

THAIS ALVES DA MOTA

BIOECOLOGIA DOS PARASITOIDES *Selitrichodes nesi* E *Quadrastichus mendeli* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EM *Leptocybe invasa* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Botucatu

2020

THAIS ALVES DA MOTA

BIOECOLOGIA DOS PARASITOIDES *Selitrichodes neseri* E *Quadrastichus mendeli* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EM *Leptocybe invasa* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken

Coorientadora: Dra. Amanda Rodrigues de Souza

Botucatu

2020

M917b

Mota, Thais Alves da

Bioecologia dos parasitoides *Selitrichodes neresi* e *Quadrastichus mendeli*
(Hymenoptera: Eulophidae) em *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) /

Thais Alves da Mota. -- Botucatu, 2020

67 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade
de Ciências Agronômicas, Botucatu

Orientador: Carlos Frederico Wilcken

Coorientadora: Amanda Rodrigues de Souza

1. Pragas exóticas. Vespa-da-galha-do-eucalipto. Longevidade.
Parasitismo. *Eucalyptus*. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências
Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: BIOECOLOGIA DOS PARASITÓIDES *Selitrichodes neneri* E *Quadrastichus mendeli* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EM *Leptocybe invasa* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

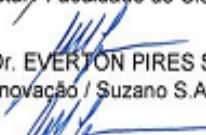
AUTORA: THAIS ALVES DA MOTA

ORIENTADOR: CARLOS FREDERICO WILCKEN

COORIENTADORA: AMANDA RODRIGUES DE SOUZA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA FLORESTAL,
pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS FREDERICO WILCKEN (Participação Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP


Pesquisador Dr. EVERTON PIRES SOLIMAN (Participação Virtual)
Tecnologia e Inovação / Suzano S.A.


Pesquisador Dr. LEONARDO RODRIGUES BARBOSA (Participação Virtual)
Entomologia Florestal / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Botucatu, 19 de novembro de 2020

Ofereço,

A Deus, minha maior fonte de inspiração e força.

A Jesus e Maria, por sempre iluminar e guiar meus passos a todo instante.

Aos meus amados pais Ana Paula e Edivaldo (Bada), por todo amor, força, carinho e incentivo para realização deste sonho.

A minha irmã Ana Carolina, por todo carinho, minha motivação para tentar ser melhor a cada dia.

Aos meus avôs e padrinhos Cida e João, por sempre me amarem incondicionalmente.

Aos meus tios e padrinhos Emeliana e André, e o meu primo João Paulo, por toda força e compreensão, e por sempre torcerem pelo meu futuro.

A todos meus familiares e amigos, amo todos vocês.

Em memória da minha bisavó Alzira Pelais Bergamini, que foi morar com Deus neste ano, obrigada por todos os ensinamentos e amor compartilhados, te amarei para sempre.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal por esta oportunidade de aperfeiçoamento profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken por todo conhecimento compartilhado, oportunidade, orientações e paciência.

À minha coorientadora, Dr. Amanda Rodrigues de Souza por todo conhecimento e experiência compartilhada, orientações, conselhos, e dedicação para a realização deste trabalho.

Ao Programa Cooperativo de Proteção Florestal (PROTEF) do Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais (IPEF), às empresas florestais associadas por toda a disponibilidade e ajuda, principalmente ao Luís Renato Junqueira por todo auxílio no desenvolvimento das pesquisas.

Ao Prof. Dr. José Raimundo de Souza, pela ajuda nas análises estatísticas, conhecimentos compartilhados e incentivo.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz L. Baldin e a Prof.^a Dr.^a. Magali Ribeiro da Silva, por terem participado da minha qualificação, atribuindo as correções e auxílio no enriquecimento do trabalho.

Ao Departamento de Proteção Vegetal, e a todos os seus funcionários.

Ao Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF), à Lorena e Fernanda por toda amizade, ajuda e carinho. À Barbara e Sidney, pela parceria no grupo da vespa, amizade e companheirismo. Ao Fábio e Caroline Dias, pela ajuda nas implantações dos experimentos e viagens, momentos de descontração e amizade. Ao Diego, Luciane, Murilo, Flávia, Ana Laura, Vanessa, Paula, Bianca, Maurício, Rafaela, Carolina Jorge, Caroline Jordan, a todos os estagiários pela amizade e convívio do dia-a-dia do laboratório.

A estagiária Beatriz Mazzi, por toda ajuda e companheirismo na montagem dos experimentos e manutenção da criação da vespa-da-galha do eucalipto e dos seus parasitoides.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho direta e indiretamente.

“É preciso ter uma meta, e a nossa meta é muito grande. Quem se acostuma com coisa pequena não pode ir para o céu. O céu é para quem sonha grande, pensa grande, ama grande e tem a coragem de viver pequeno. Isso é o céu”.

RESUMO

Os plantios de *Eucalyptus* spp. cresceram no Brasil apesar do aumento destas áreas plantadas, o surgimento de pragas exóticas ocasiona sérios danos econômicos. A vespa-da-galha-do-eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, (Hymenoptera: Eulophidae), originária da Austrália, é uma das principais pragas invasivas de eucaliptos ao Brasil. Os sintomas de *L. invasa* são a formação de galhas nas folhas, ramos novos e ponteiros das plantas. O controle biológico de *L. invasa* com os parasitoides *Selitrichodes neseri* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) e *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) é uma alternativa viável com benefícios ecológicos e econômicos. Estudos relacionados aos aspectos biológicos dos parasitoides são essenciais para o aprimoramento de criações massais em laboratórios e manejo de *L. invasa* a campo. Este estudo avaliou o parasitismo de *Q. mendeli* em condições laboratoriais e longevidade em diferentes dietas e temperaturas, e longevidade de *S. neseri* em diferentes dietas. O parasitismo de galhas de *L. invasa* por *Q. mendeli*, foi analisado sob condições laboratoriais. Diariamente realizou-se a contagem de adultos de *L. invasa* e *Q. mendeli* para verificar o seu desenvolvimento no tempo e taxa de parasitismo. A longevidade foi avaliada em diferentes temperaturas entre 18, 21, 24, 27 e 30 °C, e diferentes dietas a base de mel e pólen para *Q. mendeli* e *S. neseri*. O parasitoide *Q. mendeli* revelou alta emergência com sua liberação em laboratório e parasitismo de 19,2% $\pm$ 12,31 a 63,1 % $\pm$ 6,03. A longevidade de *Q. mendeli* foi maior com temperatura a 21 °C e dieta com 50 e 100% de mel com 98,8 $\pm$ 7,82 e 104,7 $\pm$ 8,77 dias de vida, respectivamente. A maior longevidade de *S. neseri* foi com dieta a base de mel, fêmeas de *Q. mendeli* foram mais longevas que fêmeas e machos de *S. neseri*.

Palavras-chave: Pragas exóticas. Vespa-da-galha-do-eucalipto. Longevidade. Parasitismo. *Eucalyptus*.

ABSTRACT

The plantations of *Eucalyptus* spp. grew in Brazil despite the increase in these planted areas, the appearance of exotic pests causes serious economic damage. The eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, (Hymenoptera: Eulophidae), originally from Australia, is one of the main invasive pests of eucalyptus in Brazil. The symptoms of *L. invasa* are the formation of galls on the leaves, new branches and pointers of the plants. The biological control of *L. invasa* with the parasitoids *Selitrichodes nesei* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) and *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) is a viable alternative with ecological and economic benefits. Studies related to the biological aspects of parasitoids are essential for the improvement of mass breeding in laboratories and the management of *L. invasa* in the field. This study evaluated the parasitism of *Q. mendeli* in laboratory conditions and longevity in different diets and temperatures, and longevity of *S. nesei* in different diets. The parasitism of galls of *L. invasa* by *Q. mendeli*, was analyzed under laboratory conditions. The counting of adults of *L. invasa* and *Q. mendeli* was performed daily to verify their development in time and parasitism rate. Longevity was evaluated at different temperatures between 18, 21, 24, 27 and 30 ° C, and different diets based on honey and pollen for *Q. mendeli* and *S. nesei*. The parasitoid *Q. mendeli* showed high emergence with its release in the laboratory and parasitism from 19.2% $\pm$ 12.31 to 63.1% $\pm$ 6.03. The longevity of *Q. mendeli* was higher with temperature at 21 ° C and a diet with 50 and 100% honey with 98.8 $\pm$ 7.82 and 104.7 $\pm$ 8.77 days of life, respectively. The greatest longevity of *S. nesei* was with a honey-based diet, females of *Q. mendeli* were more long-lived than females and males of *S. nesei*.

Keywords: Exotic pests. Eucalyptus gall wasp. Longevity. Parasitism. Eucalyptus.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	17
REVISÃO LITERATURA.....	19
Eucaliptocultura.....	19
Pragas exóticas do eucalipto.....	20
<i>Leptocybe invasa</i> (Hymenoptera: Eulophidae).....	21
Medidas de Controle para <i>Leptocybe invasa</i> (Hymenoptera: Eulophidae).....	22
Controle biológico de <i>Leptocybe invasa</i> (Hymenoptera: Eulophidae)....	23
<i>Selitrichodes neseri</i> (Hymenoptera: Eulophidae).....	24
<i>Quadrastichus mendeli</i> (Hymenoptera: Eulophidae).....	25
CAPÍTULO 1 - PARASITISMO DE <i>Leptocybe invasa</i> (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) POR <i>Quadrastichus mendeli</i> (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EM MUDAS DE <i>Eucalyptus</i> spp..	26
1.1 INTRODUÇÃO.....	28
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
1.2.1 Obtenção de <i>Quadrastichus mendeli</i>	29
1.2.2 Parasitismo de <i>Leptocybe invasa</i> por <i>Quadrastichus mendeli</i>	29
1.2.3 Delineamento experimental.....	30
1.2.4 Análise estatística.....	30
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	39
CAPÍTULO 2 - LONGEVIDADE DE <i>Quadrastichus mendeli</i> (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) E <i>Selitrichodes neseri</i> EM DIFERENTES DIETAS E TEMPERATURAS.....	42
2.1 INTRODUÇÃO.....	44
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.2.1 Obtenção de <i>Quadrastichus mendeli</i> e <i>Selitrichodes neseri</i>	45
2.2.2 Longevidade e sobrevivência de <i>Quadrastichus mendeli</i> em diferentes dietas e temperaturas.....	46
2.2.3 Longevidade e sobrevivência de <i>Quadrastichus mendeli</i> e <i>Selitrichodes neseri</i> em diferentes dietas.....	46

2.2.4	Avaliação.....	47
2.2.5	Análises estatística.....	47
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
2.3.1	Longevidade e sobrevivência de <i>Quadrastichus mendeli</i> em diferentes dietas e temperaturas.....	48
2.3.2	Longevidade e sobrevivência de <i>Quadrastichus mendeli</i> e <i>Selitrichodes nesi</i> em diferentes dietas.....	54
	REFERÊNCIAS.....	58
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS	63

INTRODUÇÃO GERAL

O eucalipto é originário da Austrália e foi introduzido comercialmente no Brasil no início do século XX, para a utilização na construção de estradas ferroviárias (FLORES et al., 2016). Atualmente, a eucaliptocultura vem se destacando mundialmente e, no Brasil, representando 1,3% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro (IBÁ, 2019).

Em 2019, a área plantada de eucalipto no Brasil foi equivalente a 6,97 milhões de hectares, sendo os estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, as maiores do país (IBÁ, 2020).

A expansão do cultivo do eucalipto no Brasil possibilitou o surgimento de pragas nativas e exóticas que ocasionam sérios danos de produtividade a cultura (PIMENTEL et al., 2001; ZANUNCIO, 1993). A introdução dos insetos exóticos no Brasil foi propiciada principalmente pelo aumento do comércio internacional de produtos, deslocamento de pessoas em diferentes regiões e a dispersão vinda de países vizinhos (QUEIROZ, 2009).

Em 2007 foi detectada a praga *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) no Brasil, conhecida popularmente como vespa-da-galha-do-eucalipto, em plantios de *Eucalyptus* no estado da Bahia. Esta praga causa galhas nas nervuras centrais das folhas, pecíolos e ramos novos. Seu desenvolvimento ocasiona a perda de crescimento de mudas e árvores, reduzindo a produtividade (WILCKEN e BERTI FILHO, 2010).

Além de ter um alto índice de danos nos plantios de eucaliptos, *L. invasa* também possui elevada taxa reprodutiva e pode completar até quatro gerações por ano, e atacar espécies e clones de *Eucalyptus* em diferentes idades (FERNANDES et al., 2014; MASSON, 2015; SOUZA, 2016).

O controle biológico desta praga é considerado uma ferramenta promissora para o seu controle. Em 2015, foi importado o parasitoide *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) da África do Sul para o Brasil, que tem demonstrado um bom estabelecimento a campo, e adaptabilidade para sua criação em condições laboratoriais (MASSON et al., 2017).

O parasitoide *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Tetrastichinae: Hymenoptera: Eulophidae), também originário da Austrália, ectoparasitoide

uniparental, pode ser uma alternativa eficiente para o controle biológico de *L. invasa* (KIM et al., 2008). Recentemente *Q. mendeli* foi detectado no Brasil, em área com plantio de *Eucalyptus* spp. com alta infestação de *L. invasa* (PURETZ et al., 2019).

Portanto, objetivou-se avaliar o parasitismo de *Q. mendeli* sob condições laboratoriais e longevidade de *Q. mendeli* e *S. neseri* em diferentes dietas e temperaturas.

REVISÃO LITERATURA

Eucaliptocultura

Originário da Austrália, o gênero *Eucalyptus* possui alta diversidade botânica, com 730 espécies. No entanto, apenas 20 espécies são utilizadas em plantios comerciais de alta escala (SANTAROSA et al., 2014).

No Brasil, o eucalipto foi introduzido em 1868, no Rio Grande do Sul, logo após foi plantado alguns exemplares no Rio de Janeiro na Quinta da Boa Vista. Em 1904 a 1909 iniciou diversos estudos no Horto do Jundiaí – SP, por Navarro de Andrade (MORA, GARCIA, 2000).

O setor florestal brasileiro tem se tornando referência mundial, devido ao seu avanço tecnológico em sustentabilidade e inovações. A área plantada no Brasil é de 7,83 milhões de hectares em 2018, distribuído nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%) (IBÁ, 2019).

Nosso país possui alta produtividade nas áreas plantadas devido às condições propícias de clima e solo (IBÁ, 2019). Os produtos mais produzidos são: celulose e papel, onde o Brasil se destaca como o segundo maior produtor do mundo, painéis de madeira, siderurgia e carvão, móveis, entre outros produtos. Além disto, o setor florestal tem representado cerca de 6,9% do PIB Industrial no País e movimentado R\$86,6 bilhões (SANTAROSA et al., 2014; IBÁ, 2019).

Um dos principais fatores que tem implicado a perda de produtividade nos plantios de eucaliptos é a ocorrência de pragas. O aumento de áreas plantadas, representou-se maior incidência de danos por formigas, lagartas desfolhadoras e besouros. Além disto, ocorreu a introdução de novas pragas exóticas, que resultaram aumentos nos custos de produção (SANTA ROSA et al., 2014).

Pragas exóticas do eucalipto

Os danos causados por insetos-pragas podem variar entre países, levando a perdas qualitativas e quantitativas (WINGFIELD, 2003).

Nos plantios de eucaliptos, a introdução de novas pragas e patógenos em plantios podem ocasionar sérios prejuízos (WINGFIELD et al., 2008).

O aumento de áreas plantadas pode influenciar o aparecimento de novas pragas, e a pressão dessas restrições biológicas acarretaram em uma maior adaptação e dispersão destes indivíduos, necessitando de novas táticas de controle eficientes (WINGFIELD et al., 2012).

No Brasil há diversas pragas exóticas introduzidas, dentre elas estão: *Phoracantha semipunctata* Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae) popularmente chamado como broca-do-eucalipto; causa danos em troncos de árvores que geralmente passou por estresse como estiagem, doenças e secas, e de árvores mortas (BERTI FILHO et al., 1995).

Gonipterus platensis Marelli e *Gonipterus pulverulentus* Lea (Coleoptera: Curculionidae) gorgulho-do-eucalipto, ocasionam desfolhamento da planta nas fases larval e adulta, tendo preferência pelo terço superior, reduzindo o potencial de crescimento das plantas atacadas (FREITAS, 1979; MANSILLA-VÁZQUEZ, 1992; WILCKEN, OLIVEIRA, 2015).

