

FORÍDEOS PARASITOIDES DE *Atta laevigata* (SMITH, 1958)
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE), EM MATA ATLÂNTICA:
OCORRÊNCIA, TAXA DE PARASITISMO E TAMANHO DE
HOSPEDEIRO

FABÍOLA APARECIDA PIMENTEL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
Julho– 2017

FORÍDEOS PARASITOIDES DE *Atta laevigata* (SMITH, 1958)
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE), EM MATA ATLÂNTICA:
OCORRÊNCIA, TAXA DE PARASITISMO E TAMANHO DE
HOSPEDEIRO

FABÍOLA APARECIDA PIMENTEL

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Omar Eduardo Bailez

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
Julho – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCH / UENF

077/2017

P644 Pimentel, Fabíola Aparecida.

Forídeos parasitoides de *Atta laevigata* (Smith, 1958) (Hymenoptera: Formicidae), em Mata Atlântica : ocorrência, taxa de parasitismo e tamanho de hospedeiro / Fabíola Aparecida Pimentel – Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.

viii, 40 f. : il.

Bibliografia: f. 32 – 40.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2017.

Orientador: Omar Eduardo Bailez.

1. Saúva Cabeça de Vidro. 2. Apocephalus. 3. Parasitoidismo. 4. Eibesfeldtphora. 5. Myrmosicarius. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 595.796

FORÍDEOS PARASITOIDES DE *Atta laevigata* (SMITH, 1958)
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE), EM MATA ATLÂNTICA:
OCORRÊNCIA, TAXA DE PARASITISMO E TAMANHO DE
HOSPEDEIRO

FABÍOLA APARECIDA PIMENTEL

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Produção Vegetal”

Aprovada em 14 de julho de 2017

Comissão Examinadora

Gerson Adriano Silva (Dsc. Fitotecnia) – UENF

Vinícius Siqueira Gazal e Silva (Dsc. Produção Vegetal) – UFRRJ

James Montoya-Lerma (Dsc. Parasitologia Médica) - Universidad del Valle

Ana Maria Matoso Viana-Bailez (DSc. Biologia do Comportamento) – UENF

Omar Eduardo Bailez (DSc. Biologia do Comportamento) - UENF(Orientador)

Dedico
A Deus e aos meus pais,
por estarem ao meu lado durante
o período de formação

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Entomologia e Fitopatologia (UENF).

Ao professor Omar Eduardo Bailez, pela orientação, atenção, paciência e dedicação para valorizar este trabalho.

À coorientadora Ana Maria Matoso Viana Bailez, pela amizade e as sugestões ao longo da realização deste trabalho.

À Renata Pereira e Alexandre Galvão, pela imensa ajuda oferecida durante a realização deste trabalho.

À Thalles Platiny L. Pereira e Pedro Abib, pela colaboração na identificação dos forídeos.

Aos professores do curso, especialmente ao professor Gerson, pela predisposição mostrada em todas as ocasiões nas quais o consultei para tirar dúvidas.

Aos meus pais, pelo grande apoio durante as coletas.

Finalmente, aos colegas e amigos do laboratório Anália, Renata, Will, Jean, Jonathan, Pedro e Arli, pelo convívio e companheirismo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Formigas cortadeiras.....	5
3.2. Forídeos.....	7
3.3. Interação parasitoide-formiga cortadeira.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4.1 Área de estudo e ninhos de formigas.....	12
4.2 Ninhos.....	12
4.3 Coletas de forídeos	13
4.4. Parasitismo natural.....	15
4.5 Tamanho do hospedeiro	16
5. RESULTADOS.....	17
5.1 Abundância de forídeos	17
5.2. Parasitismo natural.....	18
5.3. Tamanho do hospedeiro	24
6. DISCUSSÃO.....	27
7. CONCLUSÕES.....	31
8. REFERÊNCIAS.....	32

RESUMO

PIMENTEL, F.A, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Jul/2017. Forídeos parasitoides de *Atta laevigata* (Smith, 1958) (Hymenoptera: Formicidae) em Mata Atlântica: ocorrência, taxa de parasitismo e tamanho de hospedeiro. Orientador: Prof. Omar Eduardo Bailez.

Várias espécies de formigas cortadeiras são consideradas pragas agrícolas pelos importantes prejuízos que ocasionam. A espécie *Atta laevigata* destaca-se pela ampla distribuição no território nacional e pela magnitude das perdas econômicas que provoca. O método de controle mais utilizado para reduzir o impacto provocado por esses insetos é químico. Entretanto, evidências de impacto ambiental negativo, causado pelos princípios ativos mais utilizados, têm gerado consenso sobre a necessidade de desenvolver métodos de controle alternativo. Nos últimos anos, pesquisas sobre moscas parasitoides da família Phoridae (Diptera) demonstraram potencial desses insetos como agentes de controle biológico de formigas cortadeiras. O objetivo deste trabalho foi determinar quais espécies de forídeos parasitam a *A. laevigata* em áreas de vegetação natural, qual é a taxa natural de parasitismo que causam e o tamanho de hospedeiro atacado. O trabalho foi realizado em uma zona de Mata Atlântica de Minas Gerais. Forídeos parasitoides foram coletados a cada mês durante um ano quando sobrevoavam trilhas e olheiros de cinco ninhos de *A. laevigata*. Simultaneamente, nas mesmas datas, duzentas formigas forrageadoras foram coletadas de outros cinco ninhos de *A. laevigata*. As formigas foram transportadas ao laboratório e mantidas com água e alimento a

25±2°C e 65-80% UR. Cada formiga morta foi isolada e observada diariamente até verificar parasitismo. Os forídeos coletados no campo e aqueles emergidos de formigas parasitadas foram sacrificados e identificados em nível de espécie. A taxa de parasitismo causada por cada espécie de forídeo foi estabelecida para cada amostra de formiga. As taxas de parasitismo foram comparadas entre as espécies de forídeos e entre os distintos meses mediante teste de Kruskal Wallis. O tamanho da cabeça das formigas parasitadas foi mensurado e se estabeleceram intervalos de confiança de tamanho de hospedeiro atacado para cada espécie. Forídeos das espécies *Eibesfeldtphora erthali*, *E. bragancai*, *E. declinata*, *Apocephalus vicosae* e *Myrmosicarius grandicornis* foram coletados no campo e as duas primeiras foram as mais abundantes. O parasitismo dessas espécies em *A. laevigata* foi confirmado pela emergência de forídeos adultos das formigas coletadas no campo. Formigas foram também parasitadas por *Apocephalus attophilus* e por *Megaselia* sp. A taxa média de parasitismo foi 5,91±0,76%, mas, esta variou significativamente ao longo dos meses com picos em maio, junho e julho. *Apocephalus spp.* causaram a maior taxa de parasitismo, 3,44±0,44%, *Eibesfeldtphora spp.* causaram 2,22±0,29% e *M. grandicornis* 0,25±0,03%. A taxa de parasitismo de alguns ninhos amostrados foi superior a 40 por cento. Os forídeos *E. erthali* e *A. attophilus* parasitaram operárias de uma variada gama de tamanhos, enquanto que *A. vicosae*, *E. declinata*, *E. bragancai*, e *M. grandicornis* atacaram formigas de tamanho menor. O número de espécies de forídeos e a taxa de parasitismo registrado em Mata Atlântica foi superior ao determinado para esta espécie de formiga em outros ambientes. Características biológicas de algumas espécies de forídeos e o impacto que provocam na população de formigas ressaltam o potencial desses insetos como agentes de controle biológico de *A. laevigata*. A espécie *A. attophilus* destacou-se pela alta taxa de parasitismo que causa, pela regularidade desta ao longo do ano e pela ampla gama de tamanhos de hospedeiros que ataca.

Palavras chave: saúva cabeça de vidro, parasitoidismo, *Apocephalus*, *Eibesfeldtphora*, *Myrmosicarius*,

ABSTRACT

PIMENTEL, F.A, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Jul/2017. Phoridean parasitoids of *Atta laevigata* (Smith, 1958) (Hymenoptera: Formicidae) in the mata atlantica environment. Occurrence, parasitism rate and host size. Orienteer: Prof. Omar Eduardo Bailez.

Several species of cutting ants are agricultural pests. *Atta laevigata* stand out for its wide distribution in the country, and the economic losses it causes. Chemical products are usually used for the management of these insects. The harmful environmental effects caused by chemical products show the need for alternative control strategies. Recent researches on parasitoid flies of the Family Phoridae highlighted their potential as biologic agents for the control of leaf-cutting ants. The aim of this work was to identify which phorid species parasitize *A. laevigata* in Atlantic Forest, to evaluate the parasitism rate caused by each parasitoid species and to determine the size of host most frequently attacked by each phorid species. Every month for one year, we collected parasitoids when they flew over trails of five nests of *A. laevigata*. Simultaneously, we sampled 200 worker ants from the trails of other five nests. The collected ants were taken to the laboratory where were maintained with food and water at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ and 65-80% RH. Dead ants were isolated and to verify the parasitism the ants were observed every day. Flies collected in the field and emerged in the laboratory from the parasitized ants were identified at the species level. Parasitism rate caused by each phorid species was determined for every ant samples and this data were compared by the Kruskal Wallis test. We also compared by Kruskal Wallis test the parasitism registered in the different month.

The head size of the parasitized ants was measured, and the confidence intervals of the host size attacked for each phorid species were determined. *Eibesfeldtphora erthali*, *E. bragancai*, *E. declinata*, *Apocephalus vicosae*, and *Myrmosicarius grandicornis* were the species found on the foraging trails of *A. laevigata*. The former two species were the most prevalent. Adult flies of the same five species emerged from ants collected in the field. Ants were also parasitized by *Apocephalus attophilus* and *Megaselia* sp. Mean of parasitism rate of all samples was $5,91 \pm 0,76\%$. The parasitism rate caused by the different phorid species was significantly different. *Apocephalus* spp. caused the highest parasitism rate ($3,44 \pm 0,44\%$), *Eibesfeldtphora* spp. caused $2,22 \pm 0,29\%$ and *M. Grandicornis* $0,25 \pm 0,03\%$. The higher parasitism rates were registered in May, June, and July. Parasitism rate of some sampled nests reach to 40%. *E. erthali* e *A. attophilus* parasitized a broad range of workers sizes. *A. vicosae*, *E. declinata*, *E. bragancai*, and *M. grandicornis* more frequently parasitized smaller ants. *A. laevigata* nest from Atlantic Forest show more phorid species parasitizing ants and higher parasitism rate if compared to other environments. Biological features of some phorid species and their impact on populations of ants highlight the potential of these insects to be used as biological control agents of *A. laevigata*. *Apocephalus attophilus* stands out for the high parasitism rate caused, for the regular occurrence along the year, and for the wide range of host size parasitized.

Keywords: sauva, parasitoidism, *Apocephalus*, *Eibesfeldtphora*, *Myrmosicarius*

1. INTRODUÇÃO

A tribo Attini agrupa todas as espécies de formigas que cultivam fungos simbiotes dos quais se alimentam (Muller et al., 2005). O cultivo do fungo pode ser feito sobre variados substratos de origem animal ou vegetal (Leal e Oliveira, 2000). As espécies que cultivam o fungo sobre material vegetal fresco (e.g. fragmentos de folhas e flores frescas) são denominadas formigas cortadeiras e se agrupam nos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (Currie, 2002, Nickele, 2013).

