



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JULIO CESAR DE ALMEIDA

**PARASITISMO DE *Atta sexdens* FOREL, 1908
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE), POR FORÍDEOS
(DIPTERA: PHORIDAE), EM LONDRINA-PR**

Londrina
2021

JULIO CESAR DE ALMEIDA

**PARASITISMO DE *Atta sexdens* FOREL, 1908
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE), POR FORÍDEOS
(DIPTERA: PHORIDAE), EM LONDRINA-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Pasini

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Almeida, Julio Cesar.

PARASITISMO DE *Atta sexdens* FOREL, 1908 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), POR FORÍDEOS (DIPTERA: PHORIDAE), EM LONDRINA-PR / Julio Cesar Almeida. - Londrina, 2021. 68 f.

Orientador: Amarildo Pasini.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2021. Inclui bibliografia.

1. Formigas-cortadeiras - Tese. 2. Controle Biológico - Tese. 3. Parasitoides - Tese. I. Pasini, Amarildo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

JULIO CESAR DE ALMEIDA

**PARASITISMO DE *Atta sexdens* FOREL, 1908
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE), POR FORÍDEOS
(DIPTERA: PHORIDAE), EM LONDRINA-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Pasini
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Adriano Thibes Hoshino
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Thalles Platiny Lavinsky Pereira
Universidade de São Paulo - USP

Londrina, 19 de fevereiro de 2021.

Dedico este trabalho aos meus pais e
irmã, minha FAMÍLIA.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo à Deus! Das dificuldades às conquistas.

À minha família por apoiar minhas decisões e confiar em meu crescimento. Pai, mãe e irmã, OBRIGADO!

Ao meu orientador, Dr. Amarildo Pasini, que desde o começo de minha trajetória universitária me incentivou e acreditou que pudessemos construir grandes momentos acadêmicos e de amizade.

Aos demais docentes da Universidade Estadual de Londrina que fizeram parte deste estudo e de tantos outros, nos dando ferramentas e oportunidades de aprendizagem.

Às amigadas que fiz dentro e fora do meio acadêmico. Satisfação em valorizar a amizade ao lado de cada um!

Aos demais funcionários do Centro de Ciências Agrárias - UEL, em especial ao técnico de laboratório, Davi Cesar Tramontina, pela enorme ajuda em minhas atividades e pelos conselhos dados.

Ao Dr. Thalles P. L. Pereira do Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Laboratório de Sistemática e Biogeografia de Diptera, da Universidade de São Paulo, pela relevante parceria. Grande profissional à pronta colaboração no estudo dos parasitoides.

Aos Drs. Adriano T. Hoshino e Thalles P. L. Pereira pelo aceite em compor a banca examinadora.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

ALMEIDA, Julio Cesar de. **Parasitismo de *Atta sexdens* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), por forídeos (Diptera: Phoridae), em Londrina-PR.** 2021. 68 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

As formigas-cortadeiras do gênero *Atta* são prejudiciais aos sistemas produtivos pela severa desfolha que ocasionam em diversas espécies vegetais. Diversas moscas pertencentes à família Phoridae são parasitoides de insetos sociais, e podem realizar o controle biológico de formigas cortadeiras. O estudo objetivou verificar a ocorrência e riqueza de parasitoides que incidem sobre a saúva-limão, *Atta sexdens*, em Londrina-PR, registrar a taxa de parasitismo e algumas características comportamentais e biológicas das espécies. Entre junho/2019 e maio/2020 coletas de formigas-operárias e forídeos associados foram realizadas, em ninhos previamente selecionados, no Campus da Universidade Estadual de Londrina e na mata nativa do Jardim Botânico. Os forídeos coletados foram preservados em álcool 70%, para posterior identificação das espécies e as saúvas foram mantidas em laboratório, para a verificação do parasitismo, conforme descrições na literatura. Formigas coletadas foram frequentemente inspecionadas, e uma vez constatada a sua morte, foram individualizadas em tubos plásticos. Foram capturados, nos dois ambientes, 216 forídeos adultos, sendo identificado as seguintes espécies parasitoides: *Eibesfeldtphora declinata*, *Eibesfeldtphora elongata*, *Eibesfeldtphora tonhascai*, *Apocephalus attophilus* e *Myrmosicarius grandicornis*, este último, predominou pelo método de coleta de parasitoides adultos 'CPA'. Das saúvas coletadas, apenas 1,28% estavam parasitadas, sendo *A. attophilus* a espécie emergida mais abundante e ciclo reduzido de desenvolvimento. As taxas de parasitismo mantiveram-se abaixo dos 2% ao longo do ano, com maior taxa em setembro (1,81%). A ampliação da distribuição geográfica destas moscas para o Paraná contribui com relevantes informações sobre as características biológicas/comportamentais de algumas espécies parasitoides e a interferência que provocam nas atividades dos ninhos, ressaltando-se a importância destas como potenciais agentes de controle biológico da saúva-limão, em programas de manejo.

Palavras-chave: Formigas-cortadeiras. Controle Biológico. *Eibesfeldtphora*. *Apocephalus*. *Myrmosicarius*.

ALMEIDA, Julio Cesar de. **Parasitism of *Atta sexdens* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), by phorids (Diptera: Phoridae), in Londrina-PR.** 2021. 68 p. Dissertation presented to the Postgraduate Program in Agronomy - State University of Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Leaf-cutting ants of the *Atta* genus are harmful to production systems due to the severe defoliation that they cause in several plant species. Several flies belonging to the Phoridae family are parasitoids of social insects, and can perform biological control of leaf-cutting ants. The study aimed to verify the occurrence and richness of parasitoids that affect leaf-cutting ant, *Atta sexdens*, in Londrina-PR, to record the rate of parasitism and some behavioral and biological characteristics of the species. Between June / 2019 and May / 2020 collections of worker ants and associated phorids were carried out, in previously selected nests, on the Campus of the State University of Londrina and in the native forest of Botanical Garden. The collected phorids were preserved in 70% alcohol, for later identification of the species and the leaf-cutting ants were kept in the laboratory, to verify parasitism, as described in the literature. Collected ants were frequently inspected, and once their death was noted, they were individualized in plastic tubes. In both environments, 216 adult phorids were captured, with the following parasitoid species being identified: *Eibesfeldtphora declinata*, *Eibesfeldtphora elongata*, *Eibesfeldtphora tonhascai*, *Apocephalus attophilus* and *Myrmosicarius grandicornis*, the latter, predominated by the 'APC' adult parasitoid collection method. Of the collected leaf-cutting ants, only 1.28% were parasitized, with *A. attophilus* being the most abundant emerged species and reduced development cycle. Parasitism rates remained below 2% throughout the year, with the highest rate in September (1.81%). The expansion of the geographic distribution of these flies to Paraná contributes with relevant information on the biological / behavioral characteristics of some parasitoid species and the interference they cause in the activities of the nests, emphasizing the importance of these as potential agents of biological control of leaf-cutting ants, in management programs.

Key words: Leaf-cutting ants. Biological Control. *Eibesfeldtphora*. *Apocephalus*. *Myrmosicarius*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Representação de uma operária de <i>Atta</i> sp.....	14
Figura 02 – Corte longitudinal de um ninho adulto de saúva-limão.....	17
Figura 03 – Representação do adulto de <i>Megaselia</i> sp	28
Figura 04 – Características predominantes em forídeos.....	28
Figura 05 – Vista dorsal da larva de <i>Megaselia</i> sp.....	29
Figura 06 – Interação forídeo/formiga-cortadeira	30
Figura 07 – Campus Universitário UEL	35
Figura 08 – Jardim Botânico de Londrina-PR	36
Figura 09 – Áreas de coleta de saúvas e forídeos em formigueiros da UEL e do JBL, 2019/2020	36
Figura 10 – Procedimentos de coleta de formigas e moscas a campo	37
Figura 11 – Etapas em laboratório	38
Figura 12 – <i>Eibesfeldtphora declinata</i>	41
Figura 13 – <i>Eibesfeldtphora tonhascai</i>	42
Figura 14 – <i>Eibesfeldtphora elongata</i>	43
Figura 15 – <i>Apocephalus attophilus</i>	44
Figura 16 – <i>Myrmosicarius grandicornis</i>	45
Figura 17 – Abundância de parasitoides adultos de <i>A. sexdens</i> coletados em Londrina-PR, 2019/2020	46
Figura 18 – Taxa de parasitismo total (n=8) sobre <i>A. sexdens</i> obtidas das operárias coletadas na UEL e JBL, Londrina-PR, 2019/2020	46
Figura 19 – Taxa de parasitismo em <i>A. sexdens</i> em cada ninho amostrado, Londrina-PR, 2019/2020	47
Figura 20 – Parasitismo de <i>A. sexdens</i> por <i>A. attophilus</i>	48
Figura 21 – Parasitismo de <i>A. sexdens</i> por <i>M. grandicornis</i>	50
Figura 22 – <i>A. sexdens</i> com indícios de parasitismo por <i>Eibesfeldtphora</i> spp.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índícios de parasitismo em formigas-cortadeiras <i>Atta</i> spp. de cada gênero de forídeo	39
Tabela 2 – Espécies de moscas capturadas em interação com saúvas, Londrina-PR. 2019/2020	40
Tabela 3 – Comparação da quantidade de forídeos coletados neste estudo em Londrina (PR) com os registros das demais localidades já estudadas: Santa Catarina (SC); Rio Grande do Sul (RS); Rio de Janeiro (RJ); Mato Grosso do Sul (MS) e Tocantins (TO).....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADAPAR	Associação de Defesa Agropecuária do Paraná
AGROFIT	Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FAZESC	Fazenda Escola
IDR-Paraná	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-EMATER
InforMEA	Access Information on Multilateral Environmental Agreements
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MIP	Manejo Integrado de Pragas
SEAB	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
UEL	Universidade Estadual de Londrina
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	FORMIGAS-CORTADEIRAS DO GÊNERO <i>ATTA</i> SP.....	14
2.1.1	<i>Atta sexdens</i>	16
2.2	DANOS ECONÔMICOS DE FORMIGAS-CORTADEIRAS	17
2.3	MÉTODOS APLICADOS NO CONTROLE DE FORMIGAS-CORTADEIRAS.....	18
2.4	CONTROLE BIOLÓGICO	21
2.4.1	Controle biológico no Brasil.....	22
2.4.2	Controle biológico de formigas-cortadeiras	26
2.5	MOSCAS DA FAMÍLIA PHORIDAE	27
2.6	PARASITISMO POR FORÍDEOS.....	31
2.6.1	Criação de parasitoides.....	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

As formigas-cortadeiras do gênero *Atta* Fabricius, 1804 são himenópteros sociais, reconhecidas pela complexa estruturação de seus ninhos, organizadas em castas. Para a sobrevivência e crescimento populacional, forrageiam em distintas áreas vegetais, fornecendo, por meio do corte e transporte, material fresco ao fungo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer) Möller (Agaricaceae: Leucocoprineae) (SILVA, 2004), utilizado essencialmente na alimentação de suas larvas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; MARICONI, 1970).

O forrageamento, praticado por estes insetos, pode beneficiar o incremento de matéria orgânica ao solo (SWANSON *et al.*, 2019), mas em sistemas de produção, caracterizados essencialmente por monocultivos, as desfolhas acarretam em perdas de produção e aumento de gastos.

Atta sexdens Forel, 1908, comumente chamada de saúva-limão (ANTWIKI, 2021), é uma subespécie economicamente importante, que afeta o desenvolvimento das plantas, pelas intensas e sucessivas desfolhas. Com o desequilíbrio ambiental, resultante da ação antrópica, as formigas partilham do mesmo espaço e recursos do homem, levando até mesmo à depreciação paisagística, em meios urbanos (BUENO; DE CARVALHO CAMPOS; DE CASTRO MORINI, 2017).

A aplicação de inseticidas, com diferentes ingredientes ativos é largamente difundida como estratégia de controle. Quando aplicados corretamente, os produtos químicos atuais podem alcançar resultados satisfatórios na contenção destes insetos. Porém, não devem ser utilizados como única estratégia, pois com a comunicação que as formigas-cortadeiras possuem, como prática da trofalaxia e liberação de hormônios, este método pode não ter o efeito de controle desejado, sendo também questionável a contaminação e intoxicação de determinadas substâncias ao ambiente e ao homem, a exemplo de fipronil, atuando em organismos não alvo (MEDINA *et al.*, 2007). É importante consultar um profissional para orientar quanto ao rigoroso monitoramento e a utilização de táticas de controle em áreas infestadas com saúvas.

Por ser uma estratégia ecologicamente correta, aumentou-se o número de pesquisas direcionadas ao controle biológico, com o uso de insetos benéficos que podem auxiliar na mortalidade de saúvas (GUILLADE & FOLGARAIT, 2014), ou mesmo perturbar suas atividades.

Dentre os inimigos naturais, destacam-se as moscas da família Phoridae (Diptera), com variações quanto ao hábito de vida, sendo saprófagos quando adultos e diversificados em herbívoros, predadores, fungívoros e também parasitoides quando em estágio larval (DISNEY *et al.*, 1994). Estudos relatam moscas forídeas parasitando formigas-cortadeiras, resultando em alteração da atividade forrageadora das formigas e reduzindo sua população (BORGMEIER, 1931; BRAGANÇA, 2011).

Devido ao potencial de controle biológico com a utilização de forídeos, as pesquisas com *Pseudacteon* Coquillett, 1907 (Phoridae) se mostraram promissoras em estratégias contra *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (Formicidae), em diferentes países da América, incentivando novas investigações de parasitoides, também em formigas-cortadeiras (ALMEIDA *et al.*, 2009).

A diversidade de parasitoides de saúvas é elevada em regiões tropicais, destacando-se gêneros como *Apocephalus* Coquillett, 1901, *Myrmosicarius* Borgmeier, 1928 e *Eibesfeldtphora* Disney, 2009 (BRAGANÇA, 2011). Sabe-se ainda, que as taxas de parasitismo natural são de 2 a 5% (ERTHAL, 1999; GALVÃO, 2016; SOUZA, 2013) e que somente a presença dos forídeos em ninhos, reduzem as atividades da sociedade, seja pelo abandono de cargas (vegetais transportados), retorno antecipado ao formigueiro ou até mesmo a redução no recrutamento de operárias, em áreas de forrageamento (TONHASCA JR; BRAGANÇA; ERTHAL JR, 2001).

Estudos desta interação forídeos e saúvas, são abordados em diferentes estados brasileiros como no Rio de Janeiro e Tocantins (AMENT, 2017; BRAGANÇA & MEDEIROS, 2006), geralmente associados a presença de pesquisadores especialistas nesta área, mas escassos no Paraná. Assim, pouco se sabe da real participação destes dípteros como inimigos naturais nesta região.

Diante do avanço das áreas infestadas com saúvas em diferentes localidades, pode-se aprimorar as estratégias de combate, visando complementar aquelas já existentes. Acredita-se que os gêneros parasitoides citados anteriormente, ocorram na região de Londrina, e que uma vez presentes, podem ser estudados como agentes de controle biológico, pela especificidade que possuem.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi verificar a ocorrência e riqueza de moscas parasitoides que incidem sobre a saúva-limão, *Atta sexdens*, em Londrina-PR, além de registrar a taxa de parasitismo e características comportamentais e biológicas das espécies.

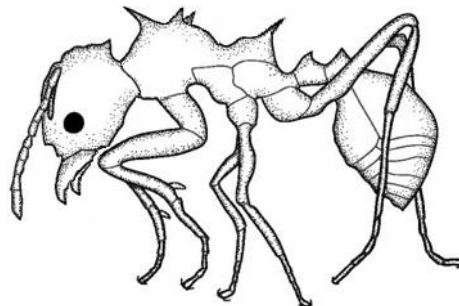
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FORMIGAS-CORTADEIRAS DO GÊNERO *ATTA* SP.

As formigas (Formicidae: Myrmicinae) compreendidas neste gênero pertencem a Tribo Attini, que abrange desde o sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina (latitudes 40°N e 44°S), sendo caracterizadas como cultivadoras de fungos. Esta extensa faixa de distribuição geográfica, se dá em virtude da alta adaptabilidade que possuem, mostrando-se favoráveis às diferentes condições destes locais (SOLOMON *et al.*, 2008; WEBER, 1972).

Usualmente são conhecidas como “sáúvas” (Figura 01) e facilmente localizadas pela conformação de seus ninhos, em que muitas vezes o revolvimento do solo é volumoso e suas trilhas bem demarcadas.

Figura 01 – Representação de uma operária de *Atta* sp.



Fonte: Adaptado de: Schiott *et al.* (2010).

A organização dos ninhos se dá pela divisão em castas, que denotam as funções desempenhadas e estabelecem a hierarquia do grupo (DELLA LUCIA & BENTO, 1993). A casta reprodutiva é composta pela fêmea (rainha), popularmente chamada de içá e/ou tanajura e o macho (rei) bitú. As castas estéreis de operárias são separadas em soldados para defesa, as forrageadoras para escavação, corte e transporte de vegetais, as generalistas para transporte de operárias mortas, assistência à prole, durante a ecdise, cuidados com a rainha e descarte de lixo e ainda as jardineiras e/ou mínimas, com cuidados destinados às fases imaturas e fragmentação dos vegetais, no jardim de fungo (ANDRADE *et al.*, 2002).

Como as atividades do homem estão cada vez mais intensas (FARJIBRENER *et al.*, 2015; SIQUEIRA *et al.*, 2017), seja pela abertura de novas áreas e/ou

uso de agrotóxicos, é fácil encontrar saúveiros em centros urbanos, como em fundos de vale, canteiros de plantas, terrenos e ainda, em quintais domésticos (BUENO; DE CARVALHO CAMPOS; DE CASTRO MORINI, 2017).

Importância maior é atribuída no âmbito econômico, pelos danos causados aos sistemas agrícolas, tornando-se prejudiciais à agricultura, silvicultura e em pastagens (GALLO *et al.*, 2002), sendo relatadas, como principais espécies, no Brasil, as formigas *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758), *Atta laevigata* (Smith, 1858), *Atta bisphaerica* Forel, 1908, *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) e *Atta capiguara* Gonçalves, 1944.

As saúvas são encontradas em todos os estados, variando quanto à distribuição. Por exemplo, *Atta sexdens sexdens* Linnaeus, 1758 ocorre em 18 estados (PINTO, 2016), o que evidencia o seu sucesso adaptativo. É colocada, juntamente com *A. sexdens* e *A. laevigata*, como uma espécie muito danosa.

A. laevigata é uma cortadeira, vulgarmente chamada de cabeça-de-vidro ou também saúva-de-vidro. É encontrada nos estados de Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Roraima e São Paulo. Ataca culturas como algodoeiro (*Gossypium* L.), cafeeiro (*Coffea* L.), milho (*Zea* sp.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), mangueira (*Mangifera* L.), pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) e eucalipto (*Eucalyptus* L'Hér.).