A vespa-da-galha-do-citriodora, *Epichrysocharis burwelli* Schauff (Hymenoptera: Eulophidae), ataca especificamente espécies de *Corymbia citriodora*, ocasionando danos como promover o necrosamento e a queda prematura das folhas, por depositarem galhas na epiderme foliar, resultando em diminuição da produção de óleo (BERTI FILHO, COSTA & LA SALLE, 2004; SANTANA, ANJOS, 2007; PEREIRA, BERTI FILHO, WILCKEN, 2015).

Glycaspis brimblecombei Moore (Hemiptera: Aphalaridae), psílideo-de-concha tem sido umas das pragas com grande destaque de danos, causando perda de produtividade em plantações de eucalipto. Esta praga se alimenta pela sucção da seiva de folhas de eucalipto, as ninfas são caracterizadas por uma secreção açucarada envolta do corpo, denominado de concha. Os danos obtidos pelo ataque desta praga são: descoloração, deformação, redução do índice fotossintético e tamanho das folhas, desfolha, presença de fumagina nas plantas, seca dos ponteiros,

em casos mais severos a morte da planta (CARNE E TAYLOR, 1984; WILCKEN et al., 2003).

O percevejo bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae), obteve seu primeiro relato no país em 2008, e rapidamente ocorreu a sua disseminação. Os danos ocasionados por esta praga é a presença do aspecto bronzeamento das folhas de eucalipto, devido a sucção da seiva das folhas (WILCKEN, 2008; WILCKEN et al., 2015).

E, por fim, a vespa-de-galha *Leptocybe invasa*.

Leptocybe invasa (Hymenoptera: Eulophidae)

A vespa-da-galha-do-eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle, (Hymenoptera: Eulophidae) pode ocasionar níveis elevados de danos em plantações de *Eucalyptus* spp. Essa vespa, originária da Austrália foi descoberta no Oriente Médio em 2000. Atualmente se encontra em diversos continentes, como: África, América do Norte, América do Sul, Ásia, Europa, Oceania e Oriente Médio (MENDEL et al., 2004; EPPO, 2017; DITTRICH SCHRÖDER et al., 2014).

As fêmeas de *L. invasa* possuem o comprimento de 1,1 a 1,4 mm, com coloração levemente azul-esverdeadas brilhante, o comprimento dos machos é de 1,21 a 1,37 mm. As coxas anteriores são amarelas, as coxas médias e posteriores possuem a mesma cor do corpo; e as pernas e tarsos são amarelos. O seu último segmento tarsal é de cor marrom (MENDEL et al., 2004).

O modo de reprodução de *L. invasa* pode ser de dois tipos: telítoca, quando a fêmea reproduz somente fêmeas sem necessitar da presença do macho, e cruzada, com a presença do macho, podendo ter maior troca de material genético (ZHENG et al., 2014).

O ciclo biológico de *L. invasa* pode ser variável, dependendo do clima e região de estabelecimento. Em Israel, o ciclo de ovo a adultos é de 130 dias, em *E. camaldulensis*. Na Índia, o ciclo foi relativamente menor com 60 dias em *E. tereticornis*, na Tailândia com 46 dias em *E. camaldulensis*, e África do Sul com 90 dias em clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* (MENDEL et al., 2004;

KAVITHAKUMARI et al., 2010; SANGTONGPRAOW et al., 2011; DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014). Estudos realizados no Brasil, no município de Botucatu – SP, demonstraram que este ciclo foi de 87 dias $\pm$ 5,3 dias em clone híbrido 3025 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) (SOUZA, 2016).

Os danos ocasionados por *L. invasa* são extremamente prejudiciais ao desenvolvimento de plantios de eucalipto. Suas fêmeas possuem a capacidade de depositar um número elevado de ovos sobre as nervuras centrais e pecíolos das folhas e nos ramos novos das plantas, e a sobreposição de gerações, resultam em deformação das folhas devido a formação das galhas e secamento de ponteiros, em casos mais severos até a morte das plantas (KAVITHA-KUMARI et al., 2010; WILCKEN, BERTI FILHO, 2008).

No Brasil o ciclo biológico de *L. invasa* foi de 87 dias $\pm$ 5,3, com quatro fases de desenvolvimento, na primeira fase obtêm presença de cicatrizes de oviposição e após nove dias as galhas tomam formato com coloração verde, na segunda fase há um aumento significativo da galha, no final desta fase a coloração modifica para rosa, na terceira fase a coloração das galhas passam de rosa para avermelhadas, e a quarta fase é caracterizada pela presença dos orifícios de emergência de adultos de *L. invasa* (SOUZA, 2016).

Medidas de Controle para *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae)

Diversos estudos estão sendo realizados para obter o método de controle mais promissor e eficiente para *L. invasa*.

O controle químico não tem demonstrado resultados relevantes, devido ao alto número de oviposições, sobreposição de gerações e desenvolvimento do inseto no interior das galhas, que protege e impede a translocação das moléculas químicas no interior da planta, dificultando a eficiência do controle químico no viveiro e a campo (ZHENG et al., 2014).

No entanto, estudos realizados com diferentes ingredientes ativos, demonstraram que mudas tratadas com produtos químicos durante o período no viveiro obtiveram melhor desempenho no seu desenvolvimento a campo (MASSON, 2015).

A utilização de materiais menos suscetíveis ao ataque de *L. invasa* pode ser uma alternativa promissora, apesar da necessidade de novos estudos (DITTRICH-SCHRODER et al., 2012; WILCKEN et al., 2015).

O controle biológico é uma ferramenta considerada eficiente para o controle de *L. invasa* em diversos locais do mundo. A utilização de parasitoides tem se demonstrado eficaz, além de ser considerado economicamente viável e menos agressiva ao meio ambiente (KELLY et al., 2012; ZHENG et al., 2014).

Controle biológico de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae)

O controle biológico de *L. invasa* tem sido umas das alternativas de controle mais promissoras, devido os seus baixos custos, alta efetividade e menor impacto ambiental (KELLY et al., 2012; ZHENG et al., 2014).

O parasitoide *S. nesei* tem sido ferramenta fundamental no controle biológico de *L. invasa* na África do Sul (KELLY et al., 2012). No Brasil, estudos relacionados a estes parasitoide foram iniciados em 2015 e desde então, o resultado obtido tem sido satisfatório, obtendo bons índices de parasitismo a campo e em laboratório (SOUZA, 2016; PURETZ, 2017; MASSON et al., 2017).

O primeiro país que iniciou estudos com *Q. mendeli* no controle biológico clássico de *L. invasa* foi Israel, em 2007 (KIM et al., 2008). Logo após, o parasitoide também foi introduzido na Índia (SHYLESHA, 2008).

Atualmente o parasitoide *Q. mendeli* se encontra também na China, Itália, Argentina, África do Sul e Tailândia (ZHENG et al., 2016; NUGNES et al., 2016; AQUINO et al., 2018; BUSH et al., 2018; SANGTONGPRAOW, CHARERNSOM, 2019).

A utilização de mais de uma espécie de parasitoides para o controle de *L. invasa* pode ser benéfico, desde que as espécies de parasitoides utilizadas não entrem em competição pelo mesmo estágio de desenvolvimento do hospedeiro (HUANG et al., 2018; BARAKAT; LILJESTHRÖM; CINGOLANI; 2020;).

Selitrichodes neseri (Hymenoptera: Eulophidae)

O parasitoide *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), também é originário da Austrália, é um ectoparitoide, biparental, necessitando da presença de fêmeas e machos para se reproduzir (KELLY et al., 2012; DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014).

Os adultos de *S. neseri* possuem a coloração do corpo marrom escuro a preto, as fêmeas possuem de 0,87 a 1,08 mm de comprimento e os machos de 0,65 a 0,73 mm, uma das características marcantes é a presença de uma mancha esfumada distinta atrás da veia marginal, na asa anterior, os machos podem possuem algumas marcações do corpo de coloração amareladas (KELLY et al., 2012).

O parasitismo de *S. neseri* sobre *L. invasa*, pode variar de 9,7% a 71,8%, este parasitoide se desenvolve em larvas tardias, pupas e adultos imaturos de *L. invasa*, o seu ciclo biológico pode variar de 19,3 dias (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014).

Selitrichodes neseri foi introduzido no Brasil em 2017, importado da África do Sul, desde então tem sido utilizado para o controle biológico clássico de *L. invasa* (MASSON et al., 2017). No Brasil *S. neseri* demonstrando adaptabilidade a diferentes regiões em áreas com altos níveis de infestação de *L. invasa* (PURETZ, 2017).

A longevidade máxima de *S. neseri* fêmeas e machos, foi na temperatura de 22 °C, alimentados com a presença de mel, sobrevivendo por 65 a 73 dias (PURETZ, 2017).

O parasitoide *S. neseri* demonstrou adaptabilidade ao ser reproduzido em condições laboratoriais, além de poder ser recuperado do campo, técnicas que viabilizam a criação deste parasitoide em larga escala (MASSON et al., 2017).

Quadrastichus mendeli (Hymenoptera: Eulophidae)

Quadrastichus mendeli Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) ectoparasito de *Leptocybe invasa* é originário da Austrália, uniparental, com taxa de parasitismo entre 7,9 - 95,6%, em condições de laboratório, com o ciclo biológico de aproximadamente 30 dias (KIM et al., 2008).

As fêmeas possuem o corpo com a coloração amarela com marcações marrom escuro, suas antenas tem a cor marrom claro, o comprimento varia de 1,15 a 1,35 mm, podem ter listras transversais marrom escura, variando de 2 a 4 listras na região do tergito gástrico, as pernas são pálidas (KIM et al., 2008).

Estudos realizados na Tailândia relataram o ciclo biológico de *Q. mendeli* em 27,06 dias de ovo a adulto, sob a temperatura de $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$. A fecundidade média das fêmeas de *Q. mendeli* foram de 2,47 progênies fêmeas. A longevidade média das fêmeas de *Q. mendeli* foram de 4,80 dias sob dieta a base de mel (SANGTONGPRAOW, CHARERNSOM, 2019).

Quadrastichus mendeli foi registrado no Brasil pela primeira vez em 2019, encontrado em áreas de plantios de *Eucalyptus* spp. com altos níveis de infestação de *L. invasa* (PURETZ et al., 2019).

CAPÍTULO 1 - PARASITISMO DE *Leptocybe invasa* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) POR *Quadrastichus mendeli* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EM MUDAS DE *Eucalyptus* spp.

RESUMO

A vespa-da-galha-do-eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) forma galhas nas nervuras centrais, pecíolos, ponteiros e ramos novos de plantas de *Eucalyptus* spp., diminuindo a produtividade das mesmas. O parasitoide *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) é eficiente no controle biológico desta praga em diversos países. O objetivo neste trabalho foi avaliar o parasitismo de larvas de *L. invasa* por *Q. mendeli* em mudas de clone híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* em laboratório. Mudas desse clone híbrido com 90 dias de idade e infestadas naturalmente por fêmeas de *L. invasa* em ambiente aberto, foram acondicionadas em sala climatizada a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h, em gaiolas. O primeiro tratamento teve cinco fêmeas adultas de *Q. mendeli* liberadas por muda por 72h e no segundo, o parasitismo natural em viveiro. Cada tratamento teve 22 repetições, sendo composta por uma muda de eucalipto, e a emergência diária de adultos de *L. invasa* e *Q. mendeli* foi registrada. O número de indivíduos de ambas as espécies, por tratamento, foi ajustado em modelos de regressão não lineares mistos inflacionados de zeros no tempo. Os valores não nulos foram modelados com distribuição Poisson com efeito quadrático do tempo, intercepto aleatório e estrutura de dependência no tempo. A taxa de parasitismo foi calculada pela razão entre o número total de parasitoides e o de parasitoides e hospedeiros combinados. O total de adultos de *L. invasa* ($p>0,05$) foi semelhante entre tratamentos, e o de *Q. mendeli* ($p>0,05$) foi maior no tratamento com cinco fêmeas desse parasitoide por muda de eucalipto durante todo o período de avaliação em comparação com o tratamento de parasitismo natural.

Palavras-chave: Controle biológico. Galha. Viveiro. Praga invasora.

ABSTRACT

The eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), forms galls on the central veins, petioles, pointers and new branches of *Eucalyptus* spp. plants, decreasing their productivity. The parasitoid *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) is efficient in the biological control of this pest in several countries. The objective of this work was to evaluate the parasitism of *L. invasa* larvae, inside galls in seedlings of a hybrid clone *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* in the laboratory, by *Q. mendeli*. Seedlings, from this hybrid clone with 90 days old and infested, naturally, by *L. invasa* females in an open-air nursery, were placed in an air-conditioned room at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, RH of $70 \pm 10\%$ and photophase of 12 h, in cages. The first treatment had five adult *Q. mendeli* females released per seedling for 72 hours and in the second, natural parasitism in the nursery. Each treatment had 22 replications, with of eucalyptus seedling each, and the daily emergence of adults of *L. invasa* and *Q. mendeli* was recorded. The number of individuals, of these insects, per treatment, was adjusted using mixed nonlinear regression models inflated with zeros over time. The non-zero values were modelled with Poisson distribution with quadratic effect of time, random intercept and time-dependent structure. The parasitism rate was calculated by the ratio between the total number of parasitoids and that of the combined parasitoids and hosts. The total of *L. invasa* adults ($p > 0.05$) was similar, between treatments, and that of *Q. mendeli* ($p > 0.05$) higher in the treatment with five females of this parasitoid per eucalyptus seedlings throughout the evaluation period.

Keywords: Biological control. Gall. Nursery.

1.1 INTRODUÇÃO

A vespa da galha do eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), foi encontrada em 2008 em plantas de *Eucalyptus* spp., em viveiro e campo, no Brasil (WILCKEN & BERTI FILHO, 2008) e tem se dispersado pelo país.

Galhas na nervura central e no pecíolo de folhas, brotações e ramos novos de plantas de eucalipto são danos característicos por *L. invasa* e facilita a disseminação dessa praga durante o transporte de clones de *Eucalyptus* spp. (LIU et al., 2004). Estas galhas são consequências do desenvolvimento da larva no interior das mesmas, reduzindo o crescimento da planta e fêmeas desse inseto emergem por orifícios, realizados pelas mesmas. A reprodução de *L. invasa* é telítoca e suas fêmeas ovipositam logo após emergirem das galhas com sobreposição de gerações (KAVITHA-KUMARI et al., 2010; DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014).

O controle de *L. invasa* por produtos químicos é uma estratégia não sustentável, pois esse inseto forma uma estrutura, no interior das galhas, que protege seus ovos e larvas. Genótipos resistentes de eucalipto podem auxiliar no manejo integrado de *L. invasa* (ZHENG et al., 2014).

O controle biológico, com os parasitoides *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle, *Selitrichodes kryceri* Kim & La Salle e *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), é eficiente e pode reduzir os altos custos de manejo e os danos por *L. invasa* (HUANG et al., 2018a).

O parasitoide *Q. mendeli*, originário da Austrália, se espalhou, naturalmente, por países orientais e africanos e, também, para o Brasil (BUSH et al., 2017; LE et al., 2018). Esse inimigo natural é um ectoparasitoide uniparental, parasitando larvas jovens e maduras de *L. invasa* e completando seu ciclo em 30 dias com taxa de parasitismo de 7,9% a 84% em laboratório e de 0% a 100% em campo (KIM et al., 2008; NUGNES et al., 2016; SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2019).

O ovipositor de *Q. mendeli* é cilíndrico com terminação ponteaguda e sensilas que o auxiliam e protegem durante o parasitismo das larvas de *L. invasa* no interior das galhas (HUANG et al., 2019). A antena de *Q. mendeli* é geniculada com sete

subsegmentos com flagelo e sete tipos de sensilas (SBCP, Senso Böhm, SCh, SCa, SP e ST) características que auxiliam no parasitismo (HUANG et al., 2018b).

O objetivo foi avaliar o parasitismo de larvas de *L. invasa* em galhas em mudas de clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* em laboratório por *Q. mendeli*.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Obtenção de *Quadrastichus mendeli*

Fêmeas adultos de *Q. mendeli* foram obtidos de criação em laboratório. Mudas de clone híbrido de eucalipto (*E. camaldulensis* x *E. grandis*) com idade, aproximada, de 90 dias foram transplantadas para vasos de 1,7 L com solo na proporção de 1:1:1 (solo, areia, esterco) e infestadas, naturalmente, por *L. invasa* em viveiro. Essas mudas, após, aproximadamente, 65 dias e com as galhas formadas, foram acondicionadas em laboratório com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h para a criação de *Q. mendeli*.

