

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**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**

AMANDA RODRIGUES DE SOUZA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU – SP
Maio 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**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**

AMANDA RODRIGUES DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU – SP
Maio 2016

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

S729a Souza, Amanda Rodrigues de, 1986-
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 / Souza, Amanda Rodrigues de. - Botucatu : [s.n.], 2016
viii, 75 f. : fots., grafs. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Carlos Frederico Wilcken
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Doenças e pragas. 2. Vespas - População. 3. Vespas - Biologia. 4. Pragmas - Controle biológico. I. Wilcken, Carlos Frederico. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "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"

AUTORA: AMANDA RODRIGUES DE SOUZA

ORIENTADOR: CARLOS FREDERICO WILCKEN


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


Prof. Dr. CARLOS FREDERICO WILCKEN
Depto. Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas


Prof. Dr. ÉVERTON PIRES SOLIMAN
Tecnologia Florestal - Suzano


Prof. Dr. LEONARDO RODRIGUES BARBOSA
Laboratório de Entomologia / EMBRAPA - FLORESTAS


Prof. Dr. PEDRO JOSÉ FERREIRA FILHO
Depto. Ciências Ambientais / Centro de Ciências e Tecnologia para Sustentabilidade - UFSCar


Prof. Dr. EDSON LUIZ LOPES BALDIN
Depto. Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 31 de maio de 2016.

A Deus, por guiar meu caminho e por me dar força e sabedoria para concretização deste sonho.

OFEREÇO

DEDICO

Aos meus pais, Amarize e Rubens pelo incentivo e paciência pela minha ausência.

Aos meus irmãos, Camila, Izabella e Thiago.

Às minhas avós pela confiança e incentivo.

Aos meus tios, tias e primos pelo apoio.

Aos meus amigos pela força.

E, principalmente ao meu namorado Marcos, a pessoa mais importante que conheci durante esta etapa da minha vida. Eu quero agradecê-lo por todo o amor, cumplicidade e paciência, além do apoio em todas minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Proteção de Plantas, pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Carlos F. Wilcken, pela orientação, confiança, incentivo e exemplo de dedicação profissional. Agradeço pelos conhecimentos compartilhados e oportunidades de aprendizagem oferecidas a mim durante esses anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Proteção de Plantas, pelos ensinamentos transmitidos e por contribuírem para o meu crescimento pessoal e profissional, em especial ao Prof. Dr. Edson L. L. Baldin e Prof. Dr. Carlos G. Raetano.

Aos funcionários da FCA/UNESP, em especial, funcionárias da Seção de Pós-Graduação, pelo auxílio e atenção durante essa etapa. Aos funcionários da biblioteca e portaria do Campus, pela simpatia e colaboração.

A todos os funcionários do Departamento de Proteção Vegetal, em especial, Nivaldo, Adriana, Paulo, Nivaldo, Luciana e Maria, pela convivência e colaboração na execução deste trabalho.

Ao Laboratório de Quarentena “Costa Lima” da Embrapa Meio Ambiente, em especial ao Dr. Luiz Alexandre e Roberto Aparecido pela colaboração nas pesquisas.

Ao Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais (IPEF), em especial, Renato Junqueira e às empresas florestais que integram o Programa de Proteção Florestal (PROTEF) que auxiliaram na pesquisa.

Ao Dr. José Cola Zanuncio, pelos ensinamentos e auxílio constante nas redações dos trabalhos desenvolvidos.

Ao Dr. Leonardo Rodrigues Barbosa, pelos conhecimentos compartilhados e discussões.

Ao Prof. Dr. José Raimundo de Souza e João Paulo, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Às minhas amigas, Barbara, Carla e Mírian, pela amizade e pelos ótimos momentos de convivência na República “Vem KBB”, além de serem os membros da minha família de Botucatu, e Luiz Balestrin pela amizade.

Às amigas do Departamento de Proteção Vegetal, em especial Patrícia e Marylia, pela amizade e convivência.

A todos do Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF), em especial à Lorena e Fernanda, pelo carinho e suporte nas atividades, e às amigas, Barbara, Vanessa e Carolina Jorge, pela colaboração direta e indispensável nos experimentos, além dos bons momentos de descontração. À Luciane, pela amizade e momentos de trabalho compartilhados no LCBPF. Aos colegas Murici, Renato e André, pela amizade e apoio nas viagens. À Natalia, Simone, Dan, Lucas, Mateus, Maurício, Gabriella, Carolina e Carollyne, pelo apoio nas atividades do LCBPF.

Ao meu supervisor Dr Simon Lawson pelos ensinamentos e dedicação durante a minha estadia na Austrália, e à equipe de trabalho do Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF), em especial Dr Helen Nahrung, Dr Manon Griffiths e Dr Janet McDonald que foram fundamentais para a realização desse estudo.

Aos parceiros, Dr Steven Ogbourne e Ton Stewart da University of the Sunshine Coast (USC) que me auxiliaram nessa pesquisa.

À minha família australiana, Rochelle Royce, Dan Royce e Lachlan Royce pela receptividade e ótima convivência durante minha permanência na Austrália.

Meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização desse trabalho!

SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO GERAL	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Eucalipto.....	8
2.2 Insetos-praga nativos do eucalipto	9
2.3 Insetos-praga exóticos do eucalipto	10
2.4 <i>Leptocybe invasa</i> Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae).....	13
2.4.1 Características morfológicas.....	13
2.4.2 Distribuição populacional	13
2.4.3 Características bioecológicas	13
2.4.4 Suscetibilidade hospedeira	15
2.4.5 Medidas de controle	15
CAPÍTULO I - Longevidade de <i>Leptocybe invasa</i> (Hymenoptera: Eulophidae) em diferentes dietas e temperaturas	18
Resumo	19
Abstract.....	19
Introdução	20
Material e métodos	22
Resultados.....	23
Discussão	26
Agradecimentos.....	27
Referências.....	28
CAPÍTULO II – Ciclo biológico e ocorrência de machos de <i>Leptocybe invasa</i> (Hymenoptera: Eulophidae) em mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. no Brasil	32

Resumo.....	33
Abstract.....	33
Material e Métodos.....	35
Resultados.....	36
Discussão	38
Agradecimentos.....	40
Referências citadas	40
CAPÍTULO III - Criação de <i>Selitrichodes neseri</i> Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de <i>Leptocybe invasa</i> Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) em laboratório e campo	
Resumo	43
Abstract.....	43
Material e métodos	45
Resultados.....	48
Discussão	52
Agradecimentos.....	53
Referências citadas	54
CAPÍTULO IV - Distribuição de <i>Leptocybe</i> spp. (Hymenoptera: Eulophidae) na costa leste da Austrália e avaliação de espécies de <i>Eucalyptus</i> hospedeiras de importância para o Brasil	
Resumo	57
Abstract.....	57
Material e métodos	59
Resultados e Discussão.....	60
Conclusões	62
Agradecimentos.....	62
Literatura citada	63
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

5. CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS.....	68

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.

Botucatu, 2016. 75p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Autor: AMANDA RODRIGUES DE SOUZA

Orientador: CARLOS FREDERICO WILCKEN

RESUMO

Plantações de *Eucalyptus* spp. estão em expansão no Brasil, sendo o país com maior área cultivada do mundo. Contudo, esses plantios vem sofrendo perdas devido ao ataque de insetos-praga, principalmente, as pragas exóticas. A vespa-da-galha do eucalipto, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) é um exemplo de invasão. Este inseto se disseminou rapidamente pelos plantios de eucalipto brasileiros a partir de 2008. Neste sentido, estudos são conduzidos para conhecer os aspectos bioecológicos, comportamentais e medidas de controle da praga. O controle biológico tem se mostrado uma medida promissora, principalmente por meio da importação de inimigos naturais, como o parasitoide australiano *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae). Neste trabalho foram avaliados aspectos da biologia de *L. invasa* e de seu parasitoide exótico *S. neseri*, e levantamento populacional de vespas galhadoras em florestas de eucalipto na Austrália. Inicialmente, foram realizados testes de longevidade de fêmeas de *L. invasa* em diferentes dietas e em sete temperaturas constantes em laboratório, a fim de estimar a sobrevivência deste inseto-praga em diferentes regiões brasileiras. O ciclo de vida de *L. invasa* foi avaliado em mudas de *E. grandis* x *E. camaldulensis*. Em adição, foram avaliados aspectos biológicos do parasitoide *S. neseri* multiplicados em mudas de eucalipto infestadas por *L. invasa* em laboratório, com intuito de conhecer a biologia e comportamento do parasitoide. Na última etapa foi realizado o levantamento populacional de espécies de vespas galhadoras em eucalipto na costa leste da Austrália, além de verificar a associação com as espécies de *Eucalyptus* hospedeiras de importância econômica para o Brasil. A sobrevivência de *L. invasa* é prolongada com dietas contendo mel, sob temperaturas de 14°C e 18°C. A duração

média do ciclo de vida de *L. invasa* foi 87 dias \pm 5,3 dias; além disso, o macho de *L. invasa* também foi registrado no Brasil. A multiplicação do parasitoide *S. neseri* em laboratório e campo forneceu informações básicas sobre aspectos biológicos desse inimigo natural. Novas detecções de *Leptocybe* spp. foram registradas nos estados de Queensland e New South Wales, auxiliando o entendimento da distribuição da vespa-da-galha na Austrália.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, vespa-da-galha, biologia, distribuição, controle biológico.

BIOLOGICAL ASPECTS OF *Leptocybe invasa* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) AND ITS PARASITOID *Selitrichodes neseri* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) AND POPULATION SURVEY OF GALL WASPS ON EUCALYPT FORESTS IN AUSTRALIA. Botucatu, 2016. 75p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Author: AMANDA RODRIGUES DE SOUZA

Adviser: CARLOS FREDERICO WILCKEN

SUMMARY

Eucalyptus spp. plantations are expanding in Brazil, which has the largest area planted in the world. However, these crops have suffered losses due to the attack of insects pest, mainly exotic pests. The blue-gum chalcid, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) is a example of invasion. This insect has spread rapidly in the Brazilian eucalyptus plantations after 2008. In this sense, studies are performed to know the bioecological, behavioral aspects and pest control measures. The biological control has proven to be a promising strategy, especially through import of natural enemies such as Australian parasitoid *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae). In this work, aspects of biology of *L. invasa* and its exotic parasitoid *S. neseri*, and population survey of gall wasps on eucalypt forests in Australia of were assessed. Initially, longevity test of *L. invasa* were performed with different diets and at seven constant temperatures in the laboratory, in order to estimate the survival of this pest insect in different Brazilian regions. The life-cycle of *L. invasa* was evaluated in *E. grandis* x *E. camaldulensis* nurseries. In addition, we assessed the biological aspects of parasitoid *S. neseri* multiplied in infested eucalyptus seedlings by *L. invasa* in the laboratory, in order to know the biology and behavior of this parasitoid. In the last step, it was performed the population survey of gall wasps species on eucalypt in East coast of Australia, therefore, to verify the association with the host *Eucalyptus* species of economic importance to Brazil. The survival of *L. invasa* is prolonged by providing diets containing honey, and in temperatures of 14°C and 18°C. The average duration of life-cycle of *L. invasa* was 87 days \pm 5.3 days, furthermore, the *L. invasa* male was also record in Brazil. The multiplication of the parasitoid *S. neseri* in laboratory and field provided basic informations about biological aspects of this natural enemy. New detections of *Leptocybe* spp. were recorded in Queensland and New South Wales State, helping the understanding about the distribution of blue-gum chalcid in Australia.

Keywords: *Eucalyptus*, blue-gum chalcid, biology, distribution, biological control.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O eucalipto, originário da Austrália e de outras ilhas da Oceania, vem sendo plantado comercialmente no Brasil desde 1908 (QUEIROZ; BARRICHELO, 2007). A excelente adaptação às condições brasileiras e pesquisas de qualidade com as espécies de *Eucalyptus* contribuíram para a predominância do gênero no setor florestal brasileiro (IBÁ, 2015).

Em 2014, as plantações de eucalipto no Brasil ocuparam mais 5 milhões de hectares, com destaque para os estados de Minas Gerais e São Paulo, os maiores produtores do país. A produção de papel e celulose, painéis de madeira reconstituída, carvão vegetal, e outros produtos contribuem para o crescimento das indústrias brasileiras de base florestal. O saldo brasileiro da balança comercial do setor florestal, em 2014, foi superior a 6 bilhões de dólares (IBÁ, 2015).

Entretanto, a produtividade de eucalipto tem sido afetada por fatores bióticos, como insetos-praga, nativos ou exóticos. A implantação deste monocultivo no Brasil favoreceu o aumento populacional de alguns insetos nativos, os quais tornaram-se pragas como as formigas cortadeiras, cupins, lagartas e besouros desfolhadores (ZANUNCIO, 1993; QUEIROZ, 2009). Além disso, o aumento de transporte de pessoas e produtos está acarretando em um crescimento significativo no número de espécies invasoras em novos ambientes (MEYERSON; MOONEY, 2007). Neste contexto, a vespa-da-galha *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), originária da Austrália (MENDEL et al., 2004), é um exemplo dessa invasão.

Leptocybe invasa foi relatada em países da América do Sul, América do Norte, Ásia, Europa, Norte da África, Oriente Médio e Oceania, afetando espécies de *Eucalyptus* (NUGNES et al., 2015). No Brasil, este inseto-praga foi registrado pela primeira vez em 2008, atacando clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* no estado da Bahia, posteriormente foi detectada em *E. grandis* no estado de São Paulo (COSTA et al., 2008; WILCKEN et al., 2015). *Leptocybe invasa* está registrada em 14 estados brasileiros (WILCKEN et al., 2015), e mais recentemente em Santa Catarina (BARBOSA et al., 2016, comunicação pessoal).

As fêmeas de *L. invasa* depositam os ovos na epiderme de partes da planta de eucalipto em crescimento causando galhas (MENDEL et al., 2004; ZHU et al., 2013). Estas galhas causam deformação das folhas, desfolha, seca dos ponteiros, e retardam o crescimento de mudas e árvores (WILCKEN et al., 2015). Plantações de *Eucalyptus*, sob alta infestação por *L. invasa* podem ter sua produtividade comprometida (LAWSON et al., 2012; ZHENG et al., 2014).

A duração do ciclo biológico de *L. invasa* varia de acordo com as espécies de eucalipto e condições climáticas (MENDEL et al., 2004; KAVITHA-KUMARI et al., 2010; DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014). Espécies e híbridos de *Eucalyptus* apresentam níveis diferentes de suscetibilidade ao ataque de *L. invasa* (MENDEL et al., 2004). Essa suscetibilidade pode estar relacionada à fatores ambientais, e principalmente à fatores genéticos (WILCKEN, et al.; 2015).

O controle de *L. invasa* com inseticidas químicos em plantações de eucalipto comerciais tem sido testado, porém os resultados são muito variáveis (NYEKO et al., 2007; KULKARNI, 2010). Além disso, os inseticidas apresentam elevado custo, e provável efeito negativo sobre inimigos naturais (BASAVANA GOUD et al., 2010), e restrição do uso pelo Conselho de Manejo Florestal (Forestry Stewardship Council – FSC). No Brasil, existem alguns inseticidas registrados para o controle de *L. invasa* em viveiros, como imidacloprid, thiamethoxam e fipronil (WILCKEN, et al., 2015).

Neste contexto, o controle biológico com o parasitoide *Selitrichodes neneri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), recentemente introduzido no Brasil é uma das alternativas mais promissoras para controle de *L. invasa* (SOUZA et al., 2015). Este inimigo natural, de origem australiana é um ectoparasitoide de larvas maduras e pré-pupas de *L. invasa*, podendo ser criado com relativa facilidade em laboratório (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014).

Diante da importância de *L. invasa* e da relevância da cultura do eucalipto para o setor florestal brasileiro há necessidade de adoção de medidas de manejo eficientes, suportado por experimentação e legislação. O controle biológico por meio de parasitoides é uma alternativa promissora no controle de *L. invasa*. Neste contexto, os objetivos específicos do trabalho foram: a) avaliar a longevidade de *L. invasa* com diferentes dietas sob sete temperaturas em laboratório para a produção massal do parasitoide *S. nesei*; b) determinar a duração do ciclo biológico de *L. invasa* em mudas de *E. grandis* x *E. camaldulensis* em casa-de-vegetação e registrar a ocorrência de machos de *L. invasa* no município de Botucatu, SP, Brasil; c) avaliar o ciclo biológico e quantificar o número de descendentes de *S. nesei* produzidos em clones híbridos de *Eucalyptus* infestados por *L. invasa*, em laboratório e a campo; d) realizar o levantamento populacional de vespas galhadoras; determinar a distribuição de *Leptocybe* spp. e verificar a associação com as espécies de *Eucalyptus* hospedeiras na costa leste da Austrália e de importância econômica para o Brasil.

Para atingir esses objetivos a tese foi dividida em quatro capítulos, sendo o primeiro intitulado “Longevidade de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em diferentes dietas e temperaturas”, redigido conforme as normas da revista *Austral Entomology*; o segundo intitulado “Ciclo biológico e ocorrência de machos de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em mudas de *Eucalyptus* spp. no Brasil”, sob as normas da revista *Florida Entomologist*, o terceiro intitulado “Criação de *Selitrichodes nesei* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) em laboratório e campo”, redigido nas normas da revista *Florida Entomologist*, e o quarto intitulado “Distribuição de *Leptocybe* spp. (Hymenoptera: Eulophidae) na costa leste da Austrália e avaliação de espécies de *Eucalyptus* hospedeiras de importância para o Brasil”, sob as normas da revista *Forest Science*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Eucalipto

Espécies de *Eucalyptus* são importantes para a economia mundial por apresentarem rápida taxa de crescimento e ciclos curtos de rotação, sendo, portanto, adequadas para produção em grande escala em diferentes regiões do mundo (PAINÉ; STEINBAUER; LAWSON, 2011).

O eucalipto é originário da Austrália, Papua Nova Guiné, Indonésia e Filipinas (HILL; JOHNSON, 2000; ORWA et al., 2009), sua introdução no Brasil ocorreu na segunda metade do século XIX para a produção de dormentes e pontes para instalação de linhas férreas (MCT, 2013). Atualmente, espécies de *Eucalyptus* compõem predominantemente o setor florestal brasileiro (IBÁ, 2015).

Em 2014, as áreas plantadas com eucalipto ocuparam 5,56 milhões de hectares, distribuídos em Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%), Mato Grosso do Sul (14,5%) e demais estados (42,7%). A expansão das plantações de eucalipto é resultante da alta produtividade devido à boa adaptação às condições edafoclimáticas, melhoria de técnicas de manejo florestal e às pesquisas voltadas para o melhoramento genético no país (IBÁ, 2015).

No atual cenário econômico, as florestas brasileiras plantadas contribuem para o desenvolvimento do país. Em 2014, o saldo brasileiro da balança comercial deste setor foi de 6,65 bilhões de dólares, além da geração de 4,2 milhões de empregos diretos e indiretos e resultantes do efeito renda da atividade florestal (IBÁ, 2015).

O aumento das plantações de eucalipto atende à crescente demanda mundial por papel e celulose, painéis de madeira reconstituída, carvão vegetal e outros produtos (IBÁ, 2015), contribuindo para o sucesso das indústrias brasileiras. Em 2014, o Brasil foi o maior produtor mundial de celulose de eucalipto, com o volume exportado de 10,6 milhões de toneladas, enquanto o volume consumido no mercado interno cresceu 2,2% com relação ao ano anterior (IBÁ, 2015).

2.2. Insetos-praga nativos do eucalipto

A implantação de grandes áreas plantadas com eucalipto, caracterizando a monocultura no Brasil, com baixa diversidade vegetal pode acarretar na diminuição da área de vegetação natural (ZANUNCIO et al., 1990; ZANUNCIO, 1993), e consequente redução do número de inimigos naturais favorecem o aumento populacional de insetos-praga (DALL'OGGIO et al., 2003).

Entre as pragas nativas de florestas plantadas, destacam-se as formigas cortadeiras, causando problemas durante todo o ciclo da cultura. As espécies de ocorrência no Brasil são *Atta laevigata* F. Smith, *Atta sexdens rubropilosa* Forel, *Acromyrmex disciger* Mayr, *Acromyrmex niger* F. Smith, e *Acromyrmex crassipinus* Forel (BOARETTO; FORTI, 1997; GALLO et al., 2002).

Os cupins atacam mudas no campo a partir do plantio até um ou dois anos (WILCKEN; RAETANO, 1995). A espécie *Cornitermes cumulans* Kollar (Isoptera: Termitidae) ataca mudas de eucalipto, preferencialmente de 34 a 76 dias após o plantio (WILCKEN, 1992), e espécies dos gêneros *Heterotermes* e *Anoplotermes* são relatadas também como pragas da cultura (BERTI FILHO, 1993).

As lagartas desfolhadoras têm despertado a atenção de pesquisadores devido à sua ação devastadora nas plantações de eucalipto. Entre as principais espécies de lepidópteros associadas à cultura destacam-se *Thyriniteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae), *Eupseudosoma aberrans* Schaus (Lepidoptera: Arctiidae), *Eupseudosoma involuta* Sepp, (Lepidoptera: Arctiidae), *Sabulodes caberata* Guenée (Lepidoptera:

Geometridae) e *Sarsina violascens* Herrich-Schaeffer (Lepidoptera: Lymantriidae) (ZANUNCIO, 1993; GALLO et al., 2002).