A. bisphaerica, conhecida como saúva-mata-pasto, saúva-amarela ou saúva-pasteira, ocorre no Rio de Janeiro, Espírito Santo, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo. Forrageiam predominantemente gramíneas (*Oryza sativa* L., *Saccharum* sp., *Zea* sp.) e pastagens (AMANTE, 1967^a; FOWLER *et al.*, 1986; MARICONI, 1970; OLIVEIRA *et al.*, 2002). Seus ninhos não superam 4 metros de profundidade e as trilhas de forrageamento raramente ultrapassam 20 metros de comprimento (FOWLER *et al.*, 1986; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

A. cephalotes também pode ser chamada de saúva-da-mata, ocorrendo em Rondônia, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá, Maranhão, Pernambuco e Bahia, incidindo sobre cacauzeiro (*Theobroma* L.), cafeeiro (*Coffea* L.), coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.). Segundo Corrêa *et al.* (2005), esta cortadeira é bastante sensível à fragmentação florestal, como constatado no Nordeste brasileiro.

A. capiguara (saúva-parda) é registrada nos estados de São Paulo,

Mato Grosso e Minas Gerais. Similar a *A. bisphaerica*, ataca arroz (*Oryza sativa* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.), milho (*Zea* sp.) e pastagens (GONÇALVES, 1961).

Ecologicamente, os ninhos de saúvas representam uma fonte extra de recursos minerais para a vegetação (LEAL; OLIVEIRA, 1998), por meio da ciclagem de nutrientes (MOUTINHO, NEPSTAD e DAVIDSON, 2003; SWANSON *et al.*, 2019). Outra característica ainda, segundo Peternelli *et al.* (2003), é a dispersão secundária de sementes, na qual estas formigas-cortadeiras favorecem passivamente a taxa de germinação.

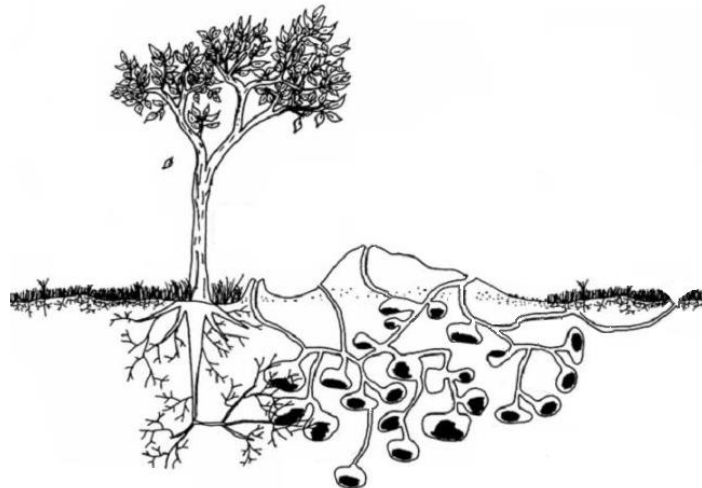
2.1.1 *Atta sexdens*

A subespécie saúva-limão, praga-alvo deste estudo, não era relatada no norte paranaense décadas atrás, onde divulgava-se em anúncios publicitários a sua não constatação, o que tornava, juntamente com a oferta de terrenos férteis, um meio atrativo na aquisição de terras e colonização da região (BONI; SATO, 2009; BORTOLOTTI, 2007).

Atualmente, esta formiga-cortadeira está distribuída nos seguintes estados: Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo (PINTO, 2016). Apresenta um grande e diversificado forrageio, em relação a espécies mono e eudicotiledôneas (CHIESA, 2016), atacando cultivos como abacateiro (*Persea* Mill.), algodoeiro (*Gossypium* sp.), amoreira (*Morus* L.), batata-doce (*Ipomoea* L.), cafeeiro (*Coffea* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.), *Citrus* sp, eucalipto (*Eucalyptus* L'Hér.), jabuticabeira (*Plinia* Plum. ex L.), macieira (*Malus* Mill.), mangueira (*Mangifera* L.), milho (*Zea* sp.), orquídea (Orchidaceae), pessegueiro (*Prunus* L.), pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), pinus sp., roseira (Rosaceae), tomateiro (*Solanum* L.) e videira (*Vitis* L.), além de arbóreas utilizadas no paisagismo urbano, como *Hibiscus* L. e *Bauhinia* sp.

Seus ninhos são caracterizados pelo grande volume de terra solta, resultante da escavação, para a construção das câmaras subterrâneas interconectadas de fungo e lixo, também chamadas de painéis (Figura 02):

Figura 02 – Corte longitudinal de um ninho adulto de saúva-limão.



Fonte: Adaptado de: Sousa-Souto *et al.* (2008).

Possuem grande capacidade de dispersão, sendo geralmente em meados de outubro, na primavera (dias claros, quentes e úmidos) (DELLA LUCIA & BENTO, 1993), observadas as revoadas de acasalamento/voo nupcial, em ninhos com idade superior a 38 meses (MARINHO *et al.*, 2011). Neste momento, segundo Mariconi (1970), são liberadas cerca de 2.900 rainhas para cópula e futura fundação dos ninhos.

Cabe ressaltar que apenas uma baixa porcentagem (0,05%) das fêmeas aladas irá prosperar no estabelecimento do ninho (AUTUORI, 1950), devido as adversidades ecológicas/ambientais enfrentadas por elas (ARAÚJO *et al.*, 2011; DA SILVA ARAÚJO *et al.*, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2010). Acrescenta-se, porém, que são questionáveis os dados de sobrevivência das içás, uma vez que Bento *et al.* (1991) já encontraram valores próximos a 11%, de sucesso na fundação de um novo ninho em laboratório, corroborando com dados de Ribeiro & Woessner (1982).

2.2 DANOS ECONÔMICOS DE FORMIGAS-CORTADEIRAS

São escassas as informações referentes aos danos provocados pelas saúvas, não havendo um protocolo padrão de avaliação (DELLA LUCIA, 2003) o que resulta muitas vezes em estimativas inadequadas. Sabe-se, porém, com estudos de Amante (1972), que as perdas de madeira, em plantações de *Eucalyptus* sp. estão entre 14 e 14,5%, considerando-se infestações de 4 ninhos/hectare.

Em outros estudos de relevância econômica, a quantificação das

perdas na produção de madeira, foram feitas, em sua maioria, em florestas plantadas, com desfolhas artificiais (FREITAS & BERTI FILHO, 1994; OLIVEIRA, 1996) e também com plantas naturalmente desfolhadas (CANTARELLI *et al.*, 2008; NICKELE *et al.*, 2012). Em estágios iniciais de desenvolvimento, verifica-se a morte vegetal, e consequente falha de *stand*, depois dos ataques das formigas (MENDES FILHO, 1979). Em estágios mais avançados, as sucessivas desfolhas causam, em plantas de *Pinus*, redução no diâmetro e altura do caule (CANTARELLI *et al.*, 2008; NICKELE *et al.*, 2012).

Souza, Zanetti e Calegario (2011), estudando efeitos de formigueiros em áreas plantadas de *Eucalyptus* sp., afirmaram que as injúrias das saúvas influenciam negativamente o crescimento em diâmetro das árvores e, conseqüentemente, sua produção. Tais perdas em madeira podem alcançar até 50% com 30 ninhos/hectare.

As formigas-cortadeiras de gramíneas, provocam perdas significativas em pastagens como também em cana-de-açúcar. Estima-se que um ninho pode consumir até 639 Kg de capim ao ano. Em cana-de-açúcar, por exemplo, as perdas chegam a 3,2 toneladas por ninho, a cada ciclo da cultura e conseqüentemente, com redução de 30% do teor de sacarose (InforMEA, 2019).

Sousa-Souto *et al.* (2007), estudando o forrageamento da saúva-limão em condições de laboratório, encontraram um consumo médio de 1,1 Kg/ano de material vegetal fresco, para um ninho com aproximadamente 4.500 formigas e 1.000 cm³ de fungo.

Neste contexto, a perspectiva de produção agrícola/florestal é prejudicada, demandando significativos esforços para amenizar os prejuízos. Quanto maiores e intensos os ataques, a depender da dinâmica populacional (densidade) destes insetos, os custos operacionais são aumentados, o que contraria o desejo de baixá-los sem comprometer a qualidade do trabalho humano (PINHEL, 1990; TIMOFEICZYK JÚNIOR, 1998).

Requer-se, portanto, monitoramento das áreas e levantamento dos pontos críticos de ocorrência (ZANETTI *et al.*, 2014), adotando-se os melhores meios de controle, para a obtenção da rentabilidade das atividades.

2.3 MÉTODOS APLICADOS NO CONTROLE DE FORMIGAS-CORTADEIRAS

Constituem-se como métodos de controle das saúvas aqueles que visam restringir as atividades do ninho, sendo classificados, segundo Boaretto e Forti (1997), em químicos, físicos, mecânicos e culturais.

Na tomada de decisão de qualquer estratégia, é importante considerar o nível de prejuízo que as formigas estão causando, as condições da vegetação e do solo, as condições climáticas (ZANETTI *et al.*, 2000), o custo operacional (ZANETTI *et al.*, 1999) e ainda seus impactos ambientais.

Independentemente do método adotado no manejo destes insetos, é essencial monitorar as atividades das formigas pela retirada de terra (abertura de olheiros) e/ou forrageamento (presença de trilhas e corte de material vegetal) (ZANETTI, 2011), visto a dificuldade de controle nas áreas (ZANUNCIO *et al.*, 2004). Cabe desta forma, valorizar as diferentes táticas, sendo por meio de ações conjuntas entre a sociedade, profissionais, imprensa e governo, que se obtém controles mais assertivos e duradouros.

Usa-se preferencialmente o método químico pela sua praticidade e eficiência, obtendo-se resultados em menor tempo. De acordo com o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT), existem nove princípios ativos registrados e liberados para controle de formigas *Atta* sp. no Brasil: deltametrina, permetrina, fipronil, cipermetrina, sulfluramida, bifentrina, fenitrotiona, clorpirifós e metam-sódico (MAPA, 2019). No entanto, o Paraná possui uma legislação mais restritiva quanto aos agrotóxicos, que exige a realização de pesquisas e estudos nas condições agrícolas paranaenses (ADAPAR, 2019). Desta forma, é permitido apenas a utilização de cinco princípios ativos (deltametrina, permetrina, sulfluramida, fipronil, cipermetrina).

Destaca-se que tais substâncias devem ser recomendadas por profissionais habilitados, sendo aplicadas via iscas granuladas, termonebulização, formulações líquidas ou em pó seco, sendo prioritária a segurança do aplicador e do ambiente.

As iscas granuladas são as mais utilizadas, quando se trata do manejo de formigueiros, dado seu custo benefício e praticidade de uso (DELLA LUCIA & AMARAL, 2020). São bem aceitas pelos usuários, porém a substância química predominante na composição desses granulados, sulfluramida, está incluída no Anexo B da Convenção de Estocolmo-2009, que determina os poluentes orgânicos persistentes (POPs) com usos restritivos, com perspectiva de serem proibidos (VINHA *et al.*, 2020).

A termonebulização, aplicação de produtos químicos em forma de fumaça, se torna um método complementar ao anterior e diferentemente das iscas granuladas, requer um custo maior na aplicação, exigindo equipamentos adequados, substâncias específicas para esta finalidade e mão-de-obra especializada. O fato do operador do equipamento estar mais exposto ao inseticida, com possíveis intoxicações no momento da aplicação, associado a contaminação do solo, faz com que este método seja recomendado em situações muito específicas no controle de ninhos velhos (38 meses) de *Atta* sp. (VINHA *et al.*, 2020). No Paraná, atualmente, não existem produtos comerciais disponíveis para esta modalidade.

As formulações líquidas também são complementares às iscas, mas o que as tornam menos desejáveis é a questão do alto risco de contaminação das águas subterrâneas e requererem um grande volume de água (GUNASEKARA *et al.*, 2007). Aquelas aplicadas via pó seco, necessitam de equipamentos adequados e além disso, possuem capacidade limitada para alcançar as câmaras mais profundas do ninho e, portanto, têm baixa eficiência de controle (DELLA LUCIA *et al.*, 2014).

O método físico consiste na utilização de barreiras na contenção do fluxo de operárias, quando estas saem em forrageamento, de tal forma que as impeçam de atingir a parte aérea da planta (ARAÚJO *et al.*, 2003; ZANETTI *et al.*, 2002). Por meio de dispositivos, sejam eles artesanais ou comerciais, como fitas adesivas, cones e cilíndricos plásticos etc., as formigas-cortadeiras encontram dificuldades para o corte de folhas, flores e frutos, sendo diversos os modelos patenteados (DAMASCENO, 2005; GALLI *et al.*, 2009; LIMA, 2007).

Pelas características de praticidade e custo, são alternativas aceitas, quando determinadas culturas estão em estágios iniciais ou críticos de desenvolvimento, a exemplo de mudas florestais ou ainda em espécies perenes, nos sistemas convencional e orgânico. Este meio demanda manutenção constante e assim, inviabiliza sua utilização em grandes áreas.

Apesar destas barreiras físicas constituírem uma técnica muito antiga, são poucos os estudos que demonstram a eficiência no controle (ARAÚJO *et al.*, 2003; MORESSI *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2001). Segundo Almeida (2011), a depender da intensidade de forrageio e espécie vegetal atacada, determinados dispositivos não impedem o acesso à parte aérea.

O controle mecânico, também se torna uma alternativa frente às saúvas. Não exige necessariamente o preparo técnico, visto que com o uso de

ferramentas (pás/enxadas), pode-se realizar a escavação nos locais de retirada de terra. Opta-se também em áreas maiores, quando possível, pelo revolvimento do solo com máquinas. Porém, é um método pouco utilizado (MORESSI *et al.*, 2007) pela dificuldade de localização da rainha e pela demanda de mais esforços. Também, é recomendável em ninhos novos, com galerias superficiais e com poucos indivíduos.

O método cultural, por sua vez, preconiza as práticas que visam a diversificação dos sistemas de cultivo, cultura armadilha, rotação de culturas, plantas indesejáveis, uso de fertilizantes e outros (MONTROYA-LERMA *et al.*, 2012; ZANETTI *et al.*, 2014).

Algumas plantas são conhecidas por seus efeitos inseticidas, como tefrósia (*Tephrosia vogelii* Hook. F.) e nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), já havendo produtos comerciais direcionados aos diferentes sistemas de produção (MOREIRA *et al.*, 2006). Porém, sugere-se que novos estudos sejam realizados, visto por exemplo a eficiência da substância azadiractina, presente no óleo de nim, no colapso do ninho. Busca-se ainda, verificar seus efeitos imunossupressores em outras espécies de formigas-cortadeiras e sua ação fungicida (SACHET, 2015). A influência em outros aspectos fisiológicos desses insetos, foi estudada por Amaral *et al.* (2018), sendo observado que esta substância reduz drasticamente a oviposição em ninho de *A. sexdens*.

Na prática, também se constatou que saúvas, na ausência de plantas preferidas e em locais com plantas invasoras e potencialmente tóxicas (BIGI *et al.*, 2004), tendem a forragear estas. Exemplo da mamona (*Ricinus communis* L.), com folhas recortadas e sementes transportadas próximas aos olheiros de alimentação (SANTO, 2007).

Com isso, no sentido abrangente de controle, se faz primordial a realização do Manejo Integrado de Pragas (MIP) – formigas-cortadeiras (ZANETTI *et al.*, 2002; ZANETTI *et al.*, 2014), adotando-se várias alternativas que complementem o uso racional das substâncias e estratégias.

2.4 CONTROLE BIOLÓGICO

Estudos que busquem promover o uso de inimigos naturais, também podem ser agregados e promissores, especialmente quanto à sustentabilidade do ecossistema. Desta forma, o controle natural consiste na conservação das

populações, mais ou menos flutuantes, de inimigos naturais dos organismos alvos. Considera-se essa manutenção dentro de limites superiores e inferiores regulados por fatores ambientais bióticos e/ou abióticos em um período de tempo (DEBACH & HUFFAKER, 1964). Este é o controle que atende ao preceito básico da manutenção dos inimigos naturais, por meio da manipulação ambiental (uso de agrotóxicos seletivos em épocas corretas, redução de dosagens de agrotóxicos, evitar a utilização de práticas culturais inadequadas, manutenção de habitat ou fontes de alimentação para inimigos naturais) de modo que se tenha equilíbrio das pragas (BERTI FILHO & MACEDO, 2011; HAJEK & EILENBERG, 2018).

O controle clássico é aquele em que se baseia na introdução de inimigos naturais de um país para outro ou de uma região muito distante para outra. É definido também como a importação e colonização de parasitoides ou predadores, visando ao controle de pragas exóticas, eventualmente nativas. As liberações para esse tipo de controle são inoculativas (liberações de pequeno número de insetos). A denominação de clássico se deu com a introdução da joaninha *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850) (Coleoptera: Coccinellidae) da Austrália para o controle da cochonilha-australiana *Icerya purchasi* Maskell, 1879 (Hemiptera: Margarodidae) nos Estados Unidos, em 1888 (BERTI FILHO & MACEDO, 2011).

Já o controle aplicado consiste em liberações massais de agentes controladores, após sua produção em laboratório (biofábricas), objetivando uma rápida redução da população da praga para seu nível de equilíbrio (BERTI FILHO & MACEDO, 2011). Dentre os tipos de controle biológico, é o mais aceito pelos produtores, pois possui ação rápida. Os investimentos tecnológicos do setor agrícola possibilitaram a multiplicação dos inimigos naturais (criação massal) e permitiram uma maior abrangência no mercado atual, alcançando cada vez mais as propriedades rurais (VAN LENTEREN, 2012).

2.4.1 Controle biológico no Brasil

Apesar do uso do controle biológico ser recente no Brasil, quando comparado com outros países, alguns programas de manejo obtiveram sucessos (BERTI FILHO & MACEDO, 2011).

Controlar as pragas agrícolas e os insetos transmissores de doenças, a partir do uso de seus inimigos naturais, possibilita o avanço de tecnologias biológicas

para complementar aquelas já existentes (EMBRAPA, 2019).

Segundo Berti Filho & Macedo (2011), o histórico no Brasil se dá em 1921 com a introdução de *Encarsia berlesei* (Howard, 1906) (Hymenoptera: Aphelinidae), dos Estados Unidos, no controle da cochonilha-branca-do-pessegueiro, *Pseudaulacaspis pentagona* (Rargioni-tozzitti, 1887) (Hemiptera: Diaspididae). Em 1923 foi introduzido do Uruguai, *Aphelinus mali* (Haldeman, 1851) (Hymenoptera: Aphelinidae), para o controle do pulgão-lanífero da macieira, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) (Hemiptera: Aphididae).

Adolfo Hempel introduziu em 1928, a vespa-de-uganda, *Prorops nasuta* (Waterston, 1923) (Hymenoptera: Bethyridae), da África, para o controle da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae). Oscar Monte, em 1932, encontrou a mosca-do-amazonas, *Lydella minense* (Townsend, 1927) (Diptera: Tachinidae), parasitoide da broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), no Estado de Minas Gerais. Fonseca e Piza Júnior introduziram, da África Oriental, *Heterospilus coffeicola* (Schmiedknecht, 1923) (Hymenoptera: Braconidae), mas, como o parasitoide não se multiplicava em laboratório, o programa não teve continuidade. Em 1937, *Tetrastichus giffardianus* Silvestri 1915 (Hymenoptera: Eulophidae) foi introduzido do Havaí, por Filippo Silvestri, para o controle da mosca-das-frutas, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), mas com resultados não satisfatórios. Em 1939, Reiniger e Gomes observaram um ataque de *Aschersonia aleyrodidis* Webber sobre *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896) (Hemiptera: Aleyrodidae) e Viégas assinalou o fungo *Verticillium lecanii* sobre *Coccus viridis* (Green, 1889) (Hemiptera: Coccidae) e *Batkoa dysderci* (Viégas) Humber sobre *Dysdercus* sp. Guérin-Ménéville, 1831 (Hemiptera: Pyrrhocoridae).

