. Acta Scientiarum. Agronomy. 36(4):417-424,

Chen, W.L., Leopold, R.A., Morgan, D.J.W., Harris, M., 2006. Development and reproduction of the egg parasitoid, *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae), as a function of temperature. Environ. Entomol. 35(5): 1178-1187.

Cross, D., 2009. The Parasitoids of *Thaumastocoris* spp. in the Sydney Region. Tese de mestrado, Department of Food and Natural Resources, University of Sydney. 42p.

Denis, D., Pierre, J.S., van Baaren, J., van Alphen, J.J.M., 2011. How temperature and habitat quality affect parasitoid lifetime reproductive success – a simulation study. Ecol. Modell. 222(9):1604-1613.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C., 2002. Ecologia. In: Entomologia agrícola. Ed. Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. FEALQ, Piracicaba, 191–218.

Gullan, P.J., Cranston, P.S., 2017. Desenvolvimento e ciclo dos insetos. In: Gullan, P.J., Cranston, P.S. Insetos: Fundamentos da Entomologia. 5.ed. Roca, Rio de Janeiro, 117-137.

Hanna, A.D., 1935. Fertility and toleration of low temperature in *Euchalcidia carybori* Hanna (Hymenoptera, Chalcidinae). Bull. Entomol. Res. 26(3):315- 322.

Jacobs, D.H., Neser, S., 2005. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to *Eucalyptus* trees: research in action. S.A.J. Sci. 101(5): 233-236.

Jervis, M.A., Heimpel, G.E., Ferrns, P.N., 2001. Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of “ovigeny”. J. Anim. Ecol. 70(3): 442-458.

Lin, N.Q, Huber, J.T, Salle, J.L., 2007. The Australian genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea). Zootaxa 1596:1-111.

Martinez-Crosa, G., *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Delaphe, 2005 (Heteroptera: Thaumastocoridae): new pest found in eucalyptus in Uruguay. 2008. In: IUFRO Recent Advances in Forest Entomology, Pretoria, South Africa. 32-33.

Mills, N.J., Kuhlmann, U., 2000. The relationship between egg load and fecundity among Trichogramma parasitoids. Ecol. Entomol. 25(3):315-324.

Moiroux, J., Brodeur, J., Boivin, Guy., 2014. Sex ratio variations with temperature in an egg parasitoid: behavioural adjustment and physiological constraint. Anim. Behav. 91: 61-66.

Mutitu, E.K., Garnas, J.R., Hurley, B.P., Wingfield, M.J., Harney, M., Bush S.J., Slippers, B., 2013. Biology and rearing of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the biological control of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). J. Econ. Entomol. 106(5): 1979-1985.

Nadel, R.L., Noack, A.E., 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. Int. J. Pest Manag. 58(3):257–266.

Noack, A.E., Coviella, C.E., 2006. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Hemiptera: Thaumastocoridae): first record of this invasive pest of *Eucalyptus* in the Americas. Gen. Appl. Entomol. 35:13-14.

Pacheco, D.J.P., Corrêa-Ferreira, B.S., 1998. Reproductive potential and longevity of the parasitoid *Telenomus podisi* Ashmead in eggs of different stinkbug species. An. Soc. Entomol. Bras. 27(4): 585-591.

Pratissoli, D., Pereira, F.F., Barros, R., Parra, J.R.P., Pereira, C.L.T., 2004. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos da traça-das-crucíferas sob diferentes temperaturas. Hortic. Bras. 22(4): 754-757.

Sahad, K.A., 1984. Biology of *Anagrus optabilis* (Perkins) (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of delphacid planthoppers. Esakia. 22: 129-144.

Sekhar, P.S., 1957. Mating, oviposition, and discrimination of hosts by *Aphidius testaceipes* (Cresson) and *Praon aguti* Smith, primary parasites of aphids. Ann. Entomol. Soc. Am. 50(4):370-375.

Soliman, E.P., Wilcken, C.F., Pereira, J.M., Dias, T.K.R., Zaché, B., Pogetto, M.H.F.A., Barbosa, L.R., 2012. Biology of *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: *Thaumastocoridae*) in different eucalyptus species and hybrids. Phytoparasitica. 40(3):223-230.

Souza, A.R., Candelaria, M.C., Barbosa, L.R., Wilcken, C.F., Campos, J.M., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C., 2016. Longevity of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures. Fla. entomol. 99(1): 33-37.

Tee, H.S., Lee, C.Y., 2016. Influences of temperature and ootheca age on the life history of the cockroach ootheca parasitoid *Aprostocetus hagenowii* (Hymenoptera: Eulophidae). J. Econ. Entomol. 110(1): 213–220.

Valente, C., Gonçalves, C.I., Reis, A., Branco, M., 2017. Pre-selection and biological potential of the egg parasitoid *Anaphes inexpectatus* for the control of the Eucalyptus snout beetle, *Gonipterus platensis*. J. Pest Sci. 90(3): 911-923.

Wilkes, A., 1963. Environmental causes of variation in the sex ratio of an arrhenotokous insect, *Dahlbominus fuliginosus* (Nees) (Hymenoptera: Eulophidae). Can. entomol. 95(2):183-202.

Wilcken, C.F., Soliman, E.P., Nogueira de Sá, L.A., Barbosa, L.R., Dias, T.K.R., Ferreira Filho, P.J., Rodrigues Oliveira, R.J., 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. J. Plant Prot. Res. 50(2): 201-205.

Wilcken, C.F., Barbosa, L.R., Zache, B., Firmino, A., de Sá, L.A.N., Zanuncio, J.C., Junqueira, L.R., 2014. Biological control of the bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus*, in eucalyptus plantations in Brazil. Int. For. Rev. 16(5):325.

Zacarin, G.G., Gobbi, N., Chaud Netto, J., 2004. Capacidade reprodutiva de fêmeas de *Apanteles galleriae* (Hymenoptera, Braconidae) em lagartas de *Galleria mellonella*

e *Achroia grisella* (Lepidoptera, Pyralidae) criadas com dietas diferentes. Iheringia, Zool. 94(2): 139-147.

Zago, H.B., Pratissoli, D., Barro, R., Gondim Jr, M.G.C., Santos Jr, H.J.G., 2007. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em hospedeiros alternativos, sob diferentes temperaturas. Neotrop. Entomol. 36(4): 84-89.

Zhang, J., Huang, J., Lu, Y., Xia, T., 2016. Effects of temperature and host stage on the parasitization rate and offspring sex ratio of *Aenasius bambawalei* Hayat in *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. PeerJ. 4:e1586 <https://doi.org/10.7717/peerj.1586>.

Zanuncio, J.C., Pereira, F.F., Jacques, G.C., Tavares, M.T., Serrão, J.E., 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). Coleopt. Bull. 62(1): 64-66.

### CAPÍTULO 3

#### COMPORTAMENTO DE CORTE, ACASALAMENTO, OVIPOSIÇÃO E PARASITISMO DE *Cleruchooides noackae* (HYMENOPTERA: MYMARIDAE) EM OVOS DE *Thaumastocoris peregrinus* (HEMIPTERA: THAUMASTOCORIDAE)

(Baseado nas normas do periódico Florida Entomologist)

**Resumo:** O endoparasitoide de ovos *Cleruchooides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae), nativo da Austrália, é o mais promissor agente no controle de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), praga exótica de *Eucalyptus* spp. A observação das características comportamentais de *C. noackae* é essencial para assegurar boa performance no parasitismo de ovos de *T. peregrinus*. O objetivo foi estudar, em laboratório, o comportamento de corte, acasalamento e oviposição e o parasitismo de fêmeas virgens e acasaladas de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*. **Bioensaio I** - Onze casais virgens do parasitoide recém-emergidos foram individualizados em frascos de poliestireno transparente para observação do comportamento de corte e cópula durante uma hora. O parasitoide *C. noackae* não apresentou comportamento de corte e, a partir do momento em que o macho tocou a fêmea com as antenas, ocorreu a cópula. O tempo médio de encontro de machos e fêmeas e de cópula foi de 341 e 39 segundos, respectivamente. **Bioensaio II** - O comportamento de oviposição de *C. noackae* foi avaliado com dez fêmeas virgens e dez acasaladas individualizadas por frasco de poliestireno com dez ovos de *T. peregrinus*. As fêmeas foram avaliadas durante uma hora anotando-se os tempos dos padrões comportamentais de oviposição e os parâmetros biológicos (parasitismo, viabilidade e razão sexual). Fêmeas virgens e copuladas encontraram o primeiro hospedeiro em 15,21 e 17,14 minutos, respectivamente e os demais ovos em 3,85 e 0,86 minutos, respectivamente. A diminuição do tempo de busca dos ovos ocorre devido a experiência adquirida após ovipositar o primeiro ovo. O tempo de forrageamento de fêmeas virgens e copuladas foi de 24 e 21 segundos, respectivamente. A duração da inserção do ovipositor em ovos de *T. peregrinus* foi de 5,13 minutos (fêmeas virgens) e de 3,69 minutos (fêmeas copuladas). Fêmeas virgens inseriram o ovipositor com maior frequência nas laterais do ovo, com média de 55% e fêmeas copuladas nas laterais (50%) e opérculo do ovo (46%). Fêmeas virgens e copuladas inseriram o ovipositor em 64 e 59% dos ovos