Em ambientes naturais, as formigas cortadeiras são importantes agentes ecológicos porque favorecem a reciclagem de nutrientes do solo e porque modificam a estrutura e diversidade das comunidades vegetais (Moutinho et al., 2003; Farji-Brener e Ghermandi, 2004; Meyer et al., 2011). Por outro lado, em sistemas agropecuários, estes mesmos insetos podem ser pragas quando ocasionam grandes perdas a diversas culturas agrícolas (Caldato et al., 2016).

O controle das formigas cortadeiras pode ser realizado através de distintos métodos, mas o método químico é o mais utilizado. No entanto, problemas ambientais associados ao uso de alguns dos princípios ativos mais utilizados têm promovido a procura de métodos alternativos de controle (Araújo et al., 2003; Montoya-Lerma et al., 2012; Goffré e Folgarait, 2015). Uma das alternativas mais estudadas nas últimas décadas foi o uso de inimigos naturais como agentes de controle biológico (Currie, 2001; Loreiro e Monteiro, 2005; Goffré e Folgarait, 2015). Entre os inimigos naturais destas formigas se destacam pelo seu potencial as moscas parasitoides da família Phoridae (Diptera) (Boaretto e Forti, 1997, Bragança, 2011; Guillade e Folgarait, 2011, Bailez, 2016).

Programas de controle biológico baseados no uso de forídeos parasitoides já foram implantados nos Estados Unidos para manejar a formiga invasora *Solenopsis invicta* (Graham et al., 2003). O desenvolvimento desses programas foi alcançado após a realização de diversas pesquisas sobre comportamento e biologia dos forídeos (Porter et al., 2004; Vazquez et al., 2004).

Em formigas cortadeiras já foram identificados onze gêneros de forídeos parasitoides, dos quais três merecem destaque pelo maior número de espécies e pela frequência do parasitismo: *Apocephalus* Coquillett, 1901, *Myrmosicarius* Borgmeier, 1928, *Eibesfeldtphora*, antigo *Neodohniphora* Malloch (Bragança, 2011). Estudos destinados a avaliar o potencial dos forídeos para controle biológico de formigas cortadeiras se intensificaram nas últimas décadas no Brasil. O maior número de estudos foi feito sobre forídeos de *Atta sexdens* (Tonhasca, 1996; Bragança et al., 1998; Tonhasca et al., 2001; Silva et al., 2007; Silva et al., 2008; Gazal et al., 2009; Galvão, 2016). Um número menor de trabalhos foi realizado sobre forídeos de *A. laevigata* (Erthal e Tonhasca, 2000; Bragança et al., 2006; Souza, 2013, Bragança et al., 2016), *Atta bisphaerica* (Bragança et al., 2003, Martins, 2015), *Atta robusta* (Gomes, 2011; Lima et al., 2010) e *Acromyrmex* spp (Barrera, 2016).

O tamanho da formiga seria um dos fatores importante na escolha do hospedeiro por parte dos forídeos (Tonhasca et al., 2001; Galvão, 2016) e a largura da cabeça é o estimador de tamanho do hospedeiro mais frequentemente utilizado (Wilson, 1980). Algumas espécies de forídeos parasitam mais frequentemente operárias de tamanhos específicos (Bragança, 2011; Erthal, 1999, Galvão, 2016). *Eibesfeldtphora* spp. e *Apocephalus* spp. parasitam com maior frequência forrageadoras maiores na espécie *A. sexdens* (Galvão, 2016). Por outro lado, *Myrmosicarius* spp. parasitam operárias menores (Bragança et al., 1998; Tonhasca et al., 2001; Galvão, 2016). Entender a relação entre tamanho de hospedeiro e o parasitismo causado pelas distintas espécies de parasitoide é essencial para a compreensão das relações forídeo-formiga cortadeira.

O potencial dos forídeos parasitoides de formigas cortadeiras como agentes de controle biológico requer um conhecimento profundo das interações com seus hospedeiros e uma medição confiável das taxas naturais de parasitismo. A taxa de parasitismo representa a porcentagem de hospedeiros parasitados num momento dado (Elizalde e Folgarait, 2011). De acordo com Hawkins (1994), o valor mais alto

obtido sugere o potencial do sistema. Para este autor, inimigos naturais eficientes deveriam provocar taxas de parasitismo próximas de 30 por cento.

A taxa média de parasitismo causada pelos forídeos de formigas cortadeiras varia geralmente de 2% a 5% (Bragança et al., 1998; Tonhasca et al., 2001; Bragança et al., 2006, Galvão 2016, Bragança et al., 2016). No entanto, em nível de ninhos, já foram registradas taxas de até 16% para *A. sexdens* (Galvão, 2016) e 35% para *Atta vollenweideri* (Elizalde e Folgarait, 2011). A presença de forídeos nas trilhas, além da mortalidade de operárias, pode provocar redução significativa do tamanho de forrageadora e da massa da carga transportada (Tonhasca, 1996; Bragança et al., 1998) o qual afeta negativamente o forrageamento (Orr, 1992, Tonhasca et al., 2001).

Levantamentos feitos para determinar parasitismo por forídeos em *A. laevigata* já foram realizados nos estados de Minas Gerais (Erthal, 1999), Tocantins (Bragança et al., 2002; Souza, 2013, Bragança et al., 2016) e Goiás (Pesquero et al., 2010) e a maior taxa de parasitismo registrada foi 5,36% (Bragança et al., 2016). Esses estudos foram realizados em florestas implantadas mistas (Erthal, 1999) e de eucalipto (Pesquero et al., 2010) ou no Cerrado (Bragança e Medeiros, 2006; Pesquero et al., 2010; Souza, 2013) mas, não existem dados sobre parasitismo em áreas de vegetação natural do bioma Mata Atlântica.

Em base aos dados da literatura sobre abundância de forídeos e taxas de parasitismo de forídeos de *A. laevigata* e de outras espécies de formigas cortadeiras, espera-se em Mata Atlântica que com relação a outros ambientes, um maior número de espécies parasitas *A. laevigata* que quanto à taxa de parasitismo o forídeo *A. attophilus* seja a espécie predominante.

2. OBJETIVOS

Geral:

Determinar a mortalidade que as distintas espécies de forídeos parasitoides causam à formiga cortadeira *A. laevigata* em área de Mata Atlântica.

Específicos:

1. Identificar quais espécies de forídeo parasitam *A. laevigata*;
2. Determinar a taxa de parasitismo que causa cada espécie de forídeo;
3. Verificar as variações da taxa de parasitismo ao longo do ano;
4. Determinar o tamanho de hospedeiro parasitado por cada espécie de forídeo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Formigas cortadeiras

As formigas são insetos sociais que distribuídos em 16 subfamílias se agrupam na família Formicidae (Hymenoptera) (Hölldobler e Wilson, 1990, Van Pelt, 1995, Alonso e Agosti, 2000). De acordo com seu hábito alimentar, as formigas podem interagir com plantas, animais ou fungos (Alonso e Agosti, 2000). A subfamília Myrmicinae compreende a tribo Attini que conta com 230 espécies de formigas que desenvolveram uma relação simbiótica com fungos (Weber, 1966).

As Attini cultivam o fungo simbiote no interior do ninho e o utilizam para sua alimentação (Nickele, 2013). O fungo pode ser cultivado sobre fragmentos de madeira, carcaças de artrópodes (Mehdiabadi e Schultz, 2009), ou fragmentos de folhas e flores (Weber, 1972; Leal e Oliveira, 2000). Dos 14 gêneros de Attini apenas dois, *Atta* e *Acromyrmex*, cortam vegetais e cultivam o fungo simbiote sobre material vegetal fresco e por esse motivo essas formigas são denominadas formigas cortadeiras (Nickele et al., 2013).

As formigas cortadeiras cumprem uma função ecológica muito importante em ambientes naturais. Seus ninhos estão constituídos por diversas câmaras conectadas por túneis (Moreira et al., 2004) que podem conter ovos, larvas, pupas, e adultos de formigas, ou fungo simbiote, terra solta ou lixo (Ukan, 2011). As câmaras de lixo contêm partículas de solo, formigas mortas, restos vegetais e de fungo (Nickele et al., 2013) que favorecem a reciclagem de nutrientes e a aeração do solo (Moutinho et al., 2003; Farji-Brener e Ghermandi, 2004). Outra importante

função ecológica resulta da desfolha intensiva da floresta, que modifica a luminosidade do sub-bosque e o microclima gerado pode favorecer a germinação de sementes e crescimento de plântulas (Dauber e Wolters, 2000, Meyer et al., 2011).

Do ponto de vista econômico, as formigas cortadeiras, também, ser pragas importantes quando ocasionam prejuízo à agricultura (Fowler et al., 1989). Estas formigas podem causar desfolha de árvores de qualquer idade (Hóllboblér e Wilson, 1990; Della Lucia, 2011) mas, os maiores danos são causados às plantas novas (Montoya-Lerma et al., 2012). Florestas de pinus de menos de 10 anos podem sofrer perdas que representam até 50% da produção de madeira (Hernández e Jaffé, 1995). Um único saúveiro em cultura de cana-de-açúcar pode provocar quedas de rendimento de até 450 kg de açúcar ou 300 litros de álcool por ano (Dow Agrosiences, 1998). Outras culturas atacadas por cortadeiras que sofrem perdas significativas são algodão, milho, mandioca, café (Montoya-Lerma et al., 2012; Boaretto e Forti, 1997) e eucalipto (Santos et al., 2015).

Atta laevigata é uma formiga cortadeira conhecida popularmente como saúva cabeça de vidro ou cabeça de melado, pelo seu aspecto brilhoso e cor avermelhada que lembra melado de cana de açúcar (Rodovalho et al 2014, Zanuncio et al., 1999). Esta formiga ocorre nas cinco regiões brasileiras, na região Norte no estado do Amazonas (Gonçalves, 1967); na região Nordeste, na Bahia (Delabie, 1998), na região Centro Oeste em Tocantins (Souza, 2013, Pesquero et al., 2010), na região Sul no Paraná (Santos et al., 2015) e na região Sudeste em Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo (Della Lúcia e Fower 1993, Bragança et al., 2002). Esta saúva corta monocotiledôneas e dicotiledônias (Delabie et al., 1997) de espécies nativas e introduzidas (Vasconcelos e Cherret, 1977) e é considerada uma das principais pragas agrícolas no Brasil (Fowler et al., 1989). As culturas mais atacadas por esta espécie são milho, mandioca, cana-de-açúcar, eucalipto e pinus, (Gonçalves, 1951e 1960; Santos et al., 2015). Plantações de pinus de menos de 10 anos sofrem perdas de até 50% na produção de madeira (Hernández e Jaffé, 1995).

Entre os métodos mais utilizados para controlar cortadeiras se destaca o método químico. No entanto, problemas ambientais associados aos princípios ativos utilizados têm promovido a procura de métodos de controle alternativo (Montoya-Lerma et al., 2012; Goffré e Folgarait, 2015).

Microrganismos entomopatogênicos, parasitoides e predadores regulam em ambiente natural as populações de formigas cortadeiras (Feener e Moss, 1990, Currie, 2001, Bragança, 2011). Muitos desses organismos têm sido pesquisados nas últimas décadas para avaliar seu potencial para uso em controle biológico (Boaretto e Forti, 1997, Cezar et al., 2008).