Em 1942, Souza estudou a biologia de *Paratheresia claripalpis* Wulp, 1896 (Diptera: Tachinidae), um parasitoide da broca-da-cana. Lepage publicou observações sobre fungos e uma bactéria atacando a escama-vermelha-dos-citros, *Aonidiella aurantii* (Maskell, 1879) (Hemiptera: Diaspididae), no estado de São Paulo em 1943. Neste mesmo ano, Pedrito Silva estudou o emprego de *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae) no controle da traça-do-cacau, *Cadra cautella* Walker, 1863 (Lepidoptera: Pyralidae). Um ano depois, Jefferson Rangel introduziu o parasitoide *Macrocentrus ancilivorus* Rohwer (Hymenoptera: Braconidae), dos Estados Unidos, no controle da lagarta da mariposa-oriental-do-pessegueiro,

Grapholita molesta (Busck, 1916) (Lepidoptera: Olethreutidae). Ainda neste período, Mesquita, auxiliado por Robbs, estudou as possibilidades de controle da broca-do-café pelo fungo *Beauveria bassiana*.

Em 1946, Jalmirez Gomes e Américo Gonçalves iniciaram a multiplicação em laboratório de *Trichogramma minutum* Riley, 1871 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoide de ovos de Lepidoptera, para o controle da broca-da-cana. Já em 1949, Domingos Gallo estudou a biologia da mosca-do-amazonas, *L. minense* (Diptera: Tachinidae), em Piracicaba-SP e por meio de criação massal em laboratório liberou a mosca em canaviais. Um ano após, Gallo fez a primeira permuta internacional de um inimigo natural, trocando espécimes da mosca-do-amazonas por espécimes da mosca-cubana, *Lixophaga diatraeae* (Townsend, 1916) (Diptera: Tachinidae), com o entomologista Scaramuzza, de Cuba.

Em 1960, Figueiredo e colaboradores obtiveram resultados satisfatórios, empregando *Bacillus thuringiensis* no controle dos lepidópteros: *Alabama argillacea* (Hübner, 1823) (Noctuidae), *Patania silicalis* (Guenée, 1854) e *Azochis gripusalis* Walker, 1859 (Pyralidae). Realizou-se dois anos após, o primeiro Simpósio Brasileiro sobre Combate Biológico, no Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, da Escola Nacional de Agronomia, no Rio de Janeiro, patrocinado pelo Ministério da Agricultura. Robbs publicou neste mesmo período uma relação de doenças sobre insetos e ácaros da Baixada Fluminense. Em 1964 foi constatada a ocorrência epizootica de *Metarhizium anisopliae* sobre a cigarrinha-das-folhas, *Mahanarva posticata* (Stål, 1855) (Hemiptera: Cercopidae), na região de Campos-RJ e dois anos mais tarde, Bennett e Gallo recomendaram o referido fungo no Nordeste brasileiro.

Em 1967 foi introduzida *Neodusmetia sangwani* (Subba Rao, 1957) (Hymenoptera: Encyrtidae), para o controle da cochonilha-do-capim, *Antonina graminis* (Maskell, 1897) (Hemiptera: Pseudococcidae). Em 1969, com os problemas decorrentes da introdução da cigarrinha-das-folhas no Nordeste, o fungo *Metarhizium anisopliae* passou a ser estudado por diversos centros de pesquisas, como Codecap, IPA e IAA/Planalsucar. Entre 1971-1973 Domingos Gallo, Roger N. Williams e Evoneo Berti Filho introduziram do "Commonwealth Institute of Biological Control", de Trinidad e Tobago, os himenópteros parasitoides *Phanerotoma* sp. (Braconidae), *Tetrastichus spirabilis* Waterston, 1922 (Eulophidae) e *Trichogrammatoidea nana* (Zehntner, 1896) (Trichogrammatidae) para o controle da broca-do-cedro; os parasitoides *Hypsipyla*

grandella Zeller, 1848 (Lepidoptera: Pyralidae), *Itoplectis naranyae* (Ashmead, 1906) (Ichneumonidae), *Pediobius furvus* (Gahan, 1928) (Eulophidae), *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 e *Cotesia sesamiae* (Cameron, 1906) (Braconidae) para o controle da broca-da-cana; o díptero *Eucelatoria* sp. Townsend, 1909 (Tachinidae) para o controle de *Heliothis* sp. Ochsenheimer, 1816 (Lepidoptera: Noctuidae) e o predador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, 1853 (Coleoptera: Coccinellidae) para o controle de *Dysmicoccus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae).

Entre 1978-1982 o Centro Nacional de Pesquisa do Trigo (CNPT) da Embrapa, em Passo Fundo-RS, introduziu 14 espécies de himenópteros parasitoides e duas espécies de coccinélídeos predadores para o controle biológico dos pulgões do trigo. Em seguida, o Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, em Piracicaba-SP, iniciou o Programa de Controle Biológico da broca-da-cana-de-açúcar com os parasitoides de ovos, *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Em 1984, o Departamento de Entomologia da ESALQ introduziu o parasitoide *Spalangia endius* Walker, 1839 (Hymenoptera: Pteromalidae), da Flórida, Estados Unidos, para iniciar o Programa de Controle Biológico da mosca-doméstica em áreas avícolas.

Em 1990, *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foi introduzido da Colômbia para controlar a traça-do-tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), em tomateiro industrial. Quatro anos depois, *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) foi utilizada para controlar as moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). Nos anos de 1994-1995 foram utilizadas *Anagyrus diversicornis* (Howard, 1894), *Acerophagus coccois* Smith, 1880 e *Aenasius vexans* Kerrich, 1967 (Hymenoptera: Encyrtidae) para controlar a cochonilha-da-mandioca, *Phenacoccus herreni* Cox & Williams, 1981 (Hemiptera: Pseudococcidae).

Em 1998, *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya, 1983 (Hymenoptera: Encyrtidae) foi introduzido da Flórida, Estados Unidos, por um grupo de pesquisadores da ESALQ/ USP, Fundecitrus, Embrapa e Gravena-ManEcol com a colaboração da Dra. Marjorie Hoy, para controlar o minador-dos-citros, *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae). Neste mesmo ano, Sérgio Batista Alves editou o livro Controle Microbiano de Insetos, enfocando o controle microbiano como componente indispensável de qualquer programa de MIP. Em 2002, Parra, Botelho, Corrêa-Ferreira e Bento editaram o livro Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e

Predadores, incluindo conceitos básicos, os casos de sucesso ocorridos no Brasil, possíveis associações do Controle Biológico com outras alternativas de controle e avaliação sobre o futuro da utilização de inimigos naturais para o controle de pragas.

Em 2006, Pinto, Nava, Rossi e Malerbo-Souza organizaram o livro *Controle Biológico de Pragas na Prática*, abordando a utilização de predadores, parasitoides e entomopatógenos, além de avaliar os programas em prática no Brasil e discutir acerca das inovações tecnológicas no setor e relacionar outras táticas com o Controle Biológico. Ainda nesse mesmo ano, De Bortoli, Boiça Junior e Oliveira editaram o livro *Agentes de Controle Biológico – Metodologias de Criação, Multiplicação e Uso*, fruto do curso “Agentes de Controle Biológico - Predadores, Parasitoides e Entomopatógenos – Metodologias de Criação, Multiplicação e Uso no Controle de Pragas”, realizado em novembro de 2005 no Centro de Convenções da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP).

Já em 2009, Bueno organizou a segunda edição do livro *Controle Biológico de Pragas – Produção e Controle de Qualidade*. A obra é bastante atual e trata de três assuntos de grande relevância para o Controle Biológico moderno: criação massal, controle de qualidade, regulamentação e riscos da introdução de inimigos naturais, sejam predadores, parasitoides ou entomopatógenos, evidenciando a evolução do Controle Biológico no Brasil.

2.4.2 Controle biológico de formigas-cortadeiras

O método de aplicar um organismo vivo em sistemas agrícolas, que permita interferir na vida e comportamento de outros, faz com que novas linhas de pesquisas cresçam (EMBRAPA, 2019).

O uso de fungos entomopatogênicos têm sido contemplado em diferentes sistemas produtivos (DALZOTO & UHRY, 2009; SIMI *et al.*, 2018; SOLIMAN *et al.*, 2019) por serem considerados microorganismos versáteis e seguros ao meio ambiente (DAQUILA; CONTE; BERGAMO, 2019), sendo investigados desde 1988 em ninhos de saúvas (DIEHL-FLEIG *et al.* 1988). Apresentam resultados promissores com descobertas de isolados com grande potencial para serem avaliados em campo (BEZERRA, 2018; TRAVAGLINI, 2017).

Ainda, entre os organismos que são empregados no controle biológico de diversas pragas-chave, os parasitoides são exemplos reais do sucesso ecológico

e econômico no controle. Várias são as culturas que os utilizam no manejo, como em pomares e canaviais (BOTELHO *et al.*, 1999; FAPESP, 2017).

A utilização deste grupo de insetos benéficos, também é uma alternativa válida para o manejo integrado das saúvas, de modo a reduzir o uso de produtos químicos e preservar a biodiversidade local (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Observou-se desde 1992 (DELLA LUCIA & AMARAL, 2020) que nos ninhos de formigas-cortadeiras, é comum a ocorrência de moscas parasitoides, provocando mortes em formigas atacadas e, ainda alterando negativamente o forrageamento do ninho. Em função do comportamento de seu ataque (ameaça), as atividades das formigas são diminuídas e até mesmo suspensas (BRAGANÇA, 2011).

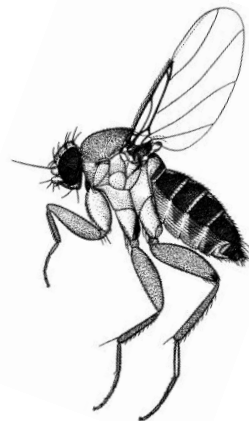
2.5 MOSCAS DA FAMÍLIA PHORIDAE

A família Phoridae Curtis, 1833 apresenta uma rica diversidade, sendo descritas cerca de 4.000 espécies distribuídas em 289 gêneros (AMENT & BROWN, 2016; DUARTE, VAZ, KRÜGER, 2018; PEREIRA, SILVA-FREITAS, BRAVO, 2015). Porém, estima-se que existam de 40.000 a 50.000 (AMENT & BROWN, 2016) em diferentes regiões do globo, com concentração e em maior diversidade nos trópicos (DISNEY *et al.*, 1990; 1994). Estes dados expressam a escassez e dificuldades de estudos, relacionando-se o tamanho e comportamento das espécies como causa (BROWN, 2002; 2004).

No Brasil, segundo Ament e Pereira (2019), atualmente, 851 espécimes são conhecidas em 101 gêneros, embora as estimativas apontem para uma riqueza de 5.000 (CARVALHO *et al.*, 2012). Isso se dá pela concentração de estudos em poucas regiões brasileiras, como nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Tocantins (BRAGANÇA & MEDEIROS, 2006; DUARTE, VAZ, KRÜGER, 2018), comumente associados às regiões onde os pesquisadores atuam.

Os forídeos são insetos que variam de 0,39 a 4,0 mm em comprimento (AMENT & BROWN, 2016; BROWN, 2018). As moscas (Figura 03) são conhecidas como “mosca passo rápido” ou “*scuttle flies*” pelo movimento rápido e pequenas pausas que executam em trajetos curtos, o que remete ao nome do grupo “Phora” (Disney *et al.*, 1994).

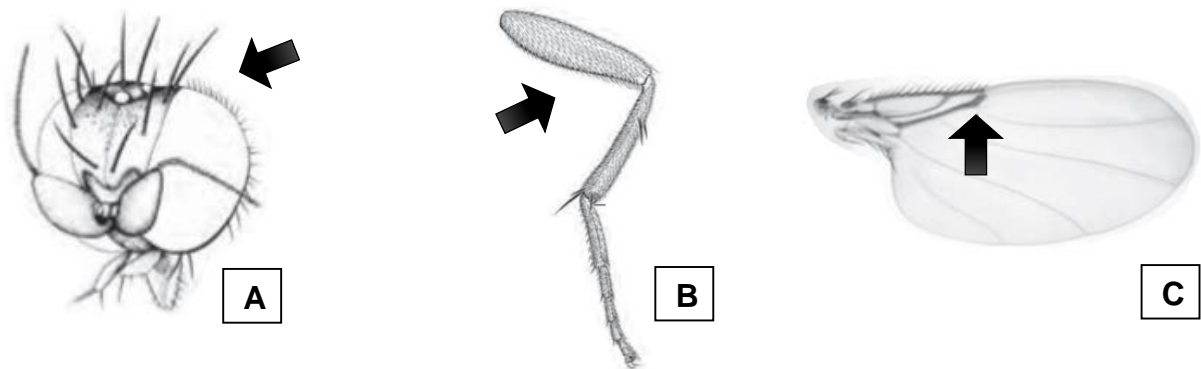
Figura 03 — Representação do adulto de *Megaselia* sp.



Fonte: Smith (1986) – GERHARDT & HRIBAR Royal Entomological Society of London, 41. Queen's Gate, London SW7 SHU.

Apresentam como características diagnósticas da família, a ausência de sutura ptilineal e a quetotaxia da cabeça, com a seguinte configuração: um par ventral e um dorsal de cerdas interfrontais, um par ventral e um dorsal de cerdas fronto-orbitais, um par interno e um externo de cerdas verticais (4-4-4), um par de cerdas pós-ocelares e podendo conter também, cerdas supra antenais. O tórax é encurtado de aspecto “corcunda”; asas com veias radiais e costais espessadas, as posteriores finas e lineares e ausência de transversais. Existem espécimes que apresentam asas reduzidas ou ausentes e por fim, em sua maioria, possuem o fêmur posterior achatado e largo (AMENT & BROWN, 2016; BROWN & SMITH, 2010) (Figura 04):

Figura 04 — Características predominantes em forídeos. Configuração de cerdas na cabeça (A); fêmur posterior achatado (B) e asa com veias R espessadas (C).



Fonte: PHORIDAE (HUMP-BACKED FLIES, SCUTTLE FLIES); Brian V. Brown - Manual of Central American Diptera — Volume 2.

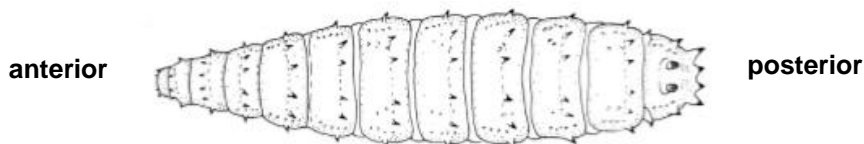
Estudos realizados por Brown (1992), subdividiu a família Phoridae

em 5 diferentes agrupamentos (subfamílias): Hypocerinae, Aenigmatiinae, Metopininae, Phorinae e Conicerinae. O autor acrescenta também que as relações filogenéticas eram hipotetizadas, propondo novas revisões de gêneros com maior amplitude de caracteres.

Posteriormente, quarenta e seis caracteres (morfologia torácica em conjunto com outras partes do corpo) foram sugeridos na reconstrução filogenética da família. Surgiu então, uma nova classificação segundo Brown, De Souza Amorim e Kung (2015): Sciadocerinae (Schmitz, 1929); Chonocephalinae subfam. nov; Termitoxeniinae (Wasmann, 1901); Metopininae (Rondani, 1856) e Phorinae (Curtis, 1833).

Quando imaturos (Figura 05), as larvas são variadas, com corpo freqüentemente achatado dorsoventralmente, mas também, alongadas-cilíndricas e ovais-achatadas. São altamente adaptáveis nos ecossistemas por apresentarem diferenças quanto ao hábito de vida, sendo herbívoros, micófagos, predadores, parasitas ou ainda parasitoides. Neste último, atacam formigas, abelhas e outros insetos sociais (térmitas/vespas) (AMENT & BROWN, 2016; BROWN, 1992; BROWN & SMITH, 2010; FEENER Jr, 1995). São considerados saprófagos, quando adultos.

Figura 05 – Vista dorsal da larva de *Megaselia* sp.



Fonte: Smith (1986) – GERHARDT & HRIBAR Royal Entomological Society of London, 41. Queen's Gate, London SW7 SHU.

O fato de estarem relacionados às formigas pragas, despertou o interesse no uso em alternativas de manejo (PORTER; DE SÁ; MORRISON, 2004), mostrando-se favoráveis. Em *Atta* sp., por exemplo, são observados os ataques de forídeos em proximidades das trilhas e em áreas de forrageamento (BRAGANÇA, DELLA LUCIA, TONHASCA Jr., 2003; DISNEY *et al.*, 2009). É também, registrado por Bragança *et al.* (2016) a ocorrência de multiparasitismo em saúvas, ou seja, parasitoides de diferentes espécies acometendo a mesma formiga-operária.

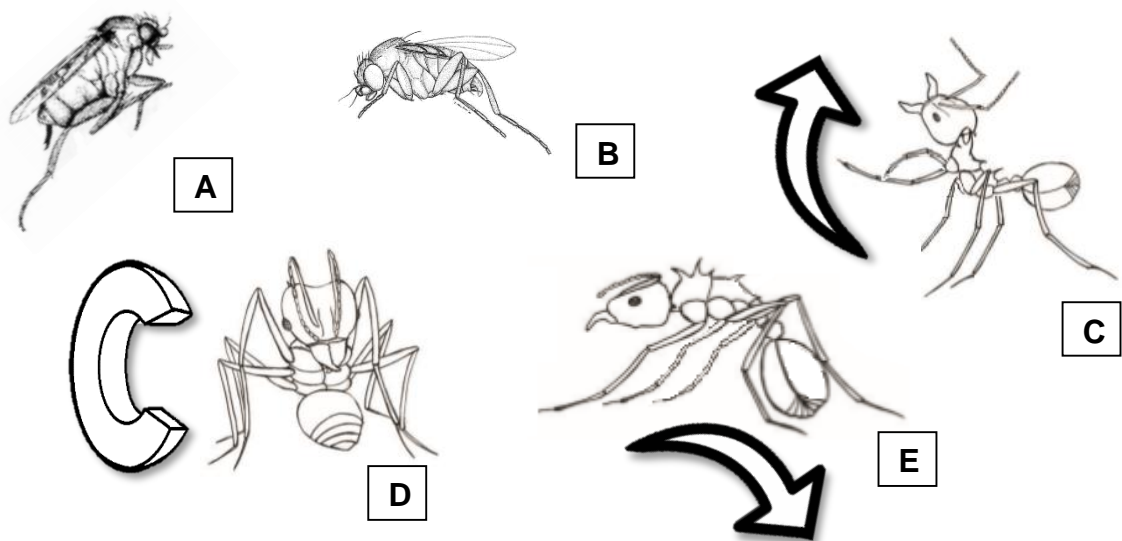
Folgarait (2013) relata *Apocephalus* sp. (BROWN, 1997), *Eibesfeldtphora* sp. (BROWN, 2001) e *Myrmosicarius* sp. (DISNEY *et al.*, 2006) como

os principais gêneros ocorrentes em *Atta* sp., com confirmação da emergência das moscas.