oferecidos em uma hora, respectivamente, e destes, aproximadamente 100% estavam parasitados. A viabilidade foi acima de 75% para ambas fêmeas e a razão sexual de 0,00 (fêmeas virgens) e 0,68 (fêmeas copuladas), confirmando a partenogênese arrenótoca de *C. noackae*. **Bioensaio III** - O parasitismo de fêmeas virgens e copuladas de *C. noackae* foi avaliado com dez ovos de *T. peregrinus* oferecidos por casal (21) e para fêmeas virgens (21) individualizados em frascos de poliestireno por 24 horas, a  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. O parasitismo foi de 89% para fêmeas virgens ou copuladas com viabilidade acima de 90%. A duração do período ovo-adulto da progênie foi de 15 dias a  $24^{\circ}\text{C}$ . A razão sexual (rs) na progênie de fêmeas virgens originou apenas machos (rs= 0,00), enquanto que nas copuladas produziram machos e fêmeas (rs= 0,65), confirmando a partenogênese arrenótoca de *C. noackae*.

**Palavras-chave:** Controle biológico; *Eucalyptus*; Mymaridae; Parasitoide de ovos

**Courtship, mating, oviposition behavior and parasitism of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) reared in eggs of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae)**

**Abstract:** The endoparasitoid of eggs *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae), native of Australia, is the most promising agent for the biological control of *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), an exotic pest of *Eucalyptus* spp. Understanding some of their behavior characteristics is essential to ensure good performance of *C. noackae* in parasitism eggs of *T. peregrinus*. The objective was to study under laboratory conditions the behavior of courtship, mating and oviposition of *C. noackae*, and to evaluate the parasitism of virgin and mated females of parasitoid in *T. peregrinus* eggs. **Bioassay I** - Eleven virgin couples of newly emerged parasitoids were individualized in a polystyrene vial to observe mating behavior during one hour. The parasitoid *C. noackae* showed no courtship behavior. The average times for the male-female encounter, and copula were 341 and 39 seconds, respectively. **Bioassay II** - The oviposition behavior of *C. noackae* was evaluated with ten virgins and ten copulated females individualized per polystyrene vial containing ten eggs of *T. peregrinus*. The females were evaluated for one hour by noting the times of the

behavioral patterns of oviposition and the biological parameters (parasitism, viability and sex ratio). Virgins and copulated females found the first host in 15.21 and 17.14 minutes, respectively, and the next hosts in 3.85 and 0.86 minutes, respectively, showing a decrease of this time due to the experience acquired after ovipositing the first egg. The foraging time of virgin and copulated females was 24 and 21 seconds, respectively. The duration of ovipositor insertion into *T. peregrinus* eggs was 5.13 minutes (virgin females) and 3.69 minutes (females copulated). Virgins females inserted the ovipositor more frequently on the sides of the egg, with a mean of 55%, while copulated females inserted more often on the sides (50%) and operculum of the egg (46%). Virgin and copulated females of *C. noackae* inserted the ovipositor into 64 and 59% of the eggs of *T. peregrinus* offered in one hour, respectively, and of these, almost 100% were parasitized. The viability was above 75% for both females and the sex ratio of 0.00 (virgin females) and 0.68 (females copulated) confirming the arrhenotokous parthenogenesis of *C. noackae*. **Bioassay III** - The parasitism of virgin and copulated females of *C. noackae* was evaluated with ten eggs of *T. peregrinus* offered by couple (21) and for virgin females (21) individualized in polystyrene vials for 24 hours, at  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  and photophase of 12h. The parasitism rate was 89% for virgin or copulated females with viability above 90%. The duration of biological cycle (egg-adult) of the progeny was 15 days at  $24^{\circ}\text{C}$ . The sex ratio (sr) showed that virgin females originated only males (sr = 0.00), while those copulated produced males and females (sr = 0.65), confirming the arrhenotoky parthenogenesis of *C. noackae*.

**Keywords:** Biological control; Egg parasitoid; *Eucalyptus*; Mymaridae

### 3.1 INTRODUÇÃO

De origem australiana, o percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) é uma ameaça aos plantios de *Eucalyptus* spp. (Carpintero & Dellapé, 2006; Noack & Rose 2007; Wilcken et al. 2010). Esse percevejo foi detectado no Brasil em 2008 e se dispersou por 14 estados brasileiros (Wilcken et al. 2010; Wilcken et al. 2016) com danos como prateamento, bronzeamento e secamento das folhas e desfolha o que,

consequentemente, causa perdas na produtividade de madeira de eucalipto (Barbosa et al. 2012; IPEF 2008; Wilcken et al. 2010).

O manejo de *T. peregrinus* em plantios de eucalipto tem sido realizado com estratégias envolvendo o controle biológico (Wilcken et al. 2015), devido à certificação das áreas plantadas, possíveis danos ao ambiente e elevado custo de produtos químicos (Nadel & Noack 2012; Zanuncio et al. 1994).

O parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae* Lin & Huber, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae) é o principal agente de controle biológico de *T. peregrinus* (Cross, 2009; Lin et al. 2007; Nadel & Noack, 2012). Esse endoparasitoide solitário é nativo da Austrália, tem aproximadamente, 0,5 milímetros de comprimento (Lin et al. 2007), partenogênese arrenótoca (Mutitu et al. 2013) e longevidade de adultos em laboratório com ou sem solução de mel de três a um dia, respectivamente (Souza et al. 2016). O desenvolvimento desde a oviposição até a emergência do adulto é de 15 dias a 24°C (Becchi, L.K., informação pessoal) e a preferência ao parasitismo foi a ovos de *T. peregrinus* de zero a um dia de idade (Mutitu et al. 2013).

O comportamento do parasitoide de ovos, como *C. noackae*, envolvem a localização e inspeção do hospedeiro, inserção do ovipositor, aceitação do hospedeiro, oviposição e marcação do mesmo com substâncias químicas ou marcas mecânicas para evitar o superparasitismo (Vinson 1998).

Os padrões comportamentais de forrageamento e parasitismo podem ser inatos à espécie ou aprendidos por experiência durante o processo de inspeção do hospedeiro e oviposição (Beserra & Parra 2003). Por meio desta aprendizagem, a fêmea pode localizar e parasitar o hospedeiro com maior eficiência e rapidez (Corbet 1985; Nurindah et al. 1999).

O comportamento de acasalamento e oviposição deve ser estudado para que características identificadas auxiliem na criação massal de *C. noackae* em laboratório. A dinâmica entre hospedeiro e inimigo natural deve ser definida para se prever o comportamento do parasitoide após liberação no campo.

O objetivo foi avaliar, em laboratório, o comportamento de corte, acasalamento, oviposição e o parasitismo de fêmeas virgens e copuladas de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF) da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em Botucatu, São Paulo.

### Criação do hospedeiro *Thaumastocoris peregrinus*

Ovos de *T. peregrinus* foram obtidos da criação estoque do laboratório de entomologia da Embrapa Florestas em Colombo, Paraná, iniciada com ovos, ninfas e adultos coletados em plantações de eucalipto no estado de Minas Gerais. Os insetos foram mantidos em ramos de *Eucalyptus urophylla* var. *platyphylla* (Myrtaceae) em frascos Erlenmeyer de 250 ml com água e acondicionados em bandeja plástica retangular (40 cm de comprimento x 35 cm de largura x 8 cm de altura). Tiras de papel toalha com 1,5 cm de largura x 15,0 cm de comprimento foram dispostas na parte superior das folhas dos ramos por 24 horas para obtenção de ovos do percevejo-bronzeado. Estes ovos foram utilizados na multiplicação do parasitoide e no experimento. A criação de *T. peregrinus* foi mantida em sala climatizada a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h (Barbosa et al., 2015).