Fungos entomopatogênicos, fungos competidores e insetos parasitoides destacam-se como potenciais agentes de controle biológico entre os organismos já avaliados. Fungos das espécies *Purpureocillium lilacinum* (Ascomycota: Hypocreale), *Beauveria bassiana* (Moniliales) e *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitacea: Hypocreales) podem provocar mortalidade significativa de operárias de *A. sexdens* (Loreiro e Monteiro, 2005) e *Acromyrmex lundii* em condições de laboratório (Goffré e Folgarait, 2015). Por outro lado, o fungo competidor *Escovopsis* spp pode reduzir o desenvolvimento do jardim de fungo simbiote (Currie, 2001). Insetos parasitoides das ordens Hymenoptera e Diptera provocam a morte das formigas que parasitam (Bragança, 2011). Na ordem Hymenoptera duas famílias, Chalcididae e Diapriidae, compreendem espécies parasitoides de formigas cortadeiras (Waller e Moser, 1990; Loiécono et al., 2000) mas, a eficiência de parasitismo e o impacto sobre as colônias de formigas têm sido pouco estudados (Bragança, 2011). Na ordem Díptera, 11 gêneros da família Phoridae contam com espécies que parasitam formigas cortadeiras (Feener e Moss, 1990). As mais estudadas pertencem aos gêneros *Eibesfeldtphora*, *Apocephalus*, *Myrmosicarius* (Disney, 1994 e Bragança, 2011).

3.2. Forídeos

Os forídeos são moscas de 0,4 a 6,0 mm que estão agrupados na família Phoridae (Diptera) (Celis, 2013; Brown e Smith 2010). Essa família conta com aproximadamente 4.000 espécies (Mostovski, 2004; Brown e Smith, 2010, Disney et al., 2010, Celis, 2013) mas, estima-se que o número real seja de 20.000 a 40.000 espécies (Brown 1992, 2004).

A morfologia dos forídeos se caracteriza pela ausência de veias transversais nas asas (Brown e Smith, 2010) e presença de 12 cerdas dispostas em três fileiras de quatro, na parte frontal da cabeça (Brown e Smith, 2010). Do ponto de vista comportamental, os forídeos se locomovem por meio de movimentos rápidos em

trajetos curtos, o que dá origem ao nome do grupo, pois, “*phora*” em grego significa movimento rápido (Disney, 1994). A adaptação dos forídeos aos diversos ecossistemas onde habitam foi seguramente favorecida pela diversidade de hábitos de vida que possuem estes insetos (Disney, 1994).

Os forídeos adultos podem ser predadores ou se alimentar de pólen, esporos (Browne Smith, 2010), líquidos açucarados (Disney, 1994, Fadamiro et al., 2005), fluidos da carniça ou fluidos de seus hospedeiros decorrentes de feridas causadas durante o processo de oviposição. Durante a fase larval muitas espécies são saprófagas e se alimentam de matéria orgânica em decomposição (e.g. *Megaselia* spp, Disney, 1994; Barnes, 1990). Outras são herbívoras e se alimentam de vegetais vivos (e.g. *Megaselia* spp, Browne Smith, 2010). Algumas espécies são cleptorasitas e se alimentam de recursos coletados por insetos sociais (e.g. *Pseudohyocera* spp) (Kistner, 1982, Oliveira et al., 2013), enquanto que um importante número de espécies é parasitoide e se alimenta dos tecidos vivos de pequenos organismos como moluscos, centopeias, aracnídeos, milípedes e insetos que geralmente morrem antes do parasitoide completar o desenvolvimento larvar (Browne Smith, 2010).

Algumas espécies de forídeos são consideradas pragas por que causam danos importantes à agricultura ou riscos à saúde humana (Browne Smith, 2010). A espécie *Pseudohyocera kerteszi* é cleptoparasita de abelhas e provoca perdas à produção apícola (Hernández e Gutiérrez, 2001). *Megaselia halterat* se alimenta do micélio de *Agaricus bisporus* e afeta a produtividade comercial desse cogumelo (Lewandowski et al., 2012). *Megaselia scaralis* pode causar miíases em humanos (Browne Smith, 2010).

Forídeos podem também ser insetos benéficos. Espécies do gênero *Megaselia* são importantes polinizadores de orquídeas do gênero *Stelis* (Alboris-Ortiz e Sosa, 2006). Espécies do mesmo gênero que participam da decomposição de cadáveres contribuem para a formação de matéria orgânica (Disney, 1994) e podem ser utilizadas em medicina forense para indicar intervalo pós morte (Catts e Goff, 1992, Pujol-Luz et al., 2006). Nos últimos anos forídeos parasitoides começaram a ser utilizados como agentes de controle biológico em programas de manejo de formigas pragas (Porter et al., 2004).

As primeiras pesquisas sobre forídeos parasitoides que visaram seu uso em controle biológico foram desenvolvidas nos Estados Unidos (Bragança, 2011). No

século passado formigas das espécies *Solenopsis invicta* e *S. richteri*, originárias da América do Sul, foram acidentalmente introduzidas nos Estados Unidos (Porter et al., 2004) e se multiplicaram descontroladamente até adquirir *status* de praga importante para a agricultura e de risco à saúde humana (Thompson e Jones, 1996; Williams et al., 2001, Jetter et al., 2002). Os métodos químicos convencionais de controle inicialmente utilizados fracassaram e o controle biológico com inimigos naturais passou a ser considerado como método alternativo (Porter et al., 2004). Com esse objetivo pesquisas sobre a biologia de forídeos parasitoides foram desenvolvidas nas últimas duas décadas sobre espécies do gênero *Pseudacteon* por serem importantes inimigos naturais dessas formigas (Porter et al., 2004; Bragança 2011, Bailez, 2016).

Moscas forídeos parasitam também formigas cortadeiras (Disney 1994; Elizalde e Folgarait, 2012) e além de provocar a morte da formiga parasitada, sua presença nas trilhas pode reduzir a atividade de forrageamento das formigas (Bragança et al., 1998; Lebrun e Feener, 2002) o qual aumenta o interesse por esses insetos (Bragança et al., 1998; Bailez, 2016).

Forídeos parasitoides de formigas cortadeiras podem ser encontrados desde o sul dos Estados Unidos até Argentina (Bragança, 2011) e se agrupam em três gêneros: *Apocephalus* Coquillett, 1901, *Myrmosicarius* Borgmeier, 1928 e *Eibesfeldtphora* antigo *Neodohrniphora* Malloch (Disney et al., 2009, Folagarait 2013, Braganca et al 2016). Outros gêneros associados a formigas cortadeiras, mas sem comprovação de parasitismo, são: *Dacnophora* Borgmeier, 1961, *Procliniella* Bormeier, 1925 *Pseudacteon* e *Stenoneurellys* Borgmeier, 1924, *Lucianaphora* Disney, 2008, *Macrocerides* Borgmeier, 1927, *Allochaeta* Borrmeier, 1924 (Braganca 2011).

O comportamento dos forídeos parasitoides de formigas cortadeiras varia de acordo com a espécie. Algumas espécies ovipositam no mesmo local do corpo do hospedeiro (e.g. cabeça da formiga) mas, as suas larvas se desenvolvem em locais diferentes (e.g. tórax, cabeça ou fora do corpo do hospedeiro) (Bragança et al., 2002, Bragança, 2011).

O forídeo *M. grandicornis*, denominado vulgarmente mosca decapitadora (Tonhasca et al., 2001, Brown, 2009), sobrevoa o hospedeiro e oviposita pelo lado direito da cabeça. Este comportamento seria consequência da curvatura assimétrica do ovipositor (Tonhasca et al., 2001). Ao eclodir, a larva se alimenta

dos tecidos da cabeça e antes de completar o desenvolvimento provoca a queda das mandíbulas do hospedeiro, o qual parece facilitar a emergência do adulto (Bragança, 2011). A pupa se forma no lado direito interior da cabeça da formiga (Tonhasca et al., 2001).

A espécie *A. attophilus* oviposita na cavidade bucal entre as mandíbulas. A larva se alimenta do conteúdo da cabeça e quando completa o desenvolvimento abandona o hospedeiro e transforma-se em pupa fora deste (Erthal e Tonhasca, 2000).

O parasitoide *A. vicosae* também oviposita entre as mandíbulas, mas a larva eclode e migra para o tórax onde desenvolve até formar a pupa (Bragança e Medeiros, 2006).

A fêmea de *E. tonhascai* oviposita na membrana póstero-dorsal da cabeça do hospedeiro (Bragança et al., 2002). A larva se alimenta dos tecidos internos da cabeça e antes de completar o desenvolvimento causa a morte do hospedeiro (Tonhasca, 1996). A larva completa seu desenvolvimento e forma o pupário na cavidade bucal entre as mandíbulas da formiga (Bragança, 2011).

Diferentemente de todas as espécies descritas acima, *E. bragancai* e *E. erthali* ovipositam na porção final do gáster (aparentemente no ânus) (Bragança et al., 2002; 2003). A larva eclode e migra para a cabeça onde se alimenta até completar seu desenvolvimento e formar o pupário entre as mandíbulas de forma similar as outras espécies do gênero (Bragança, 2011).

3.3. Interação parasitoide-formiga cortadeira

Os parasitoides, geralmente, encontram o hospedeiro por meio de sinais do habitat ou do hospedeiro (Morehead e Feener, 2000). Os sinais do hospedeiro utilizados pelos forídeos podem ser físicos (formas estáticas ou em movimento) ou químicos (odores glandulares ou cuticulares) (Vinson, 1976; Weseloh, 1981, Gazal et al., 2009; Mathis e Philpott, 2012). Algumas espécies de forídeos de cortadeiras (e.g. *Eibesfeldtphora elongate*) parecem utilizar combinações de estímulos químicos e visuais para identificar o hospedeiro (Gazal et al., 2009).

A condição do habitat pode também ter um importante papel no parasitismo (Mathis e Philpott, 2012). *Neodohniphora elongata* e *N. tonhascai* (Atualmente

gênero *Eibesfeldtphora*) atacam o hospedeiro *A. sexdens* em condições de alta luminosidade (Bragança et al., 2008).

O tamanho da formiga é outro importante fator que parece influenciar a escolha de um hospedeiro por parte do forídeo (Wilson, 1980; Tonhasca et al., 2001; Galvão, 2016). Algumas espécies de forídeo parecem atacar mais frequentemente determinadas classes de tamanho de hospedeiro (Souza, 2013; Galvão, 2016) estabelecidas a partir da largura da cápsula cefálica (Wilson, 1980). A espécie *M. grandicornis* geralmente ataca formigas menores (Tonhasca et al., 2001; Galvão, 2016) enquanto que *E. tonhascai* (Bragança, 2011) e *A. attophilus* atacam operárias maiores (Tonhasca et al., 2001, Galvão, 2016).