As interações forídeos/formigas-cortadeiras são complexas, visto a necessidade de reconhecimento do hospedeiro, o tamanho do mesmo, a atividade do ninho, disponibilidade de alimento, sazonalidade, clima e temperatura, hora do dia, proximidade de matas, entre outros (FEENER Jr, 2000; PHILPOTT *et al.*, 2004). Bailez (2016) acrescenta que na relação entre estes organismos, o parasitoide está submetido a uma pressão de seleção para melhorar suas capacidades de localização, escolha e ataque ao hospedeiro. Por sua vez, a ação do parasitoide gera uma pressão de seleção no hospedeiro para melhorar suas defesas. Assim temos que, parasitoide e hospedeiro desenvolvem alternadamente estratégias contrapostas que evoluem progressivamente (GORDON, 2019).

Encontram-se variadas estratégias desta interação (ELIZALDE & FOLGARAIT, 2012), sendo mencionadas a tática de emboscada e a procura ativa (ELIZALDE & FOLGARAIT, 2011) no qual os parasitoides ovipositam na região das peças bucais quando estas realizam a fragmentação dos vegetais. Também, pode ocorrer oviposição no forame occipital, tórax e gáster das formiga. Em contrapartida, as saúvas respondem com o escape, defesa e resistência (BAILEZ, 2016) (Figura 06):

Figura 06 – Interação forídeo/formiga-cortadeira. Diferentes parasitoides de formigas-cortadeiras (A - B); formigas-operárias respondem atacando com as mandíbulas abertas (C), por defesa em postura 'C' (D) e gáster abaixado (E).



Fonte: Jesse Cantley. Brown, B.V. (1999). *Sociobiology* 33: 95-103. Adaptado de Folgarait (2013).

A utilização destes inimigos naturais pode ser explorada em diferentes áreas e períodos do ano, adotando-se a espécie de maior ocorrência (SILVA *et al.*, 2008). Assim, no estudo de comportamento, é importante atentar-se aos meios de coleta e manutenção destes, de modo que sejam criados em laboratórios e expressem o parasitismo (GUILLADE & FOLGARAIT, 2014).

2.6 PARASITISMO POR FORÍDEOS

A riqueza de formigas-cortadeiras (hospedeiros) em uma localidade é determinante no sucesso do parasitismo por diferentes espécies de forídeos (ELIZALDE & FOLGARAIT, 2010). Ou seja, isso possibilita que na ausência de um hospedeiro em um determinado período, o parasitoide pode sobreviver às custas de um outro hospedeiro.

A interação entre parasitoide e hospedeiro envolve diferentes estratégias que condicionam o real controle do hospedeiro (MATHIS & PHILPOTT, 2012). A localização e local de oviposição no inseto-alvo é essencial para a sobrevivência de muitas espécies parasitoides (GAZAL, BAILEZ, VIANA-BAILEZ, 2009) que durante o seu forrageamento detectam pistas específicas e permite a detecção do hospedeiro no ambiente (DJEMAI *et al.*, 2004).

O mecanismo de localização do hospedeiro, em insetos parasitóides, tem sido estudado tanto em himenópteros quanto em dípteros. Em himenópteros, o hospedeiro é localizado principalmente pelos odores que libera, ou por seu habitat. Em dípteros, além do odor, pistas visuais e acústicas podem influenciar o processo de localização (FEENER & BROWN, 1997).

Os forídeos parasitoides de formigas-cortadeiras encontram seus hospedeiros detectando pistas químicas, visuais ou ambas, de acordo com a espécie (GAZAL, BAILEZ, VIANA-BAILEZ, 2009).

O forídeo *Eibesfeldtphora elongata* (Brown, 2001) por exemplo, é um parasitóide com alta ocorrência ao longo das trilhas de formiga pertencentes a espécie *A. sexdens* (SILVA, *et al.*, 2008). Apesar de sua baixa taxa de parasitismo, descobriu-se que esta mosca utiliza de forma combinada, pistas químicas e visuais, sugerindo um sinergismo causado pelo odor da trilha de forrageamento e estímulos oriundos das atividade das operárias (GAZAL, BAILEZ, VIANA-BAILEZ, 2009; TONHASCA JR *et al.*, 1996).

Além disso, o tamanho das operárias forrageadoras influencia as diferentes espécies parasitoides no momento dos ataques, operárias maiores são escolhidas por espécies de forídeos de maior tamanho e número de larvas (BRAGANÇA, TONHASCA JR, MOREIRA, 2002; SILVA, *et al.*, 2007).

Os comportamentos exibidos durante o parasitismo, foram categorizados como empoleirado, quando o forídeo localiza-se ao lado da trilha; empoleirado na folha, quando o forídeo permanece sobre o fragmento vegetal transportado pela formiga; voo de inspeção, quando a mosca está voando nas proximidades do ninho; vôo de perseguição, quando se encontra próximo aos hospedeiros; tentativa de ataque, quando as moscas tocam levemente as formigas; ataque, quando acontece penetração aparente do ovipositor (BEDOYA COCHET, ORTEGA LEÓN, ORTIZ-REYES, 2017; BRAGANÇA & MEDEIROS, 2006; ELIZALDE, 2009).

Exemplos de ataques em formigas-operárias são descritos no estudo de Bragança, Tonhasca Jr, Moreira (2002) em que *Apocephalus attophilus* Borgmeier, 1928 se aproximou da área de forrageamento por meio de pequenos ataques de vôo e pousando nas folhas ocupadas por forrageadoras de *A. laevigata*. Quando um hospedeiro foi localizado, *A. attophilus* parou por alguns segundos na frente dele e tocou o seu aparelho bucal, repetidamente. O forídeo posicionou-se em paralelo com a superfície da folha de modo que ficasse voltado para o lado oposto da mandíbula da formiga. Nesta fase, o forídeo estendeu e contraiu sucessivamente seu ovipositor, aparentemente tentando inseri-lo na região basal das mandíbulas. As formigas podem reconhecer a ameaça de forídeos pelo zumbido das asas (PORTER *et al.*, 1995) e o fato de que algumas espécies como *Apocephalus wallerae* Disney, 1980 e *A. attophilus* se aproximam de seus hospedeiros caminhando em vez de voar, ajudam a reduzir as chances de detecção, especialmente considerando a vulnerabilidade das moscas durante a oviposição.

Por outro lado, *Eibesfeldtphora tonhascai* (Brown, 2001) se aproxima da formiga pela frente ou pelos lados, aparentemente introduzindo o ovipositor na parte posterior da cabeça do alvo. Já *Eibesfeldtphora erthali* (Brown, 2001) se aproxima do hospedeiro pelo lado e introduz o ovipositor na porção final do gáster da formiga, provavelmente na abertura anal (BRAGANÇA, TONHASCA JR, MOREIRA, 2002).

Por fim o tempo de desenvolvimento também é levado em

consideração quando se aborda o parasitismo em formigas-cortadeiras. Relata-se que os forídeos pertencentes ao gênero *Apocephalus* sp. são os que tem menor tempo entre morte do hospedeiro e emergência do adulto, comparado-se a espécie *A. attophilus* e *E. tonhascai* (FARDER-GOMES *et al.*, 2017).

2.6.1 Criação de parasitoides

Pesquero *et al.* (1995) observaram que a criação de parasitoides de formigas-de-fogo (*Solenopsis* Westwood, 1840) poderia ser promissora com o rápido desenvolvimento de *Pseudacteon* sp., utilizado no controle biológico deste himenóptero nos Estados Unidos.

Muitos estudos se sucederam com o intuito de desenvolver técnicas de emprego destes inimigos naturais no biocontrole. Porter & Plowes (2018) estudaram a biologia de *Pseudacteon bifidus* Brown & Morrison, 1999 em condições controladas de temperatura, umidade, iluminação e controles mecânicos automáticos, que favoreceram a criação em larga escala. Para a obtenção de resultados positivos, estes autores modificaram os procedimentos de criação preexistentes para fornecer aos adultos acesso à água e água com açúcar (maior sobrevivência), estenderam o acesso aos hospedeiros por 1 a 2 dias extras e evitaram a reutilização de colônias de hospedeiros com baixas taxas de parasitismo.

As taxas de desenvolvimento dos estágios imaturos de *P. bifidus* foram mais rápidas do que outras espécies de *Pseudacteon* a temperaturas comparáveis. Por exemplo, o tempo de desenvolvimento total para *P. bifidus*, a 27,6 °C, foi em média de 30 dias (PORTER & PLOWES, 2018). Para *Pseudacteon curvatus* Borgmeier, 1925 e *Pseudacteon obtusus* Borgmeier, 1925 foram registrados de 32 a 33 dias e 34 a 37 dias, respectivamente (CHIRINO *et al.* 2009; FOLGARAIT *et al.* 2005). Outras espécies de *Pseudacteon* necessitaram também de 38 a 53 dias para completar seu desenvolvimento, a 27 a 28 °C (FOLGARAIT *et al.* 2002).

Em relação as formigas-cortadeiras, Guillade & Folgarait (2014) reforçaram a necessidade de projetar protocolos para a criação em massa de seus parasitoides, requerindo o conhecimento das condições de temperatura e umidade que otimizam seu desenvolvimento em termos de duração, sobrevivência e longevidade dos adultos. Tais autores evidenciaram que os parasitoides submetidos em condições de criação com a menor temperatura (20 °C) e 80 % de umidade relativa

(UR), tiveram significativamente períodos prolongados de desenvolvimento, enquanto a menor duração foi alcançada com 28 °C e 80% de UR.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no município de Londrina - PR, no período de junho de 2019 a maio de 2020. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger o clima da região é subtropical úmido (Cfa), com temperatura do ar média do mês mais frio inferior a 18°C e temperatura do ar média no mês mais quente acima de 22°C, verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porém sem estação seca definida (ALVARES *et al.*, 2013; WREGE *et al.*, 2012).

Foram escolhidas duas áreas, sendo a primeira o Campus da Universidade Estadual de Londrina – UEL (23°19'S, 51°12'O) (Figura 07) e a segunda, uma mata nativa do município, Jardim Botânico – JBL (23°21'S, 51°10'O) (Figura 08).

A UEL abrange uma área de 235ha e está localizada ao sudoeste da cidade de Londrina, em uma área mais urbanizada. Possui, além das áreas de jardins e gramados com *Hibiscus* L. e *Rhododendron* L., muitas espécies vegetais como gimnospermas (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Pinus* sp.), angiospermas (*Mangifera indica* L., *Persea americana* Mill., *Melia azedarach* L. etc.) e samambaias (*Azolla filiculoides* Lam., *Meniscium serratum* Cav. etc.). O solo predominante neste local caracteriza-se como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) (BHERING *et al.*, 2007).

Figura 07 – Campus Universitário UEL.



Fonte: <https://earth.google.com>

No JBL, encontra-se uma área mais preservada (57ha), onde a flora é composta por camadas separadas, com predominância dos seguintes estratos: herbáceo/arbustivo (*Pilocarpus microphyllus* Stapf); sub-bosque (*Plinia cauliflora* (DC.) Kausel); dosséis (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e extrato arbóreo (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.). O solo é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVef) (BHERING *et al.*, 2007).

Figura 08 – Jardim Botânico de Londrina-PR.



Fonte: <https://earth.google.com>

Para cada localidade foram escolhidos quatro formigueiros distanciados entre si, no mínimo, em 100 metros. As áreas foram vistoriadas quinzenalmente, com coleta de formigas e forídeos parasitoides (Figura 09).

Figura 09 – Áreas de coleta de saúvas e forídeos em formigueiros da UEL e do JBL, 2019/2020. Pomar de laranja atacado na Fazenda Escola da UEL (FAZESC-UEL) (A); árvore desfolhada no Campus da UEL (B) e formigueiro próximo a mata nativa no JBL (C).

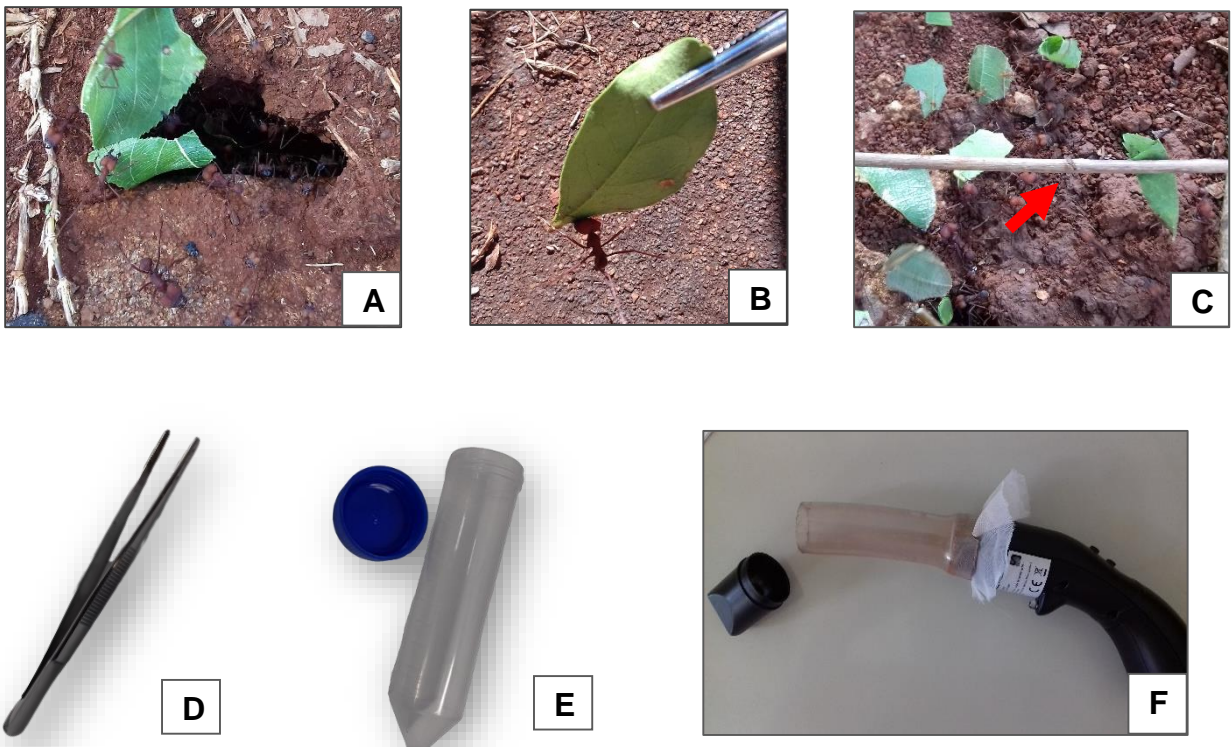


Fonte: o próprio autor.

Em cada vistoria, 100 formigas-cortadeiras por ninho foram coletadas em trilhas, áreas de forrageamento e olheiros ativos. O total de moscas foi resultante de 30 minutos de observações/ninho, capturadas durante o voo e/ou em ataques às formigas. Estes métodos são conhecidos como coleta de parasitoide larval 'CPL' e coleta de parasitoide adulto 'CPA' (ELIZALDE & FOLGARAIT, 2011). As visitas aos ninhos foram padronizadas no período da manhã das 9h às 11h e/ou a tarde das 17h às 18h.

Nos procedimentos de coleta, foram utilizados tubos cilíndricos (50ml) e um dispositivo de sucção para captura dos forídeos, além de pinças para coleta de saúvas (Figura 10):

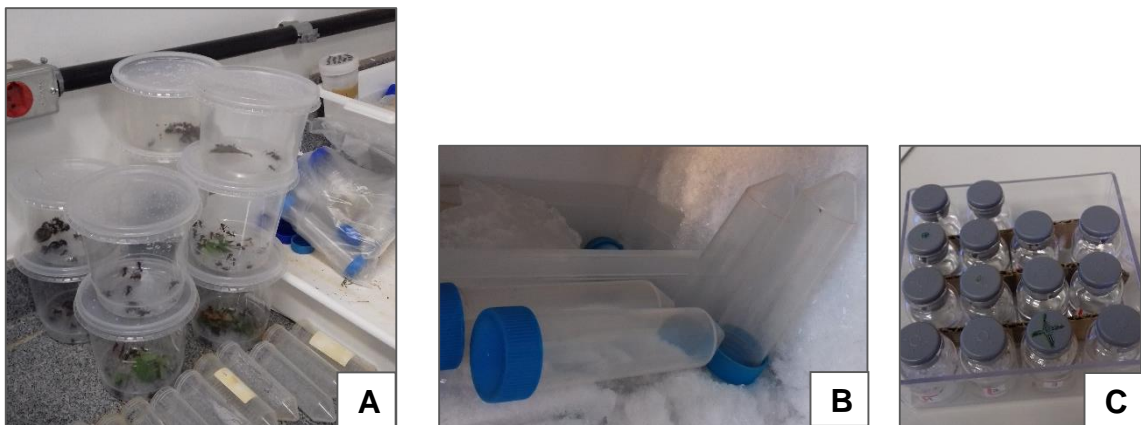
Figura 10 – Procedimentos de coleta de formigas e moscas a campo. Olheiro de alimentação de um ninho (A), formiga-operária carregando folha (B) e mosca parasitoide (C) (seta vermelha). Materiais utilizados: pinças (D), tubos cilíndricos com tampa rosqueável (E) e dispositivo de sucção de insetos (F).



Fonte: o próprio autor.

As formigas foram acondicionadas em potes plásticos (400ml) e as moscas nos tubos cilíndricos, sendo em seguida, levadas ao laboratório Multiagro-UEL. As saúvas foram mantidas em temperatura ambiente, separadas por localidade e agrupadas em 20 indivíduos em cada pote. Foram alimentadas duas vezes por semana com uma solução de mel diluída em água (BRAGANÇA & MEDEIROS, 2006), aplicada por meio de uma seringa (1ml), na parede do recipiente. Os forídeos foram mortos durante congelamento por 30 minutos, sendo, em seguida, armazenados em álcool 70% em pequenos frascos de vidro, separados por coleta, para posterior identificação (Figura 11).

Figura 11 – Etapas em laboratório. Manutenção das formigas para verificação de parasitismo (A), morte dos parasitoides por congelamento (B) e acondicionamento temporário dos parasitoides para posterior identificação (C).



Fonte: o próprio autor.

A identificação das espécies de moscas foi feita pelo Dr. Thalles Platiny Lavinsky Pereira, da Universidade de São Paulo – USP, com auxílio de chaves de identificação propostas por Uribe *et al.* 2014; Brown *et al.* 2010; Brown, 1997 e Disney *et al.* 2006.

Após doze dias, as formigas que permaneceram vivas foram descartadas, uma vez que estudos anteriores relatam que este período é suficiente para que o hospedeiro morra (ERTHAL Jr & TONHASCA Jr, 2000; TONHASCA *et al.*, 1996; TONHASCA JR; BRAGANÇA; ERTHAL JR, 2001). As formigas mortas, foram isoladas em tubos cilíndricos (50ml), para a observação do parasitismo (Tabela 1), como descrito abaixo:

Tabela 1 – Índícios de parasitismo em formigas-cortadeiras *Atta* spp. de cada gênero de forídeo.