### Criação do parasitoide *Cleruchoides noackae*

O parasitoide *C. noackae* foi obtido da criação estoque do LCBPF, iniciada com ovos de *T. peregrinus* parasitados coletados em plantações de eucalipto no estado do Rio Grande do Sul. Adultos desse parasitoide foram mantidos em frascos de poliestireno (7,5 cm de altura x 3,0 cm de diâmetro) com tiras de papel filtro (7,0 cm de altura x 1,5 cm de largura) umedecidas em solução de mel a 50% para alimentação dos parasitoides. A multiplicação e manutenção da criação estoque de *C. noackae* foram feitas com ovos de *T. peregrinus* com 24 horas de idade, em sala climatizada a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h.

### **Bioensaio 1 - Comportamento de corte e acasalamento do parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae***

Cem ovos de *T. peregrinus*, parasitados por *C. noackae*, foram individualizados em frascos de poliestireno transparente (3,5 cm de altura x 2,0 cm de diâmetro) à temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. Os parasitoides foram sexados, logo após a emergência, baseando-se na característica morfológica da antena filiforme (machos) e clavada (fêmea) do mesmo (Lin et al. 2007) e alimentados com solução de mel 50%. Onze casais de *C. noackae* foram individualizados por frasco de poliestireno transparente (7,5 cm de altura x 3,0 cm de diâmetro) e observados durante uma hora com microscópio estereoscópico para a descrição do comportamento antes e durante o acasalamento do mesmo. O tempo de encontro entre machos e fêmeas (s), a duração da cópula (s) e o número de cópulas neste intervalo de tempo foram avaliados.

### **Bioensaio 2 - Comportamento de oviposição, em ovos de *Thaumastocoris peregrinus*, de fêmeas virgens e copuladas de *Cleruchoides noackae***

Cem ovos de *T. peregrinus*, parasitados por *C. noackae* foram individualizados em frascos de poliestireno transparente (3,5 cm de altura x 2,0 cm de diâmetro) à temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. Os parasitoides foram sexados, logo após a emergência, baseando-se na característica morfológica da antena filiforme (machos) e clavada (fêmea) do mesmo (Lin et al. 2007) e alimentados com solução de mel 50%. Fêmeas virgens e acasaladas foram individualizadas em frasco de poliestireno transparente (7,5 cm de altura x 3,0 cm de diâmetro) com uma fita de papel filtro umedecida com solução de mel a 50% como alimento. Dez ovos de *T. peregrinus* ovipositados nas fitas de papel toalha, com até 24 horas de idade, foram numerados de 1 a 10 (para facilitar a visualização e observação do ovo manipulado) e oferecidos por fêmea de *C. noackae* por uma hora à temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e UR de  $60 \pm 10\%$ . Após uma hora de avaliação, os ovos, em que o parasitoide inseriu o ovipositor foram individualizados e armazenados a  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h, até a emergência dos adultos de *C. noackae*.

O comportamento de oviposição foi observado durante uma hora/fêmea sob microscópio estereoscópico, cronometrando-se os padrões comportamentais: tempo de encontro do primeiro ovo (**a**); tempo de encontro dos demais ovos (**b**); tempo de

exame externo/forrageamento do ovo **(c)**; tempo de inserção do ovipositor no ovo **(d)**. O número de ovos em que foram inseridos o ovipositor (%), parasitismo (%), viabilidade (%), razão sexual e a frequência média (%) do local de inserção do ovipositor por *C. noackae* no ovo de *T. peregrinus* foram, também, avaliados/calculados.

O número de ovos em que o parasitoide inseriu o ovipositor (Ins), parasitismo (P), viabilidade (V) e razão sexual (rs) foram calculadas com as fórmulas:  $Ins = [(n^{\circ} \text{ ovos inseridos} / n^{\circ} \text{ ovos oferecidos}) * 100]$ ;  $P = [(n^{\circ} \text{ parasitoides emergidos} + \text{retidos} / n^{\circ} \text{ ovos oferecidos}) * 100]$ ;  $V = [(n^{\circ} \text{ de parasitoides emergidos} / n^{\circ} \text{ de ovos parasitados}) * 100]$ ;  $rs = n^{\circ} \text{ de fêmeas} / (n^{\circ} \text{ de fêmeas} + n^{\circ} \text{ de machos})$ , respectivamente (Gallo et al. 2002a). O número de ovos parasitados foi obtido com o número de adultos de *C. noackae* emergido + retidos no ovos (mortos e não emergidos) dissecando-se os ovos de *T. peregrinus*.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (fêmeas virgens ou copuladas) e 10 repetições (cada uma contendo 10 ovos:1 fêmea). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a frequência do local de inserção do ovipositor comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

### **Bioensaio 3 – Parasitismo de fêmeas virgens e copuladas de *Cleruchoides noackae*, em ovos de *Thaumastocoris peregrinus*,**

Cem ovos de *T. peregrinus*, parasitados por *C. noackae*, foram individualizados em frascos de poliestireno transparente (3,5 cm de altura x 2,0 cm de diâmetro) à temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. Os parasitoides foram sexados, logo após a emergência, baseando-se na característica morfológica da antena filiforme (machos) e clavada (fêmea) do mesmo (Lin et al. 2007). Dez ovos de *T. peregrinus*, com até 24 horas de idade, foram oferecidos por fêmea virgem ou copulada de *C. noackae*, recém-emergidas, por 24 horas em frasco de poliestireno transparente (7,5 cm de altura x 3,0 cm de diâmetro) à temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h, e alimentados com solução de mel 50%. Após 24 horas, as fêmeas foram removidas com pincel de cerdas finas sob microscópio estereoscópico e os frascos mantidos nas mesmas condições até a emergência dos parasitoides.

O parasitismo (%); viabilidade (%); razão sexual e duração do período ovo-adulto (dias) de *C. noackae* foram avaliados.

O parasitismo (P), viabilidade (emergência de parasitoides) (V) e razão sexual (rs) foram calculadas com as fórmulas  $P = [(n^{\circ} \text{ parasitoides emergidos} + \text{retidos}) / n^{\circ} \text{ ovos oferecidos}] * 100$ ;  $V = [(n^{\circ} \text{ de parasitoides emergidos}) / n^{\circ} \text{ de ovos parasitados}] * 100$ ;  $rs = n^{\circ} \text{ de fêmeas} / (n^{\circ} \text{ de fêmeas} + n^{\circ} \text{ de machos})$ , respectivamente (Gallo et al. 2002a). O número de ovos parasitados foi obtido com o número de adultos de *C. noackae* emergido + retidos no ovos (mortos e não emergidos) dissecando-se os ovos de *T. peregrinus*.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (fêmeas virgens ou fêmeas copuladas) e 21 repetições (cada uma contendo 10 ovos:1 fêmea). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA).

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### **Bioensaio 1 - Comportamento de corte e acasalamento do parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae***

Machos e fêmeas de *C. noackae* não apresentaram comportamento de corte quando esse parasitoide foi colocado em frasco de poliestireno. Isto concorda com o relatado para *C. noackae* (Mutitu et al. 2013) e *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) (Cronin & Strong 1990) com comportamento de corte pouco definido no acasalamento.

O tempo de encontro do macho com a fêmea no frasco de poliestireno variou de 39 a 1140 segundos (média de 341,65 segundos). O macho tocou a fêmea com as antenas e, rapidamente, assumiu a posição de cópula consistindo na monta sobre a fêmea e inserindo o órgão genital no órgão genital da fêmea. O acasalamento de *C. noackae* foi de 2 a 5 segundos após se encontrarem (Mutitu et al. 2013). A fêmea, durante cópula, permaneceu em posição de caminhamento, porém sem se mover. O macho, após a monta, ficou em posição oposta à da fêmea, com a parte ventral do abdome para cima, apoiando as asas sobre a base do frasco de poliestireno (Figura 1).



**Figura 1.** Comportamento de cópula de *Cleruchooides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) em frasco de poliestireno.

Cada casal de *C. noackae* teve, apenas, uma cópula, o que concorda com observações para *C. noackae* (Mutitu et al. 2013) e *Anagrus breviphragma* Sokya (Hymenoptera: Mymaridae) (Usmani 2012), cujas fêmeas, após o acasalamento, não foram receptivas a outros machos.