Relatos sobre forídeos parasitoides de *A. laevigata* na literatura são escassos e estão restritos a ambientes de floresta implantada ou de Cerrado (Bragança e Medeiros, 2006, Bragança et al., 2016). Seis espécies de forídeos foram relatadas como parasitoides de *A. laevigata*. As espécies *A. attophilus*, *M. grandicornis*, *E. erthali* foram registradas em plantações florestais de Minas Gerais (Erthal, 1999) e *A. attophilus*, *A. vicosae*, *E. tonhascai*, *E. bragancai*, *E. erthali* em áreas de Cerrado de Tocantins (Bragança e Medeiros, 2006, Pesquero et al., 2010; Souza, 2013; Bragança et al., 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo e ninhos de formigas

O estudo foi realizado no município de São Francisco do Glória, MG, em uma zona de amortecimento do Parque Estadual Serra do Brigadeiro (20°44'42.5"S, 42°18'49.4"W). A zona de amortecimento se define como a área de entorno do parque em um limite de 10 Km que abrange os municípios de Jequeri, Orizânia, Canaã, Rosário da Limeira, São Sebastião da Vargem Alegre e São Francisco do Glória (IEF, 2008). A vegetação local foi classificada como Floresta Estacional Semi-decidual e pertence ao domínio Mata Atlântica (Veloso et al., 1991, IEF, 2008). No local onde foram realizadas as coletas de insetos, a densidade média de ninhos foi de $1 \pm 0,10$ cada 1000 m².

4.2 Ninhos

Na área de estudo foram selecionados e georeferenciados 10 ninhos de *A. laevigata* (Fig 1) com área de montículo na entrada principal maior a 1 m². A área de montículo mínima foi utilizada como parâmetro de estimação de ninhos com abundante número de forrageadoras. A distância entre ninhos escolhidos foi sempre maior a 100 m, mas, nunca ultrapassou 5 km.

Das trilhas e olheiros dos ninhos selecionados foram coletadas operárias de *A. laevigata* e forídeos que sobrevoavam as formigas. As coletas sempre foram realizadas naqueles ninhos com maior atividade de forrageamento. Desse modo, nos distintos meses as coletas foram geralmente realizadas em distintos ninhos.

4.3 Coletas de forídeos

Forídeos parasitoides que sobrevoaram de operárias foram coletados das trilhas de cinco ninhos de *A. laevigata*. A coleta em cada ninho foi realizada por um observador durante 15 minutos enquanto percorria a passo constante as trilhas. As coletas se repetiram todos os meses entre maio de 2016 e abril de 2017, entre 7:00 h e 13:00 h ou entre 17:00h e 19:00 h, em função do horário de maior atividade das formigas. A captura dos forídeos foi feita com aspirador entomológico feito de mangueira de silicone (8 mm) conectada a um tubo Eppendorf® (2,0 ml), modificado com fundo de tecido de organza (100 “*mesh*”).

Os parasitoides coletados no campo foram acondicionados em caixa térmica e transportados ao laboratório. Posteriormente, foram sacrificados e identificados em nível de espécie com ajuda de microscópio estereoscópico e de chaves de identificação (Disney et al., 2006; 2009 e Brown e Smith et al., 2010).

Análises estatísticas

O número de forídeos parasitoides coletados das distintas espécies foi comparado mediante teste Kuskal Wallis, considerando cada amostragem mensal como uma repetição (n=12).

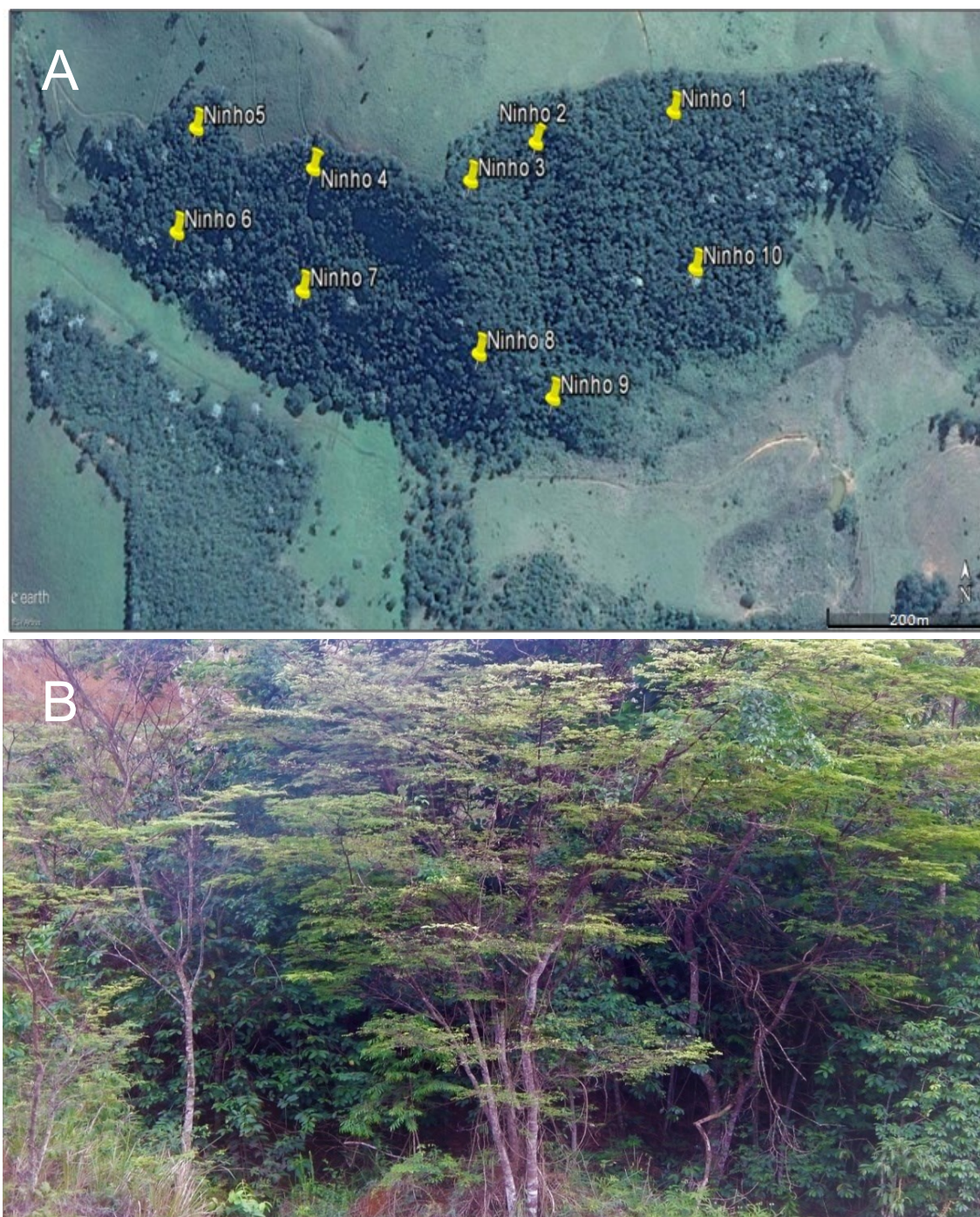


Figura 1: A - Localização dos ninhos selecionados na área de Mata Atlântica do Parque Estadual Serra do Brigadeiro, município de São Francisco do Glória, MG, (Ninho 1: 20° 44.628'S; 42° 18.745'O; Ninho 2: 20° 44.644'S, 42° 18.851'O; Ninho 3: 20° 44.664'S, 42° 18.901'O; Ninho 4: 20° 44.657'S Long: 42° 19.021'O Ninho 5: 20° 44.635' S, 42° 19.111'O; Ninho 6: 20° 44.690'S, 42° 19.124'O Ninho 7: 20° 44.721'S, 42° 19.028'O; Ninho 8: 20° 44.754'S, 42° 18.895'O; Ninho 9: 20° 44.777'S, 42° 18.840'O ; Ninho 10: Lat: 20° 44.711'S, 42° 18.731'O). B- Paisagem da mata na área onde estavam localizados os ninhos.

4.4. Parasitismo natural

Duzentas operárias de *A. laevigata* foram coletadas quando passaram por uma linha pré-estabelecida na trilha de cada um de cinco ninhos localizados na área de estudo. As coletas foram realizadas uma vez ao mês, entre maio de 2016 e abril de 2017. Os horários de coleta variaram ao longo do ano de 4:00-6:00 h; 7:00-11:00h e 19:00-21:00h em função do horário de forrageamento das formigas. A cada amostragem escolheram-se os ninhos de forma aleatória entre aqueles que tinham abundante atividade de forrageamento. Portanto, as amostragens foram geralmente realizadas em diferentes ninhos.

As formigas foram coletadas com pinça metálica flexível ou com a mão, colocadas em potes de 500 ml e transferidas no laboratório para bandejas plásticas (30x20x10 cm) com água e alimento (solução sacarose 10%), onde foram mantidas a $25\pm 1^\circ$ C, $80\pm 5\%$ UR e 12 h de fotoperíodo. As formigas mortas foram retiradas das bandejas, isoladas em tubo de ensaio e examinadas diariamente durante 45 dias. No exame do material registraram-se: mudanças de tonalidade na cabeça, tórax ou abdome, aparecimento de aberturas no corpo, separação de segmentos, de membros, de peças ou apêndices do corpo, movimentação de corpos no interior do corpo da formiga, morfologia e local de ocorrência de larvas e pupas e local de emergência de forídeos adultos.

Sinais de parasitismo foram considerados: 1. Cabeça da formiga translúcida ao ser observada a contraluz; 2. Larvas ou pupas no interior do corpo do hospedeiro ou fora deste; 3. Abertura entre a região do pronoto e a propleura (Bragança e Medeiros, 2006); 4. Pupário entre as mandíbulas (Bragança, 2011); 5. Cabeça sem mandíbulas, ou com a lateral direita escura e a esquerda translúcida (Tonhasca et al., 2001).

Quando algum sinal de parasitismo foi detectado, o material foi transferido para copos plásticos (30 ml) com 2 cm de gesso na base e tampa modificada com malha plástica. O gesso foi umedecido regularmente para manter a umidade e a malha plástica permitiu ventilação e evitou o escape de adultos.

Formigas parasitadas foram consideradas aquelas que produziram larvas, pupas ou adultos de forídeos. A taxa de parasitismo de cada ninho foi estimada em base à fórmula: Taxa de parasitismo = n° formigas parasitadas / n° formigas da amostra * 100 (Galvão, 2016).

Os forídeos adultos emergidos foram imediatamente sacrificados em álcool 70% e identificados em nível de espécie no microscópio estereoscópico com ajuda de chaves de identificação (Disney et al., 2006; 2009; Brown et al., 2010).

Análises estatísticas

As taxas de parasitismo causadas pelas distintas espécies foram comparadas entre si mediante teste Kruskal Wallis. O mesmo teste foi utilizado para comparar as taxas de parasitismo dos distintos meses.

4.5 Tamanho do hospedeiro

Cada formiga parasitada foi categorizada pela largura da cabeça em uma de seis classes de tamanho pré-estabelecidas: I. 2,01-2,50 mm; II. 2,51-3,00 mm; III. 3,01-3,50 mm; IV. 3,51-4,00 mm; V. 4,01-4,50 mm; VI. > 4,51mm (Galvão, 2016). Posteriormente, a distribuição de frequência do parasitismo nas distintas classes de tamanho foi estabelecida para cada espécie de forídeo.

Análises estatísticas

O intervalo de confiança do tamanho de hospedeiro de cada espécie de forídeo foi estabelecido utilizando os dados de largura de cabeça das formigas parasitadas.

A distribuição do parasitismo nas distintas classes de tamanho de hospedeiro em cada espécie foi comparada com uma distribuição esperada, mediante teste de Chi quadrado. As frequências esperadas foram estabelecidas em base a uma hipótese de proporcionalidade igualitária na qual todas os forídeos parasitariam todas as classes de tamanho na mesma proporção.