Entre os coleópteros, destaca-se a ocorrência da espécie *Costalimaita ferruginea* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae), um dos principais besouros desfolhadores de importância econômica para o setor florestal brasileiro (KASSAB et al., 2011). Esse coleóptero tem preferência por brotos e partes apicais da planta de eucalipto, o que pode prejudicar seu desenvolvimento. Esse inseto é encontrado desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão, com surtos durante 2o verão (GALLO et al., 2002).

2.3. Insetos-praga exóticos do eucalipto

Outro problema frequente em plantações florestais são as invasões de insetos-praga, o que representa uma ameaça para a sustentabilidade de plantações que tem se estabelecido com espécies não-nativas em várias partes do mundo (WINGFIELD et al., 2008, 2013; ROY et al., 2014). O aumento de transporte de pessoas e comércio mundial está acarretando em um crescimento significativo no número de espécies invasoras em novos ambientes (MEYERSON; MOONEY, 2007).

A maioria das pragas exóticas do eucalipto são provenientes da Oceania, mesmo centro de origem do eucalipto (HURLEY et al., 2016). Fatores como a baixa resistência ambiental gerada pelo estabelecimento de grandes monocultivos e condições ambientais favoráveis aliada a ausência de inimigos naturais podem propiciar rápida explosão populacional e dispersão do organismo invasor em um novo ambiente (WINGFIELD et al., 2008).

Uma maior proporção de espécies de Hemiptera, Hymenoptera, formadores de galhas e sugadores, e uma menor proporção espécies de Coleoptera, Lepidoptera, broqueadores e desfolhadores são encontrados entre as espécies invasoras. Os insetos-praga exóticos que se estabeleceram com sucesso em novas áreas geralmente apresentam tamanho reduzido, alto número de gerações por ano, e menor incidência de diapausa (NAHRUNG; SWAIN, 2015).

O número de detecções de pragas exóticas no Brasil é preocupante. Neste contexto, há necessidade de estabelecimento de políticas e execução de medidas preventivas e mitigadoras eficientes pelo governo federal, a fim de minimizar os problemas de introduções de insetos-praga.

No Brasil, a entrada de 11 espécies de insetos-praga exóticos do eucalipto foram registradas: o gorgulho-do-eucalipto [*Gonipterus platensis* Marelli e *Gonipterus pulverulentus* Lea (Coleoptera: Curculionidae)], a broca-do-eucalipto [*Phoracantha semipunctata* Fabricius, e *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera: Cerambycidae)], a vespa-da-galha do citriodora [*Epichrysocharis burwelli* Schauff e Garrison (Hymenoptera: Eulophidae)] e psílídeos [(*Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Aphalaridae); *Ctenarytaina eucalypti* Maskell, *C. spatulata* Taylor e *Blastopsylla occidentalis* Taylor (Hemiptera: Psyllidae)]. Em 2008, ocorreram as introduções do percevejo-bronzeado [*Thaumastocoris peregrinus* Carpintero e Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae)] e da vespa-da-galha [*Leptocybe invasa* Fisher e La Salle (Hymenoptera: Eulophidae)] (WILCKEN et al., 2002; WILCKEN et al., 2003; WILCKEN et al., 2008a; WILCKEN et al., 2008b; WILCKEN; BERTI FILHO, 2008; WILCKEN et al., 2010).

O gênero *Phoracantha* é originário da Austrália e Nova Guiné (WANG; THORNTON; NEW, 1999), porém suas espécies estão estabelecidas em praticamente todas as regiões onde as espécies de *Eucalyptus* são cultivadas (PAINE; STEINBAUER; LAWSON, 2011). *Phoracantha semipunctata* é a principal coleobroca em plantios de eucalipto no Brasil e detectada, pela primeira vez, no país no estado de Rio Grande do Sul em 1956 (BIEZANKO; BOSQ, 1956). *Phoracantha recurva* foi relatada pela primeira vez em 2001 no estado de São Paulo, porém, em investigações feitas em coleções entomológicas brasileiras foi verificado que essa espécie já havia ocorrido no Estado em 1994 e 1999 (WILCKEN et al., 2002). O dano pela broca-do-eucalipto é caracterizado pela perfuração na madeira em pé, no campo, em especial em povoamentos estressados, além do ataque da madeira empilhada no campo e nos pátios das fábricas, o que pode inviabilizar a comercialização da madeira de eucalipto (RIBEIRO et al., 2015). O controle biológico por meio de inimigos naturais e fungos entomopatogênicos foi relatado no Brasil, além de medidas como rápido processamento da madeira recém cortada e descascamento das toras em campo podem ser adotados (RIBEIRO et al., 2015).

O gênero *Gonipterus*, nativo da Austrália e Tasmânia, tem distribuição geográfica extensa com espécies originadas na África, Ásia, América do Norte e do Sul e Europa (MALLY, 1924; EPPO, 2005). *Gonipterus platensis* (ex - *G. scutellatus*) é o principal besouro desfolhador do eucalipto no mundo (WILCKEN et al., 2008b). Esse gorgulho se alimenta de ramos, brotos e folhas e provoca redução no crescimento, má

formações e, eventualmente, a morte das plantas hospedeiras (TOOKE, 1955). Esta espécie foi detectada no Brasil pela primeira vez em 1979 no Paraná, em 1982 no estado de Santa Catarina e, após dez anos, esse coleóptero foi registrado em São Paulo (FENILLI, 1982; ROSADO-NETO, 1993). A espécie *Anaphes nitens* Girault (Hymenoptera: Mymaridae) parasita ovos de *G. platensis* e *G. pulverulentus*. Outras duas espécies, *A. tasmaniae* e *A. inexpectatus* foram introduzidas na África do Sul para controle do gorgulho-do-eucalipto em áreas com baixo parasitismo por *A. nitens* (HUBER; PRINSLOO, 1990; WILCKEN; OLIVEIRA, 2015). A utilização do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* tem mostrado resultados satisfatórios (WILCKEN et al., 2008b).

O psílideo-de-concha, *Glycaspis brimblecombei* foi encontrado pela primeira vez no Brasil em 2003 no Estado de São Paulo e se disseminou nas principais regiões produtoras de eucalipto no país (WILCKEN et al., 2003; SANTANA; BURKHARDT, 2007). Os danos desse hemíptero se devem à perda da coloração das folhas, redução da área fotossintética das plantas, indução do aparecimento de fumagina, secamento dos ponteiros e atraso no desenvolvimento das plantas (CARNE; TAYLOR, 1984; WILCKEN et al., 2003). O controle químico do inseto é pouco estudado, não havendo, portanto, produtos registrados para controle do psílideo-de-concha no Brasil. Os inseticidas de contato possuem baixa eficiência, visto que as ninfas apresentam pequena mobilidade e são protegidas pela concha. Várias espécies de inimigos naturais foram relatadas para o controle de *G. brimblecombei* (DAHLSTEN et al., 2003; DIAS et al., 2012). O parasitoide exótico *Psyllaephagus bliteus* Riek (Hymenoptera: Encyrtidae) apresentou taxas de parasitismo de ninfas de *G. brimblecombei* satisfatórias após liberações a campo (FERREIRA FILHO et al., 2015).

O percevejo-bronzeado-do-eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* foi detectado em São Francisco de Assis, RS, em 2008, e se disseminou rapidamente pelas principais regiões produtoras do país (WILCKEN et al., 2010). Os danos causados por *T. peregrinus* são prateamento foliar, seguido de bronzeamento e secamento. Esses sintomas ocorrem devido à sucção da seiva das folhas e ramos colonizados pelo inseto, tornando-se cloróticos (WILCKEN et al., 2010; SOLIMAN et al., 2012). O controle biológico de *T. peregrinus* é realizado principalmente pelo parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae* Lin e Huber (Hymenoptera: Mymaridae) (NADEL; NOACK, 2012; SOUZA et al., 2016), além de outros inimigos naturais (BARBOSA et al., 2010; DIAS et al., 2014). Outra possibilidade é a utilização de fungos entomopatogênicos (SOLIMAN, 2010).

2.4. *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae)

2.4.1. Características morfológicas

A vespa-da-galha, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) é um recente exemplo de praga introduzida no Brasil. As fêmeas adultas são de coloração marrom com brilho metálico levemente azul-esverdeado. As coxas anteriores são amarelas, enquanto que as coxas medianas e posteriores tem mesma coloração do corpo. As fêmeas medem de 1,1 a 1,4 mm de comprimento, e os machos medem de 1,21 a 1,37 mm (MENDEL et al., 2004).

2.4.2. Distribuição populacional

Esta espécie é provavelmente de origem australiana (MENDEL et al., 2004; NUGNES et al., 2015), embora sua distribuição na Austrália tenha sido pouco estudada. O primeiro registro de *L. invasa* ocorreu na região do Mediterrâneo e no Oriente Médio em 2000 (MENDEL et al., 2004). Posteriormente, este inseto foi detectado em 39 países distribuídos na América do Sul, América do Norte, Ásia, Europa, Norte da África, Oriente Médio e Oceania, afetando as espécies suscetíveis de *Eucalyptus* (NUGNES et al., 2015).

No Brasil, *L. invasa* foi registrada pela primeira vez em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* no nordeste da Bahia em 2008, sendo posteriormente foi observada em *E. grandis* no Estado de São Paulo (COSTA et al., 2008; WILCKEN et al., 2015). Atualmente, *L. invasa* está registrada nestes dois estados, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Sergipe e Tocantins (WILCKEN et al., 2015), e Santa Catarina (BARBOSA et al., 2016, comunicação pessoal).

2.4.3. Características bioecológicas

A vespa-da-galha foi originalmente descrita como espécie telítoca (MENDEL et al., 2004), pois populações deste inseto foram representadas somente por fêmeas. Contudo, machos foram encontrados na China (CHEN; YAO; XU, 2009), Índia

(AKHTAR et al., 2012), Tailândia (SANGTONGPRAOW; CHARERNSOM; SIRIPATANADILOK, 2011), Taiwan (TUNG; LA SALLE, 2010), Turquia (DOĞANLAR, 2005), com a razão sexual de 0,5% machos e 18-48% machos nas populações de Turquia e na China, respectivamente.

Este inseto parece ter ampla plasticidade ecológica, devido à sua rápida dispersão em florestas de eucalipto em diferentes regiões do mundo (NUGNES et al., 2015). Fatores como o modo de reprodução (sexual ou telítoca) de *L. invasa* aliado ao reduzido tamanho do inseto favorecem o crescimento populacional de *L. invasa* (ZHENG et al., 2014). Contudo, a ocorrência desse inseto-praga em campo é afetada pela idade das plantas de eucalipto e a precipitação média anual (MASSON, 2015).

A fêmea de *L. invasa* tem capacidade de depositar de 80 a 100 ovos nas plantas hospedeiras (MUTITU et al., 2008). Estes ovos são depositados na epiderme de partes da planta em desenvolvimento, como nervura central e pecíolo de folhas, e parênquima dos ramos jovens causando galhas (MENDEL et al., 2004; ZHU et al., 2013). Essas galhas deformam as folhas, causam desfolha e seca dos ponteiros e retardam o crescimento de mudas e árvores (WILCKEN et al., 2015). Os adultos emergem de orifícios feitos nas galhas (MENDEL et al., 2004). Plantações de *Eucalyptus*, altamente infestadas por *L. invasa* podem ter sua produtividade comprometida (LAWSON et al., 2012; ZHENG et al., 2014). Contudo, o impacto econômico causado por *L. invasa* no desenvolvimento de uma árvore de *Eucalyptus* não é esclarecido (MENDEL et al., 2004).

A duração do ciclo biológico de *L. invasa* varia conforme com as espécies de eucalipto e condições climáticas. O período médio de desenvolvimento deste inseto foi de 130 dias em plantas de *E. camaldulensis* em casa de vegetação em Israel (MENDEL et al., 2004). Entretanto, o ciclo de vida de *L. invasa* foi mais curto em outros países, com aproximadamente 60 dias em plantas de *E. tereticornis* na Índia (KAVITHAKUMARI et al., 2010), 46 dias em plantas de *E. camaldulensis* na Tailândia (SANGTONGPRAOW et al., 2011) e 90 dias na África do Sul em clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014). O desenvolvimento de *L. invasa* em laboratório e campo foi de 126,2 e 138,3 dias, respectivamente (HESAMI et al., 2005). A sobrevivência dos adultos foi de 6,5 dias, quando alimentados com mel e água, e de três dias, sem alimento (MENDEL et al., 2004; SANGTONGPRAOW et al., 2011).

O desenvolvimento das galhas causadas por *L. invasa* apresenta cinco estágios. O primeiro estágio é definido pelas cicatrizes de oviposição, principalmente

na nervura central das folhas jovens. Neste estágio ocorrem alterações na morfologia do tecido atacado e, ao final da etapa, as galhas são verdes brilhantes e esféricas (MENDEL et al., 2004). Na segunda fase ocorre o aumento do tamanho da galha, mas essa permanece ainda verde. A terceira fase é caracterizada pela mudança de coloração das galhas de verde para rosa-avermelhada. Na quarta etapa, as galhas apresentam coloração vermelho-escura e perda de brilho. A quinta fase é reconhecida pela presença de orifícios de emergência dos adultos de *L. invasa* (MENDEL et al., 2004).

2.4.4. Suscetibilidade hospedeira

Espécies e híbridos de *Eucalyptus* apresentam níveis diferentes de suscetibilidade ao ataque de *L. invasa* (MENDEL et al., 2004). Essa suscetibilidade pode estar relacionada com fatores ambientais e principalmente com fatores genéticos (WILCKEN, et al.; 2015). As espécies de eucalipto relatadas como suscetíveis à vespa-dagalha são *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. viminalis*, *E. urophylla*, e alguns clones híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. urophylla* x *E. grandis* (MENDEL et al., 2004; GOUD et al., 2010), e *E. benthamii* e *Corymbia citriodora* (WILCKEN, 2015, comunicação pessoal). As espécies *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* são consideradas mais suscetíveis (THU et al., 2009; NUGNES et al., 2015).

2.4.5. Medidas de controle

A aplicação de inseticidas, seleção e desenvolvimento de genótipos resistentes de eucalipto e a liberação de agentes de controle biológico tem sido as principais estratégias utilizadas no manejo de insetos-praga exóticos do eucalipto. O uso de inseticidas tem sido restringido, devido ao custo requerido para aplicação em extensas áreas e também à pressão dos órgãos certificadores, como o FSC, que limitam o número de produtos de uso permitido em florestas certificadas (HURLEY et al., 2016).

As medidas de manejo citadas anteriormente vem sendo estudadas para o controle de *L. invasa*, mas estratégias eficientes de controle deste inseto-praga em campo são desconhecidas (ZHENG et al., 2014). O monitoramento com armadilhas adesivas amarelas é importante para a detecção de *L. invasa* (WILCKEN et al., 2015) em regiões onde este inseto não estava presente.

O controle químico tem sido testado com variação de eficiência dos resultados (NYEKO et al., 2007; KULKARNI, 2010; JHALA et al., 2010), contudo, apresenta elevado custo e provável efeito negativo sobre inimigos naturais (BASAVANA GOUD et al., 2010), além de ser inviável em extensas plantações de *Eucalyptus* spp. (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014). No Brasil, existem alguns inseticidas registrados para o controle de *L. invasa* em viveiros, como os neonicotinoides imidacloprid e thiamethoxam, além de fipronil (WILCKEN, et al., 2015).

Dentre as opções de controle de *L. invasa*, a resistência de plantas vem sendo investigada e parece ser uma alternativa viável (NYEKO et al., 2010). A seleção de clones de *Eucalyptus* spp. resistentes pode complementar as estratégias de manejo deste inseto em plantações comerciais (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2012).

O controle biológico é uma das alternativas mais promissoras para o controle de *L. invasa* (KIM et al., 2008; DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014). Embora existam os riscos associados ao controle biológico (BABENDREIER, 2007; BARRATT et al., 2010), este é geralmente considerado como uma medida compatível com outros métodos de controle devido aos seus benefícios ecológico e econômico (DE CLERCQ et al., 2011).

As espécies, *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle, 2008 (Hymenoptera: Eulophidae) e *Selitrichodes kryceri* Kim & La Salle, 2008 (Hymenoptera: Eulophidae) são ectoparasitoides de *L. invasa*. Estes dois himenópteros, de origem australiana, são utilizados com sucesso no controle da vespa-da-galha em Israel. *Selitrichodes kryceri* é uma espécie biparental e *Q. mendeli* é uniparental, com taxas de parasitismo de 3,2-67,4% e 7,9-95,6%, respectivamente, em condições de laboratório (KIM et al., 2008).

Espécies do gênero *Megastigmus* (Hymenoptera: Torymidae), uma espécie originária da Austrália, duas espécies de Israel e Turquia e uma espécie nativa da Índia foram relatadas como parasitoides de *L. invasa* (DOĞANLAR; HASSAN, 2010; PROTASOV et al., 2008; KULKARNI et al., 2010), além de *Megastigmus brasiliensis*, espécie nativa do Brasil também associada a este inseto-praga (DOĞANLAR; ZACHÉ; WILCKEN, 2013). Contudo, as baixas taxas de parasitismo das espécies de *Megastigmus* sugerem que *L. invasa* pode não ser o hospedeiro preferido das espécies deste gênero (PROTASOV et al., 2008), inclusive *M. brasiliensis*.

Outra espécie de parasitoide, recentemente descoberta para o controle de *L. invasa* é *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle, 2012 (Hymenoptera:

Eulophidae). Em 2015, o Brasil importou este parasitoide proveniente da África do Sul para controle da vespa-da-galha (SOUZA et al., 2015). A importação de *S. nesei* foi solicitada pelo Programa Cooperativo em Proteção Florestal (PROTEF) do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). As amostras contendo o parasitoide foram mantidas no Laboratório de Quarentena “Costa Lima” da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, São Paulo, Brasil, segundo os procedimentos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Em seguida, os parasitoides emergidos foram enviados para estudos no Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF) da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), Campus de Botucatu, São Paulo.

Este inimigo natural foi coletado na Austrália, em 2010 e criado em quarentena na África do Sul (KELLY et al., 2012). *Selitrichodes nesei* é um ectoparasitoide biparental e sinovigênico. As fêmeas parasitam larvas maduras e prepupas de *L. invasa* no interior de galhas desenvolvidas em plantas de *Eucalyptus* spp. A capacidade de parasitismo de *S. nesei* é de 9,7 % a 71,8 % em laboratório. *Selitrichodes nesei* tem sido considerado um potencial agente de controle biológico de *L. invasa* devido às características como ciclo de vida curto, especificidade a *L. invasa* e relativa facilidade de criação em laboratório (DITTRICH-SCHRÖDER et al., 2014).

CAPÍTULO I – Longevidade de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em diferentes dietas e temperaturas

Revista: Austral Entomology

Longevidade de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em diferentes dietas e temperaturas

Resumo

A vespa-da-galha, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) causa galhas em nervuras centrais das folhas, pecíolos e ramos de *Eucalyptus* spp. O conhecimento dos aspectos biológicos é importante para o desenvolvimento de estratégias de manejo dessa praga. O objetivo deste estudo foi avaliar a longevidade de fêmeas de *L. invasa* em diferentes dietas (primeiro experimento) e sete temperaturas constantes (segundo experimento). Fêmeas recém-emergidas de *L. invasa* foram individualizadas em tubos de vidro (2,5 cm de diâmetro x 8,5 cm de altura), tampados com filme plástico Parafilm®, com soluções de mel 100%, mel 50%, mel 100% e folhas de eucalipto, folhas de eucalipto, água destilada e sem alimento (controle) a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\% \pm 10\%$ de UR e 12h de fotofase. No segundo experimento, esse inseto foi alimentado com mel 50% a 10°C , 14°C , 18°C , 22°C , 26°C , 30°C e 34°C , representando os tratamentos, com UR de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h L. A sobrevivência de *L. invasa* foi registrada diariamente por 12 e 40 dias nos experimentos de dietas e temperatura, respectivamente. A longevidade de *L. invasa* foi maior com mel a 14°C e 18°C em laboratório.

Palavras-chave: vespa-da-galha; *Eucalyptus*; sobrevivência; alimentação; criação em laboratório.

Abstract

The blue-gum chalcid, *Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) causes galls in leaf midribs, petioles and stems of *Eucalyptus* spp. Biological aspects need to be studied to develop management strategies of this pest. The aim of this study was to evaluate the longevity of *L. invasa* females with different diets (first experiment) and seven constant temperatures (second experiment). Newly emerged *L. invasa* females were individually held in glasses tubes (2.5 cm diameter x 8.5 cm height) capped with Parafilm® plastic wrap, and provided a honey solution at 100%, 50%, 100% honey solution plus eucalypt leaves, eucalypt leaves, distilled water and without food (control) at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\% \pm 10\%$ RH and 12:12 h L:D photoperiod. In the second experiment, this insect was fed with 50% honey and kept at 10°C , 14°C , 18°C , 22°C , 26°C , 30°C and 34°C , representing

treatments, at $70\% \pm 10\%$ RH and 12:12 h L:D photoperiod. The survival was recorded daily for 12 and 40 days in the experiments with diets and temperature, respectively. The longevity of *L. invasa* was higher with honey solution at 14°C and 18°C in the laboratory.