As galhas, nas mudas de eucalipto, foram quantificadas e duas plantas de eucalipto colocadas no interior de cada gaiola de madeira (79,5 x 44,5 x 39,5 cm) com 15 a 20 fêmeas de *Q. mendeli* liberadas no interior de cada uma, com oferecimento de mel a 100%. Fêmeas adultas de *Q. mendeli* foram coletadas, diariamente, por gaiola após a emergência das primeiras em, aproximadamente, 30 dias após a liberação das parentais (KIM et al., 2008). Essas fêmeas foram acondicionadas em tubos de vidro de fundo chato, alimentadas com mel 100%, em câmara B.O.D. à 22°C e utilizados na pesquisa.

1.2.2 Parasitismo de *Leptocybe invasa* por *Quadrastichus mendeli*

Mudas de eucalipto com 90 dias de idade infestadas, naturalmente, por fêmeas de *L. invasa*, foram acondicionadas em sala climatizada com temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h.

1.2.3 Delineamento experimental

O experimento teve dois tratamentos, o primeiro com cinco fêmeas de *Q. mendeli* com 48 horas de idade, liberadas por planta de eucalipto, alimentadas com mel puro e deixados por 72 horas nas plantas. O segundo tratamento teve, apenas, o parasitismo natural por *Q. mendeli* nas plantas de eucalipto em viveiro e estas levadas ao laboratório. As mudas de eucalipto, nos dois tratamentos, foram revestidas por tecido “voil” para evitar o escape dos insetos e cada tratamento teve 22 repetições, com uma planta com média de 28 galhas por planta de eucalipto. A emergência de adultos de *Q. mendeli* e *L. invasa* foi avaliada diariamente, durante 62 dias.

1.2.4 Análise Estatística

O número de adultos de *L. invasa* e *Q. mendeli*, emergido das galhas, nos tratamentos T1 (com liberação de *Q. mendeli*) e T2 (sem liberação de *Q. mendeli*) foi ajustado por modelos lineares generalizados com a distribuição binomial negativa e função de ligação logarítmica (NELDER & WEDDERBURN, 1972) com o procedimento genmod (do Programa estatístico SAS– Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition) e comparados utilizando-se o teste de Tukey-Kramer (WESTFALL et al., 1999).

Modelos de regressão não lineares mistos no tempo inflacionados de zeros foram ajustados para o número total de adultos de *L. invasa* e *Q. mendeli* emergido por tratamento (NELDER & WEDDERBURN, 1972; MIN & AGRETI, 2005). A mistura das distribuições (binomial para valores nulos e Poisson para valores não nulos), efeito quadrático do tempo, intercepto aleatório e estrutura de dependência no tempo das observações (medidas repetidas) foram consideradas para a modelagem. O tempo máximo para a emergência dos adultos de *L. invasa* e de *Q. mendeli* e os respectivos valores máximos das populações foram estimados por tratamento. Os modelos foram ajustados com o procedimento nlmixed (do Programa estatístico SAS– Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition).

O número médio estimado de adultos de *L. invasa* ou de *Q. mendeli* esperados ($\hat{\mu}$) foi obtido com base numa função exponencial tendo como argumento uma função

quadrática no tempo com intercepto aleatório ($\widehat{\beta}_0 + \hat{u}$). Assim, O número médio estimado de adultos será dada por: $\hat{\mu} = \exp(\widehat{\beta}_0 + \hat{u} + \widehat{\beta}_1(\text{tempo}) + \widehat{\beta}_2(\text{tempo})^2)$, em que, $\widehat{\beta}_0$, $\hat{u}$, $\widehat{\beta}_1$ e $\widehat{\beta}_2$ são parâmetros estimados do modelo. Caso o sinal de $\widehat{\beta}_2$ seja negativo, esta curva é uma Gaussiana similar à forma da distribuição normal de probabilidade, permitindo um único ponto de máximo referente ao número médio estimado de adultos de *L. invasa* ou de *Q. mendeli*.

As estimativas dos parâmetros do modelo, dos erros-padrão e dos intervalos de confiança, para o período e número máximo de adultos de *L. invasa* e *Q. mendeli* emergidos, foram determinadas.

A taxa de parasitismo foi determinada (OVRUSKI et al., 2004) por
$$\text{parasitismo} = \frac{\text{n}^\circ \text{ parastoides}}{\text{n}^\circ \text{ parasitoides} + \text{n}^\circ \text{ vespas}} \times 100$$
, a qual foi utilizada para determinar a taxa de parasitismo desse inimigo natural em campo na Itália (KIM et al., 2008, NUGNES et al., 2016). O efeito dos tratamentos e do tempo na taxa de parasitismo foi ajustado com um modelo linear generalizado, com a distribuição gama e função de ligação logarítmica (NELDER & WEDDERBURN, 1972) com o procedimento *genmod* (do Programa estatístico SAS– Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition. A técnica de estimação de equações generalizadas (GEE's– comando repeated procedimento *genmod*) foi utilizada devido às medidas repetidas. As médias, entre tratamentos, foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey-Kramer (WESTFALL et al., 1999).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadrastichus mendeli se reproduz por partenogênese telítoca, podendo ser induzida pela bactéria simbiote *Rickettsia*, em abundância em seus ovos maduros e ovário. Esse parasitoide *Q. mendeli* é uniparental e monófago com ciclo biológico menor que o de seu hospedeiro *L. invasa* (KIM et al., 2008; GUALTIERI et al., 2017).

O número total de adultos de *Q. mendeli* foi maior no T1, $29,58 \pm 3,63$ que no T2, $7,41 \pm 1,40$ (Tabela 1).

O maior número total de adultos de *Q. mendeli* no T1 se deve à liberação desses parasitoide, cuja adaptabilidade é satisfatória em diferentes condições como casa de vegetação, campo e laboratório (KULKARNI et al., 2010; SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2013; AQUINO et al., 2018). A multiplicação do parasitoide *Q. mendeli*, em larga escala e sua adaptabilidade a condições controladas são semelhantes ao relatado para o parasitoide *S. neseri*, multiplicado em laboratório e campo e utilizado no controle biológico clássico de *L. invasa* (MASSON et al., 2017).

O número total de adultos de fêmeas de *L. invasa*, foi semelhante entre tratamentos ($p < 0,0660$) sendo de $34,65 \pm 5,46$ e $49,22 \pm 4,70$ nos T1 (com liberação de *Q. mendeli*) e T2 (sem a liberação de *Q. mendeli*), respectivamente (Tabela 1).

O número total de *L. invasa*, semelhante entre tratamentos, se deve ao curto período de avaliação. O tempo de avaliação, de 62 dias, ter sido curto para a ação do parasitoide *Q. mendeli* e, além disto, *L. invasa* teve, apenas, uma geração nas mudas de eucalipto, de acordo com seu período tempo de desenvolvimento em Israel (MENDEL et al., 2004). Essa praga se dispersou e adaptou a diferentes condições climáticas, podendo ter mais de uma linhagem em alguns locais, o controle biológico dessa praga, com parasitoide, pode levar até sete anos em casos de altas severidades (MENDEL et al., 2017; NGOC et al., 2018; OTIENO, NAHRUNG; STEINBAUER, 2019).

Tabela 1 - Número de adultos (média $\pm$ erro padrão) de *Leptocybe invasa* e *Quadrastichus mendeli* emergidos por tratamento em laboratório de (temperatura $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h)

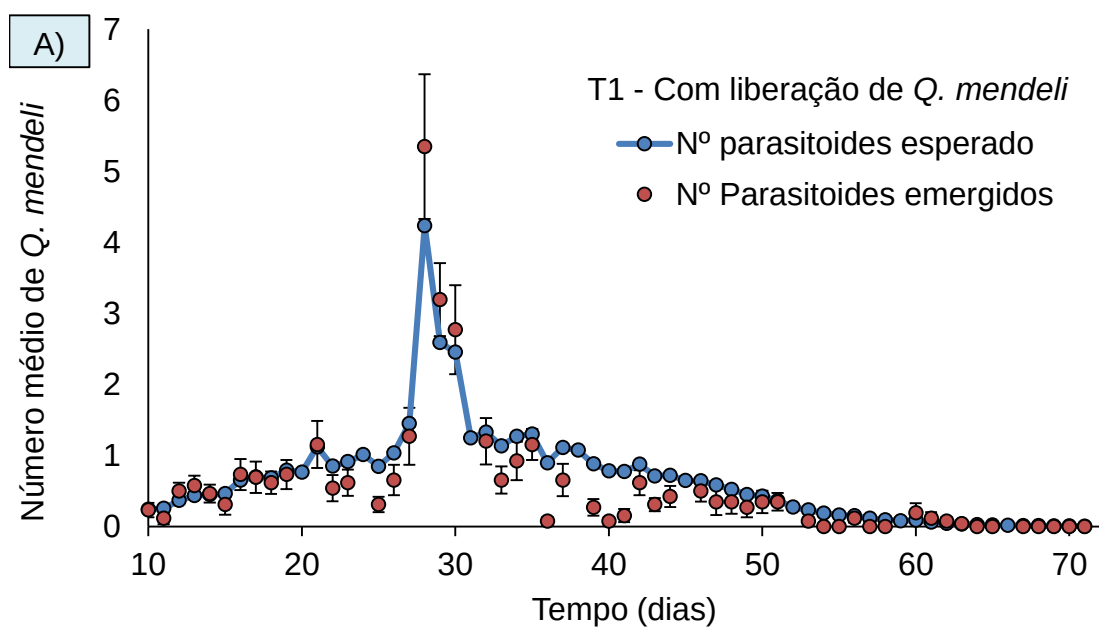
Tratamento	Número e insetos adultos emergidos	
	<i>L. invasa</i>	<i>Q. mendeli</i>
T1 - Com liberação de <i>Q. mendeli</i>	$34,65 \pm 5,46a$	$29,58 \pm 3,63a$
T2 - Sem liberação de <i>Q. mendeli</i>	$49,22 \pm 4,70a$	$7,41 b \pm 1,40b$

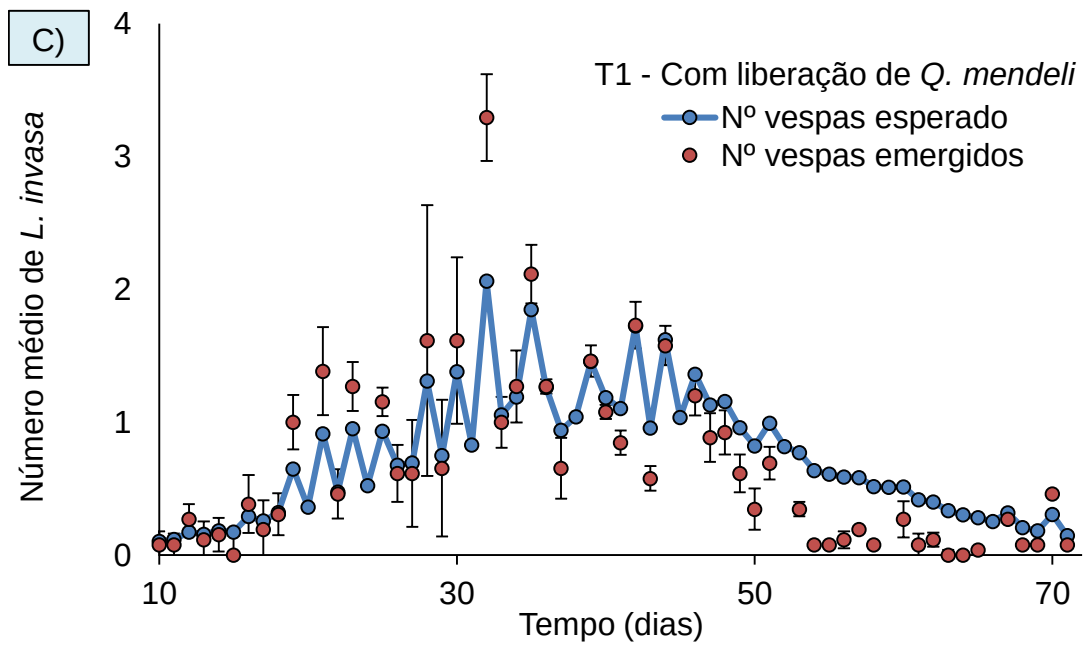
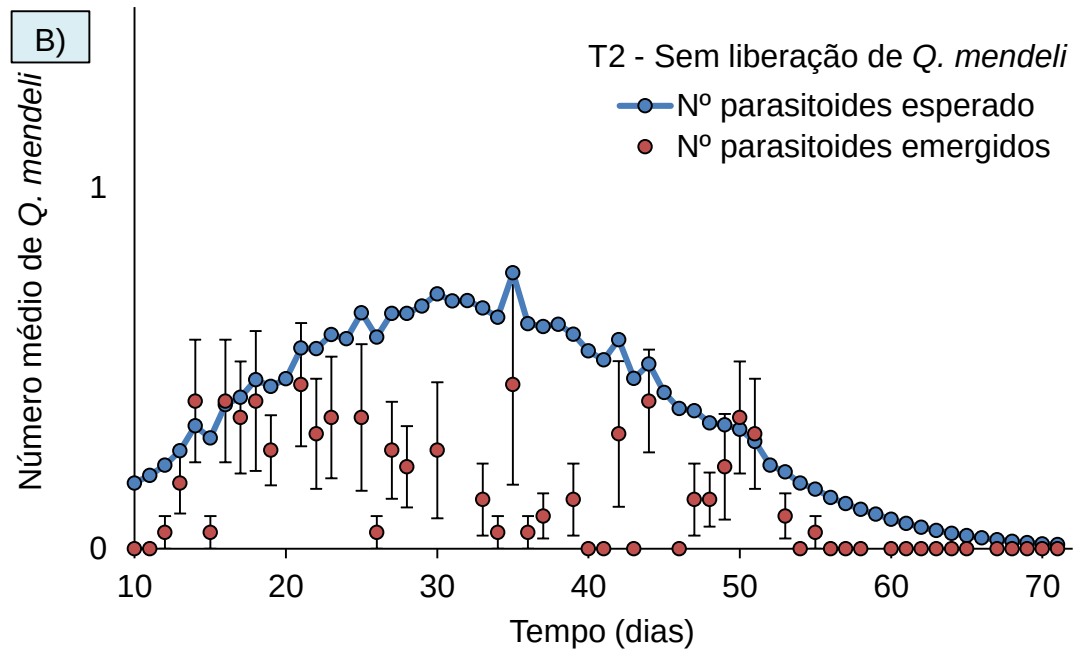
Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey-Kramer.

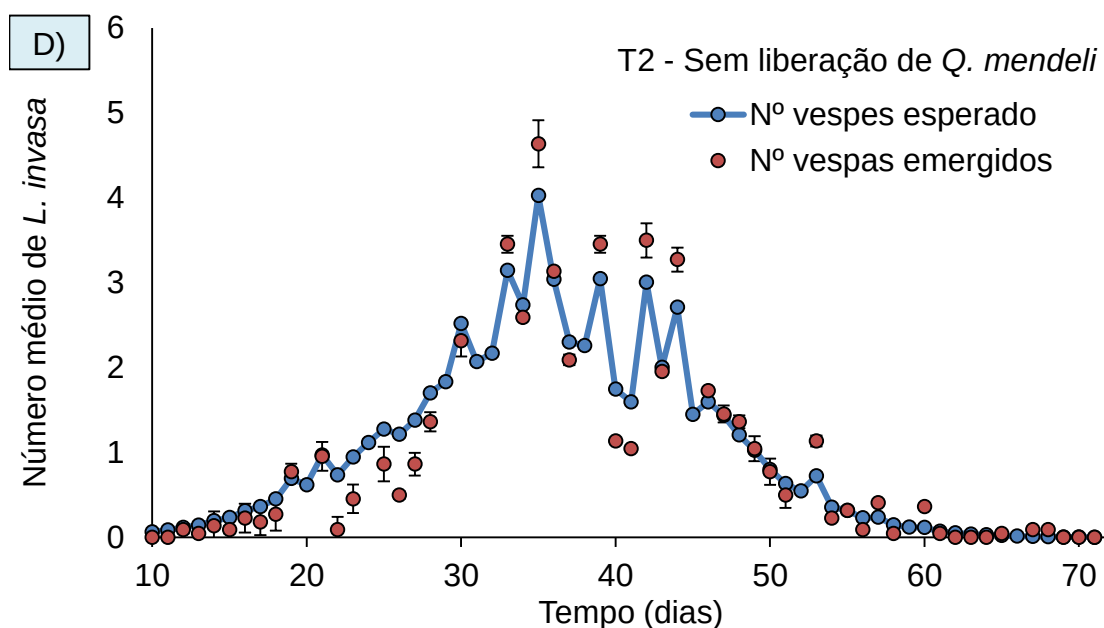
O número de adultos de *L. invasa* e *Q. mendeli*, emergido, se ajustou à forma quadrática média no tempo nos tratamentos T1 e T2, com emergência a partir 10 dias após a liberação das fêmeas de *Q. mendeli* até o 72° dia. A emergência de *L. invasa*

e *Q. mendeli* crescente até um pico, seguido por queda em ambos os tratamentos (Figura 1).