5. RESULTADOS

5.1 Abundância de forídeos

Forídeos das espécies *E. bragancai*, *E. erthali*, *E. declinata*, *A. vicosae*, e *M. grandicornis* (N=114) foram coletados de trilhas (64%) e de olheiros (36%) de ninhos de *A. laevigata* (Figura. 2).

O número de forídeos coletados das espécies *E. bragancai* ($4,5 \pm 0,7$) e *E. erthali* ($4,08 \pm 1,00$) foi significativamente superior ao das espécies *E. declinata* ($0,4 \pm 0,14$), *A. vicosae* ($0,2 \pm 0,13$) e *M. grandicornis* ($0,25 \pm 0,13$). As espécies mais abundantes ocorreram também em quase todos os meses do ano (Fig. 3).

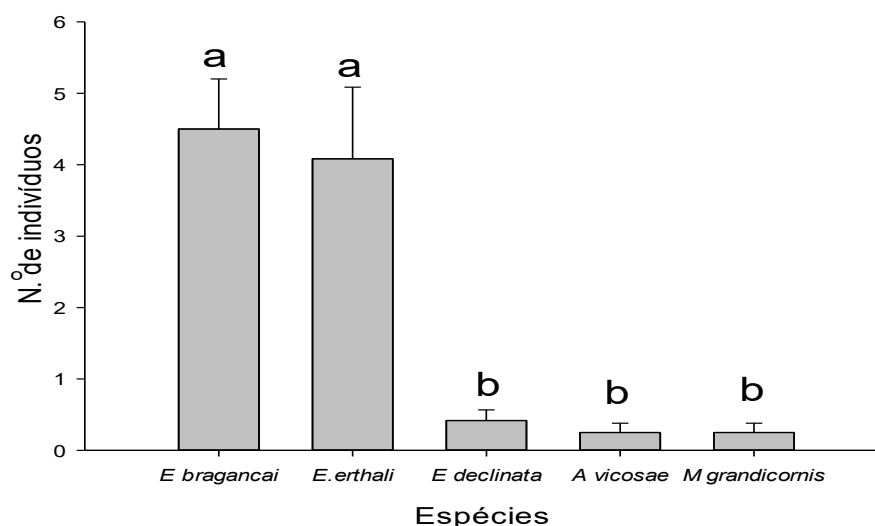


Figura 2: Número de forídeos parasitoides coletados durante 75 min ($\mu \pm EP$) enquanto sobrevoavam trilhas e olheiros de cinco ninhos de *A. laevigata* de áreas de Mata Atlântica, entre maio de 2016 e abril de 2017 (n=12). Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Bonferroni.

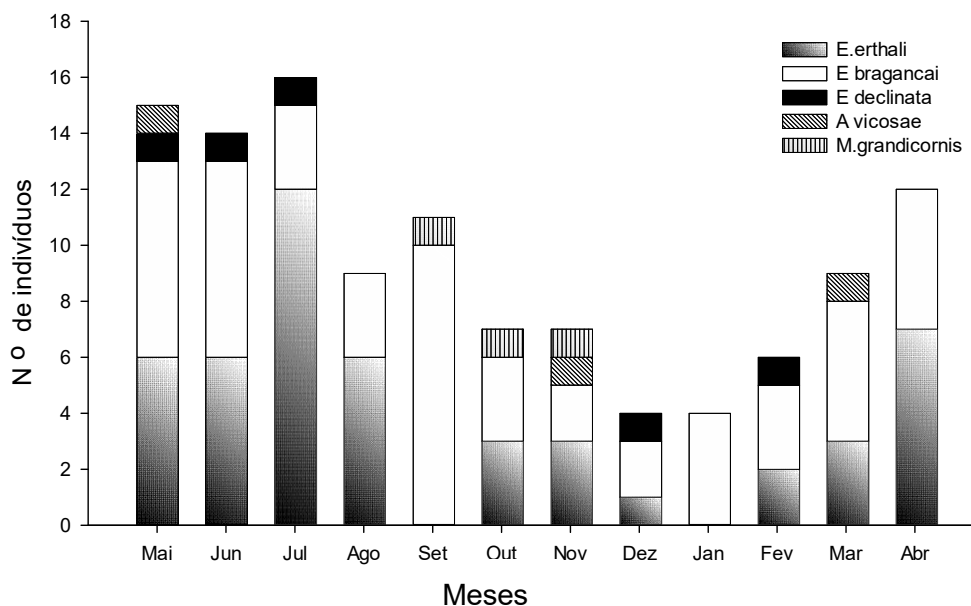


Figura 3: Número total de forídeos capturados das trilhas e olheiros de cinco ninhos de *Atta laevigata* localizados em área de Mata Atlântica, no período maio de 2016 e abril de 2017.

5.2. Parasitismo natural

Parasitismo causado a *A. laevigata* por *A. attophilus*, *A. vicosae*, *M. grandicornis*, *E. erthali* e *E. bragancai*, *E. declinata* e *Megaselia* spp, foi confirmado pela morfologia dos ovipositores dos forídeos emergidos das formigas parasitadas (Fig. 4).

A identificação do parasitismo, quando não houve emergência de adulto, foi auxiliada por características associadas ao parasitismo da espécie ou gênero relatadas na literatura ou observadas durante o exame das formigas parasitadas (Tabela 1). Por exemplo, quando pupários situados entre as mandíbulas não produziram o adulto, foram quantificados como *Eibesfeldtphora* spp. (Fig. 5).

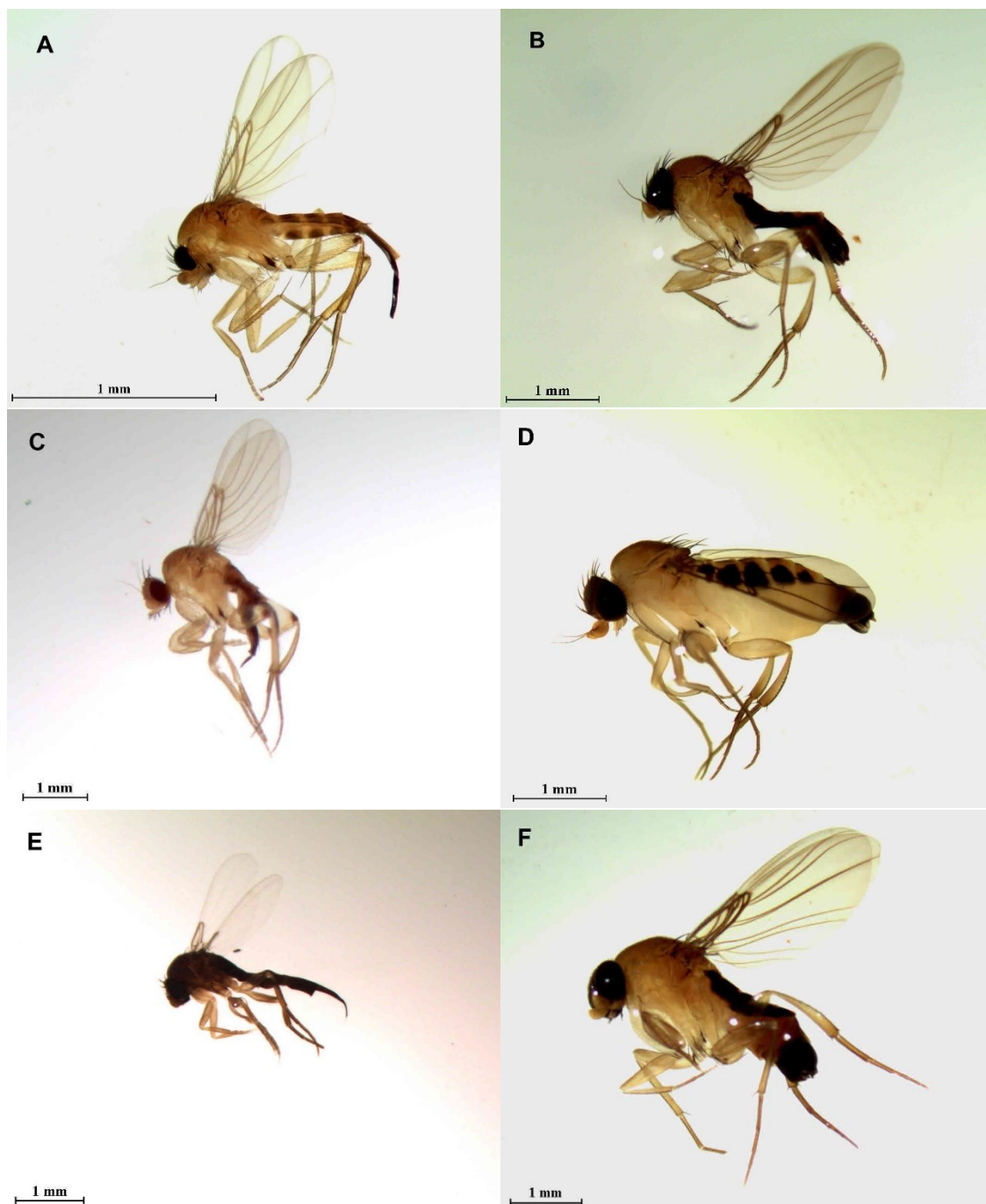


Figura 4: Forfídeos coletados e emergidos de *A. laevigata* em área de Mata Atlântica localizada em zona de amortecimento do Parque Estadual Serra do Brigadeiro, São Francisco do Glória, Minas Gerais. *Apocephalus attophilus* (A), *Eibesfeldtphora bragancai* (B), *Apocephalus vicosae* (C), *Eibesfeldtphora declinata* (D), *Myrmosicarius grandicornis* (E) e *Eibesfeldtphora erthali* (F).

Tabela 1: Sinais de parasitismo de cada espécie de forideo.

Espécies	Sinais de parasitismo
<i>A. attophilus</i>	Presença de larvas no interior das cabeças ou fora do corpo do hospedeiro (Bragança e Medeiros, 2006)
<i>A. vicosae</i>	Abertura entre a região do pronoto e a propleura pela qual foi observada a larva ou pupa do parasitoide, (Bragança e Medeiros, 2006)
<i>Eibesfeldtphora</i> ssp	Presença de pupários entre as mandíbulas (Bragança, 2011)
<i>M. grandicornis</i>	Cabeça sem mandíbulas, com a lateral direita escura e a esquerda translúcida (Tonhasca et al., 2001)

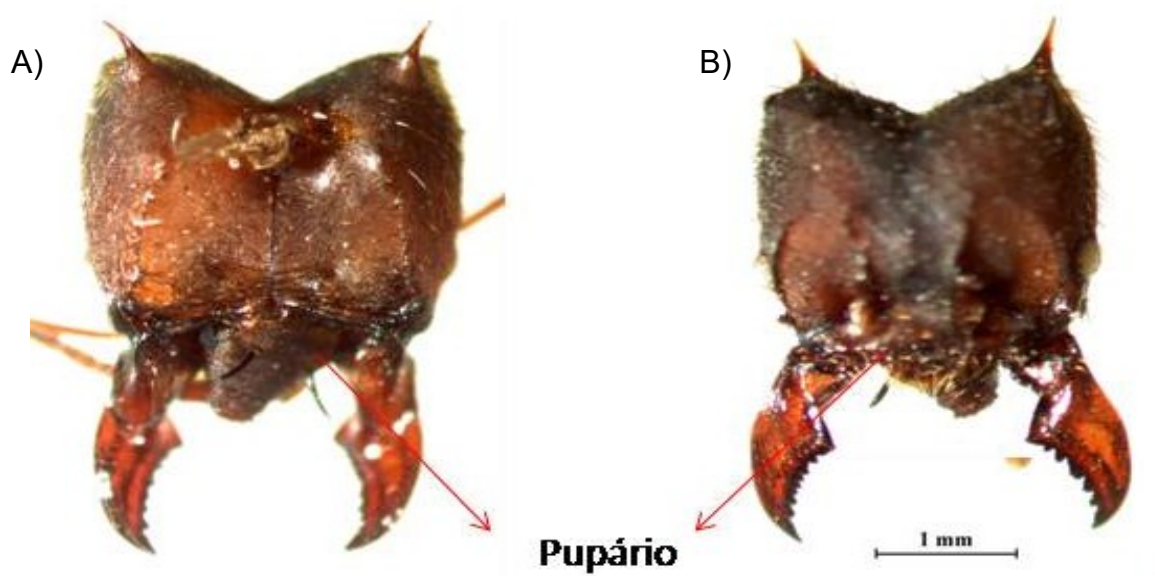


Fig. 5. Pupário de *Eibesfeldtphora* spp. entre as mandíbulas de operária de *A. Laevigata*. A) vista inferior B) vista superior.