Gêneros parasitoides	Indícios
<i>Eibesfeldtphora</i>	Presença de pupários entre as mandíbulas (BRAGANÇA, 2011)
<i>Apocephalus</i>	Presença de larvas no interior da cabeça ou fora do corpo do hospedeiro; abertura entre a região do pronoto e a propleura pela qual foi observada a larva ou pupa do parasitoide (BRAGANÇA & MEDEIROS, 2006)
<i>Myrmosicarius</i>	Cabeça sem mandíbulas, com a lateral direita escura e a esquerda translúcida (TONHASCA JR; BRAGANÇA & ERTHAL JR, 2001)

Fonte: Adaptado de Pimentel (2017).

As taxas de parasitismo foram calculadas para cada ninho/mês amostrado usando a seguinte fórmula: $(n^{\circ} \text{ de formigas parasitadas} / n^{\circ} \text{ de formigas coletadas}) * 100$. Para a confirmação do parasitismo, foram considerados os indícios descritos na Tabela 1.

A taxa de emergência de forídeos em laboratório foi calculada após a manutenção das pupas, sendo $(n^{\circ} \text{ de emergidos} / n^{\circ} \text{ total de pupas}) * 100$.

Posteriormente, os forídeos que emergiram foram mortos e colocados em álcool 70% para a etapa de identificação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das vistorias a campo foram coletados um total de 216 forídeos adultos, classificados em 2 subfamílias, 6 gêneros e 8 espécies (Tabela 2 e 3):

Tabela 2 – Espécies de moscas capturadas em interação com saúvas, Londrina-PR. 2019/2020.

Relação forídeo/formiga	Forídeos	Subfamílias
Parasitoides	<i>Eibesfeldtphora declinata</i>	Metopininae
	<i>Eibesfeldtphora tonhascai</i>	
	<i>Eibesfeldtphora elongata</i>	
	<i>Apocephalus attophilus</i>	
	<i>Myrmosicarius grandicornis</i>	
Associados	<i>Allochaeta</i> sp.	Phorinae
	<i>Megaselia</i> sp.	
	<i>Dohrniphora</i> sp.	

Fonte: o próprio autor.

Tabela 3 – Comparação da quantidade de forídeos coletados neste estudo em Londrina (PR) com os registros das demais localidades já estudadas: Santa Catarina (SC); Rio Grande do Sul (RS); Rio de Janeiro (RJ); Mato Grosso do Sul (MS) e Tocantins (TO).

Classe Insecta, Ordem Diptera, Família Phoridae	Estados brasileiros					
	PR	SC	RS	RJ	MS	TO
Subfamílias	2	4	3	4	2	1
Gêneros	6	47	18	57	6	3
Espécies	8	296	51	239	7	5

Fonte: Ament (2017); Duarte, Vaz, Krüger (2018); Bragança & Medeiros (2006); Bragança *et al.* (2016).

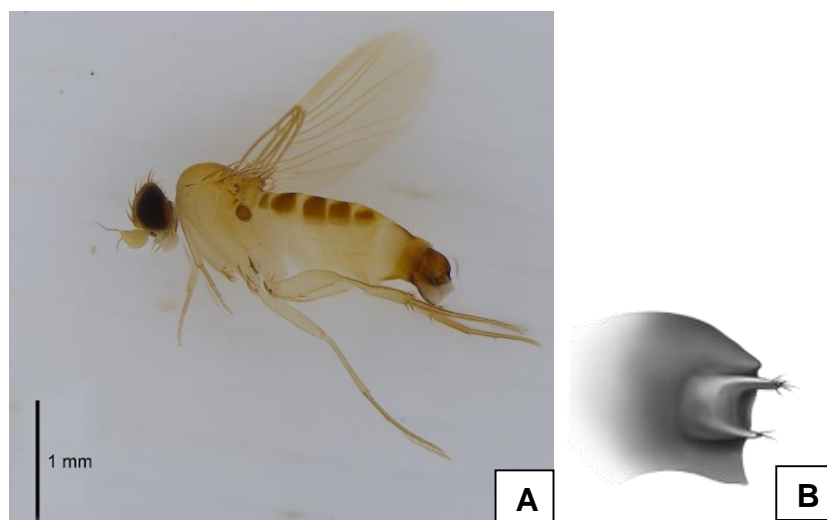
Forídeos identificados como parasitoides, ou seja, fêmeas com ovipositor esclerotizado, foram: *Eibesfeldtphora declinata* (Bogmeier, 1925), *E. elongata*, *E. tonhascai*, *A. attophilus* e *Myrmosicarius grandicornis* Borgmeier, 1928 (Tabela 3), corroborando estudos realizados por Bragança (2011), Bragança *et al.* (2016), Galvão (2016) e Silva *et al.* (2007). Estes parasitoides foram, em sua maioria, capturados durante o voo, em investidas contra as formigas-cortadeiras presentes nos

olheiros, nas trilhas e áreas de forrageamento.

O gênero *Eibesfeldtphora* (Metopininae), era considerado originalmente parte de *Neodohrniphora*, mas foi reconhecido como um gênero separado por Disney *et al.* (2009). As fêmeas adultas são descritas assim: fronte estreita, castanha e sulco mediano presente. Quetotaxia da cabeça 4-4-4 e com cerdas frontais; cerdas interfrontais inferiores muito mais baixas do que em fronto-orbitais inferiores; cerdas supra-antenais ausentes. Presença de três ocelos; triângulo ocelar negro. Palpos e probóscide pequenos e amarelos. Primeiro flagelomero ligeiramente pontiagudo e castanho claro; arista presente. Escuto castanho claro; escutelo castanho escuro. Pleura amarela a marrom clara; anepisterno nu. Pernas amarelas; todas as tíbias com fila longitudinal dorsal de pequenas cerdas (paliçada). Perna dianteira com apenas 4 tarsômeros separados (tarsômeros 4 e 5 fundidos). Asa bem desenvolvida, com veia R2+3 presente; halteres castanhos escuros. Segmentos abdominais 1-5 amarelo (raramente castanho claro) ventralmente, segmento 6 cinza escuro tornando-se amarelo posteriormente. Tergitos abdominais castanho-acinzentado escuro com faixa posterior amarela. Segmento 7 esclerotizado de cor escura (ovipositor) com vários lóbulos laterais e os segmentos 8-10 formam um estilete apicalmente pontiagudo (URIBE *et al.*, 2014).

Foi possível identificar três espécies pertencentes ao gênero *Eibesfeldtphora*, sendo um deles *E. declinata* (Figura 12), capturada no Campus da UEL e no JBL, forrageando sobre operárias de saúva-limão, o que corrobora com Brown (2001) e Silva *et al.* (2008) que verificaram a atuação do parasitoide no mesmo hospedeiro do presente estudo, e também em formigueiros de saúva cabeça-de-vidro e saúva-da-mata.

Figura 12 — *Eibesfeldtphora declinata*, vista lateral da fêmea adulta (A), vista lateral do ovipositor (B).

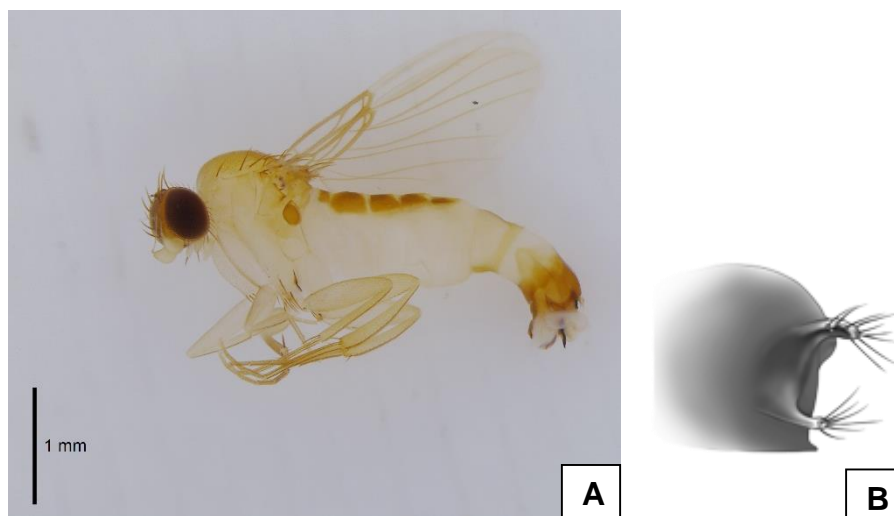


Fonte: Thalles Pereira; Uribe *et al.* 2014.

Suas características morfológicas tem sido causa de confusão, em relação à espécie *E. tonhascai*. Porém, diferentes autores afirmam que *E. declinata* têm um lobo ventral reto relativamente curto (Figura 12B), enquanto *E. tonhascai* possui um lobo ventral longo e dorsomedialmente curvado (Figura 13B) (DISNEY, 1996).

E. tonhascai (Figura 13) é reconhecida pelo lobo ventral alongado e medialmente curvo com projeções alongadas e bem separadas. Foi homenageada pelo Dr. Athayde Tonhasca Jr. e semelhante ao parasitoide anterior, atua em formigueiros da saúva-limão e cabeça-de-vidro (PESQUERO *et al.*, 2010). Acredita-se que este parasitoide, como os demais *Eibesfeldtphora* spp., são relativamente sensíveis a redução da diversidade ambiental sendo encontradas taxas maiores de parasitismo em fragmentos florestais (DE ARAÚJO GALVÃO *et al.*, 2019).

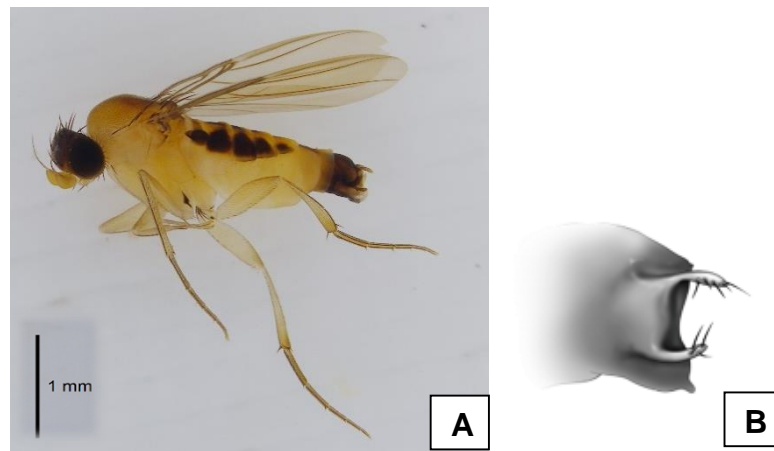
Figura 13 — *Eibesfeldtphora tonhascai*, vista lateral da fêmea adulta (A), vista lateral do ovipositor (B).



Fonte: Thalles Pereira; Uribe *et al.* 2014.

E. elongata (Figura 14) é facilmente identificada pelo ovipositor com projeções curvas e alongadas de tamanhos desiguais e possui elevada ocorrência em ninhos de saúva-limão e saúva cabeça-de-vidro (GAZAL; BAILEZ; SILVA *et al.*, 2008; VIANA-BAILEZ, 2009). Foi possível observar uma preferência de seus ataques em período matutino, corroborando com os registros de por Bragança *et al.* (2008).

Figura 14 — *Eibesfeldtphora elongata*, vista lateral da fêmea adulta (A), vista lateral do ovipositor (B).



Fonte: Thalles Pereira; Uribe *et al.* 2014.

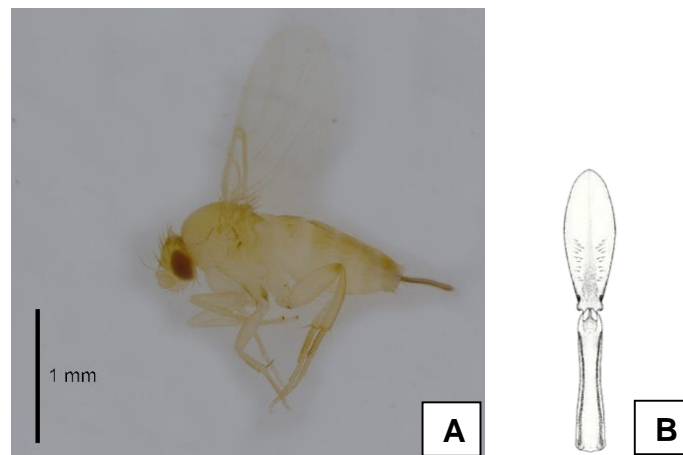
As três espécies pertencentes ao gênero *Eibesfeldtphora* ocorrem no Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo (Brasil), Leticia (Colômbia) e em Berbice (Guiana) (BROWN, 2001).

O gênero *Apocephalus* (Metopininae) foi diagnosticado por Brown (1997) e revisado por Brown (2000), agregando todas as espécies com um esclerito apical posterior, separado do ovipositor. Atualmente, este é o segundo maior gênero de forídeos, depois de *Megaselia* Rondani, 1856, com mais de 300 espécies. O gênero contém dois subgêneros comuns na América: *Apocephalus* e *Mesophora* Borgmeier, sendo o primeiro parasitoide de formigas. A vasta diversidade é um desafio do gênero, porém relata-se que as fêmeas adultas são caracterizadas por um ovipositor com uma porção apical completamente separada, denominada de esclerito apical, posterior à maior porção esclerotizada (forma de 'V'). Em algumas moscas, esse escurecimento e esclerotização do ovipositor, foi perdida, ou pode ser bastante reduzida (BROWN *et al.*, 2018).

A espécie *A. attophilus* (Figura 15) possui fronte larga e marrom clara; palpos pequenos e amarelos; cerdas palpais pequenas e pontiagudas. A porção ventral do abdômen é acinzentada. Dorso do ovipositor com esclerito triangular e longa projeção com poucas cerdas curtas. A estrutura apical caracteriza-se como um estilete longo (segmentos 8-10) (BROWN, 1997; BROWN *et al.*, 2010). É citada também por Farder-Gomes *et al.* (2018), como inimigo natural da saúva-mata-pasto, cabeça-de-vidro e saúva-da-mata. Bragança, Della Lucia e Tonhasca Jr. (2003) ainda

acrescentam *Atta colombica* Guérin como outro hospedeiro. Trata-se de uma mosca comparativamente menor que o gênero abordado anteriormente, com elevado potencial de controle e plasticidade fisiológica, ou seja, suportar ambientes desfavoráveis ao seu desenvolvimento (DE ARAÚJO GALVÃO *et al.*, 2019). Cita-se o litoral brasileiro como local de sua ocorrência (São Paulo e Rio de Janeiro), mas também ocorre em Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Santa Catarina (BROWN, 1997).

Figura 15 — *Apocephalus attophilus*, vista lateral da fêmea adulta (A), vista dorsal do ovipositor (B).



Fonte: Thalles Pereira; Brown, 1997.

Myrmosicarius (Metopininae) foi descrito por Disney *et al.* (2006) com as seguintes características diagnósticas: tarso frontal reduzido (dois segmentos), o esternito abdominal formado pelo segmento 6, sendo vestigial ou ausente e ainda pelo tubo ovipositor curvado para baixo, formado a partir dos segmentos 7 e 8.

A espécie *M. grandicornis* (Figura 16) possui tarsômeros dianteiros parcialmente fundidos, pernas geralmente alongadas e estreitas. O ovipositor esclerótico é curvado para baixo e tergito 7, com placa dorsal apical, separada (BROWN, 1992). Não só ataca a saúva-limão, como também a cabeça-de-vidro e a mata-pasto (ARRUDA *et al.*, 2019; BRAGANÇA; DELLA LUCIA; TONHASCA Jr, 2003). Foi capturada em olheiros de alimentação no Campus da UEL e no JBL, e os ataques deste parasitoide em olheiros também foi verificado por Tonhasca Jr; Bragança e Erthal Jr (2001). Esta espécie atacava predominantemente operárias de médio porte, o que se assemelha ao comportamento descrito por Elizalde & Folgarait (2011), em observações de ataque sobre formigas com maiores reservas (maior probabilidade de sobrevivência e reprodução do parasitoide). É registrado no Brasil

(Rio de Janeiro, Minas Gerais e Tocantins) e no Paraguai (DISNEY et al., 2006).

Figura 16 — *Myrmosicarius grandicornis*, vista lateral da fêmea adulta (A), vista lateral do ovipositor (B).



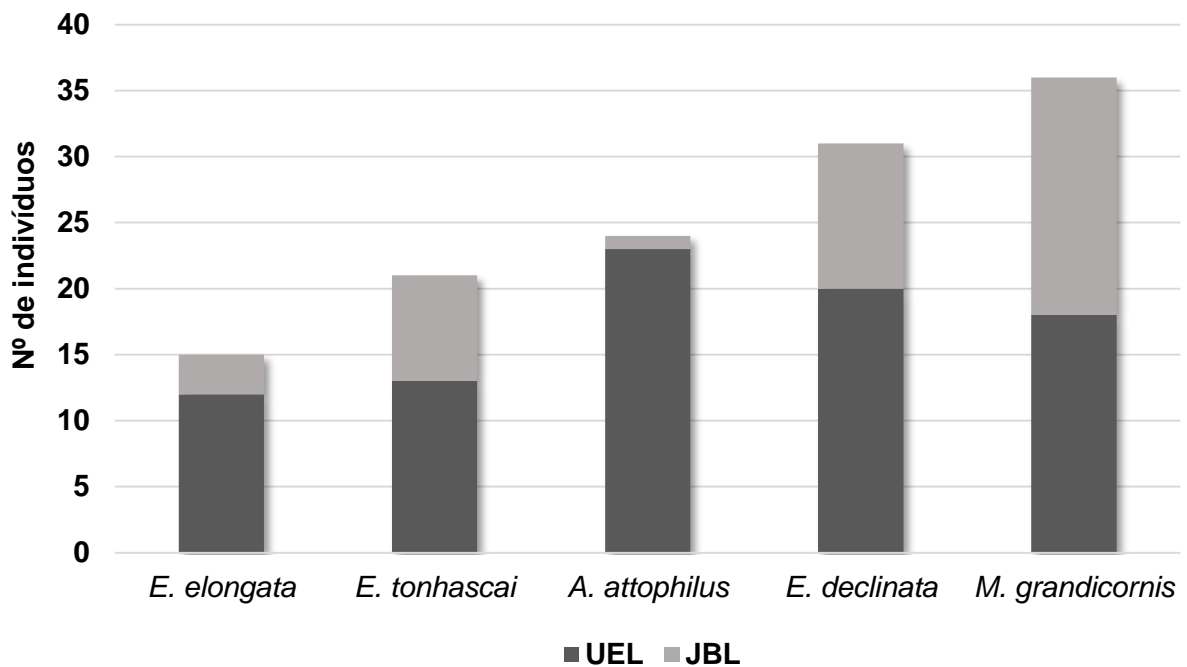
Fonte: Thalles Pereira; Disney *et al.* 2006.