Figura 1 - Número esperado e emergido de adultos de *Quadrastichus mendeli* no tempo, com liberação de *Q. mendeli* (A) e sem liberação de *Q. mendeli* (B), e número esperado e emergido de adultos de *Leptocybe invasa* no tempo, com liberação de *Q. mendeli* (C) e sem liberação de *Q. mendeli* (D)







O número de adultos de *L. invasa* e *Q. mendeli*, emergido, se ajustou à forma quadrática nos T1 e T2, com emergência a partir de 10 dias após a liberação das fêmeas do parasitoide até o 72º dias, totalizou um período de 62 dias. O aumento crescente do número de indivíduos de *L. invasa* e *Q. mendeli* até um pico e queda em ambos tratamentos, indica que *Q. mendeli* pode ter tido, no mínimo, duas gerações em uma mesma planta de eucalipto, pois o seu ciclo biológico pode variar de 27 a 30 dias (KIM et al., 2008; SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2019). O menor ciclo biológico de *Q. mendeli* que o de seu hospedeiro *L. invasa* pode aumentar a eficiência do controle biológico desta praga pelo aumento populacional de *Q. mendeli* e, consequente, redução dos danos por *L. invasa* (MENDEL et al., 2004; SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2019).

Os parâmetros β_0 , β_1 e β_2 do modelo gaussiano ajustado e o número máximo estimado de adultos de *L. invasa* emergido foi menor no T1, 3,73 indivíduos, que no T2, 6,12 indivíduos. O número máximo de adultos de *L. invasa*, emergidos no tempo, foi semelhante entre tratamentos (Tabela 2).

Os menores valores dos parâmetros β_0 , β_1 e β_2 do modelo gaussiano ajustado e do número máximo estimado de adultos de *L. invasa* emergido no T1 se deve à liberação do parasitoide *Q. mendeli*, reduzindo o número máximo estimado de adultos

de *L. invasa*. De forma semelhante, os parasitoides *Megastigmus* sp., *M. dharwadicus* e *A. gala*, liberados em casa de vegetação e/ou em campo, reduziram a população de *L. invasa* (JACOB et al., 2015; RAMANAGOUDA & VASTRAD, 2015). A redução do número máximo de *L. invasa*, após a liberação de *Q. mendeli* em mudas com parasitismo no viveiro (T1) confirma o fato de que liberações contínuas de parasitoides podem reduzir o nível populacional de *L. invasa*, e consequentemente os danos causados por essa praga (YOUSUF et al., 2017; HUANG et al., 2018).

O período máximo, para a emergência de adultos de *Q. mendeli*, foi semelhante e o número máximo de adultos de *Q. mendeli* emergidos maior no T1, 5,08 indivíduos, que no T2, 1,10 conforme indicado pelos β_0 , β_1 e β_2 (Tabela 2).

O período máximo semelhante, para a emergência de adultos, e o maior número máximo de adultos de *Q. mendeli* emergido no T1 se devem a liberação de *Q. mendeli* e, consequentemente, atingido número máximo em laboratório. A criação de parasitoides de *L. invasa* em condições controladas em alta escala, viabiliza as táticas de controle em áreas de alto níveis de danos pela praga, além dos parasitoides poderem ser recuperados do campo (MASSON et al., 2017; SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2019; ÇIKARANA & AVCIA, 2019). O parasitoide *Q. mendeli* é específico para *L. invasa*, com características morfológicas como sensilas antenais e ovipositor possibilitando a localização e perfuração das larvas de *L. invasa*. Isso aumenta o número de *Q. mendeli* devido à sua multiplicação em período de tempo curto (HUANG et al., 2018b; HUANG et al., 2019).

A taxa de parasitismo de *L. invasa* por *Q. mendeli* foi maior no tratamento T1, $63,1 \pm 6,03$ a $19,2 \pm 12,31\%$, que no T2, $52,3 \pm 9,34$ a $4,1 \pm 1,75\%$, sem emergência de parasitoides entre os 60 a 70 dias nesse último tratamento (Tabela 3).

A maior taxa de parasitismo de *L. invasa* por *Q. mendeli* no tratamento T1 comprova que a liberação desse parasitoide nas mudas de eucalipto infestadas por *L. invasa* estabiliza a taxa de parasitismo por um período maior de tempo. O parasitismo por *Q. mendeli* foi, também, observado em outros países, como Itália (Roma, Gallipoli, San Giorgio a Cremano, Campânia) e China, mas com diferentes resultados devido a épocas de avaliação, condições climáticas, material genético utilizado com galhas de *L. invasa* e metodologias distintas de criação (NUGNES et al., 2016; ZHENG et al., 2016; GARONNA et al., 2018). As porcentagens de parasitismo por *Q. mendeli* no

Brasil foram semelhantes às encontrados na Índia com galhas, de idade e condições climáticas semelhantes (KIM et al., 2008).

Tabela 2 - Estimativa, erro padrão da estimativa e intervalo de confiança (Int. Conf.) a 95% para os parâmetros do modelo de regressão não linear misto no tempo inflacionados de zeros, o tempo médio (dias) referente ao número máximo e o número máximo médio de emergência de adultos de *Leptocybe invasa* e de *Quadrastichus mendeli*, segundo tratamentos

Parâmetros	Tratamento	Estimativa / Erro padrão	Int. Conf.
<i>Leptocybe invasa</i>			
β_0	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	3,67800 $\pm$ 0,3046	-4,3054 -3,0505
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	-5,8780 $\pm$ 0,5573	-7,0369 -4,7191
β_1	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	+0,20590 $\pm$ 0,01603	+0,1729 +0,2389
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	+0,3955 $\pm$ 0,02716	+0,3390 +0,4520
β_2	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	-0,00268 $\pm$ 0,000247	-0,00320 -0,00220
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	-0,00555 $\pm$ 0,000328	-0,00624 -0,00487
Tempo ⁽²⁾	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	33,77 $\pm$ 1,5505	30,58 36,96
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	35,86 $\pm$ 0,5617	33,75 37,98
Número ⁽³⁾	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	3,73 $\pm$ 0,4922	2,71 4,74
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	6,12 $\pm$ 0,5617	4,95 7,29
<i>Quadrastichus mendeli</i>			
β_0	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	-3,3498 $\pm$ 0,3351	-4,0399 -2,6597
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	-3,0522 $\pm$ 0,5857	-4,2702 -1,8342
β_1	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	+0,2637 $\pm$ 0,01943	+0,2237 +0,3037
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	+0,1607 $\pm$ 0,03533	+0,08728 +0,2342
β_2	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	-3,3498 $\pm$ 0,000311	-0,00502 -0,00374
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	-0,00244 $\pm$ 0,000537	-0,00355 -0,00132
Tempo ⁽³⁾	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	28,69 $\pm$ 0,7741	27,10 30,29
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	30,14 $\pm$ 1,6440	26,72 33,56
Número ⁽⁴⁾	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	5,08 $\pm$ 0,7850	3,46 6,70
	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>	1,10 $\pm$ 0,1268	0,84 1,36

⁽²⁾ Tempo médio (dias) para o número máximo de adultos de *Leptocybe invasa* e *Q. mendeli*; ⁽³⁾ Número máximo médio de emergência de adultos de *Leptocybe invasa* e *Q. mendeli*.

Tabela 3 - Taxa de parasitismo (%) de *Leptocybe invasa* por *Quadrastichus mendeli* aos 20, 30, 40, 50, 60 e 70 dias nos tratamentos com (T1) ou sem liberação de *Q. mendeli* no campo (T2)

Tempo (Dias)	T1- Com Lib. <i>Q. mendeli</i>	T2- Sem Lib. <i>Q. mendeli</i>
10 – 20	63,1 ± 6,03 Aa (0,0; 100)	52,3 ± 9,34 Aa (0,0; 100)
20 – 30	61,2 ± 4,36 Aab (12,5; 100)	30,2 ± 5,89 Ab (0,0; 100)
30 – 40	37,8 ± 5,64 Ab (0,0; 100)	4,1 ± 1,75 Bc (0,0; 100)
40 – 50	36,3 ± 5,86 Ab (0,0; 100)	11,1 ± 2,75 Bc (0,0; 37,5)
50 – 60	34,8 ± 8,22 Ab (0,0; 100)	24,2 ± 9,02 Ac (0,0; 44,44)
60 – 70	19,2 ± 12,31 b (0,0; 100)	-

Médias seguida de mesmo letra maiúscula por linha e tempo (dias) ou seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey-Kramer.

O parasitismo de *L. invasa* por *Q. mendeli* em galhas de eucalipto em laboratório e o número de parasitoides adultos produzidos foi adequado, com 19,2% ± 12,31 a 63,1 % ± 6,03 de parasitismo e 29,58 ± 3,63 adultos emergidos no primeiro tratamento e 4,1% ± 1,75 a 52,3% ± 9,34 de parasitismo e 7,41 b ± 1,40 adultos emergidos, no segundo, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, e ao Programa Cooperativo de Proteção Florestal (PROTEF) do Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais (IPEF), localizado em Piracicaba, São Paulo, Brasil.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, D. A.; ANDORNO, A. V.; PATHAUER, P. S.; BOTTO, E. N.; LÓPEZ, S. N. Primera cita de *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) de Argentina, asociado a agallas de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Acta Zoológica Lilloana**, v. 62, p. 50-52, 2018.
- BUSH, S.J.; DITTRICH-SCHROEDER, G.; NESER, S.; GEVERS, C.; BAFFOE, K. O.; SLIPPERS, B.; HURLEY, B.P. First record of *Quadrastichus mendeli*, a parasitoid of *Leptocybe invasa*, in South Africa. **Southern Forests**, v. 80, n. 3, p. 275-277, 2017.
- ÇIKARANA, G.; AVCI, M. Leaf pest insects and natural enemies and some biological observations on eucalyptus trees in Antalya. **Turkish Journal of Forestry**, v. 20 n. 2, p. 80-92, 2019.
- DITTRICH-SCHRÖDER, G.; HARNEY, M.; NESER, S.; JOFFE, T.; BUSH, S.; HURLEY, B. P.; WINGFIELD, M. J.; SLIPPERS, B. Biology and host preference of *Selitrichodes neseri*: A potential biological control agent of the Eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa*. **Biological Control**, v. 78, p. 33-41, 2014.
- GARONNA, A. P.; BERNARDO, U.; GUALTIERI, L.; LAUDONIA, S.; NUGNES, F. The present pest status of eucalyptus sap-suckers and gall wasps in Campania (Italy). **Redia-Giornale di Zoologia**, v. 101, p. 73-79, 2018.
- GUALTIERI, L.; NUGNES, F.; NAPPO, A.; GEBIOLA, M.; BERNARDO, U. Life inside a gall: closeness does not favour horizontal transmission of *Rickettsia* between a gall wasp and its parasitoid. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 93, n. 7, p. 1–11, 2017.
- HUANG, Z. Y.; LI, J.; LU, W.; ZHENG, X. L.; YANG, Z. D. Parasitoids of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe* spp.: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 29983–29995, 2018a.
- HUANG, Z. Y.; LI, S. Y.; LU, W.; ZHENG, X. L. Structure and sense organs of ovipositors of an endoparasitoid *Aprostocetus causalis* and an ectoparasitoid *Quadrastichus mendeli* in *Leptocybe* spp. **Microscopy and Microanalysis**, v. 25, n. 1, p. 250–256, 2019.
- HUANG, Z. Y.; ZHANG, Y. J.; LIU, J. Y.; YANG, Z. D.; LU, W.; ZHENG, X. L. Ultrastructure of female antennal sensilla of an endoparasitoid wasp, *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Microscopy and Microanalysis**, v. 24, n. 4, p. 431–441, 2018b.
- JACOB J. P.; SENTHIL, K.; SIVAKUMAR, V.; SEENIVASAN, R.; CHEZHIAN, P.; KUMAR, K. Gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) management in Eucalypts. **Journal of Biological Control**, v. 29, n. 1, p. 20-24, 2015.
- KAVITHA-KUMARI, N.; KULKARNI, H.; VASTRAD, AS.; GOUD, K. B. Biology of eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle (Hymenoptera:

Eulophidae). **Karnataka Journal of Agricultural Science**, v. 23, n. 1, p. 211-212, 2010.

KIM IK, MENDEL Z, PROTASOV A, BLUMBERG D, LA SALLE J. Taxonomy, biology and efficacy of two Australian parasitoids of the eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Zootaxa**, v. 1910, p. 1–20, 2008.

KULKARNI, H. N.; KUMARI, K.; VASTRAD, A. S.; BASAVANAGOUD, K. Release and recovery of parasitoids in eucalyptus against gall wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) under green house. **Karnataka J. Agric. Sci.**, v. 23, n. 1, p. 91-92, 2010.

LAWSON, S. Biological control of eucalypt pests overseas and in Australia. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), **Canberra**, 26, 2012.

LE, N. H.; NAHRUNG, H. F.; GRIFFITHS, M.; LAWSON, A. S. Invasive *Leptocybe* spp. and their natural enemies: global movement of an insect fauna on eucalypts. **Biological Control**, v. 125, p. 7-14, 2018.

LIU, X. D.; ZHAI, B. P.; ZHANG, X. X. Advance in the studies of migration of aphids. **Chinese Journal of Applied Entomology**, v. 41, p. 301–307, 2004.

MASSON, M. V.; TAVARES, W. D. S.; LOPES, F. D. A.; SOUZA, A. R.; FERREIRA-FILHO, P. J.; BARBOSA, L. R.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C. *Selitrichodes nesi* (Hymenoptera: Eulophidae) recovered from *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) galls after initial release on eucalyptus (Myrtaceae) in Brazil, and data on its biology. **Florida Entomologist**, v. 100, n.3, p. 589–593, 2017.

MENDEL, Z.; PROTASOV, A. L. A.; SALLE, J.; BLUMBERG, D.; BRAND, D.; BRANCO, M. Classical biological control of two *Eucalyptus* gall wasps; main outcome and conclusions. **Biological Control**, v. 105, p. 66-78, 2017.

MENDEL, Z.; PROTASOV, A.; FISHER, N.; LA SALLE, J. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. **Australian Journal of Entomology**, v.43, n.2, p.101-113, 2004.

MIN, Y.; AGRETI, A. Random effect models for repeated measures of zero-inflated count data. **Statistical Modeling**, v. 5, p. 1-19, 2005.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society Series A**, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972.

NGOC, H. L.; NAHRUNG, H.; GRIFFITHS, M.; LAWSON, S. Invasive *Leptocybe* spp. and their natural enemies: Global movement of an insect fauna on eucalypts. **Biological Control**, v. 125, p. 7-14, 2018.

NUGNES, F.; GEBIOLA, M.; GUALTIERI, L.; RUSSO, E.; SASSO, R.; BERNARDO, U. When exotic biocontrol agents travel without passport: first record of *Quadrastichus mendeli*, parasitoid of the blue-gum chalcid *Leptocybe invasa*, in Italy. **Bulletin of Insectology**, v. 69, n. 1, p. 85–91, 2016.

OTIENO, B. A.; NAHRUNG, H. F.; STEINBAUER, M. J. Where did you come from? Where did you go? Investigating the origin of invasive *Leptocybe* species using distribution modelling. **Forests**, v. 10, n. 2: 115, p. 1-13, 2019.

OVRUSKI, S. M.; SCHLISERMAN, P.; ALUJA, M. Indigenous parasitoids (Hymenoptera) attacking *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in native and exotic host plants in Northwestern Argentina. **Biological Control**, v. 29, n. 1, p. 43-57, 2004.

RAMANAGOUDA, S. H.; VASTRAD, A. S. Biological control of Eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) by its native parasitoids. **Entomon**, v. 40, n. 2, p. 87-98, 2015.

SANGTONGPRAOW, B.; CHARERNSOM, K. Biological traits of *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) in Thailand. **Parasite**, v. 26, n. 8, p. 1-9, 2019.

SANGTONGPRAOW, B.; CHARERNSOM, K. Evaluation of parasitism capacity of *Megastigmus thitipornae* Doğanlar & Hassan (Hymenoptera: Torymidae), the local parasitoid of eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). **Kasetsart Journal - Natural Science**, v. 47, p. 191–204, 2013.