A taxa média de parasitismo para todo o período de estudo foi $5,91 \pm 0,76\%$, mas, variações significativas foram constatadas ao longo dos meses (Kruskal

Wallis, $H_{11, 32,80} P < 0,001$, (Fig. 6). As maiores porcentagens de parasitismo ocorreram de maio a julho, mas diferiram apenas com o mês de dezembro. *Apocephalus spp* e *Eibesfeldtphora spp* parasitaram *A. laevigata* praticamente em todos os meses, enquanto que *Myrmosicarius* só parasitou nos meses de abril a agosto (Figura 7).

As maiores porcentagens de parasitismo foram causadas por *A. attophilus* ($2,80 \pm 0,60\%$) e *Eibesfeldtphora spp.* ($2,20 \pm 0,77\%$). O parasitismo por *Eibesfeldtphora spp* foi provavelmente causado principalmente pelas espécies *E. erthali* e *E. bragancai* que foram as que emergiram em maior proporção das formigas parasitadas, 34 e 39% respectivamente. *Apocephalus vicosa* ($0,23 \pm 0,07\%$), *M. grandicornis* ($0,16 \pm 0,12\%$) causaram taxas de parasitismo menores (Figura 8). Duas operárias foram parasitadas por *Megaselia spp* ($0,02 \pm 0,011\%$).

A taxa de parasitismo variou das amostras (n=60) de 0 a 44%. Duas amostras que superaram 40% foram essencialmente parasitadas por *Eibesfeldtphora spp.* Das amostras que superaram 20%, duas foram parasitadas majoritariamente por *Apocephalus spp.* Treze por cento das amostras não tiveram formigas parasitadas (Fig. 9).

Forídeos dos gêneros *Eibesfeldtphora* e *Apocephalus spp* causaram taxas elevadas de parasitismo nos meses de junho a agosto. Parasitismo por *M. grandicornis* foi registrado somente nos meses de maio a setembro (Fig.9)

Em 81,7% (52/60) das amostras houve parasitismo por *Apocephalus attophilus* em 65% (39/90) por *Eibesfeldtphora spp* (Fig.10). Do total de ninhos parasitados por *Eibesfeldtphora*, foi possível identificar a nível de espécie que, 25,5% das amostras foram parasitadas por *E. bragancai*, 17%, por *E. erthali* e, 10% por *E. declinata*. No entanto, estes valores estão subestimando a ocorrência real, devido aos 88% de indivíduos que não emergiram, com isso não foi possível a correta quantificação por espécie.

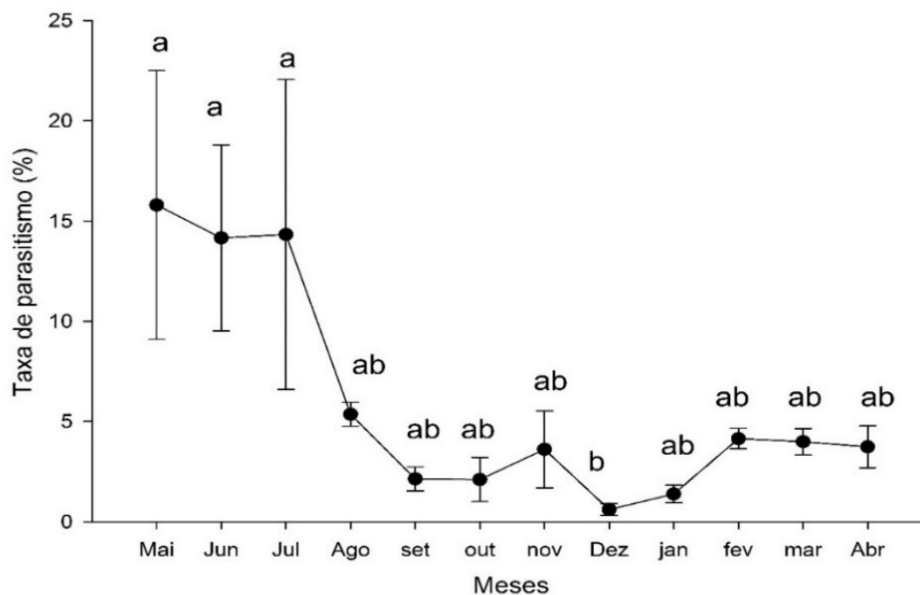


Figura 6. Taxa de parasitismo ($\mu \pm EP$) causada por forídeos a operárias de *Atta laevigata* (n=200) amostradas de ninhos (N=5) de área de Mata Atlântica, no período de maio 2016 a abril 2017. Letras distintas indicam diferença pelo teste de Bonferroni.

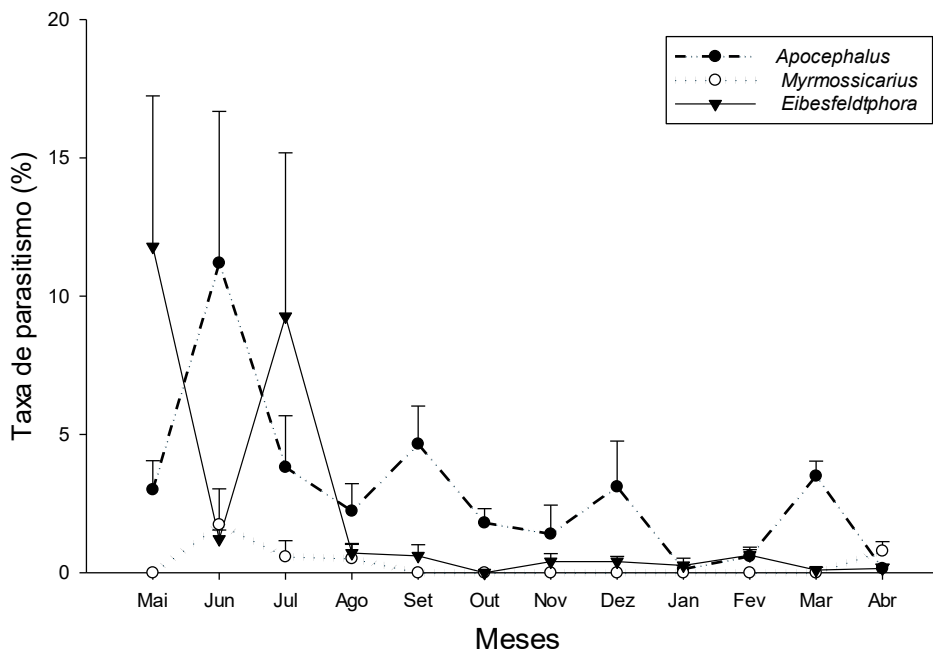


Figura 7. Taxa de parasitismo ($\mu \pm EP$) causada pelos forídeos dos gêneros *Apocephalus* (A), *Eibesfeldtphora* (B) e *Myrmossicarius* (C) a operárias de ninhos de *Atta laevigata*, localizados em área de Mata Atlântica no período maio de 2016 e abril de 2017.

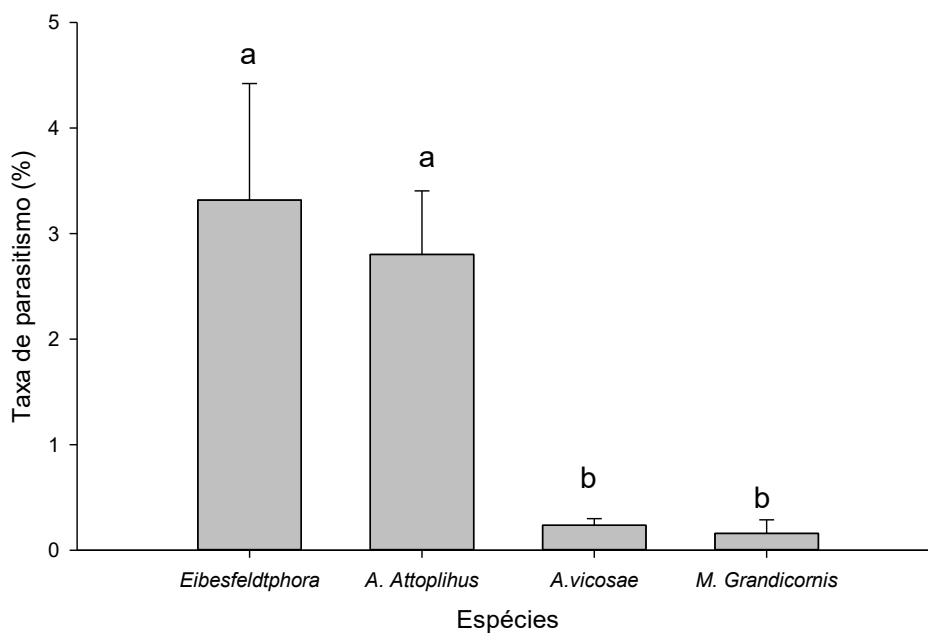


Figura 8. Taxa de parasitismo ($\mu \pm EP$) de forrageadoras de *Atta laevigata* (n=60) coletadas mensalmente de cinco ninhos de Mata Atlântica, entre maio de 2016 e abril 2017. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Bonferroni.