Keywords: blue-gum chalcid, *Eucalyptus*; survival; feeding; laboratory rearing.

INTRODUÇÃO

A vespa-da-galha, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), praga de *Eucalyptus* spp. (Mendel *et al.* 2004), de origem australiana, foi relatada na região do Mediterrâneo e Oriente Médio em 2000 (Mendel *et al.* 2004) e, em seguida, em 39 países (Nugnes *et al.* 2015). No Brasil, *L. invasa* foi encontrada em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* no nordeste da Bahia em 2008 (Costa *et al.* 2008; Wilcken *et al.* 2015).

Leptocybe invasa apresenta reprodução telítoca (Mendel *et al.* 2004), mas machos desse inseto foram encontrados na Turquia (Doğanlar 2005), China (Chen *et al.* 2009), Índia (Akhtar *et al.* 2012), Tailândia (Sangtongpraow *et al.* 2011) e Taiwan (Tung & La Salle 2010). A telitoquia e o modo de reprodução sexual facilitam a dispersão e o crescimento populacional de *L. invasa* (Zheng *et al.* 2014).

A fêmea de *L. invasa* oviposita na epiderme de partes da planta em desenvolvimento, na nervura central e no pecíolo de folhas e no parênquima dos ramos jovens (Zhu *et al.* 2013; Wilcken *et al.* 2015), causando galhas. Essas galhas deformam as folhas, causam desfolha e seca dos ponteiros e retardam o crescimento de mudas e árvores (Wilcken *et al.* 2015). Adultos emergem de orifícios, destas galhas, feitos pelos mesmos (Mendel *et al.* 2004).

O ciclo biológico de *L. invasa* varia com a espécie de eucalipto e condições climáticas, sendo de 132,6 dias em plantas de *E. camaldulensis* em casa de vegetação em Israel (Mendel *et al.* 2004), 59,5 dias em plantas de *E. tereticornis* na Índia (Kavitha-Kumari *et al.* 2010) e 46 dias em plantas de *E. camaldulensis* na Tailândia (Sangtongpraow *et al.* 2011).

Medidas para prevenção e manejo de *L. invasa* têm sido adotadas, mas estratégias altamente eficientes de controle deste inseto ainda são desconhecidas (Zheng *et al.* 2014; Wilcken *et al.* 2015). O monitoramento com armadilhas adesivas é importante para a detecção de *L. invasa* (Wilcken *et al.* 2015), em regiões onde este inseto não estava presente (Fernandes *et al.* 2014). Parasitoides representam uma medida promissora para o manejo de

L. invasa em diferentes países (Kim *et al.* 2008; Gupta & Poorani 2009; Dittrich-Schröder *et al.* 2012). A criação massal desses inimigos naturais, como *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) importado para o Brasil, depende da infestação de mudas de eucalipto por *L. invasa*.

O conhecimento de aspectos biológicos de *L. invasa* pode auxiliar no entendimento da relação entre a expansão da população dessa praga e o ambiente. Fatores como a alimentação e a temperatura também podem influenciar o desenvolvimento e a longevidade de insetos-praga (Liu *et al.* 2015) e de himenópteros parasitoides (Hance *et al.* 2007; Jervis & Ferns 2011).

Insetos dependem de fontes nutricionais suplementares para manutenção do metabolismo, como açúcares e carboidratos para prolongarem sua sobrevivência (Harvey *et al.* 2012), os quais podem ser limitados em laboratório. Suplementos alimentares (Schamale *et al.* 2001; Hossain & Haque, 2015), incluindo pólen, néctar e *honeydew* podem aumentar a longevidade (Lee *et al.* 2004), fecundidade e capacidade de vôo de insetos (Winkler *et al.* 2009) e prolongar a sobrevivência de himenópteros, por serem substâncias energéticas (Luo *et al.* 2010).

Nutrientes, de reservas adquiridas durante a fase larval ou adulta, podem ser alocados para a sobrevivência e reprodução (Jervis *et al.* 2008), mas a alimentação durante a fase adulta pode afetar o ciclo de vida de insetos (Wäckers *et al.* 2007).

Insetos adultos necessitam de alimento para satisfazerem suas necessidades metabólicas básicas (Jervis *et al.*, 2008) como energia para o vôo (Tenhumberg *et al.* 2006). A ingestão de alimentos, principalmente de fontes ricas em açúcares aumenta a longevidade dos insetos (Heimpel *et al.* 1997; Lee & Heimpel 2008; Hossain & Haque, 2015).

Adicionalmente, a temperatura pode, também, afetar a sobrevivência (Burgi & Mills 2013; Colinet *et al.* 2015; Zhu *et al.* 2015) e o desenvolvimento embrionário, comportamento e reprodução (Liu *et al.* 2015) de insetos.

Alterações climáticas e invasões biológicas podem afetar ecossistemas nativos e a economia (Thuiller 2007; Bradley *et al.* 2010; Ju *et al.* 2015), além de favorecerem espécies invasoras (Parepa *et al.* 2013), em âmbito global. Insetos são organismos pecilotérmicos e, por isto, sensíveis às mudanças da temperatura e flutuações térmicas (Ju *et al.* 2015).

A aptidão biológica de organismos pode ser reduzida em temperaturas extremas (Singh *et al.* 2015) e insetos holometabólicos, como *L. invasa*, podem sofrer estresses em diferentes estágios de vida. Choques térmicos, como altas temperaturas (Lieshout *et al.* 2013;

Zizzari & Ellers 2011) podem afetar a longevidade, fecundidade a fertilidade de machos (Hance *et al.* 2007; Nguyen *et al.* 2013) e baixas temperaturas podem reduzir a sobrevivência, fecundidade, reprodução (Lacoume *et al.* 2007; Singh *et al.*, 2015) e mobilidade (Ayvaz *et al.* 2008) de insetos.

O estudo dos efeitos da nutrição e temperatura na longevidade de *L. invasa* podem auxiliar no entendimento dos mecanismos de dispersão no campo e a manutenção desse inseto em laboratório para multiplicação do parasitoide *S. nesei*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a longevidade de *L. invasa* com diferentes dietas e em sete temperaturas constantes em laboratório para a produção massal do parasitoide *S. nesei*.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF) da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), Campus de Botucatu em São Paulo, Brasil.

Bioensaios de dietas e temperaturas

Fêmeas de *L. invasa* foram obtidas da criação do laboratório mantidas em mudas de *E. grandis* x *E. camaldulensis*. Fêmeas recém-emergidas foram individualizadas em tubos de vidro (2,5 cm de diâmetro x 8,5 cm de altura), vedados com filme plástico.

O primeiro experimento consistiu de diferentes dietas: mel 100%, mel 50%, mel 100% e folhas de eucalipto, folhas de eucalipto, água destilada e sem alimento (controle), com reposição das dietas a cada dois dias. Fêmeas de *L. invasa* foram mantidas em câmaras climatizadas a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ UR de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

O segundo experimento consistiu de diferentes temperaturas: 10°C , 14°C , 18°C , 22°C , 26°C , 30°C e 34°C em câmaras climatizadas com UR de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h L. Fêmeas de *L. invasa* foram alimentadas com mel 50%, com reposição desse alimento a cada dois dias. A sobrevivência de *L. invasa* foi avaliada diariamente nos dois experimentos.

Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com 25 repetições por tratamento, em cada um dos experimentos.

As curvas de sobrevivência de fêmeas de *L. invasa* foram analisadas a partir dos dados de longevidade desse inseto, utilizando-se o estimador produto-limite de Kaplan-Meier (Lee, 1992). As curvas de sobrevivência foram comparadas pelo teste Log-Rank ajustado por Sidak ao nível de significância a 5% de probabilidade (Westfall *et al.* 1999), segundo dois enfoques: no primeiro experimento considerando as seis dietas (mel 100%, mel 50%, mel 100% e folhas de eucalipto, folhas de eucalipto, água destilada e sem alimento), e no segundo experimento, as sete temperaturas (10°C, 14°C, 18°C, 22°C, 26°C, 30°C e 34°C).

As análises estatísticas foram feitas com o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System for Windows, release 9.3. Cary, 2015).

RESULTADOS

As dietas afetaram a longevidade de fêmeas de *L. invasa*. O período adulto de *L. invasa* foi de 7,08; 7,00 e 8,92 dias com mel 100%, mel 100% e folhas de eucalipto e mel 50%, respectivamente (Tabela 1), maiores que o de fêmeas desse inseto com folhas de eucalipto, água destilada e sem alimento, 2,16, 1,44 e 1,56 dias, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Longevidade (dias) (média \pm erro padrão e intervalo de variação) de fêmeas de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) com diferentes dietas a 70% \pm 10% UR e fotofase de 12 h (n = 25)

Dieta	Média \pm erro padrão	Intervalo de variação
Mel 100%	7,08 \pm 2,54 a	2 – 12
Mel 100% e folhas de <i>Eucalyptus</i>	7,00 \pm 2,91 a	2 – 12
Mel 50%	8,92 \pm 2,75 a	3 – 12
Folhas de <i>Eucalyptus</i>	2,16 \pm 0,89 b	1 – 5
Água destilada	1,44 \pm 0,50 b	1 – 2
Sem alimento	1,56 \pm 0,50 b	1 – 2

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Sidak ($p < 0,005$).

O número de sobreviventes decresceu conforme o tempo (Figura 1). Fêmeas de *L. invasa* alimentadas com dietas contendo mel sobreviveram por período mais prolongado (Figura 1).

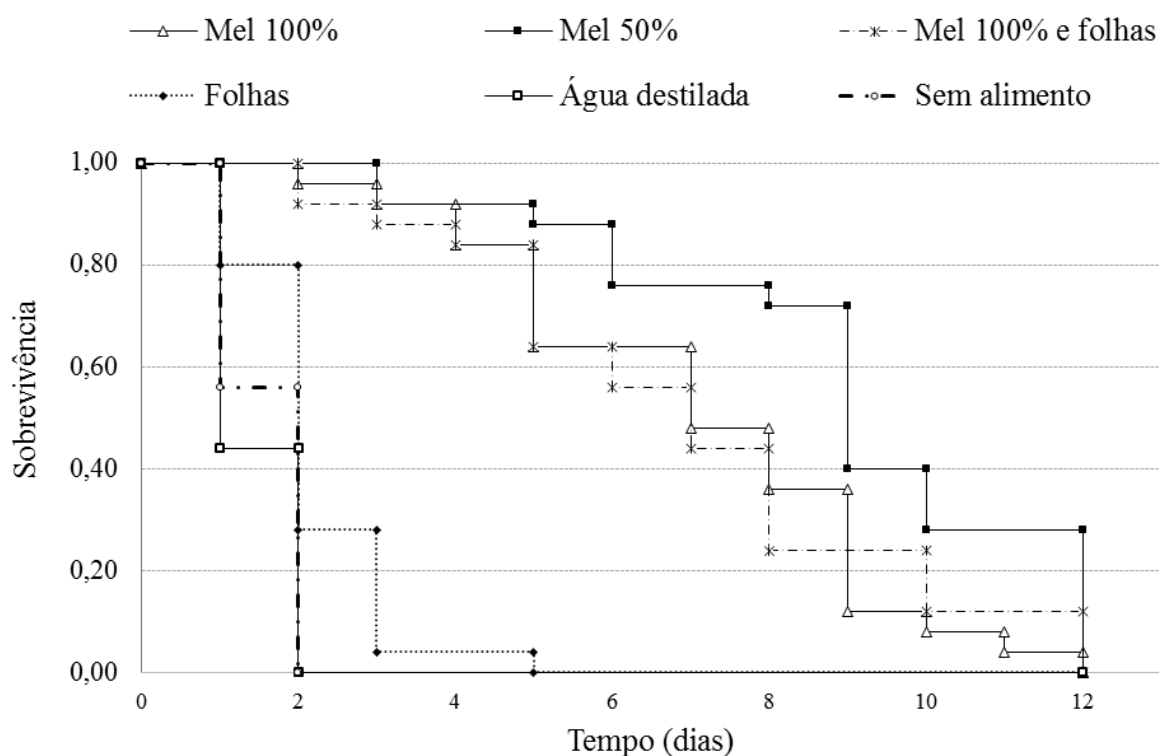


Figura 1. Sobrevivência (dias) de fêmeas de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em diferentes dietas (Temperatura: $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\% \pm 10\%$ UR e fotofase: 12 h), ($n = 25$)

A longevidade de fêmeas de *L. invasa* foi maior (33,28 dias) na temperatura de 14°C . Contudo, essa longevidade não diferiu da temperatura a 18°C . Nas temperaturas de 22°C e 26°C , as sobrevivências foram de 7,76 e 7,56 dias, respectivamente, valores semelhantes para este inseto a 30°C e 34°C (Tabela 2).

A sobrevivência de fêmeas de *L. invasa* variou com as temperaturas de 10°C a 34°C , com maiores médias a 14°C e 18°C , com alguns indivíduos atingindo a longevidade máxima de 40 e 35 dias, respectivamente (Figura 2).

Tabela 2. Longevidade (dias) (média \pm desvio-padrão e intervalo de variação) de fêmeas de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) com diferentes temperaturas, (70% \pm 10% UR e fotofase: 12 h) (n = 25)

Temperatura (°C)	Média \pm desvio padrão	Intervalo de variação
10	11,48 \pm 2,80 b c	6 – 15
14	33,28 \pm 3,18 a	25 – 40
18	29,36 \pm 3,82 a b	16 – 35
22	7,76 \pm 1,36 c d	5 – 9
26	7,56 \pm 1,47 c d	2 – 9
30	1,96 \pm 0,78 d	1 – 3
34	1,72 \pm 0,73 d	1 – 3

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Sidak ($p < 0,005$).

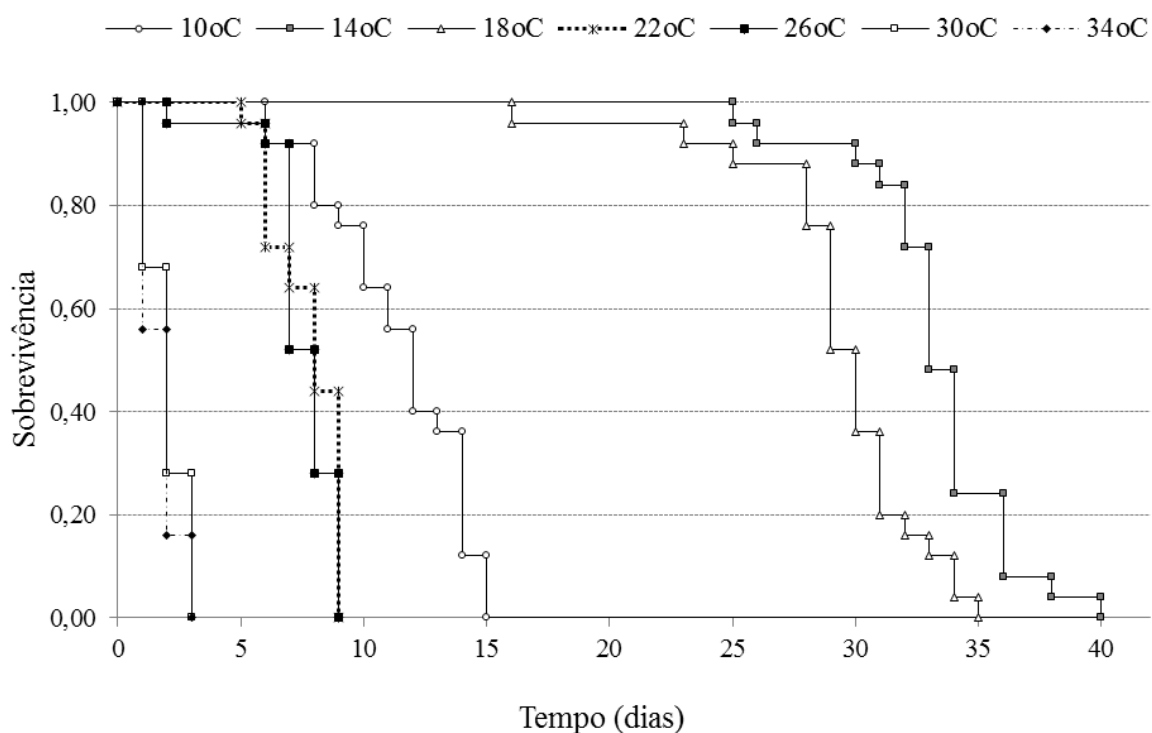


Figura 2. Sobrevivência (dias) de fêmeas de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em diferentes temperaturas, (70% \pm 10% UR e fotofase: 12 h) (n = 25)

DISCUSSÃO

O aumento da longevidade de fêmeas de *L. invasa* alimentadas com mel é similar ao verificado em outros himenópteros em laboratório (Harvey *et al.*, 2012; Hossain & Haque, 2015), como adultos de *Cleruchoidea noackae* Lin & Huber (Hymenoptera: Mymaridae) com longevidade de 1,2 dias, sem alimento, e aumentou para 3,4; 3,3 e 3,7 dias quando alimentados com mel 100%, mel 50% e mel 10%, respectivamente (Souza *et al.* 2016). A longevidade de fêmeas adultas de *Microplitis croceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) foi quatro vezes maior com mel em comparação com água (Nafziger Jr. & Fadamiro 2011). Fêmeas de *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) sobreviveram 27,9 e 25,3 dias com solução de mel a 10% e solução de açúcar a 10%, respectivamente, e 19,7 dias com água destilada (Hossain & Haque 2015). Isto pode ser explicado pela constituição do mel, com pelo menos 181 substâncias nutritivas como açúcares, proteínas, enzimas, aminoácidos, minerais e vitaminas (Alvarez-Suarez *et al.* 2009).

A menor longevidade de *L. invasa* na ausência de mel é semelhante à observada para *Trichogramma maxacalli* Voegelé & Pointel (Hymenoptera: Trichogrammatidae), cujos adultos sobreviveram por mais tempo em dietas contendo açúcares do que quando sem alimento (Oliveira *et al.* 2003). Isto mostra a importância de fontes nutricionais suplementares, especialmente com mel e açúcares no aumento da longevidade de himenópteros (Schamale *et al.* 2001; Lee & Heimpel 2008; Hossain & Haque 2015).

As diferenças na longevidade de *L. invasa* em função de diferentes temperaturas foram relatadas para outros himenópteros como *Meteorus ictericus* (Nees) (Hymenoptera: Braconidae) (Burgi & Mills 2013), *L. invasa* (Zhu *et al.* 2015) e *C. noackae* (Souza *et al.* 2016). As maiores longevidades de fêmeas de *L. invasa* nas temperaturas de 14 e 18°C, respectivamente, diferem das observadas com fêmeas desse inseto-praga (9,0 e 8,2 dias a 23 e 29°C, respectivamente) (Zhu *et al.* 2015).

A longevidade de *L. invasa* de 7,56 dias a 26°C neste estudo é semelhante a 9,0 dias para este inseto as temperaturas de 23 °C e 26 °C (Zhu *et al.* 2015), contudo, os adultos sobreviveram 15 dias quando mantidos a 25°C (Lu *et al.* 2014).

A maior longevidade de *L. invasa* em baixas temperaturas é semelhante a verificada com de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae), entre 16 a 28°C (Rodrigues *et al.* 2013). O aumento da longevidade pode estar associado com a redução da atividade e do metabolismo a baixas temperaturas (Bleicher & Parra 1990). A

alta sobrevivência de *L. invasa* em temperaturas mais baixas indica que esse inseto-praga pode se adaptar em regiões com temperaturas amenas e que aquelas subótimas podem reduzir esse parâmetro (Torres *et al.* 2002) e a aptidão biológica, como relatado para *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Singh *et al.* 2015).

A menor longevidade de adultos de *L. invasa* em temperaturas mais altas é similar com o observado para *Microplitis manilae* (Hymenoptera: Braconidae) entre 17 e 32°C (Qiu *et al.* 2012) e pode resultar do aumento do metabolismo e destruição de enzimas (Mohan *et al.* 1992).

As menores sobrevivências de fêmeas de *L. invasa* às temperaturas de 30 e 34°C é semelhante com o relatado para esse inseto na China a 32°C (Zhu *et al.* 2015). Estes valores são inconsistentes com a distribuição de *L. invasa* em áreas tropicais e subtropicais, mais quentes do que 30°C no verão. Isto pode se dever à efeitos microclimáticos ou variações de temperatura no campo, enquanto as temperaturas são constantes em laboratório (Zhu *et al.* 2015).

A sobrevivência de *L. invasa* em diferentes temperaturas mostra que este inseto pode se adaptar em diferentes zonas climáticas brasileiras. No entanto, mudanças ambientais podem favorecer espécies invasoras como este inseto (Parepa *et al.* 2013) e a temperatura é um dos fatores com impacto direto na sobrevivência de insetos-praga (Liu *et al.* 2015).