WESTFALL, P. H.; TOBIAS, R. D.; ROM, D.; WOLFINGER, R. D.; HOCHBERG, Y. Multiple comparisons and multiple tests using the SAS System. **SAS Inst., Cary, NC**, 1999.

WILCKEN, C. F.; BERTI FILHO, E. Vespa-da-galha do eucalipto (*Leptocybe invasa*) (Hymenoptera: Eulophidae): nova praga de florestas de eucalipto no Brasil. **IPEF**, p. 1-11. Disponível em: <<http://www.ipef.br/protecao/alerta-leptocybe.invasa.pdf>>. Acessado em: 26/08/2019.

YOUSUF, M.; SINGH, S.; IKRAM, M.; KHAN, S. Biological control of eucalyptus Gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) in Punjab, India. **Agriculture and Environmental Science**, v. 5, n. 2, p. 105-113, 2020.

YOUSUF, M.; SINGH, S.; IKRAM, M.; SINGH, R. B. An overview on outbreak of *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) in Northern India. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n. 5, p. 496-501, 2017.

ZHENG, X. L.; HUANG, Z. Y.; DONG, D.; GUO, C. H.; LI, J.; YANG, Z. D.; YANG, X. H.; LU, W. Parasitoids of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) in China. **Parasite**, v. 58, n. 23, p. 1-7, 2016.

ZHENG, X. L.; LI, J.; YANG, Z. D.; XIAN, Z. H.; WEI, J. G.; LEI, C. L.; WANG, X. P.; LU, W. A Review of invasive biology, prevalence and management of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **African Entomology**, v. 22, n. 1, p. 68-79, 2014.

CAPÍTULO 2: LONGEVIDADE DE *Quadrastichus mendeli* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) E *Selitrichodes neseri* EM DIFERENTES DIETAS E TEMPERATURAS

RESUMO

Leptocybe invasa Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), popularmente conhecida como vespa-da-galha-do-eucalipto é uma das principais pragas de *Eucalyptus* sp., capaz de ocasionar sérios danos econômicos. Uma alternativa de controle eficiente é a utilização de parasitoides para o controle biológico desta praga, tais como os parasitoides *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) e *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). O desenvolvimento de técnicas para a criações de parasitoides em laboratório é relevante, podendo manter os parasitoides viáveis por um maior período de tempo, otimizando criações em alta escala. Objetivou-se avaliar a longevidade de fêmeas adultas de *Q. mendeli* em diferentes temperaturas e dietas, e a longevidade de fêmeas e machos adultos de *S. neseri* em diferentes dietas. As fêmeas adultas de *Q. mendeli* foram alimentadas com 10, 50 e 100% de mel, pólen de flores silvestres e sem alimento, sob temperaturas de 18, 21, 24, 27 e 30° C. As fêmeas e machos adultos de *S. neseri* foram avaliados nas mesmas dietas à temperatura de 24° C, ambos em laboratório. A maior longevidade de *Q. mendeli* foi observada nas dietas de 50 e 100% de mel a 21 °C, essas mesmas dietas proporcionaram maior longevidade aos adultos de *S. neseri*. As fêmeas adultas de *Q. mendeli* foram mais longevas do que as fêmeas e machos adultos de *S. neseri*.

Palavras-chave: Controle biológico. Pragas do eucalipto. Criação. Alimento.

ABSTRACT

Leptocybe invasa Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), popularly known as eucalyptus gall wasp is one of the main pests of *Eucalyptus* sp., capable of causing serious economic damage. An alternative of efficient control is the use of parasitoids for the biological control of this pest, such as the parasitoids *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) and *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). The development of techniques for breeding parasitoids in the laboratory is relevant, being able to keep parasitoids viable for a longer period of time, optimizing large-scale creations. The objective was to evaluate the longevity of adult females from *Q. mendeli* at different temperatures and diets, and the longevity of adult females and males of *S. neseri* on different diets. The adult females of *Q. mendeli* were fed with 10, 50 and 100% honey, wild flower pollen and without food, at temperatures of 18, 21, 24, 27 and 30 ° C. The adult females and males of *S. neseri* were evaluated on the same diets at a temperature of 24 ° C, both in the laboratory. The greater longevity of *Q. mendeli* was observed in diets of 50 and 100% honey at 21 °C, these same diets provided greater longevity to adults of *S. neseri*. The adult females of *Q. mendeli* were more long-lived than the adult females and males of *S. neseri*.

Keywords: Biological control. Eucalyptus pests. Breeding. Food.

2.1 INTRODUÇÃO

Leptocybe invasa Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), conhecida popularmente como vespa-da-galha-do-eucalipto, originária da Austrália, é considerada uma das principais pragas dessa espécie florestal, sendo capaz de ocasionar sérios danos econômicos em vários países (MENDEL et al., 2004).

Os danos da vespa-da-galha do eucalipto são localizados nas nervuras centrais e pecíolos das folhas, ramos novos e ponteiros, resultando em uma hiperplasia no local do desenvolvimento do inseto, resultando na formação de galhas, afetando o crescimento e desenvolvimento das folhas, podendo resultar em queda dos ramos e morte das plantas em ataques mais severos (ZHU et al., 2012; ZHU et al., 2013).

No Brasil em 2007, foi registrado pela primeira vez os danos de *L. invasa* na região norte da Bahia nos clones híbridos *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus camaldulensis*, em viveiro e campo. Desde então *L. invasa* tem se dispersado em diferentes locais do país (COSTA et al., 2008; WILCKEN et al., 2015).

O controle químico para *L. invasa* tem se mostrado não sustentável à longo prazo, devido a sobreposições de gerações da praga, desenvolvimento desse inseto no interior das galhas, dificultando a translocação das moléculas químicas na planta, além de poder afetar insetos benéficos. A utilização de materiais resistentes a *L. invasa* tem sido uma alternativa muito pesquisada para o controle desta praga. O controle biológico com parasitoides tem demonstrado resultados satisfatórios (KIM et al., 2008; LAWSON, 2012; ZHENG et al., 2014).

Selitrichodes neseri Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) tem o ciclo de vida curto, especificidade do hospedeiro, adaptabilidade a condições a campo, podendo ser reproduzido em condições laboratoriais (KELLY et al., 2012; MASSON et al., 2017). O parasitoide *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle realiza o seu parasitismo nas larvas jovens e maduras de *L. invasa* (KIM et al., 2008; NUGNES et al., 2016; SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2019). Ambos tem sido utilizado para o controle biológico de *L. invasa*.

A disponibilidade de uma fonte de alimento para a sobrevivência de parasitoides é vital para a obtenção de maior longevidade e melhor desempenho físico. Em adição fontes de alimento à base de carboidratos e/ou proteínas podem

potencializar a reprodução e o tempo de vida dos parasitoides (LEE et al., 2004; HARVEY et al., 2012).

A temperatura é um fator que pode influenciar diretamente na longevidade, fecundidade e desempenho dos parasitoides. As temperaturas baixas podem ocasionar um desenvolvimento mais lento, levando a perda de hospedeiros, a taxa de mortalidade dos parasitoides pode ser maior em temperaturas mais baixas (BENREY & DENNO, 1997; COLINET et al., 2008), por outro lado, há um aumento da taxa de fecundidade e tamanho do parasitoide em determinados casos (STEARNS, 1992).

Altas temperaturas reduzem a fecundidade, longevidade, crescimento e desempenho (ANGILLETTA et al., 2004), mas também podem reduzir o tempo de desenvolvimento da geração, resultando em maiores chances de acasalamento, disponibilidade de hospedeiros e fontes de alimentos (PANDEY & SINGH, 1999).

O aprimoramento de metodologias para a criação dos parasitoides de *L. invasa*, são essenciais para melhorar o manejo do controle da praga a campo, para poder manter *Q. mendeli* e *S. nesei*, por um maior período de tempo armazenados e realizar liberações concentradas de ambos no campo, é necessário que se tenha dados sobre a temperatura ideal e a fonte de alimento que os mantenham por um maior período de tempo viáveis.

Até o momento as criações estão sendo mantidas sem uma condição considerada ideal para os parasitoides. Dada à importância desses fatores na longevidade dos parasitoides, objetivou-se avaliar a longevidade de fêmeas de *Q. mendeli* em diferentes dietas e temperaturas, e de fêmeas e machos adultos de *S. nesei* com fêmeas adultas de *Q. mendeli* em diferentes dietas em condições controladas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Obtenção de *Quadrastichus mendeli* e *Selitrichodes nesei*

Os insetos foram obtidos de ramos coletados do campo com alto índice de infestação por *L. invasa* e com os parasitoides *Q. mendeli* e *S. nesei* provenientes da cidade de São Simão – SP. Esses ramos foram coletados e acondicionados em

gaiolas de madeira (79,5 x 44,5 x 39,5 cm) dispostas em prateleiras metálicas em laboratório com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h.

2.2.2 Longevidade e sobrevivência de *Quadrastichus mendeli* em diferentes dietas e temperaturas

Conforme houve a emergência de adultos de *Q. mendeli* com aproximadamente 24h de idade, foram coletadas diariamente e colocados individualmente em tubo de vidro de fundo chato (2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm de altura), tampados com papel filtro de plástico (PVC), armazenados em câmaras climatizadas, nas diferentes temperaturas e disponibilizados as diferentes dietas.

Os tratamentos para longevidade de fêmeas adultas de *Q. mendeli* foram em esquema fatoriais de 5x5, constituídos por diferentes temperaturas: 18, 21, 24, 27 e 30° C, e nas diferentes fontes de alimentos: 10, 50 e 100% de mel, pólen de flores silvestres e sem alimento, cada tratamento obteve 15 repetições, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC).

A disponibilidade de mel foi realizada pela aplicação de um filete sob a parede do vidro, realizado por um pincel de cerda natural de formato achatado (referência 456, nº 0). O pólen foi disponibilizado em papel filtro umedecido (0,5 por 1,0 cm), e após polvilhado sob o pólen de flores silvestres, metodologia adaptada de Zhang et al. (2004).

2.2.3 Longevidade e sobrevivência de *Quadrastichus mendeli* e *Selitrichodes neseri* em diferentes dietas

A coleta de *Q. mendeli* e *S. neseri* também foram realizadas com menos de 24 h de idade os parasitoides adultos e individualizados, assim como para *Q. mendeli* relatado anteriormente.

Para a longevidade de fêmeas e machos adultos de *S. neseri* comparando com fêmeas adultas de *Q. mendeli* foram fatoriais 3x5, submetidos em temperatura de 24

°C, disponibilizado diferentes dietas: 10, 50 e 100% de mel, pólen de flores silvestres e sem alimento, cada tratamento obteve 15 repetições, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC).

A disponibilidades de alimentos neste ensaio foi semelhante ao relatado para *Q. mendeli* anteriormente.

2.2.4 Avaliação

As avaliações de sobrevivência foram realizadas diariamente, desde a emergência até a mortalidade de cada indivíduo. Os alimentos foram substituídos a cada dois dias.

2.2.3 Análises estatísticas

A análise de longevidade (dias de vida), foram ajustados modelos lineares generalizados com a distribuição gama e função de ligação logarítmica (NELDER & WEDDERBURN, 1972). Foram considerados como fatores as interações entre alimento temperatura para fêmeas adultas de *Q. mendeli*, e alimento parasitoide para fêmeas e machos adultos de *S. neseri* e fêmeas adultas de *Q. mendeli*. Foi utilizado procedimento genmod (Programa estatístico SAS – Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition) e para comparações entre tratamentos foi utilizado foi o teste de Tukey-Kramer (WESTFALL et al., 1999).

A análise de sobrevivência para o tempo de vida (dias) dos parasitoides para estimar as curvas de sobrevivência foi analisado por Kaplan Meier (LEE, 1992). A comparação entre os tempos médios para as curvas de sobrevivência segundo dietas, parasitoides e temperaturas foi analisado pelo teste Log-Rank ajustado por Sidak (WESTFALL et al., 1999).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Longevidade e sobrevivência de *Quadrastichus mendeli* em diferentes dietas e temperaturas

A longevidade de fêmeas de *Q. mendeli* foi maior a 21 °C com 50 e 100% de mel, $98,8 \pm 6,82$ e $104,7 \pm 7,77$ dias, respectivamente (Tabela 1 e Fig. 1 - B).

A maior longevidade de fêmeas de *Q. mendeli*, com 50 e 100% de mel, a 21 °C indica ser essa a condição mais apropriada para protocolos de criação massal deste parasitoide. A longevidade da vespa *L. invasa*, hospedeira de *Q. mendeli*, foi maior 14, 18 e 21 °C, temperaturas próximas à de *Q. mendeli* (SOUZA et al., 2018). Além disso, a maior longevidade de *Cleruchoidea noackae* Lin and Huber (Hymenoptera: Mymaridae), parasitoide de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae), a 15 e 18 °C com mel a 10, 50 e 100%), mostra a importância do aprimoramento de técnicas de criação massal de parasitoides de pragas florestais (SOUZA et al., 2018). A longevidade de fêmeas de *Q. mendeli* foi semelhante de *Closterocerus chamaeleon* Girault (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de *Ophelimus maskelli* Ashmead (Hymenoptera: Eulophidae) (GARCIA et al., 2019). A maior longevidade de *Q. mendeli* em temperatura e com dieta ideais para sua sobrevivência, aumenta a disponibilidade por maior período de tempo e facilita o uso desse parasitoide no manejo de *L. invasa*.

Tabela 1 - Longevidade (média ($\pm$ erro padrão) (dias) de fêmeas de *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae) alimentadas com diferentes dietas (pólen, 10%, 50% e 100% de mel) e sem alimento e submetidas às temperaturas (Temp.) de 18, 21, 24, 27 e 30°C em umidade relativa de 60 $\pm$ 10% e fotofase de 12 horas

Temp.	Dietas				
	Sem Alimento	Pólen	Mel		
			10%	50%	100%
18 °C	4,1 $\pm$ 0,45	6,8 $\pm$ 1,23	39,1 $\pm$ 9,16	37,2 $\pm$ 7,09	28,9 $\pm$ 5,24
	Ab	Ab	Aa	Ba	Ba
21 °C	2,8 $\pm$ 0,22	2,8 $\pm$ 0,11	29,6 $\pm$ 9,39	98,8 $\pm$ 6,82	104,7 $\pm$ 7,77
	ABd	Bd	ABc	Aab	Aa
24 °C	2,5 $\pm$ 0,29	2,5 $\pm$ 0,24	13,8 $\pm$ 4,01	43,2 $\pm$ 8,10	44,9 $\pm$ 7,79
	ABc	Bc	BCb	Ba	Ba
27 °C	2,1 $\pm$ 0,23	2,4 $\pm$ 0,27	12,7 $\pm$ 2,91	24,7 $\pm$ 3,09	33,9 $\pm$ 2,45
	ABc	Bc	Cb	Bab	Ba
30 °C	1,7 $\pm$ 0,16	1,7 $\pm$ 0,18	3,9 $\pm$ 0,41	28,1 $\pm$ 2,07	26,8 $\pm$ 2,38
	Bb	Bb	Db	Ba	Ba

Médias seguidas por mesma letra, maiúscula por colunas ou minúscula por linhas, não diferem pelo teste de Tukey-Kramer.

Em todas as temperaturas analisadas a sobrevivência de fêmeas de *Q. mendeli* foi maior nas dietas com mel a 50 e 100% (Figura 1, A, B, C, D e E).