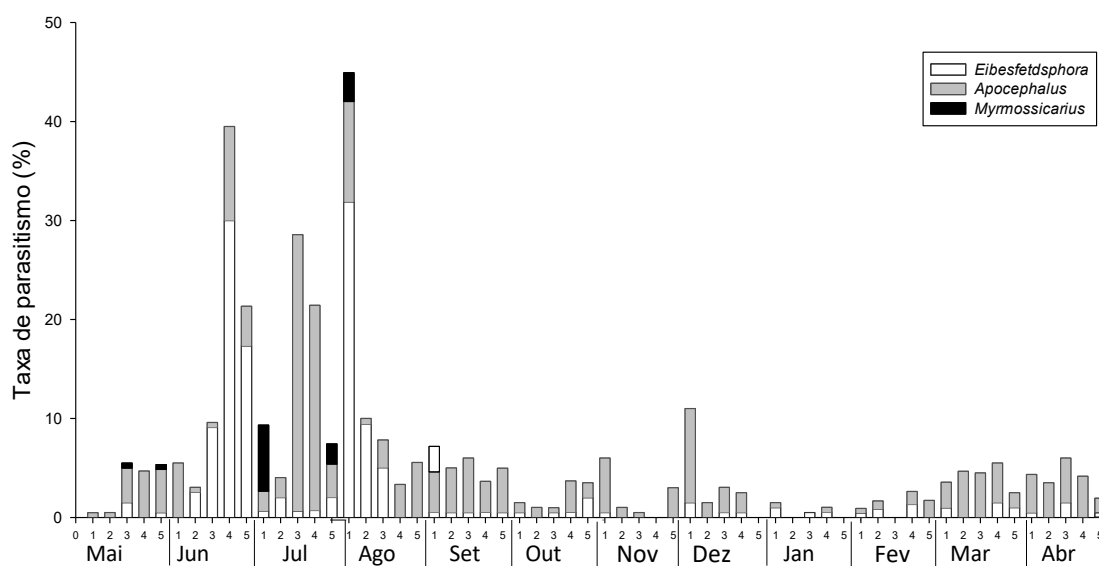


Figura 9: Taxa de parasitismo causada por forídeos parasitoides dos gêneros *Eibesfeldtphora*, *Apocephalus* e *Myrmosciarius* forrageadoras de ninhos de *Atta laevigata*, localizados em área de Mata Atlântica no período de maio de 2016 a abril e 2017.

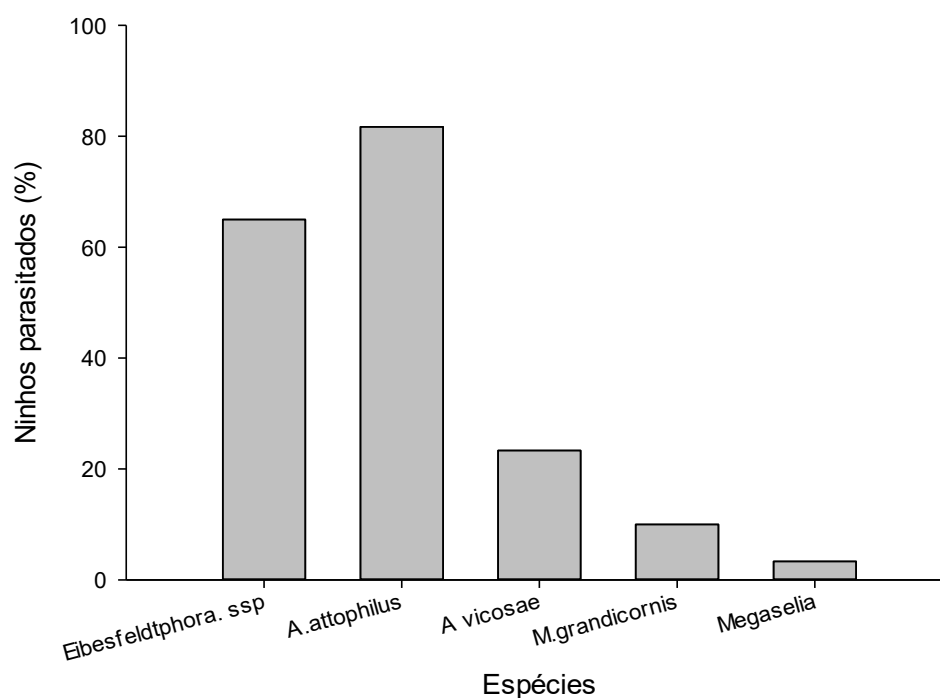


Figura 10. Porcentagem das amostras de ninhos de *A. laevigata* parasitados espécies de forídeos parasitoides em área natural de Mata Atlântica, entre maio de 2016 e abril de 2017.

5.3 Tamanho do hospedeiro

Os forídeos *A. attophilus* e *E. erthali* parasitaram operárias de quase todas as classes de tamanho (Fig. 11). *Apocephalus attophilus* parasitou formigas das classes I a V e *E. erthali* das II a VI. A classe III foi mais intensamente atacada por ambas espécies (*A attophilus* 45% e *E.ertthali* 41%). Apesar dessas similitudes, o Intervalo de confiança de tamanho de hospedeiro atacado por ambas espécies foi significativamente diferente (Tabela 2).

O parasitismo se distribuiu de forma significativamente diferente de uma distribuição igualitária na espécie *A. attophilus*, com maior número de ataques à classe III (Teste do $\chi^2_{A. attophilus} = 16,84$ df= 5 p <0.01, Fig. 11). As outras espécies atacaram apenas indivíduos de duas ou três classes de tamanho (Figura 11). *Eibesfeldtphora bragancai* e *M. grandicornis* atacaram mais operárias da classe I (35,2% e 53% respectivamente) e seus intervalos de confiança do tamanho de formiga parasitada foram similares (Tabela 2). Já *A. vicosae* teve intervalo de

confiança de tamanho de operária parasitada similar ao de *E. declinata* (Tabela 1 e Figura 11).

Tabela 2. Largura da cabeça ($\mu \pm EP$) de operárias de *Atta laevigata*, parasitadas por distintas espécies de forídeos parasitoides em área de Mata Atlântica. *Min.*: mínimo, *Max.*: máximo, *IC*: intervalo de confiança.

Espécie	Largura da cabeça (mm)			
	N	$\mu \pm EP$	Mín.–Max.	I.C. p<0.05
<i>E. erthali</i>	17	3,75±0,15	2,80-5,40	3,42-4,07
<i>A. attophilus</i>	23	3,23±0,09	2,47-4,53	3,03-3,42
<i>A. vicosae</i>	11	2,76±0,09	2,20-3,07	2,55-2,97
<i>E. declinata</i>	4	2,72±0,03	2,65-2,83	2,60-2,84
<i>E. bragancai</i>	17	2,51±0,07	2,07-3,07	2,36-2,66
<i>M. grandicornis</i>	23	2,45±0,06	1,73-3,00	2,31-2,58
<i>Megasélia</i> sp.	2	2,70±0,10	2,60-2,80	-

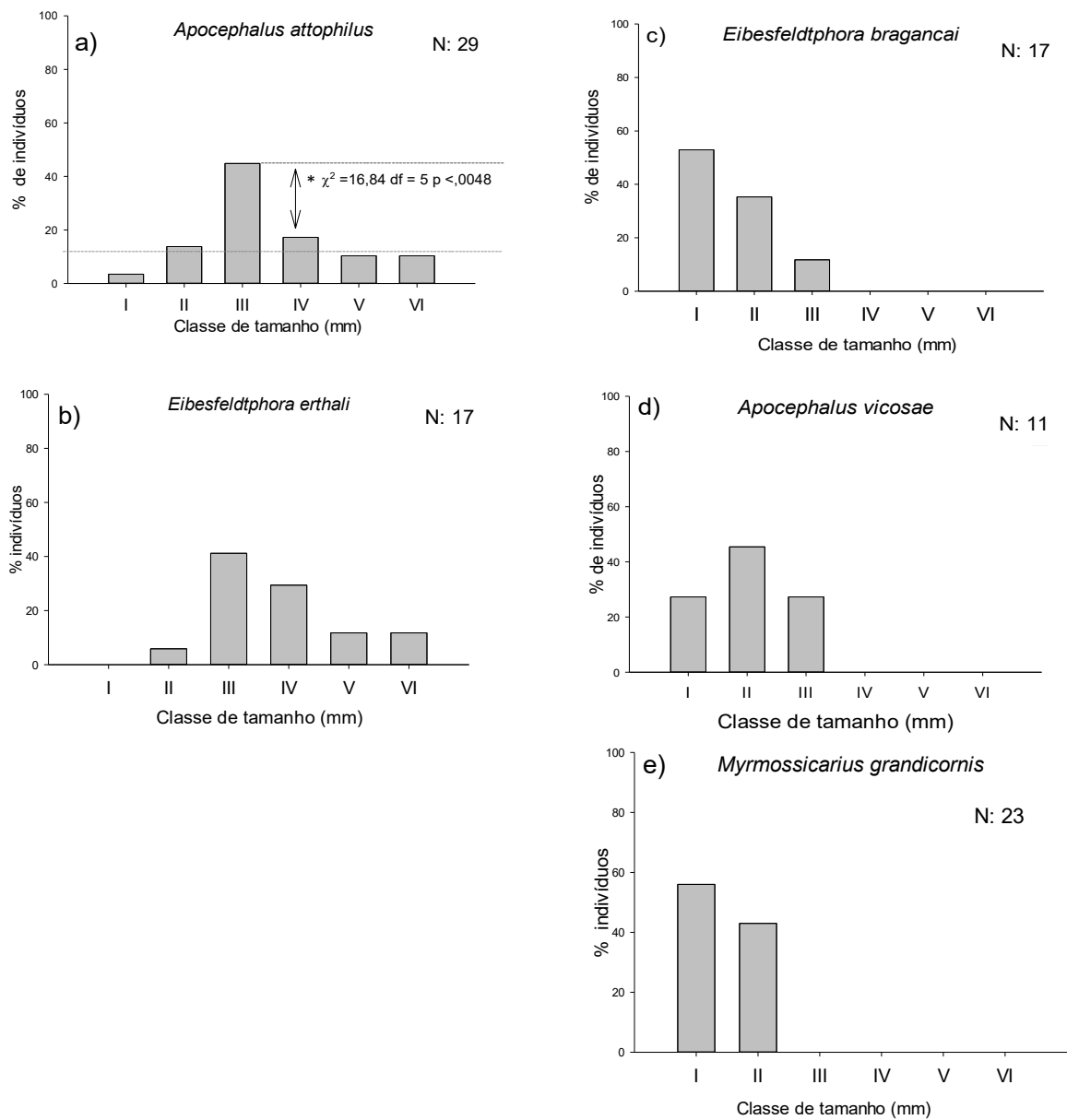


Figura 11: Porcentagem de operárias de *Atta laevigata* de distintas classes de tamanho parasitadas por *Apocephalus attophilus* (a), *Eibesfeldtphora ertali* (b); *Eibesfeldtphora bragancai* (c), *Myrmossicarius grandicornis* (d) *Apocephalus vicosae* (e). Classes de tamanho de operárias: I:2,01-2,50; II: 2,51-3,00; III: 3,01-3,50; IV:3,51-4,00; V: 4,01-4,50; VI: >4,51; *: diferença significativa pelo teste de χ^2 , $p < 0,01$.

6. DISCUSSÃO

As cinco espécies de forídeos coletadas em Mata Atlântica já foram relatadas como parasitoides de *A. laevigata* em outros ambientes (Pesquero et al., 2010; Souza, 2013). *Eibesfeldtphora erthali* e *E. bragancai* foram as espécies mais frequentes, mas por ser o primeiro levantamento de forídeos parasitoides adultos em *A. laevigata* se desconhece se a predominância dessas espécies se repete em outros ambientes. Forídeos do gênero *Eibesfeldtsphora* foram relatados como predominantes em Mata Atlântica, mas em trilhas da formiga *A. sexdens* (Galvão, 2016) e *A. robusta* (Gomes, 2011; Brawn et al., 2012).