O inseto apresentou maior longevidade com mel 50%, mel 100%, e mel 100% e folhas de eucalipto a 14 e 18°C. O fornecimento de alimento sob uma temperatura apropriada é importante para otimizar a produção de *L. invasa*, como inseto-hospedeiro do parasitoide *S. nesei* em laboratório, e no entendimento da distribuição de *L. invasa* em diferentes regiões climáticas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa (Processo: 142131/2012-1) e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS

- Akhtar MS & Patankar NV, Gaur A. 2012. Observations on the biology and male of eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). *Indian Journal of Entomology* **74**, 173–175.
- Alvarez-Suarez JM, Tulipani S, Romandini S, Vidal AY, Battino M. 2009. Methodological aspects about determination of phenolic compounds and in vitro evaluation of antioxidant capacity in the honey: a review. *Current Analytical Chemistry* **5**, 293–302.
- Ayvaz A, Karasu E, Karaborklu S, Tuncbilek A. 2008. Effects of cold storage, rearing temperature, parasitoid age and irradiation on the performance of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Stored Products Research* **44**, 232–240.
- Bleicher E, Parra JRP. 1990. Espécies de *Trichogramma* parasitoides de *Alabama argillacea*. Determinação das exigências térmicas de três populações. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **25**, 215–219.
- Bradley BA, Blumenthal DM, Wilcove DS, Ziska LH. 2010. Predicting plant invasions in an era of global change. *Trends in Ecology and Evolution* **25**, 310–318.
- Burgi LP, Mills NJ. 2013. Developmental strategy and life history traits of *Meteorus ictericus*, a successful resident parasitoid of the exotic light brown apple moth in California. *Biological Control* **66**, 173–182.
- Chen HY, Yao JM, Xu ZF. 2009. First description of the male of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) from China. *Journal of Environmental Entomology* **31**, 285–287.
- Colinet H, Sinclair BJ, Vernon P, Renault D. 2015. Insects in fluctuating thermal environments. *Annual Review of Entomology* **60**, 123–40.
- Costa VA, Berti Filho E, Wilcken CF, Stape JL, La Salle J., Teixeira LD. 2008. *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) in Brazil. New Forest pest reaches the new world. *Revista de Agricultura* **83**, 136–139.
- Dittrich-Schröder G, Harney M, Nesar S, Joffe T, Bush S, Hurley BP, Wingfield MJ, Slippers B. 2012. Diversity in *Eucalyptus* susceptibility to the gall-forming wasp *Leptocybe invasa*. *Agricultural and Forest Entomology* **14**, 419–427.
- Doğanlar O. 2005. Occurrence of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) on *Eucalyptus camaldulensis* in Turkey, with description of the male sex. *Zoology in the Middle East* **35**, 112–114.
- Fernandes BV, Barcelos JAV, Andrade HB, Zanuncio JC. 2014. *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), an exotic pest of *Eucalyptus*, in Minas Gerais State, Brazil. *Florida Entomologist* **97**, 824–826.
- Gupta A. & Poorani J. 2009. Taxonomic studies on a collection of Chalcidoidea (Hymenoptera) from India with new distribution records. *Journal of Threatened Taxa* **1**, 300–304.
- Hance T, Van Baaren J, Vernon P, Boivin G. 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology* **52**, 107–126.
- Harvey JA, Cloutier J, Visser B, Ellers J, Wackers FL, Gols R. 2012. The effect of different dietary sugars and honey on longevity and fecundity in two hyperparasitoid wasps. *Journal of Insect Physiology* **58**, 816–823.
- Heimpel GE, Rosenheim JA, Kattari D. 1997. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **83**, 305–315.
- Hossain MA & Haque MA. 2015. Influence of food supplements on the reproductive potential of the parasitoid, *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae)

- on *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). *African Entomology* **23**, 88–93.
- Jervis MA & Ellers J, Harvey JA. 2008. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. *Annual Review of Entomology* **53**, 361–385.
- Jervis M & Ferns P. 2011. Towards a general perspective on life-history evolution and diversification in parasitoid wasps. *Biological Journal of the Linnean Society* **104**, 443–461.
- Ju R.T., Zhu H.Y, Gao L., Zhou X.H., Li B. 2015. Increases in both temperature means and extremes likely facilitate invasive herbivore outbreaks. *Nature Communications* **5**, 15715.
- Kavitha-Kumari N., Kulkarni H., Vastrad A.S., Goud K.B. 2010. Biology of eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). *Karnataka Journal of Agricultural Science* **23**, 211–212.
- Kim IK, Mendel Z, Protasov A, Blumberg D, La Salle J. 2008. Taxonomy, biology and efficacy of two australian parasitoids of the eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). *Zootaxa* **1910**, 1–20.
- Lacoume S, Bressac C, Chevrier C. 2007. Sperm production and mating potential of males after a cold shock on pupae of the parasitoid wasp *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Insect Physiology* **53**, 1008–1015.
- Lee, ET. 1992. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*, Second Edition, New York: John Wiley & Sons.
- Lee JC, Heimpel GE. 2008. Effect of floral nectar, water, and feeding frequency on *Cotesia glomerata* longevity. *Biological Control* **53**, 289–294.
- Lee JC, Heimpel GE, Leibe GL. 2004. Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **111**, 189–199.
- Lieshout E, Tomkins JL, Simmons LW. 2013. Heat stress but not inbreeding affects offensive sperm competitiveness in *Callosobruchus maculatus*. *Ecology and Evolution* **3**, 2859–2866.
- Liu B, Li HQ, Ali A, Li HB, Liu J, Yang YZ, Lu YH. 2015. Effects of temperature and humidity on immature development of *Lygus pratensis* (L.) (Hemiptera: Miridae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, **18**, 139–143.
- Lu T, Zhang Y, Huang Z, Huang J. 2014. The effect on the longevity of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) studied by microcalorimetry and traditional methods. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* **116**, 461–467.
- Luo SP, Li JC, Liu XX, Lu ZY, Pan WL, Zhang QW, Zhao ZW. 2010. Effects of six sugars on the longevity, fecundity and nutrient reserves of *Microplitis mediator*. *Biological Control*, **52**, 51–57.
- Mendel Z, Protasov A, Fisher N, La Salle J, 2004. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. *Australian Journal of Entomology* **43**, 101–113.
- Mohan BR, Verma AN, Singh SP. 1992. Biology of *Apanteles flavipes* (Cameron) – a potential parasitoid of *Chilo partellus* (Swin.) infesting forage sorghum. *Journal of Insect Science* **5**, 144–146.
- Nafziger Jr, TD & Fadamiro HY. 2011. Suitability of some farmscaping plants as nectar sources for the parasitoid wasp, *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae): Effects on longevity and body nutrients. *Biological Control* **56**, 225–229.
- Nguyen TM, Bressac C, Chevrier C. 2013. Heat stress affects male reproduction in a parasitoid wasp. *Journal of Insect Physiology* **59**, 248–254.

- Nugnes F, Gebiola M, Monti MM, Gualtieri L, Giorgini M, Wang J, Bernardo H. 2015. Genetic diversity of the invasive gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) and of its *Rickettsia* endosymbiont, and associated sex-ratio differences. *Plos One* **10**, 1–19.
- Oliveira HN, Zanuncio JC, Pratisoli D, Picanço, MC. 2003. Biological characteristics of *Trichogramma maxacalii* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Brazilian Journal of Biology* **63**, 647–653.
- Parepa M, Fischer M, Bossdorf O. 2013. Environmental variability promotes plant invasion. *Nature Communications* **4**, 1604, 2013.
- Qiu BO, Zhou ZS, Luo SP, Xu ZF. 2012. Effect of temperature on development, survival, and fecundity of *Microplitis manilae* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology* **41**, 657–644.
- Rodrigues MAT, Pereira FF, Kassab SO, Pastori PL, Glaeser DF, Oliveira HN, Zanuncio JC. 2013. Thermal requirements and generation estimates of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in sugarcane producing regions of Brazil. *Florida Entomologist* **96**, 154–159.
- Sangtongpraow B, Charernson K, Siripatanadilok S. 2011. 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* **44**, 155–163.
- Schmale I, Wäckers FL, Cardona C, Dorn S. 2001. Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: the effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production. *Biological Control* **21**, 134–139.
- Singh K, Kochar E., Prasad N.G. 2015. Egg viability, mating frequency and male mating ability evolve in populations of *Drosophila melanogaster* selected for resistance to cold shock. *Plos One* **10**, 1–20.
- Souza AR, Candelaria MC, Barbosa LR, Wilcken CF, Campos JM, Serrão JE, Zanuncio JC. 2016. Longevity of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures. *Florida Entomologist* **99**, 33-37.
- Tenhumberg B, Siekmann G, Keller MA. 2006. Optimal time allocation in parasitic wasps searching for hosts and food. *Oikos* **113**, 121–131.
- Torres JB, Musolin DL, Zanuncio JC. 2002. Thermal requirements and parasitism capacity of *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) under constant and fluctuating temperatures, and assessment of development in field conditions. *Biocontrol Science and Technology* **12**, 583–593.
- Thuiller W. 2007. Climate change and the ecologist. *Nature*, **448**, 550–552.
- Tung GS & La Salle J. 2010. Pest alert-a newly discovered invasion of gall-forming wasps, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, on eucalyptus trees in Taiwan. *Formosan Entomologist* **30**, 241–244.
- Wäckers FL, Romeis J, Van Rijn P. 2007. Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology* **52**, 301–23.
- Westfall PH, Tobias RD, Rom D, Wolfinger RD, Hochberg Y. 1999. *Multiple Comparisons and Multiple Tests Using the SAS System*, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Wilcken CF, Zaché B, Masson MV, Pereira RA, Barbosa LR, Zanuncio JC. 2015. Vespa-da-galha-do-eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle. In: Vilela EF, Zucchi RA. *Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros*. Piracicaba: Fealq, p. 898–908.

- Winkler K, Wäckers FL, Kaufman LV, Larraz V, Van Lenteren JC. 2009. Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. *Biological Control* **50**, 299–306.
- Zheng XL, Li J, Yang ZD, Xian ZH, Wei JG, Lei CL, Wang XP, Lu W. 2014. A Review of invasive biology, prevalence and management of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). *African Entomology* **22**, 68-79.
- Zhu FL, Qiu BL, Ren SX. 2013. Oviposition of *Leptocybe invasa*. *Chinese Journal of Applied Entomology* **50**, 192–196.
- Zhu F.L, Ren SX, Qiu BL, Wu JH. 2015. Effect of temperature on life table parameters of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Austral Entomology* **54**, 71–78.
- Zizzari ZV & Ellers J. 2011. Effects of exposure to short-term heat stress on male reproductive fitness in a soil arthropod. *Journal of Insect Physiology* **57**, 421–426.

**CAPÍTULO II – Ciclo biológico e ocorrência de machos de *Leptocybe invasa*
(Hymenoptera: Eulophidae) em mudas de *Eucalyptus* spp. no Brasil**

Revista: Florida Entomologist

Ciclo biológico e ocorrência de machos de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em mudas de *Eucalyptus* spp. no Brasil

Resumo

A vespa-da-galha, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) é praga de espécies de *Eucalyptus*. Esta vespa galhadora, nativa da Austrália, foi originalmente descrita como uma espécie telítoca. O objetivo deste trabalho foi determinar a duração o ciclo de vida e registrar a ocorrência de machos de *L. invasa* em mudas de *E. grandis* x *E. camaldulensis* no município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. Estas mudas foram infestadas naturalmente por *L. invasa*, e o crescimento das galhas foi registrado. O desenvolvimento de *L. invasa* em mudas deste clone consistiu de quatro estágios. Os espécimes de *L. invasa* emergidos foram sexados, e dois indivíduos eram machos. Este é o primeiro registro de macho de *L. invasa* no Brasil.

Palavras-chave: biologia; eucalipto; distribuição; reprodução, partenogênese.

Abstract

The blue-gum chalcid, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) is pest of *Eucalyptus* species. This gall wasp, native to Australia, it was originally described as a thelytokous species. The aim of this work was to determine the duration of life-cycle and record the occurrence of *L. invasa* males in *E. grandis* x *E. camaldulensis* nurseries in municipality of Botucatu, Sao Paulo State, Brazil. These nurseries were naturally infested by *L. invasa*, and the growth of galls was recorded. The development of *L. invasa* in this clone consisted of four stages. The *L. invasa* specimens emerged were sexed, and two individuals were males. This is the first record of *L. invasa* male in Brazil.

Keywords: biology; eucalypt; distribution; reproduction, parthenogenesis.

A vespa-da-galha-do-eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), originária da Austrália, é uma importante praga de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) (Mendel et al. 2004). O primeiro relato desta vespa foi no Oriente Médio e região do Mediterrâneo em 2000 (Mendel et al. 2004). Após 15 anos do registro, *L. invasa* foi

encontrada em 39 países distribuídos na África, América do Norte, América do Sul, Ásia, Europa, Oriente Médio e Oceania (Nugnes et al. 2015).

No Brasil, *L. invasa* foi registrada em 2008. O ataque desta praga exótica foi observado em mudas e árvores adultas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* no Estado da Bahia em 2008 (Costa et al. 2008). A dispersão deste inseto ocorreu nos estados brasileiros, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Sul, São Paulo, Sergipe, Tocantins (Fernandes et al. 2014, Wilcken et al. 2015), e recentemente em Santa Catarina (Barbosa et al. 2016, comunicação pessoal).

A fêmea de *L. invasa* insere os ovos na epiderme principalmente na nervura central e pecíolo de folhas, e parênquima dos ramos jovens (Mendel et al. 2004; Zhu et al. 2013). As larvas após a eclosão permanecem em uma cavidade formada no interior do tecido da planta e se alimentam dos tecidos, resultando na formação das galhas (Kulkarni, 2010).

As galhas são vantajosas para proteção de *L. invasa* contra os inimigos naturais. O desenvolvimento de *L. invasa* em árvores de *E. camaldulensis* consiste em cinco estágios. A fase 1, com duração em média de duas semanas, é definida pelos sinais de oviposição nas estruturas de crescimento da planta (Mendel et al. 2004). No início dessa fase, a mudança na morfologia do tecido atacado da planta é pouco perceptível, o que dificulta encontrar os ovos ou larvas do inseto (Zheng et al. 2014). Ao final dessa fase, as galhas são esféricas e verdes brilhantes. Na fase 2, as galhas permanecem com coloração verde, porém ocorre o aumento do tamanho da galha. Na fase 3 ocorre a mudança de coloração das galhas de verde para rosa-avermelhado (Mendel et al. 2004). A coloração das galhas varia em função das espécies de eucalipto e está relacionado com as transformações dos pigmentos naturais das plantas (Raman & Withers 2003). Na fase 4, as galhas apresentam coloração vermelho-escuro e perda de brilho. A fase 5 é reconhecida pelos orifícios de emergência dos adultos de *L. invasa* (Mendel et al. 2004).

O ciclo biológico (desde ovo à emergência do adulto) de *L. invasa* é de 132,6 dias em *E. camaldulensis* em casa-de-vegetação em Israel (Mendel et al. 2004). O desenvolvimento deste inseto é de 59,5 dias em *E. tereticornis* na Índia (Kavitha-Kumari et al. 2010), e 45,96 dias em *E. camaldulensis* na Tailândia (Sangtongpraow et al. 2011) e 91,6 dias em clone híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis* na África do Sul (Dittrich-Schröder et al. 2014). O ciclo de vida de *L. invasa* em laboratório e campo é de 126,2 e 138,3 dias em laboratório e campo, respectivamente (Hesami et al. 2005).

A reprodução de *L. invasa* foi originalmente descrita como telítoca (Mendel et al. 2004), pois, populações desse inseto foram representadas apenas por fêmeas. Contudo, machos foram encontrados na China (Chen et al. 2009), Índia (Akhtar et al. 2012), Tailândia (Sangtongpraow et al. 2011), Taiwan (Tung; La Salle 2010) e Turquia (Doğanlar 2005), portanto, existia a expectativa de novos registros de machos de *L. invasa*.

O objetivo deste estudo foi determinar a duração do ciclo biológico de *L. invasa* em mudas de *E. grandis* x *E. camaldulensis* em casa-de-vegetação e registrar a ocorrência de machos de *L. invasa* no município de Botucatu, SP, Brasil.

Material e Métodos

Local

O experimento de biologia de *L. invasa* foi desenvolvido no Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF) da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, no município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil.

Infestação de plantas de eucalipto por L. invasa

Plantas do clone híbrido 3025 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*) com idade aproximada de 60 dias de idade foram transplantadas para potes plásticos com volume de 2 L, e regadas diariamente. Estas plantas foram expostas à infestação natural por *L. invasa* durante 48h no viveiro. Após este período, 30 mudas foram selecionadas aleatoriamente e transferidas para casa-de-vegetação, onde permaneceram até a emergência de adultos de *L. invasa*. Tentativas de infestações controladas foram realizadas com a colocação de mudas em gaiolas e exposição à diferentes números de *L. invasa*, porém, não foi obtido sucesso de infestação.

Desenvolvimento de L. invasa

O desenvolvimento das galhas causadas por *L. invasa* nas mudas de eucalipto foi observado diariamente, com registro das características morfológicas das galhas.

O ciclo biológico de *L. invasa* nesse estudo foi considerado desde a oviposição até a emergência dos adultos.

Os espécimes de *L. invasa* emergidos foram sexados.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Um macho e uma fêmea de *L. invasa* foram processados para análise de microscopia eletrônica de varredura.

As amostras foram fixadas em glutaraldeído 2,5% em tampão fosfato 0,1M pH 7.3 por 24h e pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1% por 2h no mesmo tampão. As desidratações foram realizadas com sequência crescente de soluções de álcool etílico (70%, 90% e 100%), sendo a secagem realizada por meio do ponto crítico em CPD 030 (Leica), com CO₂ líquido.

Os espécimes foram colados em suportes adequados e recobertos com camada de 30nm ouro em aparelho “Sputter coater” Baltec SCD 050. A análise dos indivíduos de *L. invasa* foi realizada em Microscópio Eletrônico de Varredura modelo Quanta 200 da FEI.

Identificação taxonômica

A identificação de *L. invasa* foi baseada nas características de antenas, asas e corpo descritas utilizando o trabalho de descrição de *L. invasa* (Mendel et al. 2004). Um espécime macho de *L. invasa* foi enviado para o taxonomista Dr. Valmir Costa para confirmação taxonômica, e depósito do espécime na coleção entomológica do Instituto Biológico, em São Paulo, SP, Brasil.

Resultados

Desenvolvimento de L. invasa

O ciclo biológico (desde a oviposição à emergência de adultos) de *L. invasa* no clone híbrido 3025 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) mantidos em casa-de-vegetação no município de Botucatu foi de 87 dias \pm 5,3 dias (temperatura média: 14,5°C – 31,5°C).

O desenvolvimento de *L. invasa* em mudas desse clone consistiu de quatro fases. A fase 1 é caracterizada pelas cicatrizes de oviposição no local de inserção dos ovos no tecido da planta. Essa fase é caracterizada por uma pequena alteração na morfologia do tecido atacado, mais facilmente observada após nove dias a partir da oviposição. Ao final dessa fase, as galhas são arredondadas e coloração verde, sendo facilmente quantificadas. A fase 2 é caracterizada pelo aumento de tamanho da galha. Inicialmente, a coloração da galha é verde, e ao final deste estágio ocorre a alteração da coloração para rosa. A fase 3 caracteriza-se pela alteração da coloração de rosa para vermelho. A última fase é reconhecida pelos orifícios de emergência de *L. invasa* (Figura 1).