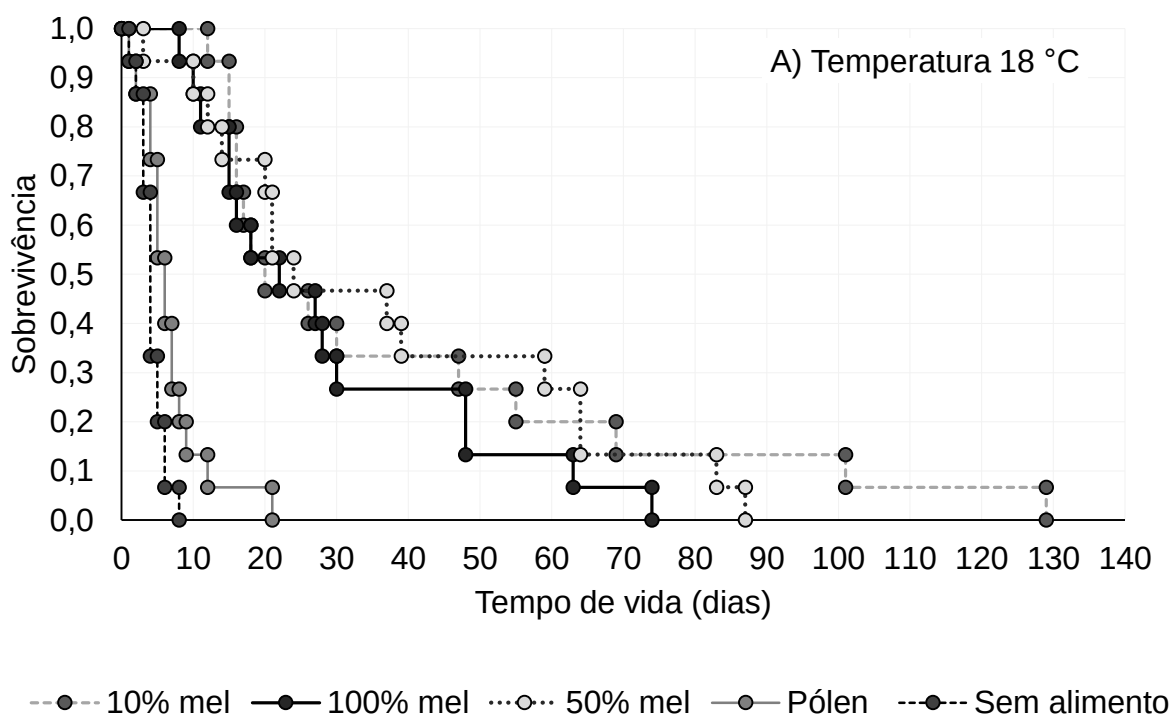
A maior sobrevivência de fêmeas de *Q. mendeli* com mel a 50 e 100% em todas as temperaturas confirmam a qualidade desse alimento para manter esse parasitoide armazenado por períodos mais longos de tempo maior. Isto é semelhante ao relatado para parasitoides de *L. invasa* com mel puro e soluções de 50%, para adultos de *Megastigmus* sp. (Hymenoptera: Torymidae) (PROTASOV et al., 2008), *Selitrichodes kryceri* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) (KIM et al., 2008), *S. neseri* (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014), *Megastigmus viggiani* Narendran & Sureshan (SHIVARAJU, 2012), *Megastigmus thitipornae* Doganlar & Hassan (Hymenoptera:

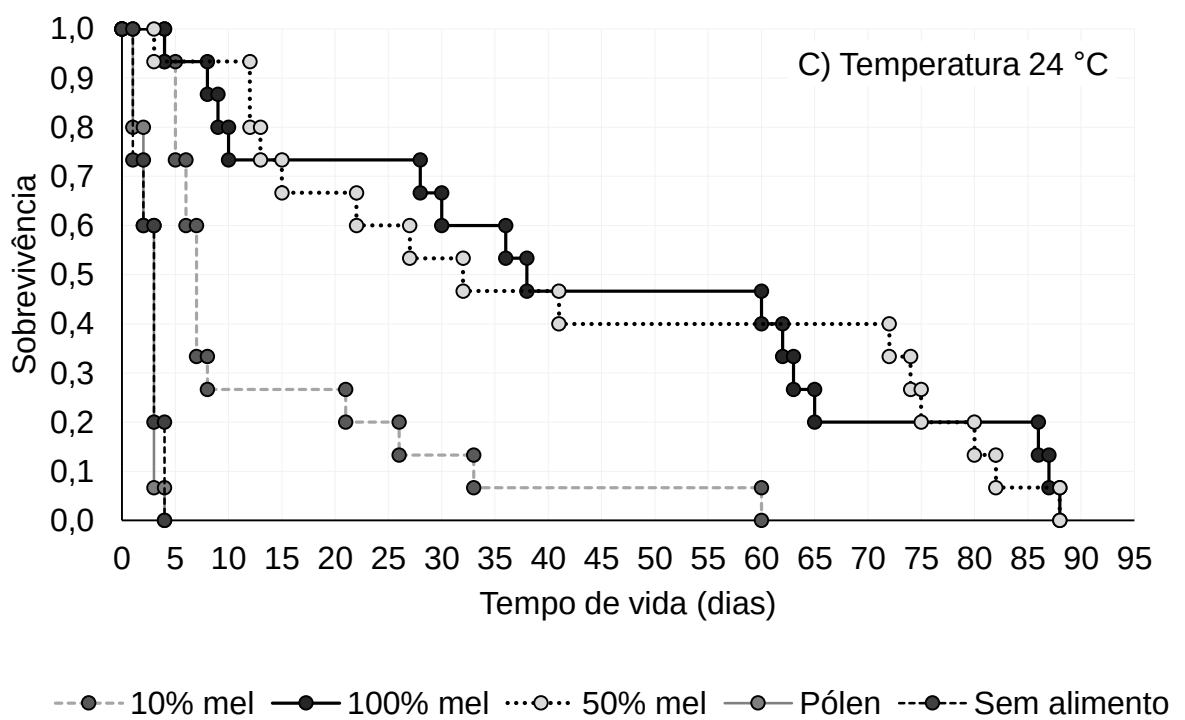
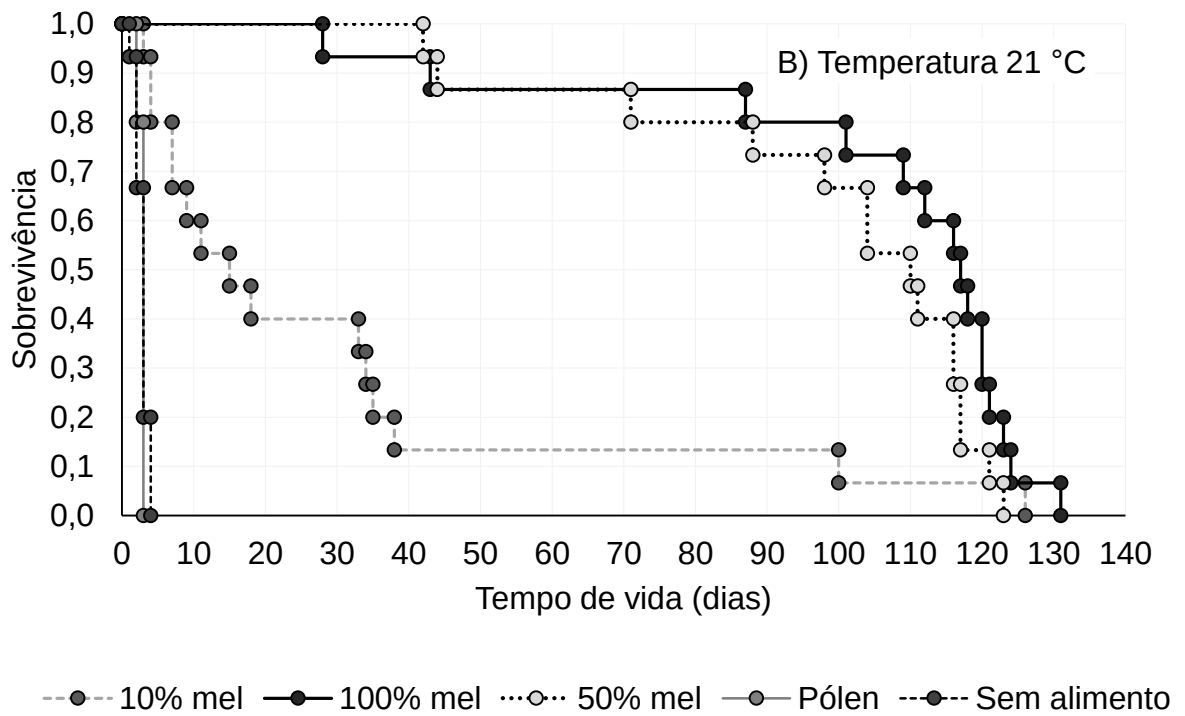
Torymidae) (SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2013) e *Aprostocetus causalis* La Salle & Wu (Hymenoptera: Eulophidae) (ZHENG et al., 2016). Parasitoides adultos necessitam de alimento suplementar, podendo ser a base de proteínas, carboidratos e açúcares (HARVEY et al., 2012). O mel é, altamente, rico em açúcares com 181 substâncias, incluindo frutose, glicose, proteínas, enzimas, vitaminas minerais e aminoácidos livres e sua qualidade como alimento para criação de parasitoides de *L. invasa* é semelhante ao relatado para os inimigos naturais (PÉREZ, 2002; TERRAB et al., 2003; ALVAREZ-SUAREZ et al., 2010).

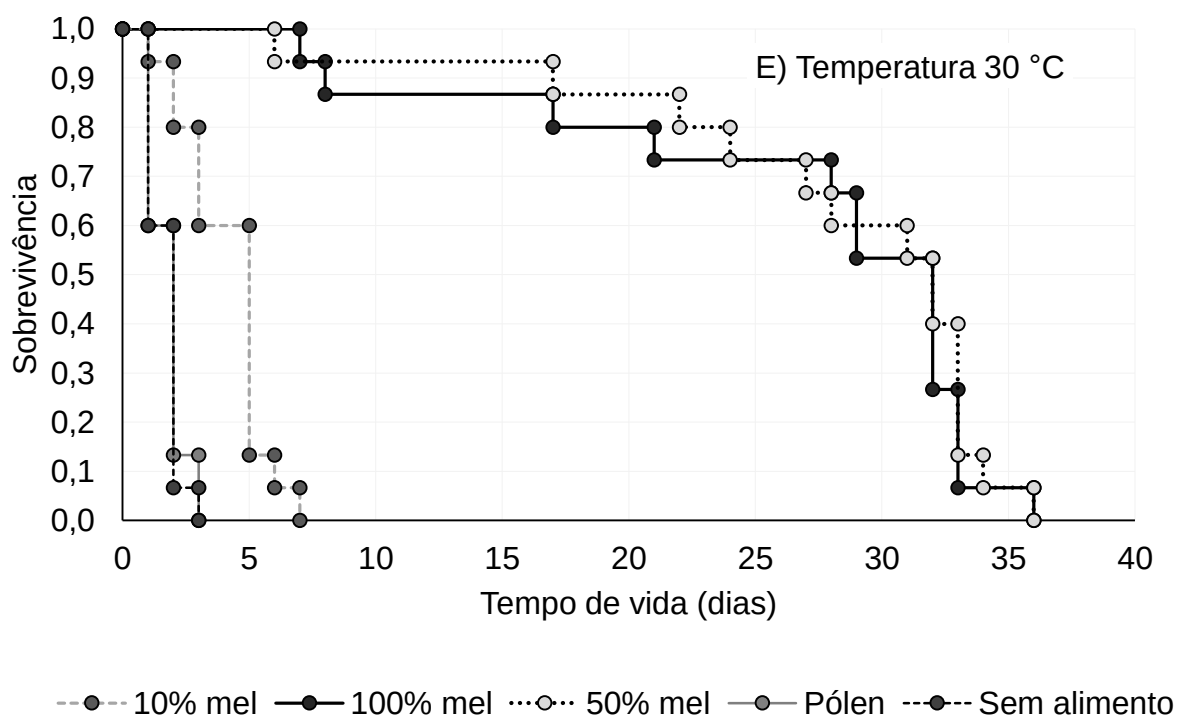
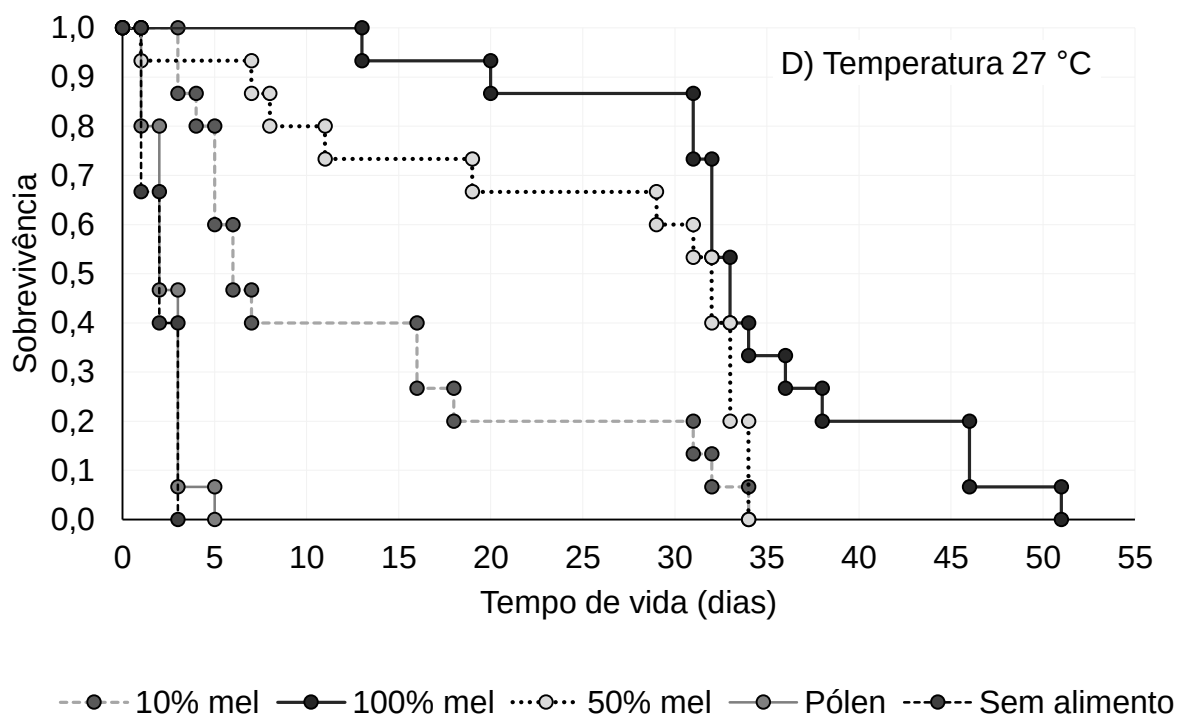
Na dieta com pólen as fêmeas de *Q. mendeli* oberam maior longevidade nesta dieta com a temperatura de 18°C (Tabela 1).

As fêmeas adultas de *Q. mendeli* submetidas a mais baixa temperatura de 18 °C, conseguiram sobreviver por um período maior em comparação as outras temperaturas para a dieta com pólen. Temperaturas mais baixa ocasionam nos insetos uma perda inicial da função neuromuscular, auxiliando a diminuir o metabolismo, levando a um período de sobrevivência maior mesmo em condições menos favoráveis (OVERGAARD & MACMILLAN, 2017). Devido a este fato, as fêmeas adultas de *Q. mendeli* conseguiram sobreviver por $6,8 \pm 1,23$ dias com pólen, uma fonte de alimento menos rica em nutrientes (BENELLI et al., 2017).

Figura 1 - Sobrevivência (dias) de *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae) segundo as diferentes temperaturas: (A) 21 °C, (B) 24 °C, (C) 27 °C e 30 °C, submetidos as diferentes dietas: 10, 50 e 100% de mel, pólen de flores silvestres e sem alimento (fotofase 12 h e umidade relativa de $60 \pm 10\%$)







A temperatura de 30 °C, obteve menor longevidade de fêmeas adultas de *Q. mendeli* em todas as dietas (Tabela 1).

As fêmeas adultas de *Q. mendeli* sobreviveram por um menor período de tempo sob a maior temperatura do estudo de 30 ° C em todas as dietas oferecidas. Altas temperaturas podem influenciar diretamente no tempo de vida dos insetos, estudos com microcalorimetria aferindo a longevidade de *L. invasa* foram semelhantes, pois com o aumento de temperatura ocorreu a diminuição do metabolismo exponencialmente, consequentemente reduzindo a longevidade de *L. invasa* (LU et al., 2014). O parasitoide *Anastatus orientalis* (Hymenoptera: Eupelmidae) e três espécies de *Trichogramma* em temperatura alta também diminuíram a longevidade, semelhantes a *Q. mendeli* (KRECHEMER & FOERSTER, 2015; SEO et al., 2019).

2.3.2 Longevidade e sobrevivência de *Quadrastichus mendeli* e *Selitrichodes neseri* em diferentes dietas

A longevidade de fêmeas adultas de *Q. mendeli* foi maior que fêmeas e machos adultos de *S. neseri*, alimentados com 50 e 100% de mel, sendo estas fontes de alimento a de maior longevidade para ambos respectivamente (Tabela 2).