Todas as 5 espécies de parasitoides adultos coletadas neste estudo foram encontradas nos dois ambientes (Campus da UEL e JBL). Ambos locais são compostos por inúmeras espécies vegetais, que provavelmente possibilitam recursos essenciais para uma maior diversidade de moscas, favorecendo o parasitismo, bem como fornecendo fonte de alimentos alternativos (néctar/pólen) e abrigo na fase adulta (LANDIS; WRATTEN; GURR, 2000). Cabe ressaltar que os ninhos no JBL estavam localizados a uma distância de 550m de um fragmento de mata, mas também próximos de área agrícola do IDR-Paraná Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-EMATER (cerca de 500m) e os ninhos na UEL distanciavam de 300 a 400 m de um fragmento de mata, localizado no Campus.

Estudos com *A. sexdens* em Campos dos Goytacazes – RJ, evidenciaram que a abundância de forídeos não diferiu significativamente entre os ambientes de análise (mata natural, plantio de eucalipto e agrícola). Fato este atribuído ao curto período de estudo e a capacidade de alguns gêneros parasitoides (*Apocephalus* sp.; *Myrmosicarius* sp.) de se adaptarem em locais desfavoráveis (DE ARAÚJO GALVÃO *et al.*, 2019).

Observou-se, pelo método de 'CPA', que *M. grandicornis* foi a espécie com maior ocorrência, contrapondo-se com as demais espécies coletadas (Figura 17):

Figura 17 — Abundância de parasitoides adultos de *A. sexdens* coletados em Londrina-PR, 2019/2020.

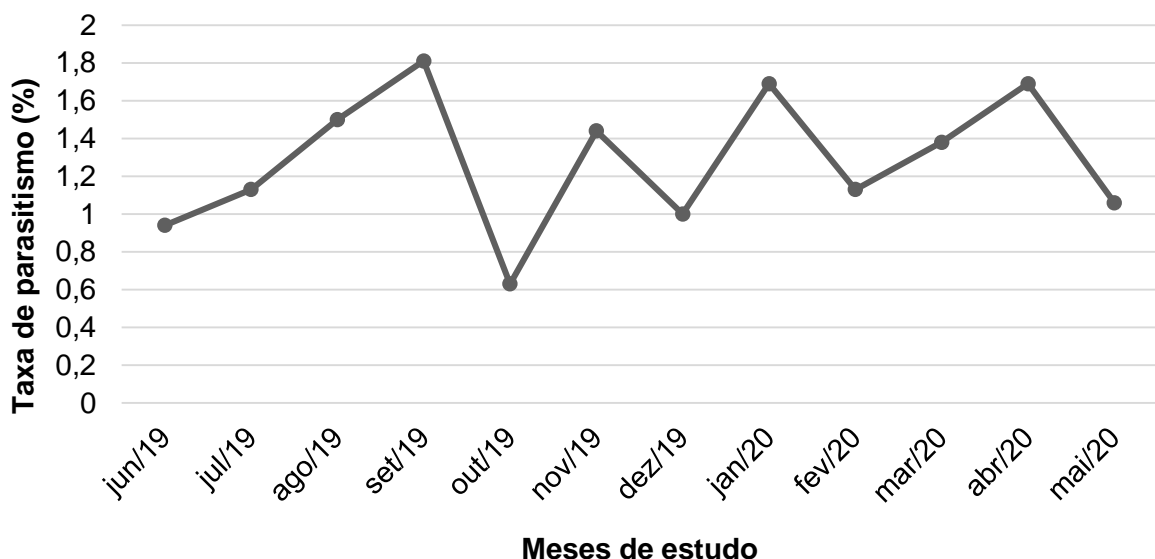


Fonte: o próprio autor.

Das 19.200 saúvas coletadas, 246 (1,28%) estavam parasitadas por forídeos. As espécies encontradas foram *A. attophilus* e *M. grandicornis*, com variações comportamentais e biológicas que são abordadas adiante.

São apresentadas as diferentes taxas de parasitismo, durante um ano (Figura 18), havendo um pico em setembro/2019 e nos meses subsequentes, oscilando entre 0,63 a 1,69%, corroborando estudos de De Araújo Galvão *et al.* (2019) e Bragança *et al.* (2016), que encontraram taxas inferiores a 2% no parasitismo, em *A. sexdens*, no Rio de Janeiro e em Tocantins, respectivamente.

Figura 18 – Taxa de parasitismo total (n=8) sobre *A. sexdens* obtidas das operárias coletadas na UEL e JBL, Londrina-PR, 2019/2020.

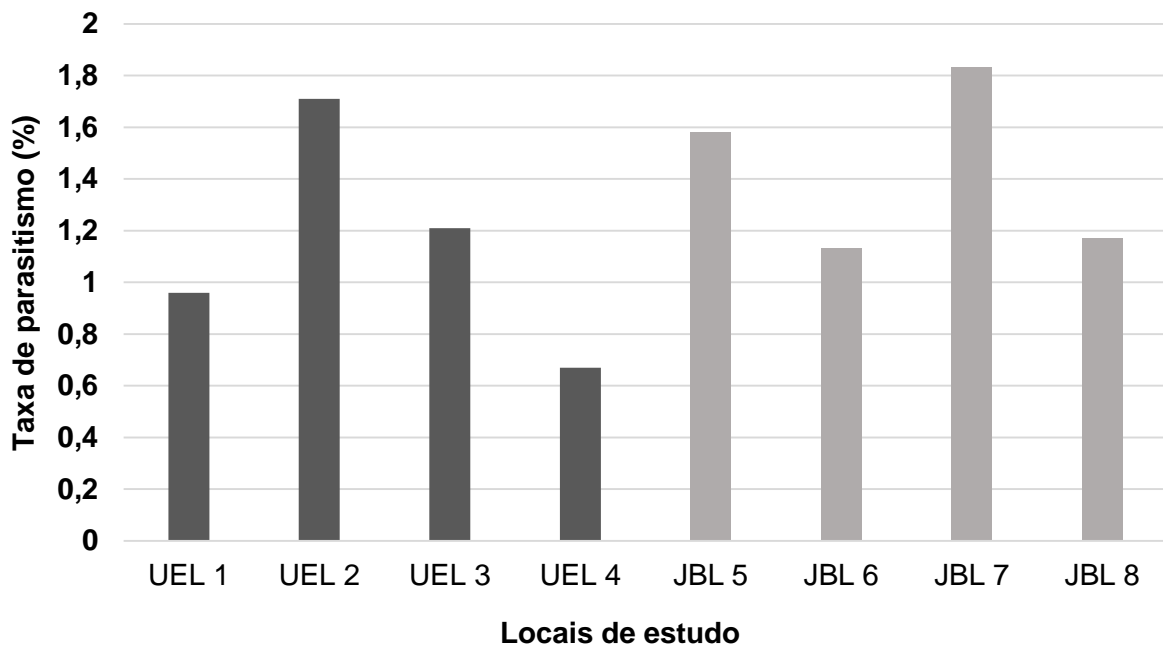


Fonte: o próprio autor.

A. attophilus, parasitoide predominante na emergência de adultos, necessita de umidade relativa do ar maior e temperaturas moderada a quente (calor e chuva) para empupar no solo, sendo desfavorável em situações opostas (FARDER-GOMES *et al.*, 2018). Cabe ressaltar que o estado do Paraná passou por uma severa estiagem recentemente, caracterizando um período atípico (Agência de Notícias do Paraná, 2020). Segundo Farder-Gomes *et al.* (2020), a medida que a temperatura se eleva, o número de formigas parasitadas por esta espécie tende a diminuir.

Em relação as taxas de parasitismo por localidade, observa-se que ambos locais apresentaram variações, destacando-se o ninho 7 (1,83%), no JBL (Figura 19):

Figura 19 – Taxa de parasitismo em *A. sexdens* em cada ninho amostrado, Londrina-PR, 2019/2020.



Fonte: o próprio autor.

Uma menor complexidade ambiental (número e diversidade de plantas) interfere no parasitismo de cortadeiras, como constatado em estudos anteriores, em áreas de monocultivo e seus arredores, afetando não apenas em quantidade, como também na riqueza forídica (PESQUERO *et al.*, 2010). O Campus da UEL, assim como o JBL, são compostos por espécies vegetais diversificadas, que podem favorecer o parasitoide em sua fase adulta, fornecendo-lhe condições para

sobreviver.

Verificou-se também, a elevada quantidade de *A. attophilus*, obtida em operárias parasitadas nos dois ambientes (UEL e JBL), em contraste com outros forídeos parasitoides, *M. grandicornis* e *Eibesfeldtphora* sp., também constatados em *A. sexdens*.

Justifica-se este fato pelo número de larvas de *Apocephalus* sp. que podem se desenvolver na formiga, justamente pelo seu hábito gregário (PESQUERO *et al.*, 2010). De Araújo Galvão *et al.* (2019) observaram de 1 a 17 indivíduos por hospedeiro. Já Farder-Gomes *et al.* (2017 e 2018) relataram 15 e 7 larvas/cortadeira, respectivamente.

Em manutenção no laboratório Ecologia de Insetos-UEL (Figura 20), obteve-se um número médio de $6,95 \pm 1,02$ parasitoides/operária, oscilando entre 4 e 8 moscas por formiga parasitada.

Figura 20 – Parasitismo de *A. sexdens* por *A. attophilus*. Sequência de eventos observados em laboratório. Tubo Falcon com hospedeiro e pupas (A). Abertura de saída do parasitoide na formiga (B). Vista lateral da larva parasitoide (C). Pupa com sífões respiratórios (D). Conservação das pupas (E). Adulto recém emergido (fêmea) (F).



Fonte: o próprio autor.

Das 1696 pupas obtidas, no intervalo de estudo, em *A. sexdens*, 1613 (95%) originaram adultos, resultado este que se aproxima de estudos realizados por Bragança *et al.* (2016), em porcentagem de moscas emergidas de saúva-limão e da saúva-cabeça-de-vidro, com 96,8% e 90%, respectivamente.

Em relação aos comportamentos exibidos por *A. attophilus*, observou-se a sua rápida aproximação em operárias, nas áreas de corte vegetal, selecionando os indivíduos que estavam fragmentando flores e folhas. Uma vez localizado o hospedeiro, a mosca parava por alguns segundos à sua frente e tocava repetidamente as partes bucais deste, realizando então a oviposição na abertura oral.

Esta ação, em casos de sucesso, gerava a interrupção do corte e abandono do fragmento vegetal previamente selecionado. A formiga alvo, tentava se defender, atacando o forídeo com suas mandíbulas e antenas, permanecendo também em posição de defesa com a cabeça direcionada para cima e mandíbulas abertas. O gáster ficava entre as pernas, formando um “C” com o corpo. Em situações falhas, a mosca circulava ao redor da formiga e a enfrentava. Assim, o parasitoide insistia, até introduzir o ovipositor (BRAGANÇA, DELLA LUCIA, TONHASCA Jr., 2003; BRAGANÇA & MEDEIROS 2006; BRAGANÇA *et al.*, 2016; ERTHAL Jr & TONHASCA Jr, 2000).

Comportamento semelhante ao descrito acima e constatado em nosso estudo foi observado também por Bedoya Cochet, Ortega León & Ortiz-Reyes (2017), em ataques de *Apocephalus colombicus* Brown, 1997, em *Atta colombica* Guerin-Meneville, 1844, na região da mandíbula.

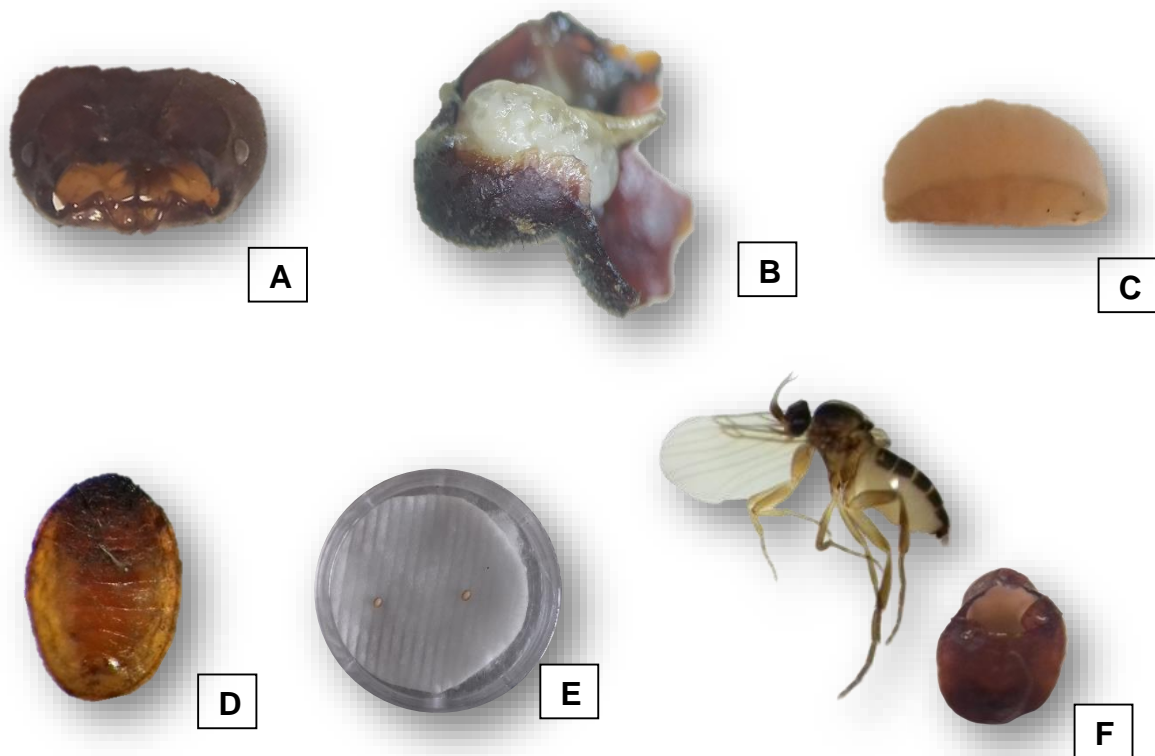
Notou-se, em ambas situações, que as larvas deste parasitoide se desenvolviam na cabeça da formiga, consumindo todo conteúdo encefálico. Conforme a quantidade de larvas parasitoides, pode-se acelerar a morte da formiga-operária e, conseqüentemente, reduzir sua sobrevivência. Os imaturos desta espécie deixaram o hospedeiro através da cavidade bucal e empuparam fora (paredes do tubo), permanecendo até a emergência do adulto. Segundo Farder-Gomes *et al.* (2017) e Bragança & Medeiros (2006), isso remete a continuação do ciclo no solo e, ao mesmo tempo, a vulnerabilidade que estão expostos no ambiente, com relação a predação, patógenos etc.

Já a respeito de *M. grandicornis*, Martins (2015) registrou, em seu estudo com saúva-mata-pasto, a ocorrência de apenas uma pupa/hospedeiro. Guillade & Folgarait (2011) também observaram apenas um indivíduo/formiga, na

relação de *Atta vollenweideri* Forel, 1893 com *Myrmosicarius brandaoi* Disney, 2006 e *Myrmosicarius gonzalezae* Disney, 2006. De maneira contrária, em nosso estudo, observou-se o desenvolvimento de 3 larvas em operária de saúva-limão, mas a emergência de apenas uma mosca. Brown (1992) já destacava o desconhecimento do desenvolvimento larval deste parasitoide, o que ainda requer estudos de biologia mais consistentes.

A seguir, é possível verificar o desenvolvimento de *M. grandicornis*, obtido de uma operária de saúva-limão (Figura 21):

Figura 21 — Parasitismo de *A. sexdens* por *M. grandicornis*. Sequência de eventos observados em laboratório. Saúva-limão sem aparelho bucal (A). Larva no interior da cabeça do hospedeiro (B). Vista lateral da larva parasitoide (C). Pupa (D). Conservação das pupas (E). Adulto recém emergido (macho) (F).



Fonte: o próprio autor.

Nesta interação, a mosca aproximava-se das operárias, em olheiros de alimentação e pairava, por alguns segundos, sobre a formiga alva, antes de pousar na região posterior da cabeça e inserir seu ovipositor. Segundo Tonhasca Jr; Bragança; Erthal Jr, (2001) isso se dá em virtude da assimetria deste órgão do parasitoide.

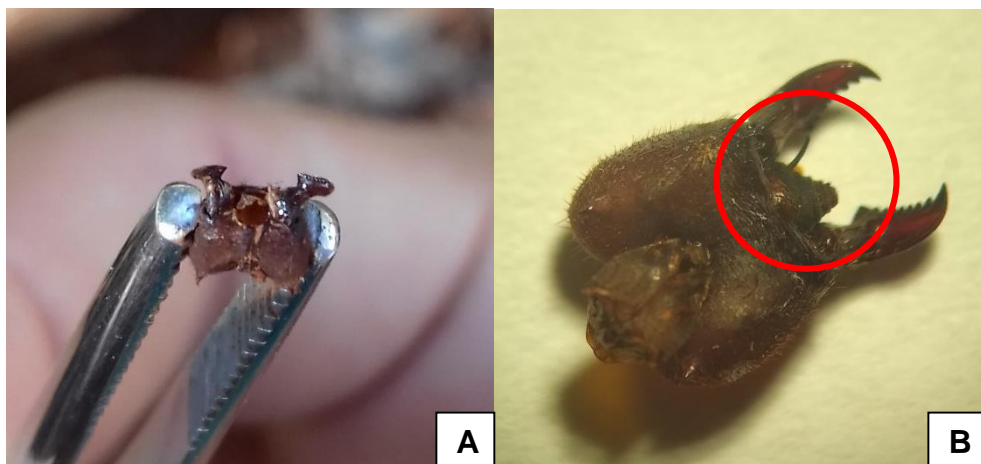
Esta ação também foi relatada por Bragança, Della Lucia e Tonhasca Jr. (2003), no parasitismo da saúva-mata-pasto e por Guillade & Folgarait (2011) com *M. brandaoi* e *M. gonzalezae* em ataques a *A. vollenweideri* e *Atta saltensis* Forel, 1913, respectivamente.

Tonhasca Jr; Bragança e Erthal Jr, (2001) ressaltam ainda que o fato das operárias, com fragmentos vegetais, raramente serem atacadas, indicaria que *M. grandicornis* é capaz de discriminar seus hospedeiros a curto prazo. Já as operárias atacadas, permaneciam imóveis por alguns minutos e suas companheiras pareciam analisá-la, cercando-a e tocando-a sucessivamente com as antenas e peças bucais para depois se dispersarem.

A larva desta espécie de forídeo consumia todo o conteúdo da cabeça da formiga e empupava no fundo da cápsula, sob o “tentório” (BRAGANÇA *et al.*, 2016). Com a decapitação, sem mandíbulas e antenas, a cabeça foi, geralmente, localizada fora do ninho (TONHASCA JR; BRAGANÇA; ERTAL JR, 2001). Possivelmente, quando permanecia no interior da cabeça do hospedeiro, o forídeo estaria menos sujeito à exposição ao ambiente (outros inimigos).

Também foram encontradas, ao redor dos olheiros, cabeças de operárias possivelmente parasitadas por *Eibesfeldtphora* spp. Não foi possível acompanhar o desenvolvimento deste parasitoide, pois não houve a conclusão de seu ciclo em laboratório (Figura 22):

Figura 22 — *A. sexdens* com indícios de parasitismo por *Eibesfeldtphora* spp. Cabeça de saúva com abertura oral, coletada em olheiro de forrageamento (A) e cabeça de operária com pupa entre as mandíbulas, em manutenção no laboratório (B).