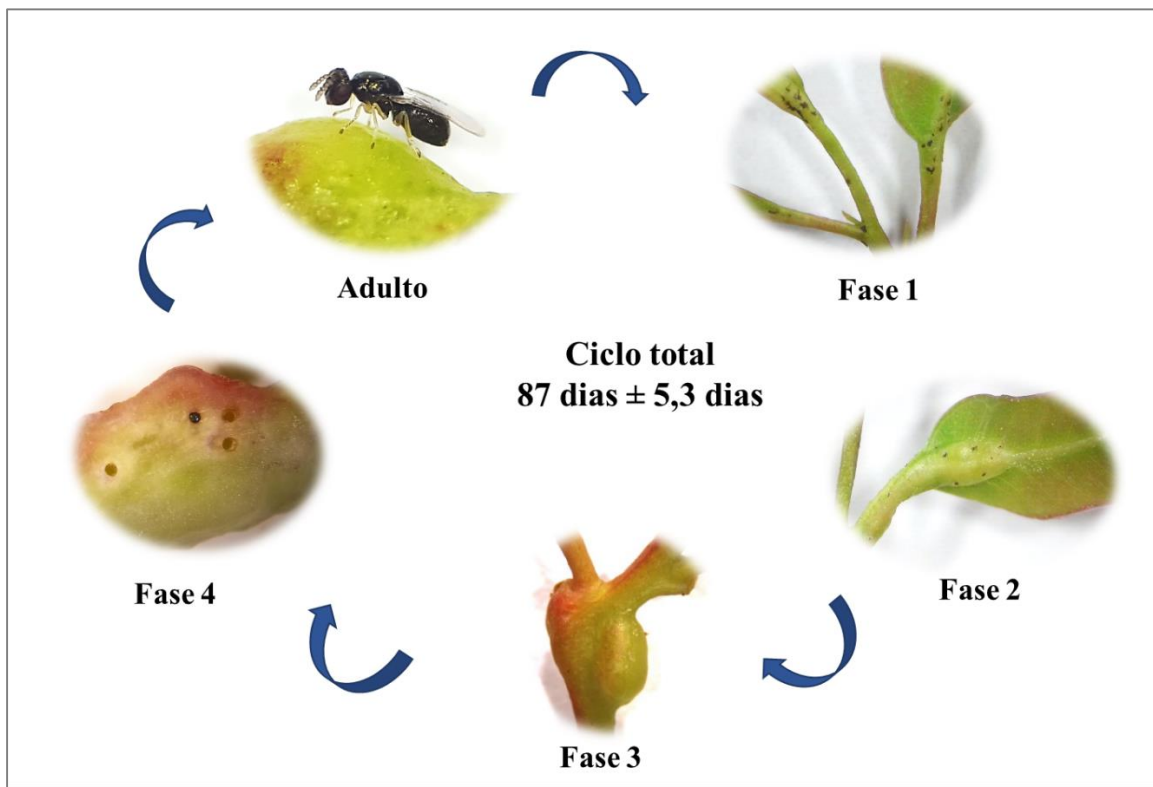


Figura 1. Ciclo biológico de *Leptocybe invasa* em mudas de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* em casa-de-vegetação, em Botucatu, SP, Brasil.

Leptocybe invasa foi a única espécie emergida das galhas desenvolvidas nas plantas monitoradas do clone *E. grandis* x *E. camaldulensis*. Destes indivíduos de *L. invasa*, dois espécimes são machos. Esse é o primeiro registro de macho de *L. invasa* no Brasil.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os espécimes de *L. invasa* foram analisados em microscópio eletrônico de varredura. As estruturas, antena e gaster foram fotografados dos dois espécimes para distinção do sexo de *L. invasa* (Figura 2).

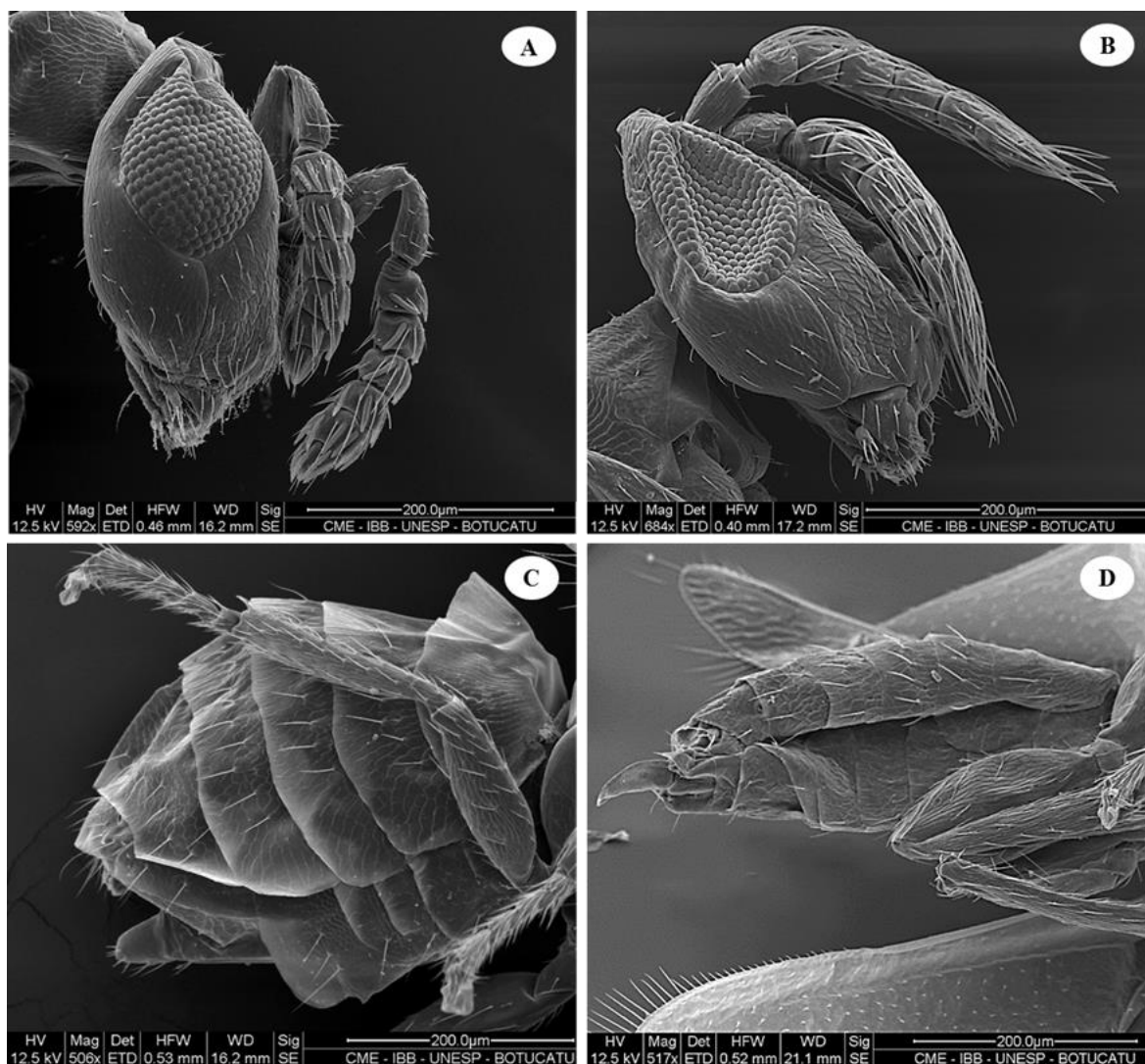


Figura 2. Micrografia eletrônica de varredura (MEV) de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae). A) Antena de fêmea; B) Antena de macho; C) Gaster de fêmea e D) Gaster de macho.

Identificação taxonômica

O espécime enviado ao taxonomista para identificação específica foi confirmado como macho de *L. invasa*.

Discussão

A maior atividade de oviposição de *L. invasa* em viveiro, em horários com maior radiação solar durante a manhã e final da tarde é semelhante às observações feitas para essa espécie em Israel (Mendel et al. 2004).

A duração do ciclo biológico (oviposição à emergência) de *L. invasa* de 87 dias \pm 5,3 dias, em clone híbrido 3025 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) no município de Botucatu é semelhante com o tempo de desenvolvimento deste inseto-praga de 91,6 dias \pm 5,4 dias em

plantas deste cruzamento na África do Sul (Dittrich-Schröder et al. 2014). Contudo, difere dos ciclos de vida de *L. invasa* registrados de 132,6 dias, em plantas de *E. camaldulensis* em Israel (Mendel et al. 2004), 59,5 dias em *E. tereticornis* na Índia (Kavitha-Kumari et al. 2010), e 45,96 dias em *E. camaldulensis* na Tailândia (Sangtongpraow et al. 2011).

As fases de desenvolvimento das galhas refletem o ciclo biológico de *L. invasa*. A quantificação de quatro fases de desenvolvimento de *L. invasa* no interior das galhas em plantas de eucalipto difere de cinco estágios de desenvolvimento em plantas de *E. camaldulensis* em Israel (Mendel et al. 2004).

No início do desenvolvimento das galhas, fase 1, uma pequena alteração ocorreu na morfologia dos tecidos atacados por *L. invasa*. Esse fato pode contribuir para a dispersão de *L. invasa* durante o processo de mudas de eucalipto infestadas por este inseto devido à dificuldade de visualização de pequenas galhas (Zheng et al. 2014). Essa mudança da morfologia das galhas no final da fase 1 é semelhante às modificações observadas nos tecidos das plantas de *E. camaldulensis* (Mendel et al. 2004). Essa alteração nos tecidos da planta pode ser resultante da eclosão da larva de *L. invasa* no interior das galhas e, provavelmente, ocorre a hiperplasia inicial dos tecidos das galhas (Rohfriotsch & Shorthouse 1982).

Na fase 2, mudanças rápidas foram observadas no tamanho das galhas. Essas alterações de tamanhos podem ser resultantes da hiperplasia tardia e metaplasia, os quais são processos típicos do desenvolvimento de galhas de insetos, em que ocorre um rápido crescimento das células e uma mudança típica do tecido da galha (Abrahamson & Weis 1987).

Na fase 3, alterações da coloração de rosa para vermelho ocorreram nessa fase. Isso provavelmente está relacionado com a transformação de flavanona para antocianina sob a ação da radiação ultravioleta dos raios solares (Raman & Withers 2003). A coloração das galhas é variável de acordo com as diferentes espécies de eucalipto, mas, a coloração final da galha é rosa ou vermelho (Raman & Withers 2003).

A fase 4, último estágio de desenvolvimento das galhas foi reconhecido pelos orifícios de emergência de *L. invasa*. Contudo, esses orifícios foram observados no estágio 5 em estudo feito em Israel (Mendel et al. 2004).

Leptocybe invasa pode produzir quatro gerações por ano no Brasil. Em Israel, *L. invasa* pode produzir duas ou três gerações anualmente (Mendel et al. 2004). A rápida dispersão e crescimento acelerado de *L. invasa* são provavelmente resultantes do

desenvolvimento multivoltino, ausência de inimigos naturais eficientes em determinadas regiões e reprodução telítoca em algumas populações de *L. invasa* (Mendel et al. 2004).

A ocorrência de indivíduos machos de *L. invasa* no Brasil corrobora com estudos feitos em populações da vespa-da-galha na China (Chen et al. 2009), Índia (Akhtar et al. 2012), Tailândia (Sangtongpraow et al. 2011), Taiwan (Tung & La Salle 2010) e Turquia (Doğanlar, 2005). Este trabalho registrou pela primeira vez o espécime macho de *L. invasa* em eucalipto no Brasil. Entretanto, ainda não há evidências da capacidade reprodutiva dos machos de *L. invasa* que pode estar relacionada com a variabilidade genética dessa espécie.

Agradecimentos

À Daniela Pinheiro pela colaboração no processamento da amostra para análise de microscopia eletrônica de varredura.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos (Processo: 142131/2012-1).

Referências citadas

- Abrahamson WG, Weis RE. 1987. Nutritional ecology of arthropod gall makers. In: Nutritional Ecology of Insects, Mites and Spiders (Eds.: F Slansky & JG Rodriguez), pp. 235–258. John Wiley, New York, USA.
- Akhtar MS, Patankar NV, Gaur A. 2012. Observations on the biology and male of eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). Indian Journal of Entomology 74: 173–175.
- Chen HY, Yao JM, Xu ZF. 2009. First description of the male of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) from China. Journal of Environmental Entomology 31: 285–287.
- Costa VA, Berti Filho E, Wilcken CF, Stape JL, La Salle J, Teixeira LD. 2008. *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) in Brazil. New Forest pest reaches the new world. Revista de Agricultura 83: 136–139.
- Dittrich-Schröder G, Harley M, Nesar S, Joffe T., Bush S., Hurley BP, Wingfield MJ, Slippers B. 2014. Biology and host preference of *Selitrichodes neseri*: A potential biological control agent of the *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa*. Biological Control 78: 33–41.
- Doğanlar O. 2005. Occurrence of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) on *Eucalyptus camaldulensis* in Turkey, with description of the male sex. Zoology in the Middle East 35: 112–114.
- Fernandes BV, Barcelos JAV, Andrade HB, Zanuncio J.C. 2014. *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), an exotic pest of *Eucalyptus*, in Minas Gerais State, Brazil. Florida Entomologist 97: 824-826.
- Hesami S, Alemansoor H, Seyedebrahimi S. 2005. Report of *Leptocybe invasa* (Hym., Eulophidae), gall wasp of *Eucalyptus camaldulensis* with notes on biology in Shiraz vicinity. Journal of Entomological Society of Iran 24: 99–108.

- Kavitha-Kumari N, Kulkarni H, Vastrad AS, Goud KB. 2010. Biology of eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). *Karnataka Journal of Agricultural Science* 23: 211–212.
- Kulkarni,H, Kumari NK, Vastrad AS, Goud BK. 2010. Release and recovery of parasitoids in eucalyptus against gall wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) under green house. *Karnataka Journal of Agricultural Science* 23: 91–92.
- Mendel Z, Protasov A, Fisher N, La Salle J. 2004. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. *Australian Journal of Entomology* 43: 101–113.
- Nugnes F, Gebiola M, Monti MM, Gualtieri L, Giorgini M, Wang J, Bernardo H. 2015. Genetic diversity of the invasive gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) and of its *Rickettsia* endosymbiont, and associated sex-ratio differences. *Plos One* 10: 1–19.
- Raman A, Withers T. 2003. Oviposition by introduced *Ophelimus eucalypti* (Hymenoptera: Eulophidae) and morphogenesis of female-introduced galls on *Eucalyptus saligna* (Myrtaceae) in New Zealand. *Bulletin of Entomological Research* 93: 55–63.
- Rohfritsch O, Shorthouse JD. 1982. Insect galls. In: *Molecular Biology of Plant Tumors* (eds G Kahl & J Schell), pp. 131–152. Academic Press, New York, USA.
- Sangtongpraow B, Charernson K, Siripatanadilok S. 2011. 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* 44: 155–163.
- Tung GS, La Salle J. 2010. Pest alert-a newly discovered invasion of gall-forming wasps, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, on eucalyptus trees in Taiwan. *Formosan Entomologist* 30: 241–244.
- Wilcken CF, Oliveira NC. Gorgulho-do-eucalipto, *Gonipterus platensis* Marelli. In: Vilela EF, Zucchi, RA. *Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros*. Piracicaba: Fealq, 2015. v.1, cap.45, p. 779-791.
- Zheng XL, Li J, Yang ZD, Xian ZH, Wei JG, Lei CL, Wang XP, Lu W. 2014. A Review of invasive biology, prevalence and management of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). *African Entomology* 22: 68–79.
- Zhu FL, Qiu BL, Ren SX. 2013. Oviposition of *Leptocybe invasa*. *Chinese Journal of Applied Entomology* 50: 192–196.

CAPÍTULO III – Criação de *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) em laboratório e campo

Revista: Florida Entomologist

**Criação de *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae),
parasitoide de *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) em
laboratório e campo**

Resumo

Selitrichodes neseri (Hymenoptera: Eulophidae), originário da Austrália, é um parasitoide da vespa-da-galha, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), praga em plantações de *Eucalyptus* spp. Este parasitoide foi recentemente introduzido no Brasil como potencial candidato ao controle biológico de *L. invasa*. O objetivo deste estudo foi avaliar o tempo de desenvolvimento e número de descendentes de *S. neseri* em laboratório e campo. Adultos recém-emergidos de *S. neseri* foram liberados para parasitismo de galhas causadas por *L. invasa* em mudas de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* no interior de gaiolas fechadas mantidas a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ UR de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h, em laboratório. As avaliações foram realizadas durante oito gerações do parasitoide, e as gaiolas representando as repetições, com um número variável de repetições por geração. Em campo, as liberações de *S. neseri* foram realizadas em árvores de dois clones híbridos de eucalipto. O número de parasitoides foi quantificado diariamente a partir do 17º dia após a liberação de *S. neseri* nas gaiolas de criação e em campo, quando iniciou-se a emergência de parasitoides. As maiores quantidades de adultos de *S. neseri* foram produzidas nas gerações F1, F2 e F4, em laboratório. Este parasitoide mostrou capacidade de adaptação em condições de campo. Este estudo é importante por fornecer informações sobre a criação de *S. neseri* visando o controle biológico de *L. invasa*.

Palavras-chave: vespa-da-galha; controle biológico; criação em laboratório; *Eucalyptus* spp.; liberação de parasitoide.

Abstract

Selitrichodes neseri (Hymenoptera: Eulophidae), from Australia, is a parasitoid of the gall wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), a pest in *Eucalyptus* spp. plantations. This parasitoid was recently introduced in Brazil as a potential candidate for the biological control of *L. invasa*. The aim of this study was to evaluate the development time and the number of descendents of *S. neseri* in laboratory and field. Newly emerged *S. neseri* adults were released to parasitism galls caused by *L. invasa* in seedlings of *Eucalyptus*

camaldulensis x *E. grandis* within closed cages maintained at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\% \pm 10\%$ RH and 12:12 h L:D photoperiod, in the laboratory. The evaluations were conducted in eight generations of parasitoid, and the cages representing the repetitions, with a variable number of repetitions by generation. In the field, the releases of *S. nesei* were conducted in two eucalyptus hybrid clones. The number of parasitoids was quantified daily from the 17th day after the release of *S. nesei* in cages and in the field, when the emergence of parasitoids began. The higher quantities of *S. nesei* adults were produced in the F1, F2 and F4, in the laboratory. This parasitoid showed adaptability in the field conditions. This study is important by providing information about rearing of *S. nesei* focused on biological control of *L. invasa*.

Keywords: gall wasp; biological control; laboratory rearing; *Eucalyptus* spp.; parasitoid release.

Leptocybe invasa Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), conhecida como vespa-da-galha é praga de muitas espécies de *Eucalyptus* (Mendel et al. 2004). Esta vespa, nativa da Austrália, foi relatada em países da África, América do Norte, América do Sul, Ásia, Europa, Oriente Médio e Oceania (Nugnes et al. 2015). No Brasil, *L. invasa* foi encontrada em mudas de clones híbridos e árvores adultas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* no nordeste da Bahia em 2008 (Costa et al. 2008).

As fêmeas de *L. invasa* ovipositam na epiderme da nervura central e pecíolos das folhas formando galhas (Mendel et al. 2004) que podem ocasionar a redução de produtividade das plantações de *Eucalyptus* (Costa et al. 2008; Lawson et al. 2012). O ciclo de vida de *L. invasa* é de 132,6 dias em Israel (Mendel et al. 2004), contudo, é variável de acordo com a espécie de eucalipto hospedeira e condições climáticas.

Medidas de manejo de *L. invasa* tem sido exploradas com intuito de estabelecer estratégias eficientes de controle deste inseto. O controle químico apresenta resultados variáveis (Nyeko et al. 2007; Kulkarni, 2010), contudo, além de elevado custo e aparente efeito negativo sobre agentes de controle biológico, este método parece ser inviável em plantações de *Eucalyptus* em larga escala (Dittrich-Schröder et al. 2014). Uma alternativa de controle de *L. invasa* tem mostrado resultados satisfatórios é o controle biológico (Kim et al. 2008; Dittrich-Schröder et al. 2014).

Duas espécies de ectoparasitoides, *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) e *Selitrichodes kryceri* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) tem sido utilizados com sucesso em Israel para controle de *L. invasa* (Kim et al. 2008).

Outro parasitoide *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), originário da Austrália e criado em quarentena na África do Sul (Kelly et al. 2012) tem sido investigado para controle de *L. invasa*. Em 2015, o Brasil importou *S. neseri* da África do Sul em condições de quarentena, e mantém esse eulofídeo em criação para investigações como agente de controle biológico de *L. invasa* no país (Wilcken, 2015, comunicação pessoal).

Selitrichodes neseri possui o corpo marrom escuro a preto, com manchas amarelas na cabeça. A fêmea possui um comprimento de 0,87-1,08 mm e o macho mede 0,65-0,73 mm (Kelly et al. 2012). As fêmeas de *S. neseri* parasitam externamente larvas em estágio final e prepupa de *L. invasa*, sendo a capacidade de parasitismo de 9,7 % a 71,8 % em laboratório (Dittrich-Schröder et al. 2014). Este parasitoide é sinovigênico, mas alimentos são fornecidos para aumentar a longevidade e número de indivíduos produzidos. Esse agente de controle biológico apresenta vantagens como ciclo de vida curto, especificidade a *L. invasa* e relativa facilidade de criação em laboratório (Dittrich-Schröder et al. 2014).

O sucesso do controle biológico aplicado depende da criação de inimigos naturais (Pratissoli et al. 2005). A prole produzida depende de fatores inerentes ao hospedeiro e parasitoide, demonstrando a importância do aprimoramento das técnicas de criações massais em laboratório para maximizar a produção destes inimigos naturais (Sagarra et al. 2000). Fatores como o tamanho, idade, sexo e qualidade nutricional do hospedeiro (Harvey et al. 2001; Brodeur & Boivin 2004; Tang et al. 2015), idade e densidade do parasitoide (Amalin et al. 2005; Andrade et al. 2010) podem também influenciar a capacidade de parasitismo (Pizzol et al. 2012).

O objetivo deste estudo foi avaliar o ciclo biológico e quantificar o número de descendentes de *S. neseri* produzidos a partir de clones híbridos de *Eucalyptus* infestados por *L. invasa*, em laboratório e campo.