A duração da cópula de *C. noackae* foi de 39 segundos, variando de 29 a 50 segundos, mais longa que a de *A. delicatus* Dozier (Hymenoptera: Mymaridae) (15,2 seg) (Cronin & Strong 1990) e *A. breviphragma*, cinco a 10 segundos (Usmani 2012). O acasalamento, logo após a emergência, é um comportamento necessário para produzir progênes fêmeas devido a reprodução arrenótoca de *C. noackae* (Mutitu et al. 2013) com óvulos não fecundados originando, apenas, machos (Gallo et al. 2002b). A longevidade desse parasitoide é curta (Souza et al. 2016), mas machos e fêmeas emergem ao mesmo tempo (Jervis et al. 2001; Mutitu et al. 2013). Isso aumenta as chances do acasalamento, principalmente, pelo fato de *T. peregrinus* colocar os ovos de forma agrupada nas folhas de eucalipto (Jacobs & Nesser 2005; Soliman 2010).

## **Bioensaio 2 - Comportamento de oviposição de fêmeas virgens ou copuladas de *Cleruchooides noackae* em ovos de *Thaumastocoris peregrinus***

Fêmeas acasaladas e virgens de *C. noackae* ovipositaram logo após a emergência. Essa característica é associada a parasitoides pro-ovigênicos sem

necessidade de um período de maturação dos ovos para oviposição (Jervis et al. 2001; Mutitu et al. 2013).

O tempo de caminhamento e exploração do ambiente (frasco de poliestireno) pelas fêmeas virgens ou copuladas até encontrarem o primeiro ovo foi de 15,21 e 17,14 minutos, respectivamente ( $p= 0,7088$ ;  $F= 0,1498$ ) (Tabela 1), enquanto o tempo de exploração em placa de Petri esse tempo foi de nove segundos a 7,26 minutos (Haas et al. 2014). O tempo de encontro das fêmeas virgens ou copuladas com os demais hospedeiros foi menor após o forrageamento e oviposição no primeiro, 3,85 e 0,86 minutos, respectivamente ( $p= 0,2394$ ;  $F= 1,6160$ ) (Tabela 1). Esse comportamento se deve à experiência adquirida pela fêmea, conhecido como aprendizado associativo (Vinson 1998). Isto pode estar relacionado à percepção de estímulos químicos e/ou físicos do primeiro ovo parasitado melhorando a habilidade dos parasitoides em encontrarem outros hospedeiros, reconhecê-los e aceitá-los (Kaiser et al. 1989; Nurindah et al. 1999; Vinson 1998).

Fêmeas de *C. noackae* tatearam, com as antenas, circundando os ovos de *T. peregrinus* antes de ovipositar. Este comportamento faz parte do reconhecimento do hospedeiro por meio de produtos químicos não voláteis liberados por fêmeas durante a oviposição ou características como forma, textura ou movimento do hospedeiro para verificar a adequação do mesmo para oviposição (Vinson 1991).

O tempo de forrageamento de fêmeas virgens ou copuladas, sobre os ovos de *T. peregrinus*, variou de 18 a 31 e de 15 a 34 segundos, com médias de 24 e 21 segundos ( $p= 0,10412$ ;  $F= 3,4282$ ), respectivamente (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados quando as fêmeas copuladas de *C. noackae* foram observadas tateando ovos de *T. peregrinus* sob placa de Petri, 35 segundos (Haas et al. 2014). O tempo de forrageamento para a fêmea reconhecer e parasitar um hospedeiro pode diminuir a medida que o parasitoide manipula sucessivamente os ovos do mesmo (Wajnberg 1989). O tempo médio de forrageamento do parasitoide *Gryon gallardoi* Brèthes (Hymenoptera: Scelionidae) em ovos de *Spartocera dentiventris* Berg (Hemiptera: Coreidae) aumentou com a idade do hospedeiro, de 78 segundos (ovos de dois dias de idade) a 201 segundos (ovos com 12 dias de idade) (Rocha et al. 2006). Isso demonstra períodos de forrageamento de parasitoides variáveis com a idade do hospedeiro, o que tem sido atribuído à mudanças físicas e químicas internas dos ovos de acordo com o avanço da idade dos mesmos (Rocha et al. 2006; Vinson 1998). Os tempos para os parâmetros comportamentais de

oviposição de *C. noackae* podem variar de acordo com a idade dos ovos de *T. peregrinus*.

Fêmeas de *C. noackae*, após o forrageamento, inseriram o ovipositor no ovo, para sondagem interna do mesmo. Esse parasitoide, durante a oviposição, manteve as antenas paralelas ao abdômen e as asas imóveis voltadas para trás (Figura 2). Movimentos abdominais verticais descendentes e ascendentes do abdome, característicos da oviposição, foram observados. A oviposição, imediatamente após o contato com os ovos de *T. peregrinus*, foi também relatada para esse parasitoide (Hass et al. 2014; Mutitu et al. 2013) e confirma a pro-ovigenie em *C. noackae*, o que implica em melhor eficiência de parasitismo devido a curta longevidade deste parasitoide.



**Figura 2.** Comportamento de inserção do ovipositor de *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) no ovo *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae).

O tempo entre a inserção do ovipositor, por fêmeas de *C. noackae*, e a retirada variou de 2,34 a 11,95 e de 2,67 a 5,96 minutos para fêmeas virgens ou copuladas, com médias de 5,13 e de 3,69 minutos, respectivamente ( $p= 0,4952$ ;  $F= 0,5106$ ) (Tabela 1). Esses valores são semelhantes aos de fêmeas copuladas desse parasitoide com tempo de inserção do ovipositor entre dois e 10 minutos (Haas et al 2014), mas diferem daqueles de fêmeas virgens e copulas de *C. noackae* em ovos de *T. peregrinus*, as quais inseriram o ovipositor entre 4,1 e 1,9 minutos por ovo, respectivamente (Mutitu et al. 2013). Isso varia entre parasitoides, pois *A. delicatus* inseriu o ovipositor no ovo de *Prokelisia marginata* Van Duzee (Homoptera:

Delphacidae) durante 119 segundos (1,98 minutos) (Cronin & Strong 1990), tempo relativamente mais curto que o de *C. noackae* para inserir o ovipositor nos ovos do percevejo-bronzeado. Variações no tempo de inserção do ovipositor entre espécies de parasitoides pode ser explicado por diferenças na espessura do ovo do hospedeiro, afetando o tempo de perfuração da cutícula do mesmo (Vinson 1985).

Algumas fêmeas de *C. noackae* voltaram a ovipositar no mesmo ovo e, apenas, uma fêmea copulada não encontrou os ovos no intervalo de uma hora. O comportamento de fêmeas virgens ou copuladas em *C. noackae* de ovipositarem em um ovo, previamente parasitado foi observado também em outros estudos para este parasitoide em ovos de *T. peregrinus* (Mutitu et al. 2013; Haas et al. 2014). Parasitoides marcam, com substâncias químicas, antes mesmo de liberarem os ovos no hospedeiro (Strand et al. 1980; Tanaka 1987), permitindo que as fêmeas reconheçam mudanças químicas internas de ovos parasitados (Vinson 1998). Esse comportamento de retorno pode estar associado a necessidade do parasitoide em perpetuar a espécie e obter sucesso reprodutivo, como constatado para *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Moreira et al. 2009).

**Tabela 1.** Tempo (média  $\pm$  desvio-padrão) de encontro do primeiro ovo em minutos (Prim. min.), demais ovos em minutos (Dem. Min.), forrageamento em segundos (For. Seg) e inserção do ovipositor em minutos (Ins. Min) de *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) em ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae)

Fêmea	Prim. (Min)	Dem. (Min)	For. (Seg)	Ins. (Min)
Virgem	15,21 $\pm$ 15,15 <sup>NS</sup>	3,85 $\pm$ 6,96 <sup>NS</sup>	24,49 $\pm$ 4,94 <sup>NS</sup>	5,13 $\pm$ 3,45 <sup>NS</sup>
Copulada	17,14 $\pm$ 11,67	0,86 $\pm$ 0,18	21,20 $\pm$ 5,87	3,69 $\pm$ 0,99

(NS) Anova não significativa na coluna.