Fonte: o próprio autor.

Destes espécimes, *A. attophilus* matou rapidamente seu hospedeiro ($2,36 \pm 0,54$ dias) (coleta a campo - morte da saúva) e apresentou um curto período de desenvolvimento ($19,16 \pm 1,29$ dias) (pupa - emergência da mosca), corroborando estudos de Bragança *et al.* (2016). De acordo com Erthal Jr & Tonhasca Jr (2000), seu estágio de pupa é de aproximadamente 15 dias, assim como relatado por Bragança & Medeiros (2006); Farder-Gomes *et al.* (2018); Guillade (2013) e Guillade & Folgarait (2014).

Uma única mosca de *M. grandicornis*, mantida em temperatura ambiente, sobreviveu por um total de 49 dias entre a constatação da pupa e emergência do adulto. Dado este que se diferencia dos obtidos em outros estudos com este parasitoide em formigas-cortadeiras, em que obtiveram uma faixa de 19 a 30 dias, sob condições controladas de umidade e temperatura (BRAGANÇA *et al.*, 2016; GUILLADE & FOLGARAIT, 2014).

Apesar da não obtenção do desenvolvimento de *Eibesfeldtphora* sp. em nosso laboratório, é reportado, assim com o gênero anterior, um período maior de ciclo, em um intervalo de 23 a 35 dias (BRAGANÇA *et al.*, 2016; BRAGANÇA; TONHASCA Jr & DELLA LUCIA, 2009; BRAGANÇA; TONHASCA Jr & MOREIRA, 2002).

Por fim, são citados outros fatores que também influenciam o forrageamento das saúvas, como a sazonalidade, revoada, tamanho do formigueiro, queimadas, distribuição espacial entre ninhos, hora do dia, precipitação pluviométrica e temperatura (FOWLER & ROBINSON, 1979). Por compor uma complexa sociedade, se adaptam às adversidades do ambiente de modo a maximizar a entrada energética no ninho (VIANA-BAILEZ; ENDRINGER, 2016), e de se estabelecer na área.

Porém, como abordado no presente estudo, seus inimigos naturais, por causarem perturbações à estas formigas-cortadeiras e afetarem a normalidade de suas atividades, são vislumbrados no seu manejo ecológico com estudos mais direcionados ao parasitismo, como a ampliação da sua distribuição geográfica e compreensão da biologia forídica.

5 CONCLUSÃO

Em Londrina-PR, no Campus Universitário da Universidade Estadual de Londrina e no Jardim Botânico de Londrina, *Atta sexdens*, é parasitada por 5 espécies de moscas forídeas, pertencentes a 3 gêneros distintos.

São constatados os seguintes forídeos parasitoides: *Eibesfeldtphora declinata*, *E. tonhascai*, *E. elongata*, *Apocephalus attophilus* e *Myrmosicarius grandicornis*.

A abundância de parasitoides coletados e a taxa de parasitismo foram variáveis ao longo de um ano, sendo que a taxa de parasitismo de *Atta sexdens* por moscas é baixa (< 2%).

As espécies incluídas em *Eibesfeldtphora* e *Myrmosicarius* atacam a saúva-limão tanto em olheiros quanto em trilhas de forrageamento, enquanto *A. attophilus*, ocorre apenas em áreas de corte vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPAR - AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ. **Lista de agrotóxicos aptos para comércio e uso no Paraná**. 2019. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=387>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ. **Paraná sofre com estiagem mais severa dos últimos anos**. 2020. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=106505&tit=Parana-sofre-com-estiagem-mais-severa-dos-ultimos-anos>>. Acesso em: 14 mai. 2020.

ALMEIDA, Fabio Souto *et al.* Influence of habitat structure on the abundance of the parasitoids *Pseudacteon Coquillett* (Diptera, Phoridae) on mounds of *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 461-465, 2009.

ALMEIDA, Josie Tatiane Santos de. **Eficiência de barreiras físicas no controle de *Acromyrmex Mayr, 1865* (Hymenoptera: Formicidae)**. 2011. 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada). Instituto de Biologia, Departamento de Entomologia e Fitopatologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMANTE, E. Saúva tira boi da pastagem. **Coopercotia**, v. 23, n. 207, p. 38-40, 1967a.

AMANTE, E. A formiga saúva *Atta capiguara*, praga das pastagens. **O Biológico**, São Paulo, 33(6): 113 - 120, 1967b.

AMANTE, Elpidio. **Influência de alguns fatores microclimáticos sobre a formiga saúva *Atta laevigata* F. Smith, 1858, *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908, *Atta bisphaerica* Forel, 1908 e *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera, Formicidae), em formigueiros localizados no estado de São Paulo**. 1972. 175p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 1972.

AMENT, Danilo César. Lista das espécies de Phoridae (Insecta, Diptera) do Estado do Mato Grosso do Sul. **Iheringia. Sér. Zool.**, p. 01-02, 2017.

AMENT, Danilo César; BROWN, Brian V. Family Phoridae. **Zootaxa**, v. 4122, n. 1, p. 414-451, 2016.

AMENT, D. C.; PEREIRA, T. P. L. 2019. **Phoridae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD**. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/183530>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

AMARAL, Karina Dias *et al.* Azadirachtin impairs egg production in *Atta sexdens* leaf-cutting ant queens. **Environmental Pollution**, v. 243, p. 809-814, 2018.

ANDRADE, Ana Paula P. de *et al.* Behavior of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) workers during the preparation of the leaf substrate for symbiont fungus culture. **Sociobiology**, v. 40, n. 2, p. 293-306, 2002.

ANTWIKI. ***Atta sexdens rubropilosa***. 2021. Disponível em: <https://www.antwiki.org/wiki/Atta_sexdens_rubropilosa>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ARAÚJO, Márcio S. *et al.* Impacto da queima controlada da cana-de-açúcar na nidificação e estabelecimento de colônias de *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Neotrop. Entomol**, v. 32, n. 4, p. 685-691, 2003.

ARAÚJO, M. da S.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, DJ de. Estratégias alternativas de controle de formigas-cortadeiras. **Bahia Agrícola**, v. 6, n. 1, 2003.

ARAÚJO, M. S. *et al.* Predadores e outros organismos associados aos ninhos de formigas-cortadeiras. **DELLA LUCIA, TMC Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo. Viçosa-MG: UFV**, p. 311-320, 2011.

ARRUDA, Filipe V. *et al.* Seasonal and Site Differences in Phorid Parasitoidism Rates of Leaf-Cutting Ants. **Environmental entomology**, v. 48, n. 1, p. 61-67, 2019.

AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp. Hymenoptera-Formicidae). V-Número de formas aladas e redução dos sauveiros iniciais. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 19, p. 325-331, 1950.

BAILEZ, Omar. STRATEGIES AND TACTICS IN PHORID-ANT INTERACTIONS. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 3, 2016.

BEDOYA COCHET, Robin; ORTEGA LEÓN, Ángela; ORTIZ-REYES, Adriana. Patrones comportamentales de fóridos (Diptera: Phoridae) parasitoides de *Atta colombica* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Biología Tropical**, v. 65, n. 2, p. 461-473, 2017.

BENTO, J. M. S. *et al.* Influência da composição química e da população microbiana de diferentes horizontes do solo no estabelecimento de sauveiros iniciais de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) em laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 20, n. 2, p. 307-317, 1991.

BERTI FILHO, Evoneo; MACEDO, Luciano Pacelli Medeiros. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga**. 2011.

BEZERRA, Nathalia Souza. **Eficiência de fungos entomopatogênicos sobre formigas-cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae)**. 2018. 93 fls. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

BHERING, Silvio Barge *et al.* Mapa de solos do estado do Paraná. **Embrapa Solos- Documentos (INFOTECA-E)**, 2007.

BIGI, Maria Fatima MA *et al.* Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*. **Pest management science**, v. 60, n. 9, p. 933-938, 2004.

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

BONI, Paulo César; SATO, Larissa Ayumi. A mídia fotografia como estratégia publicitária da Companhia de Terras Norte do Paraná. **Certidões de nascimento da história: o surgimento de municípios no eixo Londrina–Maringá, Londrina, Planográfica**, p. 243-267, 2009.

BORGMEIER, T. Sobre alguns phorideos que parasitam a saúva e outras formigas-cortadeiras (Diptera: Phoridae). **Archivos do Instituto Biológico**, v. 4, p. 209-228, 1931.

BORTOLOTTI, João Baptista. Planejar é preciso: memórias do planejamento urbano de Londrina. **Londrina: Midiograf**, 2007.

BOTELHO, Paulo S. M. *et al.* Associação do parasitóide de ovos *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e do parasitóide larval *Cotesia flavipes* (Cam.)(Hymenoptera: Braconidae) no controle de *Diatraea saccharalis*,(Fabr.)(Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 3, 1999.

BRAGANÇA, M. A. L. Parasitoides de formigas-cortadeiras. **Formigas-Cortadeiras: da bioecologia ao manejo, TM castro Della Lucia, Ed**, p. 321-343, 2011.

BRAGANÇA, Marcos Antonio Lima *et al.* Parasitismo por *Neodohniphora* spp. Malloch (Diptera, Phoridae) em operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae). **Revista brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 2, p. 300-302, 2008.

BRAGANÇA, Marcos Antonio Lima *et al.* Phorid flies parasitizing leaf-cutting ants: their occurrence, parasitism rates, biology and the first account of multiparasitism. **Sociobiology**, v. 63, n. 4, p. 1015-1021, 2016.

BRAGANÇA, Marcos AL; DELLA LUCIA, Terezinha; TONHASCA JR, Athayde. First record of phorid parasitoids (Diptera: Phoridae) of the leaf-cutting ant *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 169-171, 2003.

BRAGANÇA, Marcos AL; MEDEIROS, Zodja. Ocorrência e características biológicas de forídeos parasitóides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith)(Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional, TO. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 408-411, 2006.

BRAGANÇA, Marcos AL; TONHASCA JR, Athayde; DELLA LUCIA, Terezinha. Características biológicas e comportamentais de *Neodohniphora elongata* Brown (Diptera, Phoridae), um parasitóide da saúva *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae). **Revista brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 4, p. 600-606, 2009.

BRAGANÇA, Marcos AL; TONHASCA JR, Athayde; MOREIRA, Denise. Parasitism characteristics of two phorid fly species in relation to their host, the leaf-cutting ant *Atta*

laevigata (Smith)(Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 241-244, 2002.

BROWN, Brian V. Generic revision of Phoridae of the Nearctic Region and phylogenetic classification of Phoridae, Sciadoceridae, and Ironomyiidae (Diptera: Phoridae). **The Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 124, n. S164, p. 3-144, 1992.

BROWN, Brian V. Revision of the *Apocephalus attophilus*-group of ant-decapitating flies (Diptera: Phoridae). Revisión del grupo attophilus del género *Apocephalus* de moscas decapitadoras de hormigas (Diptera: Phoridae). **Contributions in Science (Los Angeles)**, n. 468, p. 1-60, 1997.

BROWN, Brian V. Revision of the "*Apocephalus miricauda*-Group" of ant-parasitizing flies (Diptera: Phoridae). Revisión del grupo "*Apocephalus miricauda*" de moscas parasitoides de hormigas (Diptera: Phoridae). **Contributions in Science (Los Angeles)**, n. 482, p. 1-62, 2000.

BROWN, Brian V. Taxonomic revision of *Neodohrniphora*, subgenus *Eibesfeldtphora* (Diptera: Phoridae). **Insect Systematics & Evolution**, v. 32, n. 4, p. 393-409, 2001.

BROWN, Brian V. Revision of the *Apocephalus pergandei*-group of ant-decapitating flies (Diptera: Phoridae). Revisión del grupo *Apocephalus pergandei* de moscas decapitadoras de hormigas (Diptera: Phoridae). **Contributions in Science (Los Angeles)**, n. 496, p. 1-58, 2002.

BROWN, Brian V. Revision of the subgenus *Udamochiras* of *Melaloncha* bee-killing flies (Diptera: Phoridae: Metopininae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 140, n. 1, p. 1-42, 2004.

BROWN, Brian V. A second contender for "world's smallest fly"(Diptera: Phoridae). **Biodiversity data journal**, n. 6, 2018.

BROWN, Brian V.; DE SOUZA AMORIM, Dalton; KUNG, Giar-Ann. New morphological characters for classifying Phoridae (Diptera) from the structure of the thorax. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 173, n. 2, p. 424-485, 2015.

BROWN, Brian V. *et al.* New species and new records of *Apocephalus* Coquillett (Diptera: Phoridae) that parasitize ants (Hymenoptera: Formicidae) in America. **Sociobiology**, v. 55, n. 1, p. 165, 2010.

BROWN, Brian V. *et al.* Molecular phylogeny of the ant-decapitating flies, genus *Apocephalus* Coquillett (Diptera: Phoridae). **Insect Systematics and Diversity**, v. 2, n. 4, p. 2, 2018.

BROWN, Brian V.; SMITH, Paul T. The bee-killing flies, genus *Melaloncha* Brues (Diptera: Phoridae): a combined molecular and morphological phylogeny. **Systematic entomology**, v. 35, n. 4, p. 649-657, 2010.

BUENO, Odair Correa; DE CARVALHO CAMPOS, Ana Eugênia; DE CASTRO MORINI, Maria Santana. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. **Bauru, Canal**, v. 6, 2017.

- CANTARELLI, Edison Bisognin *et al.* Quantificação das perdas no desenvolvimento de *Pinus taeda* após o ataque de formigas-cortadeiras. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 39-45, 2008.
- CARVALHO, C. J. B. de *et al.* Diptera. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora**, p. 701-743, 2012.
- CHIESA, Ana Carolina Montenegro. **Plantas forrageadas e controle de *Atta sexdens* na região de Londrina, PR.** 2016. 66 fls. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.
- CHIRINO, Mónica G.; GILBERT, Lawrence E.; FOLGARAIT, Patricia J. Behavior and development of *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) varies according to the social form of its host *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in its native range. **Environmental entomology**, v. 38, n. 1, p. 198-206, 2009.
- CORRÊA, Michele M. *et al.* Occurrence of *Atta cephalotes* (L.)(Hymenoptera: Formicidae) in Alagoas, Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 695-698, 2005.
- CURTIS, John. **British Entomology, being illustrations and descriptions of the genera of insects found in Great Britain and Ireland.** John Curtis, 1833.
- DALZOTO, P. R.; UHRY, K. F. Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Biológico**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 37-41, 2009.
- DAMASCENO, E. N. D. Protetor de plantas contra ação da formiga saúva. **Revista da Propriedade Industrial**, Rio de Janeiro, n. 1806, 2005.
- DAQUILA, Bruno Vinicius; CONTE, Helio; BERGAMO, Richard Henrique Siebra. Sustentabilidade agrícola com fungos entomopatogênicos. **Sustentabilidade agrícola com fungos entomopatogênicos**, p. 1-388-416. 2019.
- DA SILVA ARAÚJO, Márcio *et al.* Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. **JOURNAL OF NEOTROPICAL AGRICULTURE**, v. 2, n. 3, p. 8-12, 2015.
- DE ARAÚJO GALVÃO, Alexandre Roger *et al.* Parasitism by Phorids on Leaf Cutter Ants *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) in Natural and Agricultural Environments. **Zoological Science**, v. 36, n. 5, p. 357-364, 2019.
- DEBACH, P.; HUFFAKER, C.B. Experimental technique for evaluation. In: DeBACH, P. (Ed.). **Biological control of insect pests and weeds.** New York: Reinhold, 844p. p.402-428. 1964.
- DELLA LUCIA, Terezinha M. C. Hormigas de importancia económica em la región Noetropical. In: FERNÁNDEZ, Fernando. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical.** Bogotá: INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT (COLOMBIA), p. 337-349, 2003.

DELLA LUCIA, Terezinha Maria Castro; AMARAL, Karina Dias. Past and Current Strategies for the Control of Leaf-Cutting Ants in Brazil. In: **Forest Pest and Disease Management in Latin America**. Springer, Cham, 2020. p. 31-43.

DELLA LUCIA, Terezinha M. C.; BENTO, J. M. S. Vôo nupcial ou revoada. In: DELLA LUCIA, T. M. C (Ed.). **As Formigas-cortadeiras**, Viçosa. Editora Folha de Viçosa, p. 54-59, 1993.

DELLA LUCIA, Terezinha M. C.; GANDRA, Lailla C.; GUEDES, Raul NC. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. **Pest management science**, v. 70, n. 1, p. 14-23, 2014.

DIEHL-FLEIG E, DA SILVA, M. E, PACHECO, M. R. M. Testes de patogenicidade dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em *Atta sexdens periventris* (Santschi, 1919) em diferentes temperaturas. *Cienc Cult* 40:1103–1105, 1988.

DISNEY, R. Henry L.; BRAGANÇA, Marcos AL. New Records, Including a New Species, of Scuttle Flies (Diptera: Phoridae) Associated with Leaf Cutter Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazil. **Sociobiology**, v. 61, n. 3, p. 341-344, 2014.

DISNEY, R. H. L. *et al.* Some myths and the reality of scuttle fly biology. **Antenna (London)**, v. 14, n. 2, p. 64-67, 1990.

DISNEY, R. H. L. *et al.* **Scuttle flies: the Phoridae**. London, Chapman e Hall, 467 p., 1994.

DISNEY, R. H. L. A key to *Neodohrniphora* (Diptera: Phoridae), parasites of leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Natural History**, v. 30, n. 9, p. 1377-1389, 1996.

DISNEY, R. Henry L. *et al.* New species and revision of *Myrmosicarius* (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 47, n. 3, p. 771-810, 2006.

DISNEY, R. Henry L. *et al.* New species and new records of scuttle flies (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter and army ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 54, n. 2, p. 601, 2009.

DJEMAI, Imen; CASAS, Jérôme; MAGAL, Christelle. Parasitoid foraging decisions mediated by artificial vibrations. **Animal Behaviour**, v. 67, n. 3, p. 567-571, 2004.

DUARTE, Juliano L. P; VAZ, Dayana B.; KRÜGER, Rodrigo F. New records of phorid flies (Diptera, Phoridae) from Rio Grande do Sul, with five new records to Brazil. **Check List**, v. 14, p. 125, 2018.

ELIZALDE, Luciana. **Biogeografía y comunidades de fóridos parasitoides de hormigas cortadoras de hojas: diversidad del sistema y partición del recurso hospedador**. Tese (Doutorado) Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Buenos Aires, Argentina, 2009.

ELIZALDE, Luciana; FOLGARAIT, Patricia Julia. Host diversity and environmental variables as determinants of the species richness of the parasitoids of leaf-cutting ants. **Journal of Biogeography**, v. 37, n. 12, p. 2305-2316, 2010.

ELIZALDE, Luciana; FOLGARAIT, Patricia J. Biological attributes of Argentinian phorid parasitoids (Insecta: Diptera: Phoridae) of leaf-cutting ants, *Acromyrmex* and *Atta*. **Journal of Natural History**, v. 45, n. 43-44, p. 2701-2723, 2011.