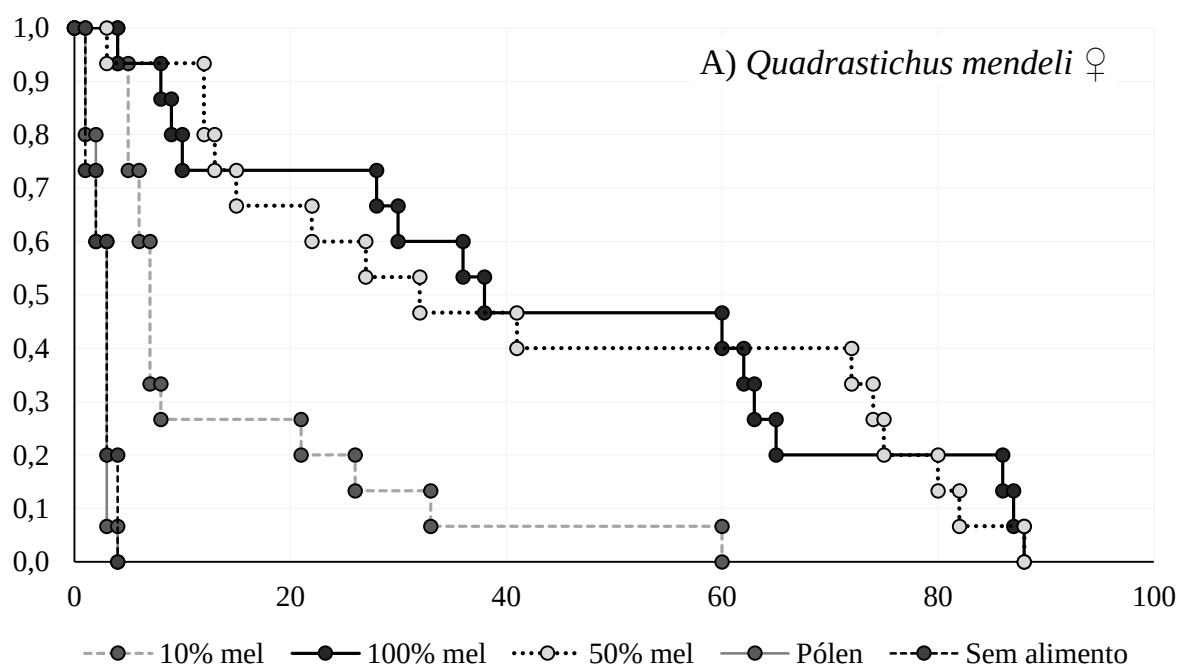
A maior longevidade dos parasitoides de fêmeas de *Q. mendeli* que de *S. neseri*, de *L. invasa*, com mel a 50 e 100% e a fêmeas do primeiro comparadas a fêmeas e machos adultos do segundo são semelhantes aos relatado para África do Sul (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014; SANGTONGPRAOW & CHARERNSOM, 2019). A longevidade de *S. kryceri* e *Q. mendeli* em Israel, foi, também, maior com mel, um alimento rico em energia e, por isto, utilizado em criações de inimigos naturais aumentando, também, a fecundidade desses insetos (KIM et al., 2008; HARVEY et al., 2017). Estudos de parasitoides de *L. invasa* são importantes para aprimorara as técnicas de criações massal, assim como a longevidade e sobrevivência, morfologia, biologia e comportamento (GUALTIERI et al., 2017; HUANG et al., 2018b; HUANG et al., 2019; GEVERS et al., 2020).

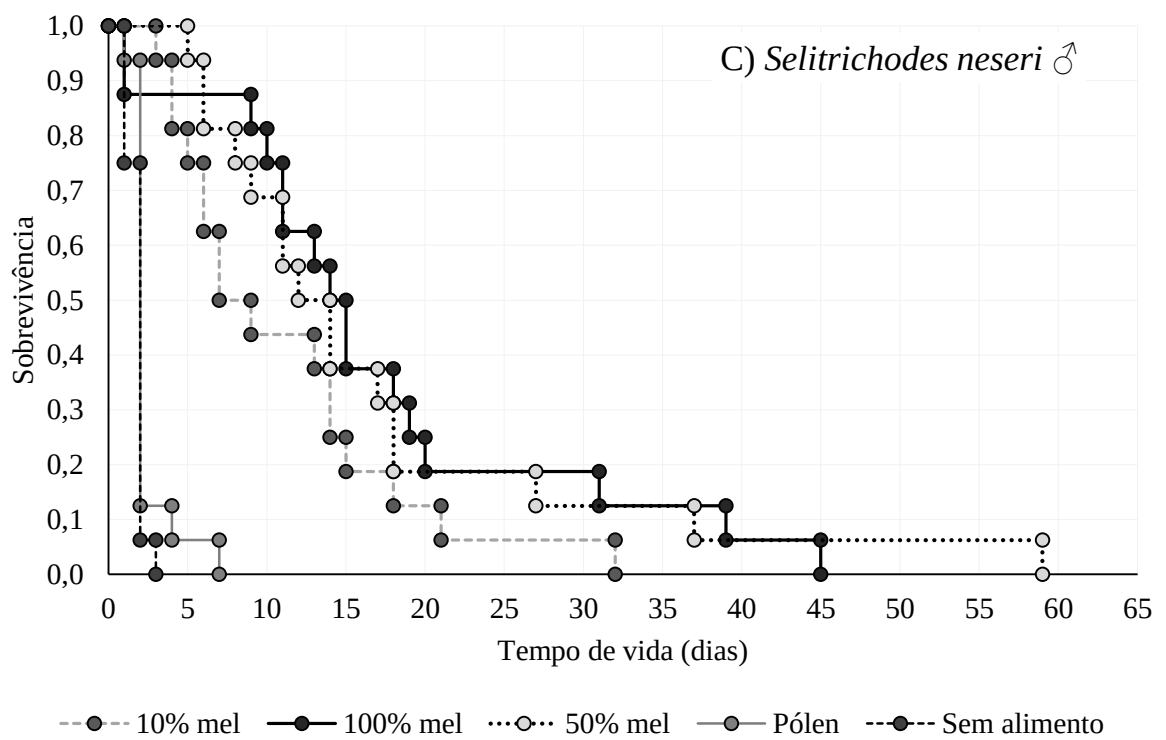
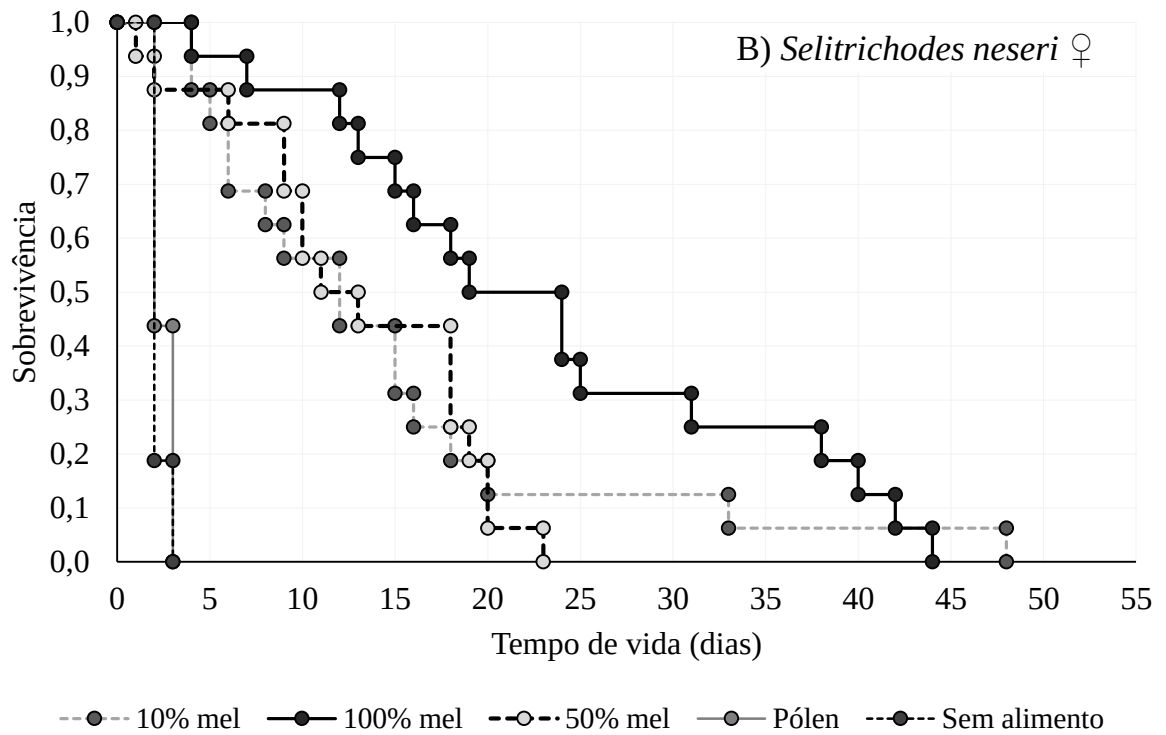
Tabela 2 - Longevidade média ($\pm$ e.p.) (dias) de fêmeas de *Quadarstichus mendeli mendeli*, fêmeas e machos de *Selitrichodes neseri* alimentados com diferentes dietas (pólen, 10%, 50% e 100% de mel) e sem alimento (24°C, UR = 60 $\pm$ 10% e fotofase = 12 h)

Fontes de Alimento	Parasitoide		
	<i>Quadrastichus mendeli</i> ♀	<i>Selitrichodes neseri</i> ♀	<i>Selitrichodes neseri</i> ♂
Sem Alimento	2,53 $\pm$ 0,29 Ca	2,19 $\pm$ 0,10 Ba	1,81 $\pm$ 0,13 Ba
Pólen	2,47 $\pm$ 0,24 Ca	2,44 $\pm$ 0,13 Ba	2,37 $\pm$ 0,34 Ba
10% de mel	13,80 $\pm$ 4,01 Ba	14,44 $\pm$ 2,92 Aa	11,13 $\pm$ 1,95 Aa
50% de mel	43,20 $\pm$ 8,10 Aa	12,94 $\pm$ 1,68 Ab	17,00 $\pm$ 3,48 Ab
100% de mel	44,93 $\pm$ 7,79 Aa	23,25 $\pm$ 3,15 Aab	16,00 $\pm$ 3,03 Ab

Médias seguidas por mesma letra, maiúscula por colunas ou minúscula por linhas, não diferem pelo teste de Tukey-Kramer.

Figura 2 - Sobrevivência (dias) de fêmeas de *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae) (A) e fêmeas e machos de *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) (B e C), segundo as diferentes dietas: 10, 50 e 100% de mel, pólen de flores silvestres e sem alimento (temperatura 24 °C, fotofase 12 h e umidade relativa de 60 $\pm$ 10%)





A longevidade e a sobrevivência de fêmeas e machos de *S. neseri* e fêmeas adultas de *Q. mendeli* não foi semelhante e menor com alimentação a base de pólen (Tabela 2, Figura 2 – A, B e C).

A menor longevidade de fêmeas e machos de *S. neseri* e fêmeas de *Q. mendeli* com alimentação a base de pólen discorda do relatado para *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Goniozus nephantidis* Muesebeck (Hymenoptera: Bethyridae) (ZHANG et al., 2004; PRUSTY; SAHU; MANDAL, 2020). Variações nesse parâmetro, entre parasitoides, se deve ao fato do pólen ser uma fonte de alimento, mais limitada, por ser menos rico que outros alimentos como o mel (BENELLI et al., 2017, Huang et al., 2018a). A menor longevidade de fêmeas de *Q. mendeli* e fêmeas e machos adultos de *S. neseri*, com pólen são semelhantes ao tratamento sem alimento reforça ser essa fonte inadequada como alimento para estes parasitoides.

As fêmeas adultas de *Q. mendeli* obtiveram maior longevidade alimentadas com mel a 50 e 100%, sob a temperatura de 21 °C. As fêmeas de *S. neseri* obtiveram maior longevidade alimentados com 10, 50 e 100% de mel com estas dietas também resultaram em maior longevidade para os machos adultos de *S. neseri*. As fêmeas adultas de *Q. mendeli* foram mais longevas que as fêmeas e machos adultos de *S. neseri*.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e ao Programa Cooperativo de Proteção Florestal (PROTEF) do Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais (IPEF).

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; TULIPANI, S.; ROMANDINI, S.; BERTOLI, E.; BATTINO, M. Contribution of honey in nutrition and human health: a review. **Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 3, p. 15–23, 2010.
- ANGILLETTA, M. J.; STEURY, T. D.; SEARS, M. W. Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. **Integr Comp Biol**, v. 44, n. 6, p. 498–509, 2004.
- BENELLI, G.; GIUNTI, G.; TENA, A.; DESNEUX, N.; CASELLI, A.; CANALE, A. The impact of adult diet on parasitoid reproductive performance. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 3, p. 807–823, 2017.
- BENREY, B.; DENNO, R. F. The slow growth–high mortality hypothesis: a test using the cabbage butterfly. **Ecology**, v. 78, n. 4, p. 987–999, 1997.
- COLINET, H.; BOIVIN, G.; HANCE, T. H. Manipulation of parasitoid size using the temperature-size rule: fitness consequences. **Oecologia**, v.152, n. 3, p. 425–433, 2008.
- COSTA, V. A.; BERTI FILHO, E.; WILCKEN, C. F.; STAPE, J. L.; LA SALLE, J.; TEIXEIRA, L. D. Eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) in Brazil. New forest pest reaches the new world. **Revista de Agricultura**, v. 83, n. 2, p. 136–139, 2008.
- DITTRICH-SCHRÖDER, G.; HARNEY, M.; NESER, S.; JOFFE, T.; BUSH, S.; HURLEY, B. P.; WINGFIELD, M. J.; SLIPPERS, B. Biology and host preference of *Selitrichodes neseri*: a potential biological control agent of the eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa*. **Biological Control**, v. 78, p. 33–41, 2014.
- GARCIA, A.; GONÇALVES, H.; BOROWIEC, N.; FRANCO, J. C.; BRANCO, M. *Ophelimus* sp., a new invasive gall wasp of *Eucalyptus globulus* in Europe, escapes the parasitism by *Closterocerus chamaeleon* due to an asynchronous life cycle. **Biological Control**, v. 131, p. 1–7, 2019.
- HARVEY, J. A.; CLOUTIER, J.; VISSER, B.; ELLERS, J.; WÄCKERS, F. L.; GOLS, R. The effect of different dietary sugars and honey on longevity and fecundity in two hyperparasitoid wasps. **Journal of Insect Physiology**, v. 58, n. 6, p. 816–823, 2012.
- HARVEY, J. A.; ESSENS, T. A.; LAS, R. A.; VAN VEEN, C.; VISSER, B.; ELLERS, J.; HEINEN, R.; GOLS, R. Honey and honey-based sugars partially affect reproductive trade-offs in parasitoids exhibiting different life-history and reproductive strategies. **J Insect Physiol**, v. 98, p. 134–140, 2017.
- KELLY, J.; LA SALLE, J.; HARNEY, M.; DITTRICH-SCHRÖDER, G.; HURLEY, B. *Selitrichodes neseri*, a new parasitoid of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* Fischer & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Zootaxa**, v. 3333, n. 1, p. 50–57, 2012.

KIM, I. K.; MENDEL, Z.; PROTASOV, A.; BLUMBERG, D.; LA SALLE, J. Taxonomy, biology and efficacy of two Australian parasitoids of the eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Zootaxa**, v. 1910, n. 1, p. 1–20, 2008.

KRECHEMER, F. S.; FOERSTER, L. A. Temperature effects on the development and reproduction of three *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species reared on *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. **Journal of Insect Science**, v.15, n. 1, p. 1-6, 2015.

LAWSON, S. Biological control of eucalypt pests overseas and in Australia. **Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)**, Canberra; 26, 2012.

LEE, J. C.; HEIMPEL, G. E.; LEIBEE, G. L. Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 111, p. 189–199, 2004.

LU, T.; ZHANG, Y.; HUANG, Z.; HUANG, J. The effect on the longevity of *Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) studied by microcalorimetry and traditional methods. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 116, p. 461–467, 2014.

MASSON, M. V.; TAVARES, W. D. S.; LOPES, F. D. A.; SOUZA, A. R. D.; FERREIRA-FILHO, P.J.; BARBOSA, L. R.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C. *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) recovered from *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) galls after initial release on eucalyptus (Myrtaceae) in Brazil, and data on its biology. **Florida Entomologist**, v. 100, p. 589–593, 2017.