Fêmeas virgens ou copuladas inseriram o ovipositor em 59% e 64% dos ovos de *T. peregrinus* oferecidos, respectivamente, durante o período de avaliação (1 hora/fêmea) ( $p= 0,58060$ ;  $F= 0,3285$ ) (Tabela 2). Aproximadamente 100% desses ovos foram, efetivamente, parasitados, com 55% (fêmeas virgens) e 62% (fêmeas copuladas) em uma hora ( $p= 0,58060$ ;  $F= 0,3285$ ), mostrando alta capacidade de

parasitismo neste período de tempo (Tabela 2). O número de adultos de *C. noackae*, emergido por ovo, foi de um, confirmando resultados com emergência de um parasitoide por ovo de *T. peregrinus* (Mutitu et al 2013). O número de parasitoides por ovo varia com a qualidade do ovo hospedeiro e do volume (Bueno et al. 2009). Ovos de *T. peregrinus* tem 0,48 mm de comprimento (Souza et al. 2012) e o *C. noackae*, 0,5 mm (Lin et al. 2007) justificando-se a emergência de, apenas, um indivíduo por ovo.

A viabilidade dos ovos de *T. peregrinus* parasitados por *C. noackae* variou de 10 a 100%, com média de 75% para fêmeas copuladas e de 83 a 100%, com média de 97% para fêmeas virgens ( $p= 0,12252$ ;  $F= 2,9823$ ) (Tabela 2).

A razão sexual mostrou que fêmeas virgens (sem ovos fertilizados) dão origem, somente, a machos (razão sexual 0,0), enquanto fêmeas copuladas (ovos fertilizados) originaram machos e fêmeas (razão sexual 0,68), com maior número de fêmeas emergidas (Tabela 2). Fêmeas podem ajustar a razão sexual de acordo com o tamanho do hospedeiro, qualidade, competição e sequência de oviposição (Waage 1986; van Baaren et al. 1995). Confirma-se a reprodução de *C. noackae* por partenogênese arrenótoca, como relatada para este inseto em que a razão sexual de fêmeas virgens deste parasitoide foi 100% machos (Mutitu et al. 2013) e comum em Mymaridae (Jervis et al. 2001).

**Tabela 2.** Ovos inseridos por fêmea (%), parasitismo (%), viabilidade (%) e razão sexual (média  $\pm$  desvio-padrão) de *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) em ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) durante 1 hora de avaliação

Fêmea	Ovos inseridos (%)	Parasitismo (%)	Viabilidade (%)	Razão sexual
Virgem	59 $\pm$ 24,24	55 $\pm$ 24,60	97,13 $\pm$ 6,14	0,00 $\pm$ 0,00
Copulada	64 $\pm$ 29,88 <sup>NS</sup>	62 $\pm$ 30,11 <sup>NS</sup>	75,98 $\pm$ 38,33 <sup>NS</sup>	0,68 $\pm$ 0,08 *

\* Diferença significativa, (NS) Anova não significativa na coluna.

Fêmeas virgens inseriram o ovipositor com maior preferência nas laterais do ovo de *T. peregrinus*, média de 55%, seguido do opérculo e oposto do opérculo com 33 e 10%, respectivamente ( $p= 0,00003$ ;  $F= 18,757$ ) (Tabela 3). Fêmeas copuladas preferiram inserir o ovipositor nas laterais e opérculo do ovo, com 50 e 46%,

respectivamente, que no lado oposto do opérculo, com 3% ( $p= 0,0001$ ;  $F= 16,822$ ) (Tabela 3). O status de acasalamento não diferiu o local de oviposição ( $p= 0,1141$ ;  $F= 2,2865$ ). Isso varia com o parasitoide, pois *G. gallardoi* teve em ovos de *S. dentiventris* 51% de inserção do ovipositor no pseudoopérculo e 34% no lado oposto do ovo e as outras inserções nas laterais (13%) e no topo do ovo (4,88%) (Rocha et al. 2006). A preferência do local de inserção do ovipositor por *C. noackae* nas laterais e opérculo do ovo de *T. peregrinus* não se deve a textura do cório, a qual tem espessura, aproximadamente, 0,44 mm em toda a sua superfície (Souza et al. 2012). Isso mostra que esta preferência não se deve a espessura do ovo de *T. peregrinus*, mas por outras características deste parasitoide. A frequência de acasalamento, tamborilamento (forrageamento) e oviposição dos parasitoides *Anaphes nitens* Girault e *Anaphes inexpectatus* Huber & Prinsloo (Hymenoptera: Mymaridae), ambos parasitoides de ovos de *Gonipterus platensis* Marelli (Coleoptera: Curculionidae), praga exótica do eucalipto, foi maior nas temperaturas entre 10 a 25°C, e menor a 5°C (Valente et al. 2017). Isso indica que a temperatura pode, também, afetar o comportamento de acasalamento e oviposição de *C. noackae*.

**Tabela 3.** Frequência (média  $\pm$  desvio-padrão) do local de inserção do ovipositor por fêmeas virgens ou copuladas do parasitoide *Cleruchooides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) em ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae)

Fêmea	Local de inserção do ovipositor no ovo (%)		
	Oposto do opérculo	Opérculo	Lateral
Virgem	10,78 $\pm$ 13,08 Ac	33,66 $\pm$ 13,60 Ab	55,56 $\pm$ 13,36 Aa
Copulada	3,43 $\pm$ 6,84 Ab	46,34 $\pm$ 19,06 Aa	50,23 $\pm$ 17,63 Aa

Média, seguidas de mesma letra minúscula por linha ou maiúscula, por coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### **Bioensaio 3 - Parasitismo, em ovos de *Thaumastocoris peregrinus*, de fêmeas virgens e copuladas de *Cleruchooides noackae***

O parasitismo e a duração do período de ovo-adulto de fêmeas virgens e acasaladas de *C. noackae* foi semelhante de 89,52 e 89,05 % ( $p= 0,8831$ ;  $F= 0,0222$ ) e de 15,21 e 14,40 dias ( $p= 0,06944$ ;  $F= 3,6805$ ), respectivamente (Tabela 4). A razão sexual para fêmeas copuladas, 0,65, foi maior que para aquelas virgens, 0,00

( $p < 0,0001$ ;  $F = 457,81$ ). A viabilidade da progênie de fêmeas virgens ou copuladas de *C. noackae*, 99% e 92%, respectivamente diferiram entre si ( $p < 0,0002$ ;  $F = 19,7328$ ) (Tabela 4).

O parasitismo de fêmeas copuladas ou virgens de *C. noackae* foi alta e semelhante, superior a 89%, concordando com o relatado para fêmeas copuladas ou virgens de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) (Queiroz et al. 2017). No entanto, fêmeas virgens de *A. delicatus*, com partenogênese arrenótoca parasitaram maior número de ovos de *P. marginata* que aquelas copuladas (Cronin & Strong 1990).

A viabilidade de *C. noackae* foi maior para fêmeas virgens, o que indica que os machos ficam menos retidos nos ovos de *T. peregrinus* que as fêmeas. No entanto, isto varia entre parasitoides, pois a porcentagem de emergência da progênie de fêmeas copuladas ou virgens de *T. remus* em ovos de *S. frugiperda* foi semelhante (Queiroz et al. 2017).

A razão sexual de fêmeas copuladas de *C. noackae* nesse estudo, 0,65, difere daquela em que a razão sexual de fêmeas copuladas foi 0,46, com emergência de mais machos em relação as fêmeas (Mutitu et al. 2013). Porém assemelha-se a razão sexual de fêmeas virgens, 0,00 (Mutitu et al. 2013), confirmando a reprodução arrenótoca desse parasitoide (Mutitu et al. 2013). A reprodução partenogenética do tipo arrenótoca é a mais comum para Hymenoptera (Pratissoli et al. 2014) como verificado para *T. remus* (Queiroz et al. 2017), *C. noackae* (Mutitu et al. 2013), *A. breviphragma*, *Anagrus ensifer* e *Anagrus incarnatus* (Usmani 2012) e *A. delicatus* (Cronin & Strong 1990). A falta de acasalamento pode comprometer a eficiência de fêmeas de parasitoides no campo (Pratissoli et al. 2014) e dificultar a criação massal. Porém, a estratégia de liberação de *C. noackae* em plantações de eucalipto no Brasil, realizada após a emergência dos adultos no frasco de liberação, pode aumentar a chance de acasalamento das fêmeas a serem liberadas, garantindo a continuidade no parasitismo, no mínimo até a segunda geração de *T. peregrinus*.

O período ovo-adulto de *C. noackae* foi semelhante para a progênie de fêmeas acasaladas ou virgens, em torno 15 dias a 24°C. Nesta temperatura, em laboratório, o parasitoide *C. noackae* se desenvolveu em 15,7 dias em ovos de *T. peregrinus* de um a três dias de idade (Mutitu et al. 2013), semelhante dos resultados deste trabalho.