Material e métodos

Obtenção de adultos de S. neseri

O Laboratório de Quarentena “Costa Lima” (LQC), da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna-SP, Brasil importou espécimes de *S. nesei* da África do Sul, em 2014. Este parasitoide foi mantido em laboratório de criação em quarentena. Após a liberação de *S. nesei* das condições de quarentena pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, alguns adultos foram transportados para o Laboratório de Controle Biológico de Pragas Florestais (LCBPF) da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCA/UNESP), Campus de Botucatu.

Infestação de plantas de eucalipto por L. invasa

Mudas de eucalipto com galhas foram requeridas para a criação de *S. nesei*. O clone híbrido 3025 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*) foi utilizado por ser reconhecidamente suscetível a *L. invasa*. Mudanças desse clone foram transplantadas para potes plásticos com volume de 2 L, e irrigadas diariamente. Essas plantas foram colocadas em viveiro à céu aberto para infestação natural por *L. invasa*.

Criação e multiplicação de S. nesei em laboratório

A criação de *S. nesei* no LCBPF consistiu da liberação de fêmeas e machos desse parasitoide no interior de gaiolas de madeira contendo duas plantas do clone híbrido 3025 com galhas formadas para realização do parasitismo. Em laboratório, estas gaiolas foram mantidas em prateleiras com iluminação artificial, sendo duas lâmpadas fluorescentes e uma lâmpada de crescimento de plantas. Mel puro foi oferecido para alimentação dos parasitoides e irrigação das mudas foi realizada a cada dois dias.

Ciclo de vida e número de descendentes de S. nesei em laboratório

Os adultos de *S. nesei*, com idade de um a quatro dias foram expostos às mudas com galhas de *L. invasa* para avaliação do parasitismo nas gaiolas.

As verificações de emergência para cálculo da duração do ciclo total e quantificação de *S. nesei* emergidos foram realizadas diariamente durante oito gerações. O número de repetições (gaiolas) por geração de *S. nesei* foi variável de acordo com a disponibilidade de parasitoides.

Número de descendentes de S. neseri em campo

Os adultos de *S. neseri* foram obtidos da criação do LCBPF, e foram liberados em dois arboretos localizados na FCA/UNESP, no município de Botucatu, no Estado de São Paulo, Brasil. No arboreto 1, 151 parasitoides foram liberados em ramos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* com galhas desenvolvidas por *L. invasa*. Estes ramos foram ensacados com tecido *voil* no dia da liberação para evitar escape dos parasitoides. Os parasitoides em contato com os ramos de eucalipto permaneceram ensacados do dia 02 a 19 de junho de 2015, com as médias de temperatura máxima e mínima de 24,0°C e 14,1°C, respectivamente, e não ocorreu precipitação. No arboreto 2, 25 parasitoides foram ensacados em contato com ramos de *E. urophylla* x *E. grandis* com galhas desenvolvidas por *L. invasa*. O período de parasitismo foi de 28 de outubro a 14 de novembro de 2015, com as médias de temperatura máxima e mínima de 26,9°C e 16,3°C, respectivamente, e precipitação de 104,5 mm.

Índice de crescimento populacional (ICP)

O índice de crescimento populacional de *S. neseri* foi calculado pela razão do número de *S. neseri* emergidos e liberados. Em laboratório, o cálculo do ICP foi feito a partir das médias dos números de parasitoides emergidos e liberados nas gaiolas em cada geração. Em campo, os valores utilizados foram os números totais de parasitoides emergidos e liberados. O cálculo foi feito pela fórmula:

$$\text{ICP} = \frac{\text{Número de parasitoides emergidos}}{\text{Número de parasitoides liberados}}$$

Quadro 1: Classificação do potencial da planta hospedeira infestada por *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) para a produção de *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae).

Índice de crescimento populacional	Classificação
ICP = 0	não hospedeiro
0 > ICP < 1	Inadequado
ICP = 1	pouco adequado
ICP > 1	Adequado

Análises estatísticas

As médias dos parâmetros, número de parasitoides por planta e número de parasitoides emergidos em laboratório foram submetidos à análise de correlação de Pearson. As médias de parasitoides emergidos nas diferentes gerações em laboratório foram submetidas à análise de regressão pelo programa SigmaPlot® versão 11. Os parâmetros de duração do ciclo de vida, número de galhas por planta, número de parasitoides liberados por gaiola e número de galhas por parasitoides foram expostos pela análise descritiva.

Resultados

*Ciclo de vida e número de descendentes de *S. nesei* em laboratório*

O ciclo biológico (oviposição à emergência do adulto) de *S. nesei* produzido em mudas de eucalipto com galhas foi variável nas diferentes gerações. O tempo de desenvolvimento superior e inferior, $24,63 \pm 2,78$ e $20,58 \pm 0,58$ ocorreram nas gerações F5 e F1, respectivamente (Tabela 1).

Os números máximos de descendentes de *S. nesei* emergidos, $59,90 \pm 9,98$; $47,27 \pm 12,13$ e $33,09 \pm 7,70$ foram obtidos nas gerações F1, F2 e F4, respectivamente (Tabela 1) e (Figura 1). As menores quantidades de *S. nesei* foram obtidas nas gerações F6, F7 e F8 com relação às demais (Figura 1).

Tabela 1. Dados biológicos de *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) (média \pm erro-padrão) emergidos de mudas de clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* infestadas por *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), em laboratório ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ UR de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

Geração	Duração do ciclo de vida	Nº galhas/planta	Nº parasitoides liberados/gaiola	Nº parasitoides/planta	Nº médio galhas/parasitoides	Nº parasitoides emergidos/gaiola	ICP
F1	20,58 \pm 0,58	199,10 \pm 11,32	60,87 \pm 4,33	29,89 \pm 2,17	3,73 \pm 0,32	59,90 \pm 9,98	1,29
F2	21,29 \pm 1,34	108,03 \pm 8,85	53,13 \pm 2,51	26,57 \pm 1,26	2,10 \pm 0,19	47,27 \pm 12,13	0,72
F3	23,81 \pm 2,75	64,27 \pm 2,81	43,18 \pm 1,82	21,59 \pm 0,91	1,51 \pm 0,08	16,82 \pm 7,46	0,43
F4	22,05 \pm 1,39	78,68 \pm 7,29	33,18 \pm 2,38	16,59 \pm 1,19	2,37 \pm 0,15	33,09 \pm 7,70	0,99
F5	24,63 \pm 2,78	50,78 \pm 7,32	27,00 \pm 2,88	13,50 \pm 1,44	2,02 \pm 0,35	16,44 \pm 9,23	0,69
F6	21,60 \pm 2,11	35,17 \pm 4,31	20,67 \pm 1,20	10,33 \pm 0,60	1,69 \pm 0,17	15,66 \pm 4,85	0,77
F7	23,99 \pm 2,53	20,50 \pm 2,97	22,40 \pm 1,36	11,20 \pm 0,68	0,95 \pm 0,19	12,40 \pm 5,65	0,62
F8	21,21 \pm 1,22	30,17 \pm 4,29	19,78 \pm 1,89	9,89 \pm 0,95	1,51 \pm 0,13	10,78 \pm 2,83	0,62

Tabela 2. Liberação de adultos de *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) em clones híbridos de *Eucalyptus* infestados por *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), em Botucatu, SP, Brasil.

Cruzamento	Parasitoides liberados	Parasitoides emergidos	Nº total de galhas	Proporção de galhas/parasitoides	ICP
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	151	358	2392	15,84	2,37
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	25	62	450	18,00	2,48

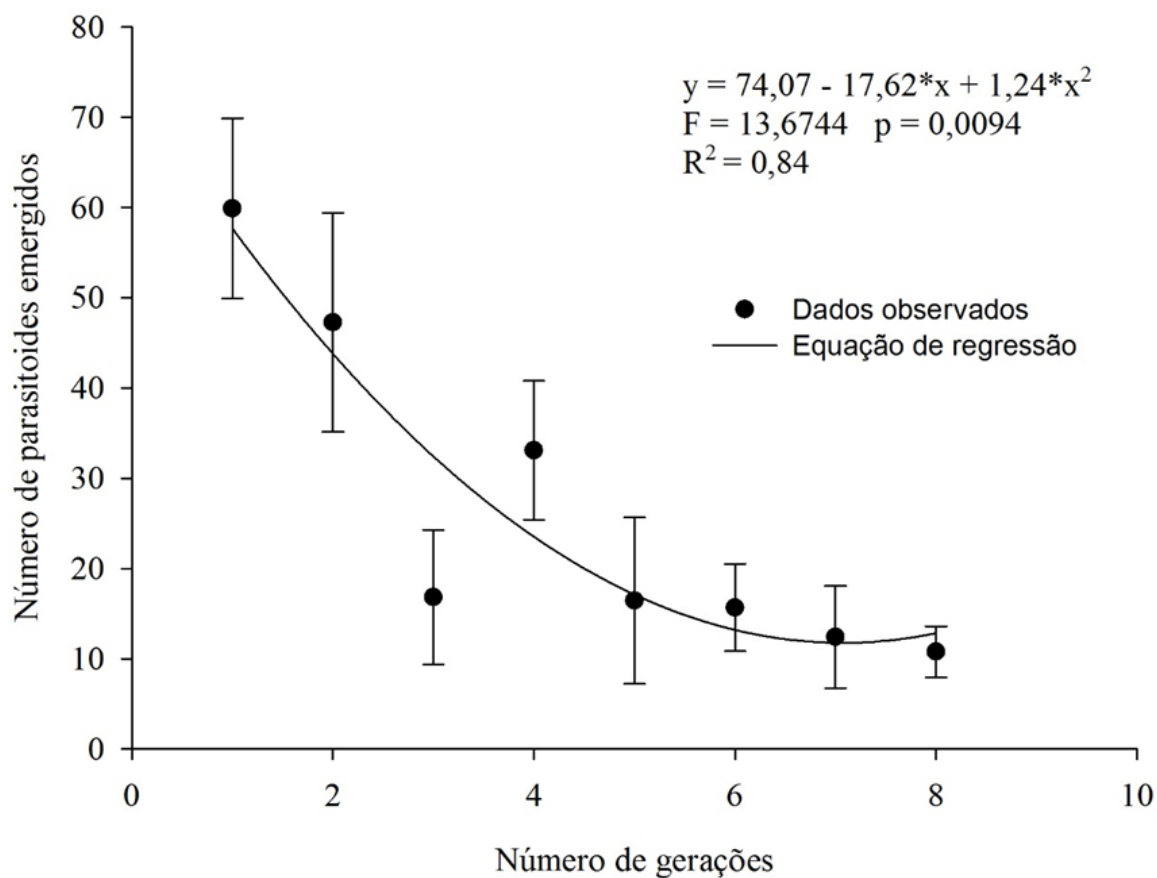


Figura 1. Regressão do número de *Selitrichodes nesei* (Hymenoptera: Eulophidae) emergidos em mudas de clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* infestadas por *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), em diferentes gerações, em laboratório ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ UR de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

O número de adultos de *S. nesei* liberados por planta nas gaiolas de criação apresentou correlação positiva com o número de adultos de *S. nesei* emergidos na geração F4, em laboratório (Figura 2).

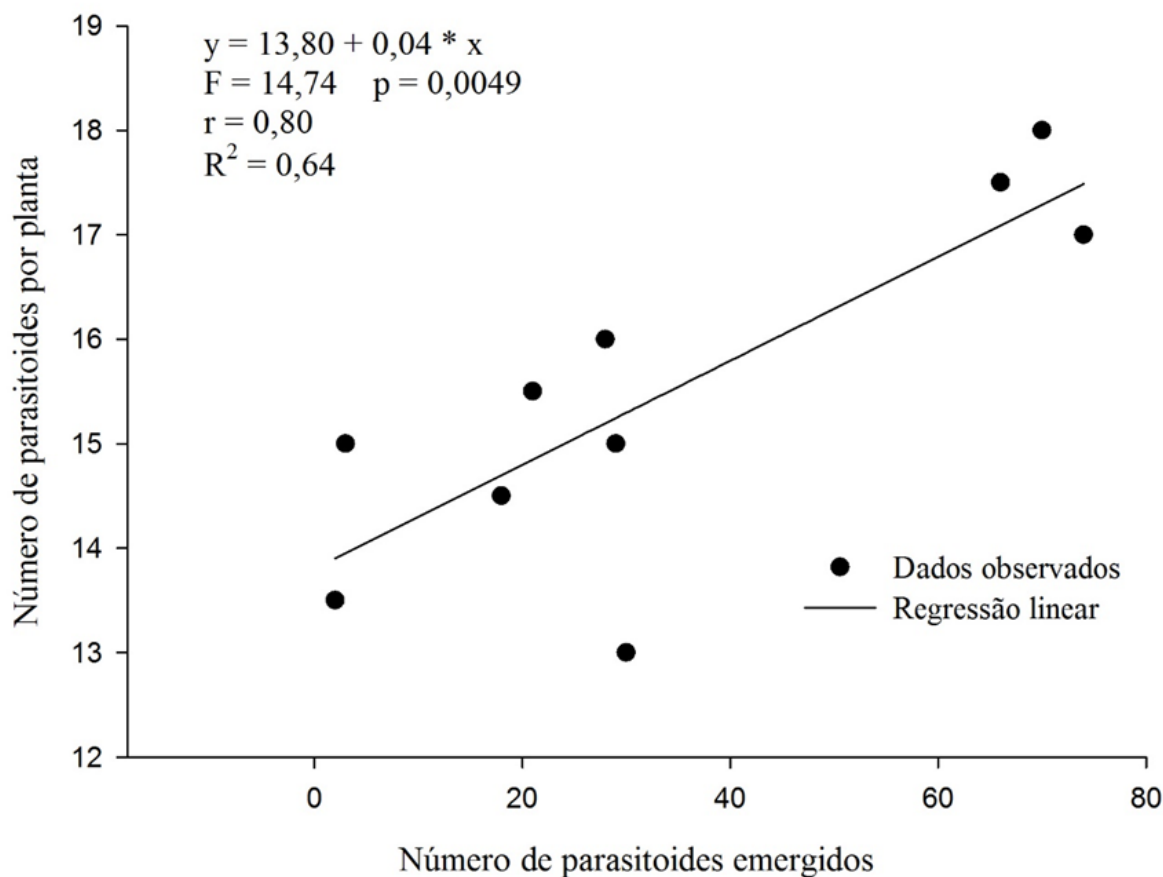


Figura 2. Correlação do número de *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae) por planta e número de *S. neseri* emergidos nas gaiolas na geração F4, em laboratório ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ UR de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

3.3. Número de descendentes de *S. neseri* em campo

As quantidades de *S. neseri* emergidos das galhas de *L. invasa* presentes nos ramos de eucalipto foram 358 e 62 parasitoides, coletados nos arboretos 1 e 2, respectivamente (Tabela 2).

3.4. Índice de crescimento populacional (ICP)

Os índices de crescimento populacional de *S. neseri* em laboratório foi maior e menor nas gerações F1 e F3, com valores de 1,29 e 0,43, respectivamente (Tabela 1).

Os índices de crescimento populacional de *S. neseri* foram 2,37 e 2,48, nos arboretos 1 e 2, respectivamente. Os clones híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E.*

grandis plantados nos arboretos 1 e 2, respectivamente são hospedeiros classificados como adequados para a multiplicação de *S. nesei*.

Discussão

O ciclo de vida de *S. nesei* é semelhante com investigações desse parasitoide multiplicado em clone GC540 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) na África do Sul, com duração média de desenvolvimento de 19,3 dias (Dittrich-Schröder et al. 2014). Estudos tem mostrado que o ciclo biológico de vespas parasitoides varia com a idade do hospedeiro como observados em *Mythimna separata* (Walker) (Husni et al. 2001) e *Diadromus collaris* (Gravenhorst) (Wang & Liu 2002).

A quantidade de descendentes de *S. nesei* emergidos variou nas diferentes gerações mantidas em laboratório. Esta variação no número de descendentes pode ter sido influenciada pelas diferentes idades do hospedeiro, e conseqüentemente possuem diferentes qualidades nutricionais (Harvey et al. 2001). Outros fatores como o tamanho, sexo e idade do hospedeiro (Brodeur & Boivin 2004), idade do parasitoide (Honda & Kainoh 1998; Amalin et al. 2005) e densidade do parasitoide (Andrade et al. 2010) foram documentados como influentes na taxa de parasitismo, duração e sucesso de desenvolvimento da prole (Pizzol et al. 2012).

A idade do parasitoide é outro fator que pode ter afetado os descendentes de *S. nesei*. O efeito da idade do parasitoide na habilidade de parasitar o hospedeiro tem sido documentado para *Ascogaster reticulatus* Watanabe (Hymenoptera: Braconidae (Honda & Kainoh 1998) e espécies de *Trichogramma* (Pizzol et al. 2012). Parasitoides jovens são mais fecundos do que aqueles mais velhos (Amalin et al. 2005). O conhecimento deste fator é importante para decidir a idade do parasitoide a ser liberado em campo para obter um nível significativo de parasitismo (Amalin et al. 2005).

A diferença no número de parasitoides de *S. nesei* produzidos em diferentes gerações pode ter sido influenciada pela idade do hospedeiro (Cooperband et al. 2003; Zhao et al. 2013), e, conseqüentemente pode afetar o parasitismo (Amalin et al. 2005) e razão sexual (Gunduz & Gulel 2005). Espécies de parasitoides preferem hospedeiros de uma idade específica para completar o desenvolvimento (Wang & Liu 2002). Mudanças fisiológicas e morfológicas no hospedeiro estão relacionadas com o desenvolvimento em uma idade particular que resulta na variação em sua aceitabilidade pelo parasitoide e sua adequação para a prole do parasitoide (Henry et al. 2005). Essa diferença na quantidade de *S. nesei*

emergidos pode ser explicada pelas galhas nas mudas de eucalipto não conterem um estágio adequado do hospedeiro para o desenvolvimento de *S. nesei* (Dittrich-Schröder et al. 2014). O desenvolvimento de algumas espécies de eulofídeos em hospedeiros com diferentes idades sugere a capacidade de supressão da resposta imune por substâncias imunomoduladoras de seu ovário colocadas no hospedeiro durante a oviposição (Andrade et al. 2010).

O efeito da qualidade nutricional do hospedeiro nos descendentes do parasitoide pode ser observado no tamanho do corpo, fecundidade, longevidade e razão sexual (Harvey 2001; Tang et al. 2015). A qualidade do hospedeiro está associada com o aumento da idade do hospedeiro, como larvas e pupas de *L. invasa* podem não ter a mesma qualidade nutricional. Assim, hospedeiros mais velhos podem conter poucas reservas para o desenvolvimento de parasitoides comparado com pupas de tamanho proporcional (Chapman 1998). As decisões de oviposição, como seleção hospedeira, é esperado que fêmeas parasitoides parasitem hospedeiros de maior qualidade quando fornecidos hospedeiros de diferentes idades (Wang & Liu 2002).

A densidade de parasitoides por hospedeiro afeta a capacidade de parasitismo (Andrade et al. 2010) e o número de descendentes (Pereira 2010) e reflete diretamente na qualidade do parasitoide alterando características como tamanho do corpo e longevidade (Silva-Torres & Matthews 2003) e duração do ciclo (Bittencourt & Berti Filho 1999).

Outro fator que pode ter influenciado a quantidade de *S. nesei* produzidos é o superparasitismo como relatado para outros parasitoides da família Eulophidae (Soares et al. 2009) que pode ser uma estratégia adaptativa dos parasitoides (Brodeur & Boivin 2004).

A multiplicação de *S. nesei* nos ramos dos clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. grandis* em campo demonstrou a capacidade de adaptação deste parasitoide nas condições de campo, no município de Botucatu, SP, Brasil.

Este estudo forneceu informações básicas sobre a criação de *S. nesei*, mas estudos complementares sobre idade de *S. nesei*, tempo de parasitismo, idade e densidade de galhas de *L. invasa* necessitam ser realizados para estabelecer um protocolo de criação massal desse parasitoide e realização de estudos de controle biológico em campo, uma vez que este inimigo natural mostrou potencial de controle de *L. invasa*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos (Processo: 142131/2012-1).