MENDEL, Z.; PROTASOV, A.; FISHER, N.; LA SALLE, J. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on Eucalyptus. **Australian Journal of Entomology**, v. 43, n. 2, p. 101–113, 2004.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Source Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

NUGNES, F.; GEBIOLA, M.; GUALTIERI, L.; RUSSO, E.; SASSO, R.; BERNARDO, U. When exotic biocontrol agents travel without pass port: first record of *Quadrastichus mendeli*, parasitoid of the blue-gum chalcid *Leptocybe invasa*, in Italy. **Bulletin of Insectology**, v. 69, n. 1, p. 85–91, 2016.

OVERGAARD, J.; MACMILLAN, H. A. The Integrative Physiology of Insect Chill Tolerance. **Annual Review of Physiology**, v. 79, p. 187-208, 2017.

PANDEY, S.; SINGH, R. Host size induced variation in sex ratio of an aphid parasitoid *Lysiphlebia mirizai*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 90, n. 1, p. 61–67, 1999.

PÉREZ, R. A. Analysis of volatiles from Spanish honeys by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 9, p. 2633–2637, 2002.

PROTASOV, A.; DOĞANLAR, M.; LA SALLE, J.; MENDEL, Z. Occurrence of two local *Megastigmus* species parasitic on the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* in Israel and Turkey. **Phytoparasitica**, v. 36, n. 5, p. 449–459, 2008.

SANGTONGPRAOW, B.; CHARERNSOM, K. Biological traits of *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) in Thailand. **Parasite**, v. 26, n. 8, p. 1–9, 2019.

SANGTONGPRAOW, B.; CHARERNSOM, K. Evaluation of parasitism capacity of *Megastigmus thitipornae* Doğanlar & Hassan (Hymenoptera: Torymidae), the local parasitoid of eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). **Kasetsart Journal (Natural Science)**, v. 47, p. 191–204, 2013.

SEO, M.; KIM, J. H.; SEO, B. Y.; PARK, C.; CHOI, B. R.; KIM, K. H.; JI, C. W.; CHO, J. R. Effect of temperature on reproduction and parasitism of the egg parasitoid, *Anastatus orientalis* (Hymenoptera: Eupelmidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 22, n. 4, p. 1013–1018, 2019.

SHIVARAJU, C. **Bio-intensive management of invasive eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Eulophidae: Hymenoptera)**. Master's thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad, Bangalore, India, 2012.

SOUZA, A. R.; BARBOSA, L. R.; PASSOS, J. R. S.; CASTRO, B. M. C.; ZANUNCIO, J. C.; WILCKEN, C. F. Longevity and survival of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*, with different diets and temperatures. **PeerJ**, v. 6, n. 5, p. 1–12, 2018.

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.

STEARNS, S. C. The evolution of life histories. Oxford University Press, **Oxford**, 1992.

TERRAB, A.; GONZÁLEZ, M. M. L.; GONZÁLEZ, A. G.; DÍEZ, M. J.; HEREDIA, F. J. Characterisation of Moroccan unifloral honeys using multivariate analysis. **European Food Research and Technology**, v. 218, p. 88–95, 2003.

WESTFALL, P. H.; TOBIAS, R. D.; ROM, D.; WOLFINGER, R. D.; HOCHBERG, Y. Multiple comparisons and multiple tests using the SAS System. **SAS Institute**, Cary, NC, 1999.

WILCKEN, C. F.; ZACHÉ, B.; MASSON, M. V.; PEREIRA, R. A.; BARBOSA, L. R.; ZANUNCIO, J. C. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. eds. Vespa-da-galha-do-eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle. Piracicaba: **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. p. 898–908, 2015.

YANG, M. M.; LIN, Y. C.; WU, Y. J.; FISHER, N. Two new *Aprostocetus* species (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae), fortuitous parasitoids of invasive

eulophid gall inducers (Tetrastichinae) on Eucalyptus and Erythrina. **Zootaxa**, v. 3846, n. 2, p. 261–272, 2014.

ZHANG, G.; ZIMMERMANN, O.; HASSAN, S. A. Pollen as a source of food for egg parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 201-209, 2004.

ZHENG, X. L.; LI, J.; YANG, Z. D.; XIAN, Z. H.; WEI, J. G.; LEI, C. L.; WANG, X. P.; LU, W. A Review of invasive biology, prevalence and management of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **African Entomology**, v. 22, n. 1, p. 68-79, 2014.

ZHU, F. L.; QIU, B. L.; REN, S. X. Oviposition of *Leptocybe invasa*. **Chinese Journal of Applied Entomology**, v. 50, p. 192–196, 2013.

ZHU, F. L.; REN, S. X.; QIU, B. L.; HUANG, Z.; PENG, Z. Q. The abundance and population dynamics of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) galls on *Eucalyptus* spp. In China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, p. 2116–2123, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- *Quadrastichus mendeli* completou seu ciclo biológico em condições laboratoriais, produzindo o número máximo de $29,58 \pm 3,63$ adultos no tempo médio (dias).

- A taxa de parasitismo de *Q. mendeli* foi de $19,2\% \pm 12,31$ a $63,1\% \pm 6,03$.

- A longevidade de fêmeas adultas de *Q. mendeli* foi maior na temperatura de 21 °C, com fonte de alimento a 50 e 100% de mel com $98,8 \pm 6,82$ e $104,7 \pm 7,77$ dias.

- As fêmeas adultas de *Q. mendeli* são mais longevas que as fêmeas e machos de *S. nesei*.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, D.A.; ANDORNO, A.V.; PATHAUER, P.S.; BOTTO, E.N.; LÓPEZ, S.N. Primera cita de *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) de Argentina, asociado a agallas de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Acta zoológica lilloana**, vol. 68, La Plata, 2018.
- BARAKAT, M. C.; LILJESTHRÖM, G. G.; CINGOLAN, M. F. Preimaginal developmental time of two egg parasitoids and their host searching efficiency. **Journal Biocontrol Science and Technology**, v. 30, n. 6, p. 559-568, 2020.
- BERTI FILHO, E., CERIGNONI, J. A., SOUZA JÚNIOR, C. N. *Phoracantha semipunctata* (Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae) broca de *Eucalyptus* spp., nativa da Austrália, já ocorre no estado de São Paulo. **IPEF** n.48/49, p.142-143, jan./dez.1995.
- BERTI FILHO, E.; COSTA, V. A.; LA SALLE, J. Primeiro registro da vespa-da-galha, *Epichrysocharis burwelli* (Hymenoptera: Eulophidae), em *Corymbia* (*Eucalyptus*) *citriodora* (Myrtaceae) no Brasil. **Revista de Agricultura**, v. 79, p. 363, 2004.
- BUSH, S. J.; DITTRICH-SCHRÖDER, G.; NESER, S.; GEVERS, C.; BAFFOE, K. O.; SLIPPERS, B.; HURLEY, B. P. First record of *Quadrastichus mendeli*, a parasitoid of *Leptocybe invasa*, in South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 80, n. 3, p. 275-277, 2018.
- CARNE, P. B. & TAYLOR, K. L. Insect pests. In: HILLIS, W. E. & BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Canberra: CSIRO/ Academic Press, 1984.
- DITTRICH-SCHRODER, G.; WINGFIELD, M. J.; HURLEY B. P.; SLIPPERS, B. Diversity in *Eucalyptus* susceptibility to the gall-forming wasp *Leptocybe invasa*. **Agricultural and Forest Entomology**, 2012, 9p.
- DITTRICH-SCHRÖDER, G.; HARNEY, M.; NESER, S.; JOFFE, T.; BUSH, S.; HURLEY, B.P.; WINGFIELD, M.J.; SLIPPERS, B. Biology and host preference of *Selitrichodes neseri*: A potential biological control agent of the *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa*. **Biological Control**, v.78, p.33-41, 2014.
- EPPO 2018 PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization. Disponível em: <<https://gd.eppo.int/taxon/LPCYIN/distribution>>. Acesso em: 11 Jan. 2019.
- FERNANDES, B.V.; BARCELOS, J.A.V.; ANDRADE, H.B.; ZANUNCIO, J.C. *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), an exotic pest of *Eucalyptus*, in Minas Gerais State, Brazil. **Florida Entomologist**, v.97, n.2, p.824-826, 2014.
- FREITAS, S. **Contribuição ao estudo da morfologia e biologia de *Gonipteris gibberus* Boisduval, 1835 (Coleoptera, Curculionidae) e levantamento dos danos causados por esta espécie em eucaliptos dos arredores de Curitiba.**

Curitiba, 1979. 95p. Dissertação – Mestrado em Entomologia. Universidade Federal do Paraná.

GFLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. *Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação*. Piracicaba: IPEF, 2016. 448p.

HUANG, Z. Y.; LI, J.; LU, W.; ZHENG, X. L.; YANG, Z. D. Parasitoids of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe* spp.: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 7, p. 29983–29995, 2018.

IBÁ. **Industria Brasileira de Árvores**. Relatório anual 2019, ano base 2018. 80 p. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

KAVITHA-KUMARI, N.; KULKARNI, H.; VASTRAD, A.S.; GOUD, K.B. Biology of eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). **Karnataka Journal of Agricultural Science**, v.23, p.211-212, 2010.

KELLY, J.; LA SALLE, J.; HAMEY, M.; DITTRICH-SCHRODER, G.; HURLEY, B. *Selitrichodes neseri*, a new parasitoid of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* Fischer & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Zootaxa**, v. 3333, p.50–57, 2012.

KIM IK, MENDEL Z, PROTASOV A, BLUMBERG D, LA SALLE J. Taxonomy, biology and efficacy of two australian parasitoids of the eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Zootaxa** v. 1910, p. 1–20, 2008.

KIM, I. K.; MENDEL, Z.; PROTASOV, A.; BLUMBERG, D.; LA SALLE, J. Taxonomy, biology and efficacy of two Australian parasitoids of the eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **Zootaxa**, v. 1910, p. 1–20, 2008.

MANSILLA-VÁZQUEZ, P. P. Presencia sobre *Eucalyptus globulus* Labill de *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Col. Curculionidae) em Galicia. **Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas**, v. 18, n. 3, p. 547-54, 1992.

MASSON, M. V. **Dinâmica populacional e manejo de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em plantações de eucalipto**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015. 86 p.

MASSON, M. V.; TAVARES, W. D. S.; LOPES, F. D. A.; SOUZA A. R. D.; FERREIRA-FILHO, P.J.; BARBOSA, L. R.; WILCKEN C. F.; ZANUNCIO, J. C. *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) recovered from *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) galls after initial release on eucalyptus (Myrtaceae) in Brazil, and data on its biology. **Florida Entomologist**, v.100, p. 589–593, 2017.

MENDEL, Z.; PROTASOV, A.; FISHER, N.; LA SALLE, J. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. **Australian Journal of Entomology**, v.43, n.1, p.101-113, 2004.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo, SP: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2012.

NUGNES, F.; GEBIOLA, M.; GUALTIERI, L.; RUSSO, E.; SASSO, R.; BERNARDO, U. When exotic biocontrol agents travel without passport: first record of *Quadrastichus mendeli*, parasitoid of the blue-gum chalcid *Leptocybe invasa*, in Italy. **Bulletin of Insectology**. v. 69, n. 1, p. 85-91, 2016.

PEREIRA, R. A.; BERTI FILHO, E.; WILCKEN, C. F. Vespa-da-galha-do-citriodora, *Epichrysocharis bruwelli* Schauff. In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, v.1, cap.45, p. 827-834, 2015.

PIMENTEL, D.; McNair, S.; Janecka, J.; Wightman, J.; Simmonds, C.; O'Connell, C.; Wong, E.; Russel, L.; Zern, J.; Aquino, T.; Tsomondo, T. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 84, p. 1–20. 2001.

PURETZ, B. O. **Aspectos biológicos e reprodutivos de *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) Kelly & La Salle e estabelecimento do parasitoide em plantios florestais de eucalipto no Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017. 77 p.

PURETZ, B. O.; JORGE, C.; MOTA, T. A.; DALLACORT, S.; CARVALHO, V. R.; SILVA, R. M. L.; WILCKEN, C. F. First record of *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae) in Brazil: the Australian parasitoid of blue gum chalcid wasp not recognize geographical barriers. In: XXV **IUFRO World Congress Forest Research and Cooperation for Sustainable Development**, Curitiba - PR, 2019. v. 39. p. 1-768.

QUEIROZ, D. L. Pragas exóticas e potenciais a eucaliptocultura no Brasil. In: Manejo fitossanitário de cultivos agroenergéticos, 2009, Brasília/DF, **Anais**. Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2009. p.239-249.

SANGTONGPRAOW, B.; CHARERNSOM, K. Biological traits of *Quadrastichus mendeli* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) in Thailand. **Parasite**. v. 26, n. 8, p. 1-9, 2019.

SANGTONGPRAOW, B.; CHARERNSON, K.; SIRIPATANADILOK, S. Longevity, fecundity and development time of *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) in Kanchanaburi Province, Thailand. **Thai Journal of Agricultural Science**, v.44, p.155-163, 2011.

SANTANA, D. L. Q.; ANJOS, N. Microvespa-do-eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora*) - *Epichrysocharis burwelli* Schauff (Hymenoptera: Eulophidae). **Embrapa**. Colombo – PR. Circular técnico 188, novembro, 2007.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, DF: Embrapa, p.138, 2014.

SHYLESHA A. N. Classical biological control of Eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle - Final Project report on the management of emerging pests Eucalyptus, 2008. Disponível em: <<http://www.dcpulppaper.org/gifs/report63.pdf>>. Acesso em: 18 de nov. de 2019.

SOUZA, A. R. **Aspectos biológicos de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) e de seu parasitoide *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) e levantamento de vespas galhadoras em florestas de eucalipto na Austrália**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016. 75 p.

WILCKEN, C. F.; BARBOSA, L. R.; SOLIMAN, E. P.; LIMA, A. C. V.; SÁ, L. A. N.; LAWSON, S. Percevejo-bronzeado-do-eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, 2015. v.1, cap.45, p. 898 - 908.

WILCKEN, C. F.; BERTI FILHO, E. Vespa-da-galha do eucalipto (*Leptocybe invasa*) (Hymenoptera: Eulophidae): nova praga de florestas de eucalipto no Brasil. 11 p. **IPEF**, Botucatu, mai. 2008.

WILCKEN, C. F.; COUTO, E. B.; ORLATO, C.; FERREIRA FILHO, P. J.; FIRMINO, D. C. Ocorrência de psílideo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) Hemiptera: Psyllidae) em florestas de eucalipto no Brasil. **Circular Técnico Ipef** (201): 1-11, 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/protecao/psilideo.asp>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

WILCKEN, C. F.; OLIVEIRA, N.C. Psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore. In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, 2015. v.1, cap.45, p. 883 - 897.

WILCKEN, C. F.; ZACHÉ, B., MASSON, M. V., PEREIRA, R. A., BARBOSA, L. R., ZANUNCIO, J. C. Vespa-da-galha-do-eucalipto *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, 2015. v.1, cap.45, p. 835 - 844.

WILCKEN, C.F.; OLIVEIRA, N.C. Gorgulho-do-eucalipto, *Gonipterus platensis* Marelli. In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, v.1, cap.45, p. 779-791, 2015.

WILCKEN, C. F. Percevejo-bronzeado-do-eucalipto (*Thaumastocoris peregrinus*) (Hemiptera: Thaumastocoridae): ameaça às florestas de eucalipto brasileira. **Circular Técnico Ipef**. Botucatu – SP. 2008.

WINGFIELD, M.J. Increasing threat of diseases to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons from *Cryphonectria canker*. **Austral. Plant Pathol**, v. 32, p. 133–139, 2003.

WINGFIELD, M.J., ROUX, J., SLIPPERS, B., HURLEY, B.P. Established and new technologies reduce increasing pest and pathogen threats to Eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, 2012.

WINGFIELD, M.J., SLIPPERS, B., HURLEY, B.P., COUTINHO, T.A., WINGFIELD, B.D., ROUX, J. Eucalypt pests and diseases: growing threats to plantation productivity. **Southern For**, v. 70, p. 139–144, 2008.

ZANUNCIO, J.C. **Manual de pragas em florestas - Lepidoptera desfolhadores de Eucalipto: biologia, ecologia e controle**. Piracicaba: IPEF/SIF, 1993. 140 p.

ZHENG, X. L.; HUANG, Z. Y.; DONG, D.; GUO, C. H.; LI, L.; YANG, Y.; YANG, X. H.; Lu, W. Parasitoids of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) in China. **Parasite**, v. 23, n. 58, p. 1-7, 2016.

ZHENG, X.L.; LI, J.; YANG, Z.D.; XIAN, Z.H.; WEI, J.G.; LEI, C.L.; WANG, X.P.; LU, W. A Review of invasive biology, prevalence and management of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). **African Entomology**, v.22, p.6879, 2014.