**Tabela 4.** Parasitismo (%), viabilidade (%), razão sexual, e duração do período de ovo-adulto (dias) (média  $\pm$  desvio-padrão) de fêmeas virgens e copuladas de *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) criados ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae)

Fêmea	Parasitismo (%)	Viabilidade (%)	Razão sexual	Ovo-adulto (Dias)
Virgem	89,52 $\pm$ 10,23 <sup>NS</sup>	99,40 $\pm$ 7,29 *	0,00 $\pm$ 0,00	15,21 $\pm$ 0,29
Copulada	89,05 $\pm$ 11,79	92,42 $\pm$ 2,72	0,65 $\pm$ 0,14 *	15,40 $\pm$ 0,36 <sup>NS</sup>

\* Diferença significativa, (NS) Anova não significativa

## REFERÊNCIAS

Barbosa, L.R., Santos, F., Machado, B.O., Wilcken, C.F., Soliman, E.P., Zaché, B. 2012. Percevejo-bronzeado do eucalipto: reconhecimento, danos e direcionamentos para o controle. Embrapa Florestas 27 p.

Barbosa, L.R., Santos, F., Buhner, C.B., Nichele, L.A., Wilcken, C.F., Soliman, E.P. 2015. Criação massal do percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus*: Carpinteiro & Dellapé, 2006 (Hemiptera, Thaumastocoridae). Embrapa Florestas 22 p.

Beserra, E., Parra, J.R.P. 2003. Comportamento de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em posturas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Revista Brasileira de Entomologia 47(2):205-209.

Bueno, R.C.O.F., Parra, J.R.P., Bueno A. F., Haddad, M. 2009. Desempenho de tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). Neotropical entomology 38(3):389-394.

Carpintero, D.L., Dellapé, P.M. 2006. A new species of *Thaumastocoris Kirkaldy* from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae). Zootaxa 1228(1228): 61-68.

Corbet, S.A. 1985. Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. Ecological Entomology 10(2):143-153.

Cronin, J.T., Strong, D.R. 1990. Biology of *Anagrus delicatus* (Hymenoptera: Mymaridae) an egg parasitoid of *Prokelisia marginata*. Annals of the Entomological Society of America 83(4):846-854.

Cross, D. 2009. The parasitoids of *Thaumastocoris* spp. in the Sydney Region. Tese de mestrado, Department of Food and Natural Resources, University of Sydney 42p.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. 2002a. Ecologia. In: Entomologia agrícola. Ed. Gallo, D., Nakano, O.,

Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. FEALQ 191-218.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. 2002b. Reprodução e Desenvolvimento dos insetos. In: Entomologia agrícola. Ed. Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. FEALQ 172-180.

Haas, J., Barbosa, L.R., Mazaro, S.M., Potrich, M., da Silva, E.R.L., Padilha, M.L. 2014. Comportamento da oviposição de *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), parasitoide de ovos de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). Anais do XXV Congresso Brasileiro de Entomologia 1 p.

IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 2008. Percevejo-bronzeado no Brasil. Folheto PROTEF/IPEF 11 p.

Jacobs, D.H., Naser, S. 2005. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to *Eucalyptus* trees: research in action. South African Journal of Science 101(5): 233-236.

Jervis, M.A., Heimpel, G.E., Ferrns, P.N. 2001. Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of "ovigeny". Journal of Animal Ecology 70(3): 442-458.

Kaiser, L., Pham-delegue, M.H., Masson, C. 1989. Behavioural study of plasticity in host preferences of *Trichogramma maidis* (Hym.: Trichogrammatidae). Physiological Entomology 14(1):53-60.

Lin, N.Q, Huber, J.T, Salle, J.L. 2007. The Australian genera of *Mymaridae* (Hymenoptera: Chalcidoidea). Zootaxa 1596(1596):1-111.

Moreira, M.D., dos Santos, M.C.F., Beserra, E.B., Torres, J.B., Almeida, R.P. 2009. Parasitismo e superparasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotropical Entomology 38(2):237-242.

Mutitu, E.K., Garnas, J.R., Hurley, B.P., Wingfield, M.J., Harney, M., Bush S.J., Slippers, B. 2013. Biology and rearing of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the biological control of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). Journal of Economic Entomology 106(5): 1979-1985.

Nadel, R.L., Noack, A.E. 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. International Journal of Pest Management 58(3):257-266.

Noack, A., Rose, H. 2007. Life-history of *Thaumastocoris peregrinus* and *Thaumastocoris* sp. In the laboratory with some observations on behaviour. General and Applied Entomology 36: 27-33.

Nurindah, Cribb, B.W., Gordh, G. 1999. Experience acquisition by *Trichogramma australicum* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Australian Journal of Entomology 38(2): 115-119.

Pratissoli, D., Kloss, T.G., Zinger, F.D., Carvalho, J.R., Vianna, U.R., Paes, J.P. 2014. Does mating interfere in the biological characteristics of a population of *Trichogramma pretiosum*? Anais da Academia Brasileira de Ciências 86(1):459-464.

Queiroz, A.P., Bueno, A.F., Pomari-Fernandes, A., Bortolotto, O.C., Mikami, A.Y., Olive, L. 2017. Influence of host preference, mating, and release density on the parasitism of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera, Platygasteridae). Revista Brasileira de Entomologia 61(1): 86-90.

Rocha, L., Redaelli, L., Mendonça Jr, M.S. 2006. Oviposition behaviour of *Gryon gallardoi* (Hymenoptera, Scelionidae) on eggs of different ages of *Spartocera dentiventris* (Hemiptera, Coreidae). Iheringia, Série Zoologia 96(3):277-282.

Soliman, E.P. 2010. Bioecologia do percevejo-bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) em eucalipto e prospecção de inimigos naturais. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo. 90 p.

Souza, G.K., Zanuncio, J.C, Leite, G.L.D., Serrão, J.E., Zanuncio, T.V. 2012. Morfologia de ovos, glândulas salivares e sistemas digestivo e reprodutor de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) Dissertação 47p.

Souza, A.R., Candelaria, M.C., Barbosa, L.R., Wilcken, C.F., Campos, J.M., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C. 2016. Longevity of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures. Florida Entomologist 99(1): 33-37.

Strand, M.R., Ratner, S., Vinson, S.B. 1980. Maternally induced host regulation by the egg parasitoid *Telenomus heliothidis*. *Physiological Entomology* 8(4): 469-475.

Tanaka, T. 1987. Calyx and venom fluids of *Apanteles kariyai* (Hymenoptera: Braconidae) as factors that prolong larval period of the host, *Pseudaletia separata* (Lepidoptera: Noctuidae). Annals of the Entomological Society of America 80(4): 530-533.

Usmani, M.K. 2012. Biological investigations on some species of *Anagrus* (Hymenoptera, Mymaridae), egg parasitoids of leafhoppers (Hemiptera). APCBEE Procedia 4:1-5.

Valente, C., Gonçalves, C.I., Reis, A., Branco, M. 2017. Pre-selection and biological potential of the egg parasitoid *Anaphes inexpectatus* for the control of the Eucalyptus snout beetle, *Gonipterus platensis*. Journal of Pest Science 90(3): 911-923.

van Baaren, J., Nénon, J.P., Boivin G. 1995. Comparison of oviposition behavior of a solitary and a gregarious parasitoid (Hymenoptera: Mymaridae). *Journal of Insect Behavior* 8(5): 671-686.

Vinson, S.B. 1985. The behavior of parasitoids. *In: Kerkut, G.A., Gilbert, L.I. "Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology"* Pergamon Press, NY 9:417-469.

Vinson, S.B. 1991. Chemical signals used by insect parasitoids. *Redia, Geornale de Zoologia* 124:15-42.

Vinson, S.B. 1998. The general host selection behaviour of parasitoid hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. *Biological Control* 11:79-96.

Waage, J.K. 1986. Family planning in parasitoids: Adaptive patterns of progeny and sex allocation. *In: Waage, J., and Greatheat, D. Insect Parasitoids*, Academic Press 63-96.

Wajnberg, E. 1989. Analysis of variations of handling-time in *Trichogramma maidis*. *Entomophaga* 34(3):397-407.

Wilcken, C.F., Soliman, E.P., Nogueira de Sá, L.A., Barbosa, L.R., Dias, T.K.R., Ferreira Filho, P.J., Rodrigues Oliveira, R.J. 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. *Journal of Plant Protection Research* 50(2): 201-205.