Referências citadas

- Amalin DM, Pena JE, Duncan RE. 2005. Effects of host age, female parasitoid age, and host plant on parasitism of *Ceratogramma etiennei* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Florida Entomologist* 88: 77–82.
- Andrade GS, Serrao JE, Zanuncio JC, Zanuncio TV, Demolin Leite GL, Polanczyk RA. 2010. Immunity of an alternative host can be overcome by higher densities of its parasitoids *Palmistichus elaeisis* and *Trichospilus diatraeae*. *Plos One*, 5: 1–7.
- Bittencourt MAL, Berti Filho E. 1999. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. *Scientia Agricola* 56: 1281–1283.
- Brodeur J, Boivin G. 2004. Functional ecology of immature parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 49: 27–49.
- Chapman, RF. 1998. *The insects: structure and function*. Cambridge University Press, London, UK.
- Cooperband MF, Matthews RW, Vinson SB. 2003. Factors affecting the reproductive biology of *Melittobia digitata* and failure to meet the sex ratio predictions of Hamilton's local mate competition theory. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109: 1–12.
- Costa VA, Berti Filho E, Wilcken CF, Stape JL, La Salle J, Teixeira LD. 2008. *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) in Brazil. New Forest pest reaches the new world. *Revista de Agricultura* 83: 136–139.
- Dittrich-schröder G, Harney M, Nesar S, Joffe T, Bush S, Hurley BP, Wingfield MJ, Slippers B. 2014. Biology and host preference of *Selitrichodes neseri*: A potential biological control agent of the *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa*. *Biological Control* 78: 33–41.
- Gunduz EA, Gulei A. 2005. Investigation of fecundity and sex ratio in the parasitoid *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in relation to parasitoid age. *Turkish Journal of Zoology* 29: 291–294.
- Harvey JA. 2001. Dynamic effects of parasitism by an endoparasitoid wasp on the development of two host species: implications for host quality and parasitoid fitness. *Ecological Entomology* 25: 267–278.
- Henry LM, Gillespie DR, Roitberg BD. 2005. Does mother really know best? Oviposition preference reduces reproductive performance in the generalist parasitoid *Aphidius ervi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 116: 167–174.
- Honda T, Kainoh Y. 1998. Age-related fecundity and learning ability of the egg-larval parasitoid *Ascogaster reticulatus* Watanabe (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 13: 177–181.
- Husni YK, Honda H. 2001. Effects of host pupal age on host preference and host suitability in *Brachymeria lasus* (Walker) (Hymenoptera: Chalcididae). *Applied Entomology and Zoology* 36: 97–102.
- Kelly J, La Salle J, Harney M, Dittrich-Schroder G, Hurley B. 2012. *Selitrichodes neseri*, a new parasitoid of the eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* Fischer & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). *Zootaxa* 3333:50–57.
- Kulkarni H, Kumari NK, Vastrad AS, Basavana Goud K. 2010. Release and recovery of parasitoids in eucalyptus against gall wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) under green house. *Karnataka Journal of Agricultural Science* 23: 91–92.
- Lawson S, Griffiths M, Nahrung H, Noack A, Wingfield M, Wilcken C, et al. 2012. Biological control of eucalypt pests overseas and in Australia. 1–40. Report Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra.

- Mendel Z, Protasov A, Fisher N, La Salle J, 2004. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. *Australian Journal of Entomology* 43: 101–113.
- Nyeko P., Mutitu EK, Day RK. 2007. Farmers' knowledge, perceptions and management of the gall-forming wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), on *Eucalyptus* species in Uganda. *International Journal of Pest Management* 53: 111–119.
- Nugnes F., Gebiola M., Monti M.M., Gualtieri L., Giorgini M., Wang J., Bernardo H. 2015. Genetic diversity of the invasive gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) and of its *Rickettsia* endosymbiont, and associated sex-ratio differences. *Plos One* 10: 1–19.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Serrao JE, Zanuncio TV, Pratisoli D, Pastori PL. 2010. The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 323–331.
- Pizzol J, Desneux N, Wajnberg E, Thiéry D. 2012. Parasitoid and host egg ages have independent impact on various biological traits in a *Trichogramma* species. *Journal of Pest Science* 85: 489–496.
- Pratisoli D, Zanuncio JC, Vianna UR, Andrade JS, Pinon TBM, & Andrade GS. 2005. Thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* and *T. acacioi* (Hym.: Trichogrammatidae), parasitoids of the avocado defoliator *Nipteria panacea* (Lep.: Geometridae), in eggs of two alternative hosts. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 523–529.
- Sagarra LA, Peterkin DD, Vincent C, Stewart RK. 2000. Immune response of the hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green (Homoptera: Pseudococcidae), to oviposition of the parasitoid *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae). *Journal of Insect Physiology* 46: 47–65.
- Silva-Torres, CSA, Matthews RW. 2003. Development of *Melittobia australica* Girault and *M. digitata* Dahms (Parker) (Hymenoptera: Eulophidae) parasiting *Neobellieria bullata* (Parker) (Diptera: Sarcophagidae) puparia. *Neotropical Entomology* 32: 645–651.
- Soares MA, Gutierrez CT, Zanuncio JC, Pedrosa ARP, Lorenzon AS. 2009. Superparasitism by *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) and defense behaviors of two hosts. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 62–65.
- Tang LD, Ji XC, Han Y, Fu BL, Liu K. 2015. Parasitism, emergence, and development of *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae) in pupae of different ages of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Science* 15: 1–5.
- Wang X., Liu S. 2002. Effects of host age on the performance of *Diadromus collaris*, a pupal parasitoid of *Plutella xylostella*. *BioControl* 47: 293–307.
- Zhao HY, Zheng L, Xu YJ, Lu YY, Liang GW. 2013. Effects of host age on the parasitism of *Pachycrepoideus vindemmia* (Hymenoptera: Pteromalidae), an ectoparasitic pupal parasitoid of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist* 96: 451–457.

CAPÍTULO IV – Distribuição de *Leptocybe* spp. (Hymenoptera: Eulophidae) na costa leste da Austrália e avaliação de espécies de *Eucalyptus* hospedeiras de importância para o Brasil

Revista: Forest Science

Distribuição de *Leptocybe* spp. (Hymenoptera: Eulophidae) na costa leste da Austrália e avaliação de espécies de *Eucalyptus* hospedeiras de importância para o Brasil

RESUMO

A vespa-da-galha *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) é uma espécie galhadora de *Eucalyptus* spp. Esse inseto-praga possui elevado potencial de dispersão e está presente na África, América, Ásia e Europa. *Leptocybe invasa* tem despertado interesse pelos danos causados em várias espécies de *Eucalyptus*. Os objetivos deste trabalho foram verificar a distribuição populacional de *Leptocybe* spp. e as espécies de *Eucalyptus* hospedeiras na costa leste dos Estados de Queensland e New South Wales, Austrália e de importância econômica para o Brasil. Neste contexto, ramos infestados por vespas galhadoras foram coletados em florestas de eucalipto na região leste da Austrália para conhecer a distribuição de *L. invasa* e espécies de eucalipto suscetíveis nesse país. Espécies de *Leptocybe* foram encontradas em áreas com *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. tereticornis* distribuídas na região leste de Queensland e New South Wales. Novos registros de *Leptocybe* spp. foram confirmados na Austrália. Essa informação é benéfica para explorar o mecanismo de distribuição das populações de *Leptocybe* spp.

Palavras-chave: vespa-da-galha; praga florestal; invasão, distribuição.

ABSTRACT

The blue gum chalcid *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) is a gall species of *Eucalyptus* spp. This pest insect has high potential to spread and is present in Africa, America, Asia and Europe. *Leptocybe invasa* has been given much attention for damages in several *Eucalyptus* species. The aims of this work were to verify the population distribution of *Leptocybe* spp. and the *Eucalyptus* host species in East coast of Queensland and New South Wales, Australia and economically important to Brazil. In this context, the branches infested by gall wasps were collected to know in eucalyptus forests in East region

of Australia to know the distribution of *Leptocybe invasa* and eucalyptus species susceptibles in this country. *Leptocybe* species were found in areas with *E. camaldulensis*, *E. grandis* and *E. tereticornis* distributed in the East region of Queensland and New South Wales States. New records of *Leptocybe* spp. were confirmed in Australia. This information is beneficial to explore the mechanism of distribution of *Leptocybe* spp.

Key words: blue gum chalcid; forest pest; invasion; distribuição.

A cadeia produtiva do setor florestal caracteriza-se pela grande diversidade de produtos finais nos segmentos industriais de papel e celulose, painéis de madeira industrializada, madeira processada mecanicamente, siderurgia a carvão vegetal, e biomassa (IBÁ, 2015).

O eucalipto é originário da Austrália, e tem sido cultivado em mais de 120 países (Zhu et al. 2012). As espécies de *Eucalyptus* tiveram expansão de suas plantações no Brasil e, compõem predominantemente as florestas plantadas no país. Em 2014, a área cultivada com *Eucalyptus* no Brasil ocupou 5,56 milhões de hectares, o que representa 71,9% da área de árvores plantadas em território brasileiro (IBÁ, 2015).

Contudo, as plantações florestais que tem se estabelecido com espécies não-nativas em vários países estão sujeitas ao ataque de insetos-praga exóticos que representam uma ameaça para a sustentabilidade desses plantios (Wingfield et al., 2013). Neste contexto, a vespa-da-galha *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), originária da Austrália (Mendel et al., 2004) é um exemplo desta invasão no Brasil.

Leptocybe invasa é praga de importância global em plantações de *Eucalyptus* spp. em diferentes regiões. Esta espécie foi registrada pela primeira vez na Bacia do Mediterrâneo e Oriente Médio em 2000 (Mendel et al. 2004). *Leptocybe invasa* foi detectada em 29 países distribuídos na África, América, Ásia e Europa (Mendel et al. 2004; Costa et al. 2008; Zheng et al. 2014), e possivelmente está presente na Oceania. Além da possibilidade de existência de outras espécies de *Leptocybe*.

O sucesso de dispersão de *L. invasa* é devido à fatores como tamanho reduzido do inseto, desenvolvimento no interior de galhas, dois modos de reprodução (telitoquia e sexual) e tolerância à baixas temperaturas (Zheng et al., 2014) que possibilitam a sobrevivência, multiplicação e transporte de *L. invasa* para as plantações de eucalipto.

Diferentes espécies de *Eucalyptus* apresentam suscetibilidade variáveis ao ataque de *L. invasa* (Thu et al. 2009). As espécies de eucalipto relatadas como suscetíveis à vespa-dagalha são *Eucalyptus bridgesiana*, *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. cinerea*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. gunii*, *E. nicholli*, *E. pulverulenta*, *E. tereticornis*, *E. robusta*, *E. rudis*, *E. saligna*, *E. viminalis*, *E. urophylla* e clones híbridos, como *E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. urophylla* x *E. grandis* (Mendel et al. 2004; Protasov et al. 2007; Nyeko et al. 2009; Wilcken et al. 2015).

No Brasil, as espécies *E. grandis* e *E. camaldulensis* são espécies comumente cultivadas, sendo estas duas espécies e *E. tereticornis* também encontradas em Queensland e New South Wales, na Austrália. As espécies, *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* apresentam alta suscetibilidade a *L. invasa* (Thu et al. 2009).

Os sintomas de *L. invasa* podem ser observados pela formação de galhas nas nervuras centrais das folhas, pecíolos e ramos jovens de plantas de eucalipto (Nugnes et al. 2015), sendo um problema principalmente em mudas (Mendel et al. 2004). Em altas infestações de *L. invasa* pode ocorrer atraso no crescimento das plantas de *Eucalyptus* (Nyeko et al. 2010). *Leptocybe invasa* pode comprometer a produtividade das plantações de *Eucalyptus* (Lawson et al. 2012; Zheng et al. 2014).

Diferentes medidas de prevenção e controle de *L. invasa* tem sido adotadas, porém estratégias de controle eficientes são desconhecidas (Zheng et al. 2014; Wilcken et al. 2015). A utilização de clones resistentes é uma alternativa de manejo eficiente para prevenir perdas econômicas causadas por *L. invasa* (Zheng et al. 2014). O controle biológico é fundamental no manejo de *L. invasa* (Kim et al. 2008; Kulkarni et al. 2010), sendo a utilização de parasitoides, uma medida promissora para o manejo de *L. invasa* em diferentes países (Kim et al. 2008; Dittrich-Schröder et al. 2014).

Os objetivos deste trabalho foram realizar o levantamento populacional de vespas galhadoras; determinar a distribuição de *Leptocybe* spp. e verificar a associação com as espécies de *Eucalyptus* hospedeiras na costa leste da Austrália e de importância econômica para o Brasil.

Material e Métodos

A coleta de ramos de eucalipto foi realizada na costa leste da Austrália, a partir de Cairns no norte de Queensland até Coffs Harbour no norte de New South Wales, no período de abril de 2014 a maio de 2015.

As amostragens foram realizadas por meio de inspeções visuais das plantas de eucalipto de porte baixo, aproximadamente 2 m de altura ou quando foi possível alcançar os ramos de árvores maiores. Essas plantas foram selecionadas aleatoriamente à procura de galhas formadas por vespas. Cada planta de eucalipto foi realizada a vistoria de todas as folhas e ramos. Quando constatada a presença de galhas na folha ou ramo de eucalipto, esse material vegetal foi coletado.

Os ramos foram colocados em sacos de polietileno fechados, e acondicionados em condições ambiente até a emergência das vespas. Cada ponto de coleta recebeu uma numeração, data de coleta, fotografias das plantas de eucalipto e coordenadas geográficas da área de coleta.

O material vegetal coletado foi inspecionado, verificando as características morfológicas das galhas formadas por *Leptocybe* sp. Posteriormente, cada galha foi fotografada para posterior identificação das espécies de *Eucalyptus* hospedeiras. Em seguida, esse material foi colocado no interior dos sacos plásticos novamente.

A verificação da emergência dos himenópteros foi realizada diariamente. Os insetos emergidos foram transferidos com auxílio de um pincel em tubos de vidro tampados contendo etanol 100%. O manuseio do material e a identificação dos insetos foram realizados no Laboratório da University of the Sunshine Coast.

A identificação dos exemplares de vespas foi realizada utilizando as chaves de identificação com auxílio de um microscópio estereoscópio.

A confirmação da identificação dos espécimes foi realizada pelo taxonomista Dr. John La Salle, pesquisador do Australian National Insect Collection (ANIC).

Resultados e Discussão

As coletas foram realizadas em 117 locais distribuídos de Cairns (Estado de Queensland) até Coffs Harbour (Estado de New South Wales), na costa leste da Austrália (Figura 1).

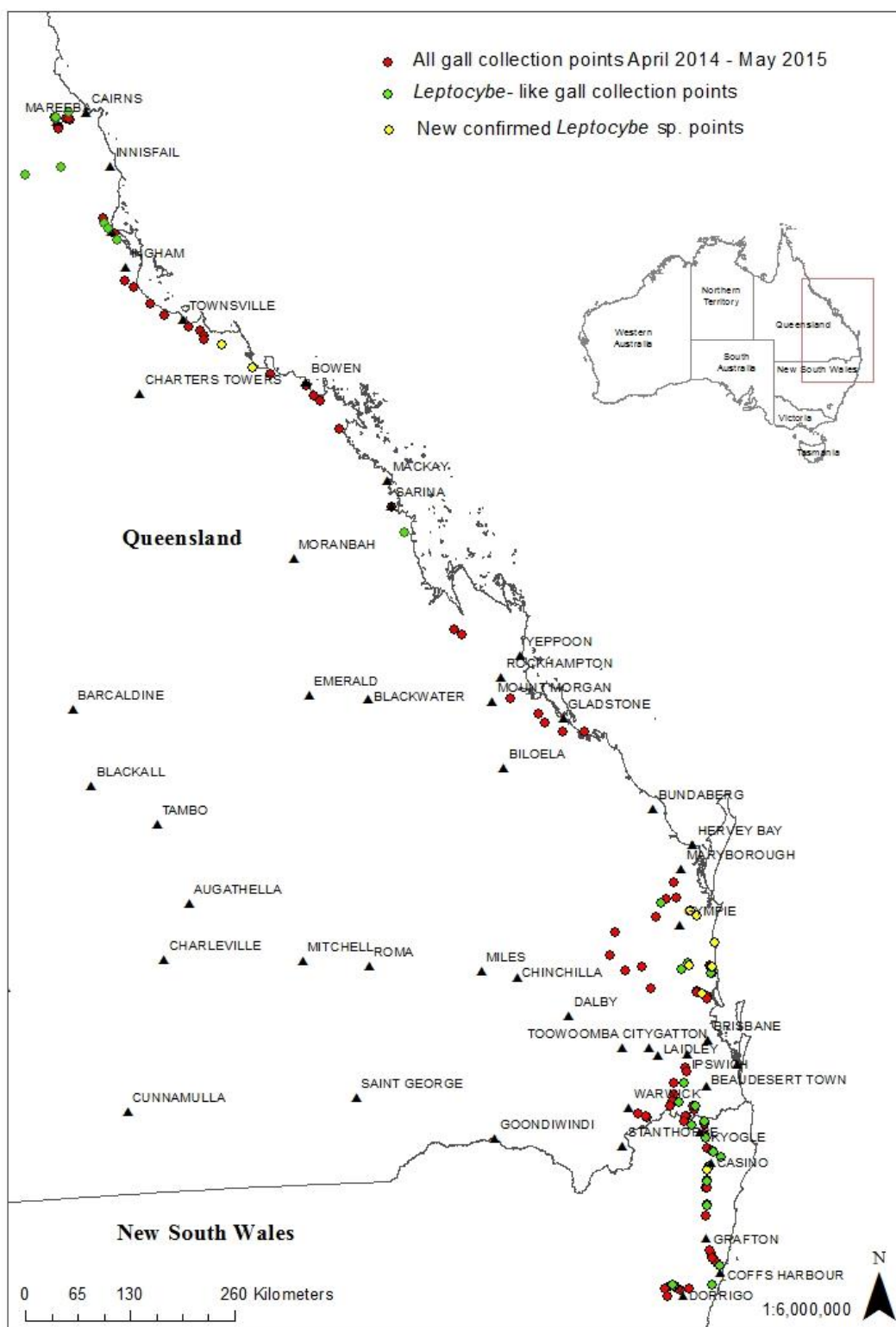


Figura 1: Mapa das coletas realizadas nos Estados de Queensland e New South Wales no período de abril de 2014 a maio de 2015.

Das amostras coletadas foram obtidos 45 tipos de galhas. Cada ponto geográfico foi registrado com um ou vários tipos de galhas. A galha tipicamente desenvolvida pelo ataque

de *Leptocybe* spp. foi registrada em Queensland e New South Wales com novos registros de distribuição de *Leptocybe* spp. nessas áreas.

A ocorrência de *Leptocybe* spp. foi registrada em diferentes locais distribuídos em Queensland e New South Wales. O ataque de *Leptocybe* spp. foi observado em áreas amostradas com *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. tereticornis* na costa leste da Austrália e são espécies de importância econômica para o Brasil. As demais espécies de eucalipto desse estudo estão sendo identificadas. Estudos feitos mostraram que essas três espécies são mais suscetíveis ao ataque de *L. invasa* (Thu et al. 2009).

Espécimes como *Ophelimus* sp., *Epichrysocharis* sp., *Eurytoma* sp., *Cirrospilus* sp., *Closterocerus* sp., *Megastigmus* spp., *Quadrastichus* spp., *Selitrichodes kryceri*, *Selitrichodes neseri*, além de exemplares pertencentes às famílias Braconidae e Mymaridae emergiram das galhas coletadas nesse levantamento de espécies de eucalipto. Alguns desses insetos são galhadores, outros são parasitoides, e outros espécimes não tem suas associações esclarecidas no interior das galhas, dada à complexidade dessas estruturas desenvolvidas nas plantas de eucalipto.

Conclusões

As galhas são ambientes muito complexos com diferentes espécies de insetos associados, com diferentes funções como galhadores, parasitoides, hiperparasitoides, inquilinos.

Amostras de populações de *Leptocybe* estão sendo coletadas em países na África e Ásia, além do Brasil e outros países para identificação molecular das espécies distribuídas no mundo. Essa informação será fundamental para conhecer as espécies de *Leptocybe* existentes e, de grande importância para o estabelecimento de programas de controle biológico clássico para controle de *L. invasa* nos diferentes países.

Agradecimentos

Aos funcionários de Queensland Department of Agriculture, Fisheries and Forestry e University of the Sunshine Coast pela colaboração e infraestrutura disponibilizada para a realização desta pesquisa.

Ao taxonomista Dr John La Salle, pesquisador do Australian National Insect Collection pela identificação dos himenópteros.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos (Processo: 142131/2012-1) no Brasil. À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos (BEX 12783/13-7) pelo Programa Institucional de Bolsas de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE).

LITERATURA CITADA

Costa V.A., Berti Filho E., Wilcken C.F., Stape J.L., La Salle J., De 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.83:136–139, 2008.

Dittrich-Schroder G., Harney M., Nesar 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.78:33–41, 2014.

IBÁ, 2015. IBÁ. *Indústria brasileira de árvores. 2014*. Available online at http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf; last access on December 02, 2015.

Jhala R.C., Patel M.G., Vaghela N.M. Effectiveness of insecticides against blue gum chalcid chalcid, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), infesting eucalyptus seedlings in middle Gujarat, India. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, v.23:84–86, 2010.

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.1910:1–20, 2008.

Kulkarni H., Kumari N.K., Vastrad A.S., Basavanagoud K. Release and recovery of parasitoids in eucalyptus against gall wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) under green house. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, v.23:91–92, 2010.

Lawson S., Griffiths M., Nahrung H., Noack A., Wingfield M., Wilcken C. Biological control of eucalypt pests overseas and in Australia. *Report Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)*, p.1–40. 2012.

Mendel Z., Protasov A., Fisher N. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. and sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. *Australian Journal of Entomology*, v.43:101–113, 2004.

Nyeko P., Mutitu K.E., Day R.K. *Eucalyptus* infestation by *Leptocybe invasa* in Uganda. *African Journal Ecology*, v.47:299–307, 2009.