ELIZALDE, Luciana; FOLGARAIT, Patricia Julia; MUSCEDERE, Mario. Behavioral strategies of phorid parasitoids and responses of their hosts, the leaf-cutting ants. **Journal of Insect Science**, v. 12, n. 1, 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Controle Biológico** (2019). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-controle-biologico/sobre-o-tema>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

ERTHAL Junior, Milton. **Variações sazonais nas taxas de parasitismo, biologia de forídeos (Diptera: Phoridae), e suas interações comportamentais com as saúvas *Atta sexdens* (L.) e *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae)**. 1999. 56 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goytacazes, RJ, 1999.

ERTHAL JR, Milton; TONHASCA JR, Athayde. Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 95, n. 1, p. 71-75, 2000.

FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Controle biológico contra o greening**. 2017. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2017/04/19/control-biologico-contra-o-greening/>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FARDER-GOMES, C. F. *et al.* Reproductive ecology of phorid parasitoids in relation to the head size of leaf-cutting ants *Atta sexdens* Forel. **Bulletin of entomological research**, v. 107, n. 4, p. 487-492, 2017.

FARDER-GOMES, Cliver Fernandes *et al.* Parasitism, sexual dimorphism and effect of host size on *Apocephalus attophilus* offspring, a parasitoid of the leaf-cutting ant *Atta bisphaerica*. **PloS one**, v. 13, n. 12, 2018.

FARDER-GOMES, Cliver Fernandes *et al.* Seasonal parasitism of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae) by phorid flies (Diptera: Phoridae) in a Brazilian Cerrado-Atlantic Forest ecotone. **Florida Entomologist**, v. 103, n. 1, p. 112-115, 2020.

FARJI-BRENER, Alejandro Gustavo *et al.* Branching angles reflect a trade-off between reducing trail maintenance costs or travel distances in leaf-cutting ants. **Ecology**, v. 96, n. 2, p. 510-517, 2015.

FEENER JR, Donald H. Headless hosts, legless guests. **Nature**, v. 378, n. 6553, p. 129, 1995.

- FEENER JR, Donald H. Is the assembly of ant communities mediated by parasitoids? **Oikos**, v. 90, n. 1, p. 79-88, 2000.
- FEENER JR, Donald H.; BROWN, Brian V. Diptera as parasitoids. **Annual review of entomology**, v. 42, n. 1, p. 73-97, 1997.
- FOLGARAIT, Patricia J. Leaf-cutter ant parasitoids: current knowledge. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2013, 2013.
- FOLGARAIT, Patricia J. *et al.* Developmental rates and host specificity for *Pseudacteon* parasitoids (Diptera: Phoridae) of fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 6, p. 1151-1158, 2002.
- FOLGARAIT, Patricia J. *et al.* Development of *Pseudacteon obtusus* (Diptera: Phoridae) on *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Environmental entomology**, v. 34, n. 2, p. 308-316, 2005.
- FOWLER, H. G. *et al.* Economics of grass-cutting ants. In " Fire Ants and Leaf-Cutting Ants. Biology and Management"(CS Lofgren and RK Vandermeer, eds). 1986.
- FOWLER, Harold G.; ROBINSON, S. W. Foraging by *Atta sexdens* (Formicidae: Attini): seasonal patterns, caste and efficiency. **Ecological Entomology**, v. 4, n. 3, p. 239-247, 1979.
- FREITAS, S. de; BERTI FILHO, E. Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden (Myrtaceae). **IPEF, Piracicaba**, n. 47, p. 36-43, 1994.
- GALLI, Juliana Altafin *et al.* Avaliação da incidência de antracnose, do desempenho e estado nutricional de variedades de mangueira, para cultivo orgânico, na região centro-norte do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 701-709, 2009.
- GALLO, D. *et al.* Manual de entomologia agrícola. 920 p. **Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil**, 2002.
- GALVÃO, Alexandre Roger Araújo. **Parasitismo natural e abundância de forídeos parasitoides de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de vegetação natural e agrícolas.** 2016. 82 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2016.
- GAZAL, Vinicius; BAILEZ, Omar; VIANA-BAILEZ, Ana Maria. Mechanism of host recognition in *Neodohrniphora elongata* (Brown) (Diptera: Phoridae). **Animal Behaviour**, v. 78, n. 5, p. 1177-1182, 2009.
- GERHARDT, Reid R; HRIBAR, Lawrence J. **Royal Entomological Society of London, 41. Queen's Gate, London SW7 SHU.** Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00011-X>>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- GONÇALVES, Cincinnato R. O gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hym. Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 4, n. 1-4, p. 113-180, 1961.

GORDON, Deborah M. The ecology of collective behavior in ants. **Annual review of entomology**, 2019.

GUILLADE, Andrea Cecilia. **Control biológico de hormigas cortadoras de hoja (Formicidae: Attini) mediante parasitoides (Diptera: Phoridae)**. 2013. 354 p. Tese (Doutorado em Ciências Básicas y Aplicadas) – Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. 2013.

GUILLADE, Andrea C.; FOLGARAIT, Patricia J. Life-history traits and parasitism rates of four phorid species (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina. **Journal of economic entomology**, v. 104, n. 1, p. 32-40, 2011.

GUILLADE, Andrea C.; FOLGARAIT, Patricia J. Natural enemies of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutter ants negatively affected by synthetic pesticides, chlorpyrifos and fipronil. **Journal of economic entomology**, v. 107, n. 1, p. 105-114, 2014.

GUILLADE, Andrea C.; FOLGARAIT, Patricia J. Optimal conditions to rear phorid parasitoids (Diptera: Phoridae) of *Atta vollenweideri* and *Acromyrmex lundii* (Hymenoptera: Formicidae). **Environmental entomology**, v. 43, n. 2, p. 458-466, 2014.

GUNASEKARA, Amrith S. *et al.* Environmental fate and toxicology of fipronil. **Journal of Pesticide Science**, p. 0706180001-0706180001, 2007.

HAJEK, Ann E.; EILENBERG, Jorgen. **Natural enemies: an introduction to biological control**. Cambridge University Press, 2018.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. The Ants Harvard University Press. **Cambridge, Massachusetts**, 1990.

InforMEA. **Access information on Multilateral Environmental Agreements**. 2019. Disponível em: <<https://www.informeia.org/en/revis%C3%A3o-an%C3%A1lise-e-discuss%C3%A3o-sobre-viabilidade-do-uso-das-alternativas-ao-pfos-seus-sais-e-pfosf-no>>. Acesso em: 04 jul. 2019.

LANDIS, Douglas A.; WRATTEN, Stephen D.; GURR, Geoff M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual review of entomology**, v. 45, n. 1, p. 175-201, 2000.

LEAL, Inara R.; OLIVEIRA, Paulo S. Interactions between Fungus-Growing Ants (Attini), Fruits and Seeds in Cerrado Vegetation in Southeast Brazil 1. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 170-178, 1998.

LIMA, J. E. O. **Dispositivo protetor de troncos de plantas em geral**. (2007) Disponível em: <<https://www.escavador.com/patentes/378894/dispositivo-protetor-de-troncos-de-plantas-em-geral>>. Acesso em: 09 jul. 2019.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários AGROFIT**. 2019. Disponível em:

<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 09 de jul. 2019.

MARICONI, Francisco AM. **As saúvas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970.

MARINHO, CGS *et al.* Voo nupcial ou revoada de formigas-cortadeiras. **DELLA LUCIA, TMC Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**. Viçosa-MG: UFV, p. 165-172, 2011.

MARTINS, Hendria Cirqueira. **Bioecologia de três espécies de forídeos parasitoides da saúva *Atta bisphaerica***. 2015. 67. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa – MG, 2015.

MATHIS, Kaitlyn A.; PHILPOTT, Stacy M. Current understanding and future prospects of host selection, acceptance, discrimination, and regulation of phorid fly parasitoids that attack ants. **Psyche**, v. 2012, 2012.

MEDINA, P. *et al.* Compatibility of endoparasitoid *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae) protected stages with five selected insecticides. **Journal of economic entomology**, v. 100, n. 6, p. 1789-1796, 2007.

MENDES FILHO, José Maria de A. CIRCULAR TÉCNICA No 75 NOVEMBRO/1979 PBP/1.13. 1 TÉCNICAS DE COMBATE ÀS FORMIGAS. 1979.

MONTOYA-LERMA, James *et al.* Leaf-cutting ants revisited: towards rational management and control. **International Journal of Pest Management**, v. 58, n. 3, p. 225-247, 2012.

MOREIRA, Márcio Dionízio *et al.* Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG/CTZM, p. 89-120, 2006.

MORESSI, M. *et al.* RESUMO EXPANDIDO 060 A EFICIÊNCIA DO CONTROLE MECÂNICO DE FORMIGAS-CORTADEIRAS (*ATTA LAEVIGATA*) NO REFLORESTAMENTO COM ESPÉCIES NATIVAS. **Biológico, São Paulo**, v. 69, n. suplemento 2, p. 471-473, 2007.

MOUTINHO, Paulo; NEPSTAD, D. C.; DAVIDSON, E. A. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. **Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1265-1276, 2003.

NICKELE, Mariane Aparecida *et al.* Leaf-cutting ant attack in initial pine plantations and growth of defoliated plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 892-899, 2012.

OLIVEIRA, Marco Antônio de. **Identificação de formigas-cortadeiras e efeito do desfolhamento simulado em plantios de *Eucalyptus grandis***. 1996. 61p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

OLIVEIRA, M. A. *et al.* Manejo de formigas cortadeiras. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**, v. 1, 2011.

OLIVEIRA, Marisa Cássia *et al.* ESPÉCIES FORRAGEIRAS PREFERIDAS PARA O CORTE POR *Atta bisphaerica* FOREL, 1908. **Revista Ceres**, v. 49, n. 283, p. 321-328, 2002.

PEREIRA, Thalles Platiny Lavinsky; SILVA-FREITAS, J. M.; BRAVO, Freddy Ruben. Parasitoides e outros inimigos naturais das formigas Poneromorfas. **JHC DELABIE; RM FEITOSA; JE SERRÃO; CSF MARIANO; MAJER, JD (Eds.). As formigas poneromorfas do Brasil. Ilhéus: Editus**, p. 403-424, 2015.

PESQUERO, M. A. *et al.* Rearing of *Pseudacteon* spp. (Dipt., Phoridae), parasitoids of fire ants (*Solenopsis* spp.) (Hym., Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 119, n. 1-5, p. 677-678, 1995.

PESQUERO, Marcos A. *et al.* Influência ambiental na taxa de parasitismo (Diptera: Phoridae) de *Atta laevigata* e *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology**, v. 7, n. 2, p. 45-48, 2010.

PETERNELLI, Ethel FO *et al.* The interaction among workers of the genera *Atta* and *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) and seeds of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae), a pioneer tree species in Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 3, p. 597-603, 2003.

PHILPOTT, Stacy M. *et al.* Taking trophic cascades up a level: behaviorally-modified effects of phorid flies on ants and ant prey in coffee agroecosystems. **Oikos**, v. 105, n. 1, p. 141-147, 2004.

PIMENTEL, Fabíola Aparecida. **Forídeos parasitoides de *Atta laevigata* (Smith, 1958) (Hymenoptera: Formicidae), em Mata Atlântica: ocorrência, taxa de parasitismo e tamanho de hospedeiro.** 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2017.

PINHEL, U. Desenvolvimento de sistemas de combate a formigas-cortadeiras na Companhia Florestal Monte Dourado-Jari. **Relatório Reservado**, 1990.

PINTO, Camila Raisa dos Santos. **Formigas-cortadeiras: distribuição geográfica no Brasil, plantas atacadas e estimadores de densidade.** 2016. Monografia (Bacharel em Gestão Ambiental) - Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PORTER, Sanford D. *et al.* *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae) fire ant reactions to attacks of *Pseudacteon* flies (Diptera: Phoridae) in southeastern Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 88, n. 4, p. 570-575, 1995.

PORTER, Sanford D.; DE SÁ, Luiz Alexandre Nogueira; MORRISON, Lloyd W. Establishment and dispersal of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* in North Florida. **Biological Control**, v. 29, n. 2, p. 179-188, 2004.

REIS FILHO, W. *et al.* Reconhecimento dos danos causados por formigas-cortadeiras do gênero *Acromyrmex* em plantios iniciais de *Pinus taeda* no Sul do Brasil. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2008.

- RIBEIRO, G. T.; WOESSNER, R. A. Estudos sobre a biologia de saúveiros iniciais de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758), (Hymenoptera, Formicidae). **Anais-Sociedade Entomologica do Brasil**, 1982.
- RODRIGUES, André *et al.* Filamentous fungi found on foundress queens of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of applied entomology**, v. 134, n. 4, p. 342-345, 2010.
- RONDANI, C. Dipterologiae italicae prodromus.[Vol. I.]. **Genera italica ordinis dipterorum ordinatim disposita et distincta et in familias et stirpes aggregata. Alexandri Stocchi, Parma**, v. 226, n. 2, 1856.
- SACHET, Alynne Silva. **O óleo de nim afeta o sistema imune das formigas-cortadeiras?** 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Tocantins, 2015.
- SANTO, Mário Marcos do Espírito. Secondary seed dispersal of *Ricinus communis* Linnaeus (Euphorbiaceae) by ants in secondary growth vegetation in Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1013-1018, 2007.
- SCHMITZ, H. Diptera of Patagonia and South Chile. Part VI. Fasc. 1. Sciadoceridae and Phoridae. **British Museum (Natural History), London**, 1929.
- SCHIOTT, Morten *et al.* Leaf-cutting ant fungi produce cell wall degrading pectinase complexes reminiscent of phytopathogenic fungi. **BMC biology**, v. 8, n. 1, p. 156, 2010.
- SILVA, Aline. **Alfa-amilase e maltase nos simbiosomas de *Leucoagaricus gongylophorus* SINGER (MÖLLER) (Leucocoprineae: Agaricaceae) e *Atta sexdens* LINNAEUS (Attini: Formicidae)**. 2004. 77 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Microbiologia Aplicada) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2004.
- SILVA, V. S. G. *et al.* Effect of the size of workers of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) on the attack behavior of *Neodohrniphora* spp. (Diptera: Phoridae). **Sociobiology**, v. 50, n. 01, p. 01-10, 2007.
- SILVA, V. S. G. *et al.* Survey of *Neodohrniphora* spp. (Diptera: Phoridae) at colonies of *Atta sexdens rubropilosa* (FOREL) and specificity of attack behaviour in relation to their hosts. **Bulletin of entomological research**, v. 98, n. 2, p. 203-206, 2008.
- SIMI, Lucas Detogni *et al.* Mortality of *Conotrachelus humeropictus* in response to combined application of the nematode *Steinernema brazilense* and the fungus *Beauveria bassiana*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, 2018.
- SIQUEIRA, Felipe FS *et al.* Leaf-cutting ant populations profit from human disturbances in tropical dry forest in Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 33, n. 5, p. 337-344, 2017.
- SOLIMAN, Everton Pires *et al.* Susceptibility of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), a *Eucalyptus* pest, to entomopathogenic fungi. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 3, p. 255-260, 2019.

SOLOMON, Scott E. *et al.* Paleodistributions and comparative molecular phylogeography of leafcutter ants (*Atta* spp.) provide new insight into the origins of Amazonian diversity. **PLoS One**, v. 3, n. 7, 2008.

SOUSA-SOUTO, Leandro *et al.* Determinação do fator de conversão em colônias de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) e sua relação com a qualidade do material vegetal cortado. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 163-166, 2007.

SOUSA-SOUTO, Leandro *et al.* Ant nests and soil nutrient availability: the negative impact of fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, n. 6, p. 639-646, 2008.

SOUZA, A.; ZANETTI, R.; CALEGARIO, N. Nível de dano econômico para formigas-cortadeiras em função do índice de produtividade florestal de eucaliptais em uma região de Mata Atlântica. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 4, p. 483-488, 2011.

SOUZA, D. J. *et al.*, Gel adesivo: barreira física contra formigas-cortadeiras - viável? **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 4, n. 2, p. 80-82, 2001.

SOUZA, L. R. R. **Influência do tamanho das operárias e da sazonalidade no parasitismo das saúvas *Atta sexdens* e *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) por moscas da família Phoridae.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecótonos) – Porto Nacional, TO. Universidade Federal do Tocantins – UFT, 43 p. 2013.

SWANSON, Amanda C. *et al.* Welcome to the *Atta* world: A framework for understanding the effects of leaf-cutter ants on ecosystem functions. **Functional Ecology**, v. 33, n. 8, p. 1386-1399, 2019.

TIMOFEICZYK JÚNIOR, Romano. **Análise econômica da atividade de controle de formigas-cortadeiras e da maturação financeira de um povoamento de *Eucalyptus* spp no Estado do Mato Grosso.** 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

TONHASCA JR, Athayde *et al.* Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera: Phoridae), and its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Ecotropica**, v. 2, n. 2, p. 157-164, 1996.

TONHASCA JR, A.; BRAGANÇA, M. A. L.; ERTHAL JR, M. Parasitism and biology of *Myrmosicarius grandicornis* (Diptera, Phoridae) in relationship to its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera, Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 48, n. 2, p. 154-158, 2001.

TRAVAGLINI, Raphael Vacchi. **Bases para o controle microbiano de formigas cortadeiras.** 2017. 93 fls. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas Unesp, Botucatu, 2017.

URIBE, Soraya *et al.* New species of *Eibesfeldtphora* Disney (Diptera: Phoridae) and a new key to the genus. **Zootaxa**, v. 3814, n. 3, p. 443-450, 2014.

VAN LENTEREN, Joop C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.

VIANA-BAILEZ, Ana Maria; ENDRINGER, Fabíola Bonicenha. Plasticidade do comportamento de forrageamento em formigas cortadeiras. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 3, p. 11-19, 2016.

VINHA, Germano Lopes *et al.* Leaf-cutting ants in commercial forest plantations of Brazil: biological aspects and control methods. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 82, n. 2, p. 95-103, 2020.

ZANETTI, Ronaldo. Amostragem e determinação do nível de dano econômico de formigas-cortadeiras em florestas cultivadas. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG. Ed. UFV, cap. 22, p.373-399, 2011.

ZANETTI, RONALD *et al.* **Manejo integrado de formigas-cortadeiras**. Lavras: UFLA, p. 16, 2002.

ZANETTI, Ronald *et al.* Efeito da densidade e do tamanho de saúveiros sobre a produção de madeira em eucaliptais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 1, p. 105-112, 2000.

ZANETTI, Ronald *et al.* An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. **Forests**, v. 5, n. 3, p. 439-454, 2014.

ZANETTI, R. *et al.* Efeito da espécie de eucalipto e da vegetação nativa circundante sobre o custo de combate a saúveiros em eucaliptais. **Revista Árvore**, v. 23, p. 321-325, 1999.

ZANUNCIO, José Cola *et al.* Sampling methods for monitoring the number and area of colonies of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Sociobiology**, v. 44, n. 2, p. 337-344, 2004.

WASMANN, E. Termitoxenia, ein neues flugelloses, physogastres Dipterengenus aus Termitennestern. II. Nachtrag zum systematischen und biologischen Teil. **Zeitschrift Wissenschaftliche Zoologie**, v. 70, p. 289-298, 1901.

WEBER, Neal A. Gardening ants, the attines Memoirs of the American Philosophical Society. **Philadelphia, PA**, 1972.

WREGGE, Marcos Silveira *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012., 2012.