Wilcken, C.F., Barbosa, L.R., Soliman, E.P., Lima, A.C.V., de Sá, L.A.N., Lawson, S. 2015. Percevejo-bronzeado-do-eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpinteiro & Dellapé. *In: Vilela EF, Zucchi RA. Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros. Fealq: 898-908.*

Wilcken, C.F., Becchi, L.K., Souza, N.M., Souza, A.R., Puretz, B.O., Velozo, S.G.M., Dias, T.K.R., Junqueira, L.R., Barbosa, L.R., de Sá, L.A.N., Zanuncio, J.C. 2016. Percevejo-bronzeado no Brasil. Material didático, Panfleto, 2p.

Zanuncio, J.C., do Nascimento, E.C., Garcia, J.F. 1994. Major lepidopterous defoliators of eucalyptus, in the Southeast Brasil. *Forest Ecology and Management* 65(1): 53-63.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Cleruchoides noackae* é um agente potencial no controle de *Thaumastocoris peregrinus*, e pode se adaptar à diferentes regiões do Brasil com condições climáticas próximas das estudadas nesta dissertação. No entanto, apresentou diferenças nos parâmetros biológicos estudados, quando expostos, em laboratório, a diferentes temperaturas, que podem servir para o aprimoramento da criação massal desse parasitoide e no manejo do percevejo-bronzeado a campo.

A temperatura afetou a duração do período ovo-adulto de *C. noackae*, com maior tempo de desenvolvimento em temperaturas mais baixas e menor tempo de desenvolvimento em temperaturas mais altas. A viabilidade (emergência) de *C. noackae* também sofreu influência da temperatura, apresentando maior emergência entre 18 a 24°C, do que a 30°C. No entanto, a razão sexual, parâmetro importante para a manutenção do parasitoide em laboratório e no campo após liberações inoculativas, foi acima de 0,57 e semelhante nas temperaturas estudadas.

Quanto ao parasitismo, avaliado em diferentes temperaturas, *C. noackae* apresentou maior capacidade de parasitismo entre 21 e 27°C, quando comparados a 30°C, e ainda o maior número de ovos de *T. peregrinus* parasitados ocorreu durante as primeiras 24 h de vida das fêmeas de *C. noackae*, diminuindo a capacidade de parasitar com o avanço da idade da fêmea. A longevidade desse parasitoide foi maior a 15, 21 e 24°C (fêmeas) e a 15 e 24°C (machos), do que a 30°C para ambos.

O acasalamento é importante para *C. noackae* ter progênes fêmeas, responsáveis pelo parasitismo. Fêmeas desse parasitoide, após encontrar o primeiro hospedeiro, diminuem, por aprendizagem, o tempo de encontro dos demais hospedeiros, aumentando sua eficiência no parasitismo. Em uma hora, mais de 50% dos ovos de *T. peregrinus* oferecidos às fêmeas de *C. noackae* foram parasitados por aquelas virgens ou copuladas, indicando alto e rápido parasitismo. Fêmeas virgens e copuladas tem capacidade semelhante de parasitismo em laboratório a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h, porém, a viabilidade é menor para fêmeas copuladas.

A capacidade de fêmeas de *C. noackae* em acasalar e ovipositar logo após a emergência, e maior parasitismo durante as primeiras 24 h, em diferentes temperaturas são características que favorece o controle biológico de *T. peregrinus*, principalmente, pela baixa longevidade deste parasitoide.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários: Controle de insetos pragas**. Agrofít, Brasília. 2017. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 09 fev. 2017.
- ANDRADE, E. N. **O eucalipto**. 2. ed. Jundiaí: Cia. Paulista de Estradas de Ferro. 1961, 665p.
- BARBOSA, L. R.; SANTOS, F.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P. **Registro de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) no estado do Paraná**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 30, n. 61, p.75-77, 2010.
- BARBOSA, L.R., SANTOS, F., MACHADO, B.O., WILCKEN, C.F., SOLIMAN, E.P., ZACHÉ, B. **Percevejo-bronzeado do eucalipto: reconhecimento, danos e direcionamentos para o controle**. Embrapa Florestas, 2012, 27 p.
- BARBOSA, L.R., SANTOS, F., BARDDAL, H.P.O., MACHADO, B.O., WILCKEN, C.F., SOLIMAN, E.P. Predação de *Thaumastocoris peregrinus* por *Chrysoperla externa*. *Comunicado técnico*, Embrapa, 2010, 1-4.
- BUTTON G. ***Thaumastocoris peregrinus***. Forestry facts [online]. Pietermaritzburg: NCT Forestry Co-operative Limited, p.16-17, 2007. Disponível em: <http://www.nctforest.com/upload/Publications/NV%202007%20April.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- CARPINTERO, D.L., DELLAPÉ, P.M. **A new species of *Thaumastocoris Kirkaldy* from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae)**, Zootaxa, v.1228, p.61-68, 2006.
- COSTA, E. C.; ARALDI, D. B. **Entomofauna florestal: Uma visão holística**. In: CANTARELLI, E. B.; COSTA, E. C. (Org.). Entomologia Florestal Aplicada. Santa Maria: Editora UFSM, 2014, p.13-34.
- CROSS, D. **The Parasitoids of *Thaumastocoris* spp. in the Sydney Region**. 2009. 47 f. Tese (Mestrado)-Department of Food and Natural Resources, University of Sydney, Sydney, 42p, 2009.
- DIAS, T.K.R., WILCKEN, C.F., SOLIMAN, E.E., BARBOSA, L.R., SERRÃO, J.E., ZANUNCIO, J.C. **Predation of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera:**

**Thaumastocoridae) by *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) in Brazil.** ISJ-Invertebrate Survival Journal, v.11, p.224-227, 2014.

GARCIA, A.; FIGUEIREDO, E.; VALENTE, C.; MONSERRAT, V. J.; BRANCO, M. **First record of *Thaumastocoris peregrinus* in Portugal and of the neotropical predator *Hemerobius bolivari* in Europe.** Bulletin of Insectology, Bologna, v. 66, n.2, p. 251-256, 2013.

GULLAN, P.J., CRANSTON, P.S. **Desenvolvimento e ciclo dos insetos.** In: Gullan, P.J., Cranston, P.S. Insetos: Fundamentos da Entomologia. 5.ed. Roca, Rio de Janeiro, 2017, p. 117-137.

HURLEY, B., SLIPPERS, B., WINGFIELD, M. ***Thaumastocoris peregrinus* in Africa and South America.** pp. 21. In: International Union of Forest Research Organizations (IUFRO). Supplement to the Montesclaros Declaration. IUFRO meeting Montesclaros, Monastery, Spain, p. 23-27, 2011.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório da Indústria Brasileira de Árvores, ano base 2015.** Brasília: 100 p, 2016.

IDE, S.M.; RUIZ, C. G.; SANDOVAL, A. C.; VALENZUELA, J. E. **Detección de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) asociado a *Eucalyptus* spp. em Chile.** Bosques, Valdivia, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2011.

IPEF. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. **Percevejo-bronzeado no Brasil.** Piracicaba: PROTEF/IPEF, Folheto. 11p, 2008.

JACOBS, D. H.; NESER, S. ***Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to *Eucalyptus* trees: research in action.** South African Journal of Science, v. 101, n. 5, p. 233-236, 2005.

JIMÉNEZ-QUIROZ, E.; VANEGAS-RICO, J. M.; MORALES-MARTÍNEZ, O.; LOMELI-FLORES, J. R.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E. **Record of the Bronze Bug, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), in Mexico.** Journal of Agricultural and Urban Entomology, v. 32, n. 1, p. 35-39, 2016.

JUNQUEIRA, L. **Quantificação de danos causados por *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) em eucalipto.** 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

LAUDONIA, S.; SASSO, R. **The bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus*: a new insect recorded in Italy, damaging to Eucalyptus trees.** Bulletin of Insectology, Bologna, v. 65, n. 1, p. 89-93, 2012.

LIMA, A.C.V. **Amostragem e dinâmica populacional do percevejo-bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) em floresta clonal de eucalipto.** 2011. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

LIMA, A.C.V., WILCKEN, C.F., FERREIRA-FILHO, P.J., SERRÃO, J.E., ZANUNCIO, J.C. **Intra-plant spatial distribution of *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus grandis* plants.** Phytoparasitica, v.44, n.4, p.411-418, 2016.

LIN, N.Q.; HUBER, J.T.; SALLE, J.L. **The Australian genera of *Mymaridae* (Hymenoptera: Chalcidoidea).** Zootaxa, v.1596, n.1596, p.1-111, 2007.