Nugnes F., Gebiola M., Monti M.M., Gualtieri L., Giorgini M., Wang J., Bernardo U. Genetic diversity of the invasive gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) and of its *Rickettsia* endosymbiont, and associated sex-ratio differences. *Plos One*, v.10:1–19, 2015.

Paine T.D., Steinbauer M.J., Lawson S.A. Native and exotic pests of *Eucalyptus*: a worldwide perspective. *Annual Review of Entomology*, v.56:181–201, 2011.

Protasov A., La Salle J., Blumberg D., Brand D., Saphir N., Assael F., Fisher N., Mendel Z. Biology, revised taxonomy and impact on host plants of *Ophelimus maskelli*, an invasive gall inducer on *Eucalyptus* spp. in the Mediterranean area. *Phytoparasitica*, v.35, p.50-76, 2007.

Thu P.Q., Dell B., Burgess T.I. Susceptibility of 18 eucalypt species to the gall wasp *Leptocybe invasa* in the nursery and young plantations in Vietnam. *Science Asia*, 35:113–117, 2009.

Zheng XL, Li J, Yang ZD, Xian ZH, Wei JG. A review of invasive biology, prevalence and management of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). *African Entomology*, v.22: 68–79, 2014.

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, 2116–2123, 2012.

Wilcken C.F., Zaché B., Masson M.V., Pereira R.A., Barbosa L.R., Zanuncio J.C. Vespa-da-galha-do-eucalipto, *Lepctocybe invasa* Fisher & La Salle. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. *Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros*. Piracicaba: Fealq, p. 898–908. 2015.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor florestal brasileiro é composto principalmente por espécies de *Eucalyptus* e apresenta potencial de expansão dessas plantações (IBÁ, 2015). Entretanto, o crescimento de extensas áreas com monocultivo favorece o surgimento de insetos-praga. Além disso, o transporte de pessoas e comércio global contribuem para o crescimento do número de pragas exóticas (MEYERSON; MOONEY, 2007).

O controle de insetos-praga invasores em plantações de eucalipto comerciais significa aumento de custos com insumos, rendimentos reduzidos, investimentos perdidos em programas de melhoramento e uma redução da diversidade de espécies de eucalipto que poderiam ser utilizadas (HURLEY et al., 2016), além do cumprimento das exigências impostas pelos órgãos certificadores visando o desenvolvimento sustentável das florestas brasileiras.

Dentre os insetos-praga exóticos, a vespa-da-galha *L. invasa*, originária da Austrália (MENDEL et al., 2004), é um recente exemplo de introdução no Brasil. Atualmente, esta espécie invasora está estabelecida nas plantações de eucalipto em diferentes estados brasileiros, e requer medidas de controle. Neste sentido, estas espécies de pragas exóticas demandam conhecimento sobre a biologia e ecologia com intuito de investigar estratégias eficientes de manejo (HURLEY et al., 2016).

Os resultados encontrados neste trabalho mostram o prolongamento da longevidade de fêmeas de *L. invasa* em diferentes dietas e temperaturas. O aumento da sobrevivência deste inseto-praga quando alimentado com mel, em temperaturas amenas demonstra que este inseto pode se adaptar em diferentes regiões brasileiras.

O ciclo de vida de *L. invasa* teve duração aproximada de 90 dias. O desenvolvimento deste inseto-praga no interior de galhas desenvolvidas em mudas de *E. grandis* x *E. camaldulensis* consistiu de quatro estágios. Além disso, o registro inédito de macho de *L. invasa* no Brasil demonstra exceções às populações telítocas de *L. invasa*.

A multiplicação do parasitoide *S. nesei* em laboratório e campo forneceu informações básicas sobre aspectos biológicos deste inimigo natural. A utilização de *S. nesei* mostra ser uma medida promissora para o controle de *L. invasa* em plantações de eucalipto. Os clones híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. grandis* quando infestados por *L. invasa* são hospedeiros classificados como adequados para a multiplicação de *S. nesei*.

As detecções de *Leptocybe* spp. nos estados de Queensland e New South Wales, além dos novos registros desse inseto-praga na Austrália auxiliam entender a distribuição da vespa-da-galha nesse país e aumentam as possibilidades de obtenção de novos inimigos naturais.

Este estudo forneceu informações básicas sobre a criação massal de *L. invasa* e contribuiu no entendimento da dispersão da praga em diferentes regiões climáticas. A vespa-da-galha foi avaliada como inseto-hospedeiro do parasitoide *S. nesei*. Entretanto, aspectos como tempo de parasitismo de *S. nesei*, idade e densidade de galhas de *L. invasa* necessitam ser investigados para estabelecer um protocolo de criação massal desse parasitoide e realização de estudos de controle biológico em campo, uma vez que este inimigo natural mostrou potencial de controle de *L. invasa*.

5. CONCLUSÕES

- A longevidade de fêmeas de *L. invasa* é maior quando esses insetos são alimentados com mel, e mantidos às temperaturas de 14°C e 18°C em laboratório.

- A duração do ciclo biológico de *L. invasa* é de 87 dias \pm 5,3 dias, em mudas clonais de *E. grandis* x *E. camaldulensis* mantidas em casa-de-vegetação.

- Indivíduos machos de *L. invasa* ocorrem no Brasil.

- Larvas e pré-pupas de *L. invasa* mantidas em clones híbridos, *E. grandis* x *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. grandis*, são hospedeiros adequados para a multiplicação do parasitoide *S. nesei*.

- O parasitoide *S. nesei* é um potencial agente de controle biológico para controle de *L. invasa* em plantações comerciais de eucalipto nas condições brasileiras.

- *Leptocybe* spp. está amplamente distribuída na costa leste da Austrália.

6. REFERÊNCIAS

AKHTAR, M.S.; PATANKAR, N.V.; GAUR, A. Observations on the biology and male of eucalyptus gall wasp *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). **Indian Journal of Entomology**, v.74, p.173-175, 2012.

BABENDREIER, B. Pros and cons of biological control. In: Nentwig, W. (Ed.), **Biological Invasions**. Springer, Berlin, 2007, p.403-418.

BARBOSA, L.R. SANTOS, F.; WILCKEN, C.F.; SOLIMAN, E.P. Registro de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.75-77, 2010.

BARRATT, B.I.P.; HOWARTH, F.G.; WITHERS, T.M.; KEAN, J.M.; RIDLEY, G.S. Progress in risk assessment for classical biological control. **Biological Control**, v.52, p.245-254, 2010.

BASAVANA GOUD, K.; KAVITHA KUMAR, N.; VASTRAD, A.S.; BHADRAGOUDAR, M.; KULKARNI, H.D. Screening eucalyptus clones against *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). **Karnataka Journal of Agricultural Science**, v.23, n.1, p.213-214, 2010.

BERTI FILHO, E. Cupins ou térmitas. Manual de Pragas em Florestas, v.3. IPEF/SIF. 1993. 56P.

BIEZANKO, C.M.; BOSQ, J.M. Cerambycidae de Pelotas e seus arredores. **Agros**, v. 9, p.3-15, 1956.

BOARETTO, M.A.; FORTI, L.C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica, IPEF**, v.11, n.30, p.31-46, 1997.

CARNE, P.B.; TAYLOR, K.L. Insects pests. In: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. (Coord.). **Eucalyptus for wood production**. 2ed. Melbourne: CSIRO Academic Press, 1984. p. 155-168.

CHEN, H.Y.; YAO, J.M.; XU, Z.F. First description of the male of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) from China. **Journal of Environmental Entomology**, v.31, p.285-287, 2009.

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, p.136-139, 2008.

DALL'OGGIO, O.T.; ZANUNCIO, J.C.; de FREITAS, F.A.; PINTO, R. Himenópteros parasitoides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, Estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v.13, p.123-129, 2003.

- DE CLERCQ, P.; MASON, P.G.; BABENDREIER, D. Benefits and risks of exotic biological control agents. **Biocontrol**, v.56, p.681-698, 2011.
- DIAS, T.K.R.; WILCKEN, C.F.; SOLIMAN, E.P.; GIL-SANTANA, H.R.; ZACHÉ, B. Occurrence of *Atopozelus opsimus* preying on nymphs and adults of *Glycaspis brimblecombei*. **Phytoparasitica**, v.40, 137-140, 2012.
- DIAS, T.K.R.; WILCKEN, C.F.; SOLIMAN, E.P.; BARBOSA, L.R.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. Predation of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) by *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) in Brazil. **Invertebrate Survival Journal**, v.11, p.224-227, 2014.
- DITTRICH-SCHRÖDER, G.; HARNEY, M.; NESER, S.; JOFFE, T.; BUSH, S.; HURLEY, B.P.; WINGFIELD, M.J.; SLIPPERS, B. Diversity in *Eucalyptus* susceptibility to the gall-forming wasp *Leptocybe invasa*. **Agricultural and Forest Entomology**, v.14, p.419-427, 2012.
- 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.
- DOĞANLAR O. Occurrence of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) on *Eucalyptus camaldulensis* in Turkey, with description of the male sex. **Zoology in the Middle East**, v.35, p.112-114, 2005.
- DOĞANLAR, M.; HASSAN, E. Review of Australian species of *Megastigmus* (Hymenoptera: Torymidae) associated with *Eucalyptus*, with descriptions of new species. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.4, p.5059-5120, 2010.
- DOĞANLAR, M.; ZACHÉ, B.; WILCKEN, C.F. New species of *Megastigmus* (Hymenoptera: Torymidae: Megastigminae) from Brazil. **Florida Entomologist**, v.96, n.1, p.196-199, 2013.
- EPPO. European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2005. Data sheets on quarantine pest: *Gonipterus gibberus* and *Gonipterus scutellatus*. **Bulletin**, v.35, n.3, p.368-370, 2005.
- FERREIRA FILHO, P.J.; WILCKEN, C.F. LIMA, A.C.V.; SÁ, L.A.N. DE; CARMO, J.B. DO; GUERREIRO, J.C.; ZANUNCIO, J.C. Biological control of *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Aphalaridae) in eucalyptus plantations. **Phytoparasitica**, v.43, p.151-157, 2015.
- FENILLI, R. Primeiro registro de *Gonipterus platensis* Marelli, 1926 e *Gonipterus gibberus* Boisduval, 1835 (Coleoptera, Curculionidae, Gonipterinae) no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.11, n.2, p.293-294, 1982.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; FILHO, E.B.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

HESAMI, S.; ALEMANSOOR, H.; SEYEDEBRAHIMI, S. Report of *Leptocybe invasa* (Hym., Eulophidae), gall wasp of *Eucalyptus camaldulensis* with notes on biology in Shiraz vicinity. **Journal of Entomological Society of Iran**, v.24, p.99-108, 2005.

HILL, K.D.; JOHNSON, L. Systematic studies in the eucalypts. 10. New tropical and subtropical eucalypts from Australia and New Guinea (*Eucalyptus*, Myrtaceae). **Telopea**, v.8, p.503-539, 2000.

HUBER, J.T.; PRINSLOO, G.L. Redescription of *Anaphes nitens* Giraud and description of two new species of *Anaphes* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae), parasites of *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) in Tasmania. **Journal of Australian Entomological Society**, v.29, p.333-341, 1990.

HURLEY, B.P.; GARNAS, J.; WINGFIELD, M.J.; BRANCO, M. RICHARDSON, D.M.; SLIPPERS, B. Increasing numbers and intercontinental spread of invasive insects on eucalypts. **Biological Invasions**, v.18, p.921-933, 2016.

IBÁ 2015. Indústria brasileira de árvores. Ano base 2014. 64 p. São Paulo, 2015. Disponível em: < http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em 03 Out. 2015.

JHALA, R.C.; PATEL, M.G.; VAGHELA, N.M. Effectiveness of insecticides against blue gum chalcid chalcid, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), infesting eucalyptus seedlings in middle Gujarat, India. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.23, p.84-86, 2010.

KASSAB, S.O.; MOTA, T.A.; PEREIRA, F.F.; FONSECA, P.R.B. Primeiro relato de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) em eucalipto no Estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência Florestal**, v.21, p.777-780, 2011.

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.; HARNEY, 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 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.

KULKARNI, H.; KUMARI, N. K.; VASTRAD, A.S.; BASAVANA GOUD, K. Release and recovery of parasitoids in eucalyptus against gall wasp, *Leptocybe invasa*

(Hymenoptera: Eulophidae) under green house. **Karnataka Journal of Agricultural Science**, v.23, p.91-92, 2010.

LAWSON, S.; GRIFFITHS, M. NAHRUNG, H. NOACK, A., WINGFIELD, M.; WILCKEN, C. et al. Biological control of eucalypt pests overseas and in Australia. 1-40. **Report Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)**, Canberra; 2012.

MALLY, C.W. The eucalyptus snout beetle (*Gonipterus scutellatus*). Journal of the Department of Agriculture for South Africa, v.9, p.415-442, 1924.

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

MCT. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. 2013. Especial projeto Genolyptus. Disponível em: <<http://www.ftp.mct.gov.br/especial/genolyptus.htm>> Acesso em: 15 Mai 2013.

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, p.101-113, 2004.

MEYERSON, L.A.; MOONEY, H.A. Invasive alien species in an era of globalization. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.5, p.199-208. 2007.

MUTITU, K.E.; NYEKO, P.; DAY, R.K.; OTIENO, B.O.; OEBA, V. **Distribution, incidence and severity patterns of blue gum chalcid, *Leptocybe invasa* in East Africa**. 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/12725-01fa3b83fe44e68c554d2d8c6e3d481cc.pdf>>. Acesso em: 12 Nov. 2015.

NAHRUNG, H.F.; SWAIN, A.J. Strangers in a strange land: Do life history traits differ for alien and native colonisers of novel environments? *Biol Invasions* 17:699-709, 2015.

NADEL, R. L., AND A. E. NOACK. 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. **International Journal of Pest Management**, v.58, p.257-266, 2012.

NUGNES, F.; GEBIOLA, M.; MONTI, M.M.; GUALTIERI, L.; GIORGINI, M.; WANG, J.; BERNARDO, H. Genetic diversity of the invasive gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) and of its *Rickettsia* endosymbiont, and associated sex-ratio differences. **PLoS ONE**, v.10, p.1-19, 2015.

NYEKO, P.; MUTITU, E.K.; DAY, R.K. Farmers' knowledge, perceptions and management of the gall-forming wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), on *Eucalyptus* species in Uganda. **International Journal of Pest Management**, v.53, p.111-119, 2007.

- NYEKO, P.; MUTITU, K.E.; OTIENO, B.O.; NGAIE, G.N.; DAY, R.K. Variations in *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) population intensity and infestation on eucalyptus germplasms in Uganda and Kenya. **International Journal of Pest Management**, v.56, p.137-144, 2010.
- ORWA, C.; MUTUA, A.; KINDT, R.; JAMNADASS, R.; ANTHONY, S. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0; 2009. World Agroforestry Centre, Kenya. Disponível em: <http://www.worldagroforestry.org/resources/databases/agroforestry>. Acesso em: 04 Jul. 2015.
- PAINE, T.D.; STEINBAUER, M.J.; LAWSON, S.A. Native and exotic pests of *Eucalyptus*: a worldwide perspective. **Annual Review of Entomology**, v.56, p.181-201, 2011.
- PROTASOV, A.; LA SALLE, J.; BLUMBERG, D.; BRAND, D.; SAPHIR, N.; ASSAEL, F.; FISHER, N.; MENDEL, Z. Biology, revised taxonomy and impact on host plants of *Ophelimus maskelli*, an invasive gall inducer on *Eucalyptus* spp. in the Mediterranean area. **Phytoparasitica**, v.35, p.50-76, 2007.
- 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.
- QUEIROZ, L. R. S.; BARRIQUELO, L. E. G. **O eucalipto**: um século no Brasil. São Paulo: Antonio Bellini Editora & Cultural, 127 p. 2007.
- RIBEIRO, G.T.; PODEROSO, J.C.M.; WILCKEN, C.F.; ZANUNCIO, J.C. Broca-do-eucalipto, *Phoracantha semipunctata* (Fabricius). In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, 2015. v.1, cap.44, p.769-778.
- ROSADO-NETO, G.H. Gonipterinae dos eucaliptos: Primeiro registro de *Gonipterus scutellatus* para o Estado de São Paulo, Brasil, e algumas considerações sobre *G. gibberus* (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.37, n.3, p.465-467, 1993.
- ROY, B.A.; ALEXANDER, H.M.; DAVIDSON, J.; CAMPBELL, F.T.; BURDON, J.J.; SNIEZKO, R.; BRASIER, C. Increasing forest loss worldwide from invasive pests requires new trade regulations. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.12, p.457-465, 2014.
- 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.; BURKHARDT, D. *Eucalyptus* psyllids in Brazil. **Journal of Forest Research**, v.12, p.337-344, 2007.

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

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

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.99:33-37, 2016.

SOUZA, A.R.; PURETZ, B. O.; SOUZA, N.M.; BECCHI, L.K.; VELOSO, S.G.M.; WILCKEN, C.F. Controle biológico de pragas exóticas de *Eucalyptus* spp. In: Baldin, E.L.L.; Kronka, A.Z.; Fujihara, R.T. Proteção Vegetal. Botucatu: Fepaf, v.1, cap.6, p.71-84, 2015.

THU, P.Q.; DELL, B., BURGESS, T.I. Susceptibility of 18 eucalypt species to the gall wasp *Leptocybe invasa* in the nursery and young plantations in Vietnam. **Science Asia**, v.35, p.113-117, 2009.

TOOKE, F.G.C. The eucalyptus snout-beetle, *Gonipterus scutellatus* Gyll. A study of its ecology and control by biological means. **Entomological Memoires Department of Agriculture Union of South Africa**, 1955. v.3, 282p.

TUNG, G.S.; LA SALLE, J. Pest alert-a newly discovered invasion of gall-forming wasps, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, on eucalyptus trees in Taiwan. **Formosan Entomologist**, v.30, p.241-244, 2010.

WANG, Q.A.; THORNTHON, I.W.B.; NEW, T.R. A cladistics analysis of the Phoracanthine genus *Phoracantha* Newman (Coleoptera: Cerambycidae: Cerambycinae), with discussion of biogeographic distribution and pest status. **Annals of the Entomological Society of America**, v.92, p.631-638, 1999.

WILCKEN, C.F. Danos de cupins subterrâneos *Cornitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) em plantios de *Eucalyptus grandis* e controle com inseticidas no solo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, v.21, n.3, p.329-338, 1992.

WILCKEN; C.F.; RAETANO, C.F. Controle de cupins em florestas. In: **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. FEALQ: Piracicaba, São Paulo. 1995.

WILCKEN, C.F.; BERTI FILHO, E.; OTTATI, A.L.T.; FIRMINO, D.C.; COUTO, E.B. do. Ocorrência de *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera: Cerambycidae) em eucalipto no Estado de São Paulo, Brasil. **Scientia forestalis**, v.62, p.149-153, 2002.

WILCKEN, C.F.; COUTO, E.B.; ORLATO, C.; FERREIRA-FILHO, P.J.; FIRMINO, D.C. Ocorrência do psíldeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em florestas de eucalipto no Brasil. **Circular técnica IPEF**, Piracicaba, v.201, p. 1-11, 2003.

WILCKEN, C.F.; BERTI FILHO, E. Alerta Protef Vespa da galha do eucalipto (*Leptocybe invasa*) (Hymenoptera: Eulophidae): Nova praga de florestas de eucalipto no Brasil. **Circular técnica IPEF / PROTEF**, Piracicaba, 2008. 11p.

WILCKEN, C.F.; NOGUEIRA DE SÁ, L.A.; BERTI FILHO, E.; FERREIRA-FILHO, P.J.; OLIVEIRA, N.C.; DAL POGETTO, M.H.F.A.; SOLIMAN, E.P. In: **Plagas exóticas de importancia en *Eucalyptus* en Brasil**. XXIII JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS, Concordia, 2008a.

WILCKEN, C.F.; OLIVEIRA, N.C. DE; SARTÓRIO, R.C.; LOUREIRO, E.B.; BEZERRA-JUNIOR, N.; ROSADO-NETO, G.H. Ocorrência de *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantações de eucalipto no estado do Espírito Santo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.75, n.1, p.113-115, 2008b.

WILCKEN, C.F.; SOLIMAN, E.P.; DE SÁ NOGUEIRA, L.A.; BARBOSA, L.R., DIAS, T.K.R., FERREIRA FILHO, P.J., et al. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. **Journal of Plant Protection Research**, v.50, p.84-188, 2010.

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, 2015. v.1, cap.45, p. 779-791.

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. In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A. **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, 2015. v.1, cap.50, p. 835-844.

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 Forests**, v.70, p.139-144, 2008.

WINGFIELD, M.J., ROUX, J., SLIPPERS, B., HURLEY, B.P., GARNAS, J., MYBURG, A.A., WINGFIELD, B.D. Established and new technologies reduce increasing pest and pathogen threats to Eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v.301, p.35-42, 2013.

ZANUNCIO, J.C.; FAGUNDES, M.; ANJOS, N.; ZANUNCIO, T.V.; CAPITANI, L.R. Levantamento e flutuação populacional de lepidópteros associados à eucaliptocultura. **Revista Árvore**, v.14, p.35-44, 1990.

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.; 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.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.