LONGUE JÚNIOR, D.; COLODETTE, J. L. **Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal.** Pesquisa Florestal Brasileira, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.

LORENCETTI, G.A.T.; MENEZES, M.J.S.; JUNG, P.H.; GONÇALVES, T.E.; BARBOSA, L. R.; POTRICH, M.; MAZARO, S. M; SILVA, E. R. L. **Análise do potencial de isolados de *Beauveria bassiana* Vuill (Ascomycetes: Clavicipitaceae) para controle de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae).** In: I CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR, 2011, Dois Vizinhos/PR. Resumo Expandido. Dois Vizinhos, UTFPR, 2011.

MARTINEZ, G.; BIANCHINI, M. **Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellappé, 2006 (Heteroptera: Thaumastocoridae).** Agrocência, Montevideo, v.14, n.1, p.15-18, 2010.

MASCARIN, G.M.; DUARTE, V.S.; BRANDÃO, M.M.; DELALIBERA JR, I. **Natural occurrence of *Zoopththora radicans* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) on *Thaumastocoris peregrinus* (Heteroptera: Thaumastocoridae) na invasive pest recently found in Brazil.** Journal of Invertebrate Pathology, v.110, n. 2012, p.401-404, 2012.

MEYERSON, L.A; MOONEY, H.A. **Invasive alien species in an era of globalization.** The ecological society of America, v.5, n.4, p.199-208, 2007.

MUTITU, E.K.; GARNAS, J.R.; HURLEY, B.P.; WINGFIEL, M.J.; HARNEY, M.; BUSH, S.J.; SLIPPERS, B. **Biology and rearing of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the biological control of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae).** Journal of Economic Entomology, v.106, n.5, p.1979-1985, 2013.

NADEL, R.L., SLIPPERS, B., SCHOLLES, M.C., LAWSON, S.A., NOACK, A.E., WILCKEN, C.F., BOUVET, J.P., WINGFIELD, M.J. **DNA bar-coding reveals source and patterns of *Thaumastocoris peregrinus* invasions in South Africa and South America.** Biological Invasions, v.12, p.1067-1077, 2010.

NADEL, R.L.; NOACK, A.E. **Current understanding of *Thaumastocoris peregrinus* in a quest for its management and control.** International J Pest Management, v.58, n.03, p.257-266, 2012.

NOACK, A. E.; COVIELLA, C.E. ***Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Hemiptera: Thaumastocoridae): first record of this invasive pest of *Eucalyptus* in the Americas.** General and Applied Entomology, v.35, p.13-14, 2006.

NOACK, A. E., KAAPRO, J., BARTIMOTE-AUFFLICK, K., MANSFIELD, S., ROSE, H.A. **Efficacy of imidacloprid in the control of *Thaumastocoris peregrinus* on *Eucalyptus scoparia* in Sydney, Australia.** Arboriculture & Urban Forestry, v.35, n.4, p.192-196, 2009.

NOACK, A. E., CASSIS, G., ROSE, H. A. **Systematic revision of *Thaumastocoris kirkaldy* (Hemiptera: Heteroptera: Thaumastocoridae).** Zootaxa, v. 3121, p.1-60, 2011.

NOACK, A.E., ROSE, H.A. **Life-history of *Thaumastocoris peregrinus* and *Thaumastocoris* sp. in the laboratory with some observations on behaviour.** General and Applied Entomology, v.36, p.27-33, 2007.

OHMART, C.P.; EDWARDS, P.B. **Insect herbivory on *Eucalyptus*.** Annual Review of Entomology, v. 36, n.1, p.637-657, 1991.

PENFOLD, A.R.; WILLIS, J.L. **The eucalypts.** London: Leonard Hill, 1961, 551 p.

QUEIROZ, L.R.S.; BARRIQUELO, L.E.G. **O eucalipto: um século no Brasil**. São Paulo: Antônio Bellini Editora & Cultural, 2007, 127 p.

SAN ROMAN, L. M.; FIRMINO, A. C.; FURTADO, E. L.; WILCKEN, C.F. **Identificação e caracterização de *Fusarium* sp. e *Paecilomyces* sp. entomopatogênicos isolados do percevejo-bronzeado do eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae)**. In: XXIV Congresso Brasileiro de Entomologia, 2012, Curitiba/PR. Resumo. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Entomologia. Curitiba: Embrapa, 2012.

SANTADINO, M.V.; RIQUELME, V.M.B.; COVIELLA, C.E. **First record of native predators on the invasive species *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera:Thaumastocoridae) in Eucalyptus in Argentina**. Revista de la Sociedad Entomológica, v.72, n.3-4, p.219–222, 2013.

SOLIMAN, E. P. **Bioecologia do percevejo-bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) em eucalipto e prospecção de inimigos naturais**. 2010. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOLIMAN, E.P.; WILCKEN, C.F.; PEREIRA, J.M.; DIAS, T.K.R.; ZACHÉ, B.; DALPOGETTO, M.H.F.A.; BARBOSA, L.R. **Biology of *Thaumastocoris peregrinus* in different *Eucalyptus* species and hybrids**. Phytoparasitica, v.40, n.3, p.223-230, 2012.

SOLIMAN, E. P. **Controle biológico de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) com fungos entomopatogênicos**. 2014. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

SOPOW, S.; GEORGE, S.; WARD, N. **Bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus*: a new *Eucalyptus* pest in New Zealand**. Surveillance, Wellington, v. 39, n.2, p. 43-46, 2012.

SOUZA, G.K.; PIKART, T.G.; PIKART, F.C.; SERRÃO, J.E.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J.C. **First record of a native heteropteran preying on the introduced eucalyptus pest, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), in Brazil**. Florida Entomologist, v.95, n.2, p.517-520, 2012.

SOUZA, G.K.; PIKART, T.G.; ZANUNCIO, T.V.; WILCKEN, C.F.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. **Reproductive tract histology of *Thaumastocoris peregrinus***

**(Hemiptera: Thaumastocoridae).** Annals of the Entomological Society of America, v.107, n.4, p.853-857, 2014.

SOUZA, A.R.; CANDELARIA, M.C.; BARBOSA, L.R.; WILCKEN, C.F.; CAMPOS, J.M.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. **Longevity of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures.** Florida Entomologist, v.99, n.1, p.33-37, 2016.

TEE, H.S.; LEE, C.Y. **Influences of temperature and ootheca age on the life history of the cockroach ootheca parasitoid *Aprostocetus hagenowii* (Hymenoptera: Eulophidae).** Journal of Economic Entomology, v.110, n.1, p. 213-220, 2016.

VALENTE, C.; GONÇALVES, C.I.; REIS, A.; BRANCO, M. **Pre-selection and biological potential of the egg parasitoid *Anaphes inexpectatus* for the control of the Eucalyptus snout beetle, *Gonipterus platensis*.** Journal of Pest Science, v.90, n.3, p.911-923, 2017.

WILCKEN, C.F.; SOLIMAN, E.P.; NOGUEIRA DE SÁ, L.A., BARBOSA, L.R.; DIAS, T.K.R.; FERREIRA FILHO, P.J.; RODRIGUES OLIVEIRA, R.J. **Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution.** Journal of Plant Protection Research, v. 50, n. 2, p. 201-205, 2010.

WILCKEN, C.F.; BARBOSA, L.R.; ZACHE, B.; FIRMINO, A.; DE SÁ, L.A.N.; ZANUNCIO, J, C.; JUNQUEIRA, L.R. **Biological control of the bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus*, in eucalyptus plantations in Brazil.** The International Forestry Review, v.16, n.5, p.325. 2014.

WILCKEN, C.F.; BARBOSA, L.R.; SOLIMAN, E.P.; LIMA, A.C.V.; DE SÁ, L.A.N.; LAWSON, S. 2015. **Percevejo-bronzeado-do-eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpinteiro & Dellapé.** In: Vilela, E.F; Zucchi, R.A. Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros. Fealq, Piracicaba, 2015, p.898-908.

ZANUNCIO, J.C.; do NASCIMENTO, E.C.; GARCIA, J.F. **Major lepidopterous defoliators of eucalyptus, in the Southeast Brasil.** Forest Ecology and Management, v.65, n.1, p.53-63, 1994.

ZÚBRIK, M.; KUNCA, A.; TURCANI, M.; VAKULA, J.; LEONTOVYC, R. **Invasive and quarantine pests in forests in Slovakia.** EPPO Bulletin, v.36, n.2, p.402-408, 2006.