O parasitismo por *Eibesfeldtphora* spp. se confirma com a visualização do pupário entre as mandíbulas da formiga, mas a espécie pode ser confirmada apenas pela morfologia do ovipositor do adulto. A baixa taxa de emergência de adultos das formigas parasitadas impediu especificar 70% do parasitismo deste gênero. Esta dificuldade já foi relatada por outros autores (e.g. Galvão, 2016). Deste modo, a quantificação de adultos de *Eibesfeldtphora* coletados no campo serve como estimador da importância relativo de cada espécie do gênero no parasitismo total. *Eibesfeldtphora erthali* e *E.bragancai* representaram, cada uma, aproximadamente 40% das ocorrências de adultos no campo e isto correspondeu a uma proporção similar de indivíduos dessas espécies emergidos de formigas parasitadas pelo gênero. Em contrapartida, a coleta no campo não permitiu avaliar adequadamente a diversidade de espécies que parasitam *A. laevigata*. Nenhum indivíduo da espécie *A. attophilus* foi visualizado ou capturado no campo, no entanto, esta espécie foi responsável pela maior porcentagem do parasitismo. Dificuldade da visualização de indivíduos desta espécie pode ser consequência de

seu comportamento. *Apocephalus attophilus* aborda o hospedeiro caminhando ou por pequenos saltos e pode atacar no crepúsculo ou na noite (Bragança et al., 2008; Bragança, 2011). Esta deficiência desse método de avaliação do parasitismo foi também destacada por Elizalde e Folgarait (2011) em *Atta* spp e *Acromyrmex* spp e por Galvão (2016) em *A. sexdens*.

As formigas coletadas no campo foram parasitadas por sete espécies de forídeos, cinco das quais foram também coletadas na trilha de formigas. O maior número de parasitoides relatado na literatura para um mesmo local de coleta foi cinco espécies (Erthal, 1999; Bragança et al., 2002; Pesquero et al., 2010; Bragança et al., 2016). Desse modo, o ambiente no qual maior número de espécies de forídeos parasitam *A. laevigata* é Mata Atlântica. Algo similar foi constatado para a formiga *A. sexdens* (Silva et al., 2008, Pesquero et al., 2010; Souza, 2013; Galvão 2016).

O parasitismo por *E. declinata* constitui o primeiro relato em *A. laevigata*. Todos os registros deste forídeo sempre foram relatados como parasitoide da formiga *A. sexdens* (Bragança et al., 2008; Silva et al., 2008; Bragança et al., 2009; Gazal et al., 2009). *Megaselia* sp são majoritariamente saprófagas e geralmente se alimentam de matéria orgânica em decomposição (Costa et al., 2007). No entanto, organismos podem ser parasitados após oviposições eventuais em fermentos (Gregório e Leonide, 1980). E já foram indicados como hospedeiros de forídeos deste gênero. Espécimes de *Megaselia* spp já foram coletados quando sobrevoavam trilhas de formigas cortadeiras por Uribe et al., (2016) e por Galvão (2016) mas, em ambos os casos, não foi reportado parasitismo.

Algumas espécies que parasitaram *A. laevigata* parasitam também outras espécies de cortadeiras. *Eibesfeldtphora bragancai* também parasita *A. sexdens* e *A. bisphaerica* (Pesquero et al., 2010; Martins, 2015, Galvão, 2016) e *E. declinata* a *A. sexdens* (Silva et al. 2008). *Apocephalus vicosae* parasita *A. sexdens* (Disney e Bragança, 2000; Souza, 2013; Galvão, 2016; Bragança et al., 2016) e *A. vollenweideri* (Elizalde e Folgarait, 2012) e *Apocephalus attophilus* e *Myrmomicarius grandicornis* parasitam também *A. sexdens* (Galvão, 2016; Bragança et al., 2016) e *A. bisphaerica* (Martins, 2015). A menor especificidade dessas espécies de forídeos indica flexibilidade comportamental e capacidade de adaptação a diferentes morfologias, fisiologias e comportamentos dos diferentes hospedeiros (Bailez, 2016).

Por outro lado, a proximidade filogenética das espécies hospedeiras exploradas por estes forídeos (Bacci et al, 2009) pode estar acompanhada de barreiras mecânicas e fisiológicas similares, a qual poderia facilitar a exploração das mesmas (Bailez, 2016). Seja qual for a causa desse fenômeno, seria válido afirmar que estes forídeos apresentam maior potencial para controle biológico por seu potencial uso em manejo de maior número de espécies cortadeiras (Nascimento, 2016)

Distintamente das espécies citadas acima, *E.erthali* é aparentemente parasitoide exclusivo de *A. laevigata* (Erthal, 1999; Souza, 2013, Bragança et al., 2002; Bragança et al., 2016). Este forídeo ocorre em Mata Atlântica, em florestas implantadas (Bragança et al. 2002, Bragança et al., 2016) e no Cerrado (Souza, 2013; Bragança et al., 2016)

A taxa média de parasitismo registrada em Mata Atlântica (5,91%) foi similar à verificada por Bragança et al., (2016) em floresta implantada (5,35 %), mas muito superior à verificada no bioma Cerrado (e.g. 2,8%, Bragança e Medeiros, 2006). Maior relevância que a taxa média de parasitismo deveria ser conferida à variação da taxa de parasitismo verificada nas amostras de ninhos. Algumas das quais chegaram a 40% de parasitismo. Altas taxas de parasitismo em amostras de ninhos também foram relatadas por Elizalde e Fogarait (2011) na formiga *A. vollenweideri* (e.g.35%) e por Galvão (2016) em *A. sexdens* (e.g. 16%).

As espécies do gênero *Apocephalus* e *Eibesfeldtphora* foram responsáveis pela maior parte do parasitismo (3,2% e 2,20%, respectivamente). A predominância de *A. attophilus* sobre o número de formigas atacadas por amostra foi também registrada por outros autores em estudos similares (Erthal e Tonhasca, 2000 e Bragança et al., 2016). O parasitismo por *Eibesfeldtphora spp.* foi muito superior a 0,8% reportado por Bragança et al., (2016), e isto fortalece a hipótese que forídeos desse gênero desenvolvem melhor em Mata Atlântica que em outros ambientes (Barrera, 2016, Galvão, 2016). Por outro lado, *Myrmossicarius spp* causou taxas de parasitismo similares às relatadas em outros trabalhos (Erthal, 1999; Bragança et al., 2016).

A taxa de parasitismo variou ao longo do ano com picos de maio a julho. Bragança e Medeiros (2006) e Souza (2013) também verificaram maiores taxas de parasitismo no estado de Tocantins e segundo esses autores isso estaria associado a uma menor ocorrência de precipitações. Outros autores também comprovaram

maiores taxas de parasitismo em meses de inverno nas formigas *A. sexdens* e *A. vollenweideri* (Guillade e Folgarait, 2011; Elizalde e Folgarait, 2011 e Galvão, 2016).

Operárias das classes de tamanho maior foram atacadas por *A. attophilus* e *E. erthali*. *Apocephalus attophilus* pode produzir muitos parasitoides por hospedeiro (Erthal, 1999; Galvão, 2016), portanto hospedeiros maiores representam fontes de recurso mais abundante para alimentar maior número de larvas. Por outro lado, *E. erthali* produz um único parasitoide em cada hospedeiro (Erthal e Tonhasca 2000, Bragança, 2011), mas a elevada massa corporal deste forídeo requer abundante quantidade de recurso para obter adultos bem desenvolvidos. Em contrapartida, *A. vicosae*, *E. declinata*, *E. bragancai* e *M. grandicornis* atacaram hospedeiros das classes intermediárias ou menores. Por serem forídeos de menor tamanho, um menor requerimento de alimento para suas larvas explicaria o ataque a essas classes de tamanho (Bragança, 2011).

Entre as espécies que parasitaram *A. laevigata* em áreas de Mata Atlântica *A. attophilus* se destaca pela maior porcentagem de parasitismo causada pela regularidade do parasitismo ao longo do ano, pela variada gama de operárias atacadas e pela sua capacidade de produzir mais de um parasitoide por hospedeiro.

7. CONCLUSÕES

Sete espécies de forídeos parasitam *A. laevigata* em ambiente de Mata Atlântica de Minas Gerais e a taxa de parasitismo foi variável ao longo do ano.

Seis das espécies identificadas pertencem aos três gêneros de forídeos parasitoides *Eibesfeldsphora*, *Apocephalus*, *Myrmossicarius*, considerados os mais importantes em formigas cortadeiras.

A maioria das espécies atacou com maior frequência operárias de tamanhos específicos.

A espécie *A. attophilus* destacou-se pelas maiores taxas de parasitismo e pela regularidade ao longo do ano.

8. REFERÊNCIAS

- Albores-Ortiz, O., Sosa, V. (2006) Polinización de dos especies simpátricas de *Stelis* (Pleurothallidinae Orchidaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 74: 155-168.
- Alonso, L.E., Agosti, D. (2000) Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview *In: Ants, Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*, D. Agosti, J. Majer, L. E. Alonso and T. R. Schultz (eds.) Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Araújo Thompson, L., Jones, D. (1996) Expanding the Arkansas IFA farm survey over the south. Proceedings of the 1996 Imported Fire Ant Research Conference, New Orleans, LA, pp. 81–83.
- , M. A., Della Lucia, T. M. C., Souza, J. S. (2003) Estratégias alternativas de controle de formigas cortadeiras. *Bahia Agrícola*, 6: 71-74.
- Arredondo-Bernal H.C., Trujillo-Arriaga J. (1994) Primer report de *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae) como parasitoide de *Macrodactylus murinus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Vedalia*, 1: 27
- Bacci, M., Solomon, S. E., Mueller, U. G., Martins, V. G., Carvalho, A. O. R., Vieira, L. G. E., Silva-Pinhati, A. C. (2009) Phylogeny of leafcutter ants in the genus *Atta* Fabricius (Formicidae: Attini) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 51: 427-37.
- Bailez, O. E. (2016) Estratégias e táticas na interação forídeo-formiga. *Oecologia Australis*, 3: 1-10.
- Barnes, J.K. (1990) Life history of *Dohrniphora cornuta* (Bigot) (Diptera: Phoridae), a filth-inhabiting humpbacked fly. *Journal of the New York Entomological Society*, 98: 474-483.
- Barrera, C.A. (2016) *Interações entre Forídeos Parasitóides (Diptera: Phoridae) e Acromyrmex niger Smith (Hymenoptera: Formicidae) em uma Paisagem Fragmentada da Mata Atlântica, RJ*. Dissertação (Mestrado em Ciências) -

- Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 61p.
- Boaretto, M. A. C., Forti, L. C. (1997) Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. *Série Técnica IPEF*, 11: 31–46.
- Bragança, M. A. L., Tonhasca Jr, A., Della Lucia, T. M. C. (1998) Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohniphora* sp. *Entomologia Experimentalist Applicata*, 89: 305–311.
- Bragança, M. A., Tonhasca Jr, A., Moreira, D. (2002) Parasitism characteristics of two phorid fly species in relation to their host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 31: 241-244.
- Bragança, M. A., Della Lucia, T.M.C., Tonhasca Jr, A. (2003) First record of phorid parasitoids (Diptera: Phoridae) of the leaf-cutting ant *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 32: 169-171.
- Bragança, M.A.L., Medeiros, Z.C.S. (2006) Ocorrência e características biológicas de forídeos parasitóides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional, TO. *Neotropical Entomology*, 35: 408-411.
- Bragança, M.A.L., Souza, L.M., Nogueira, C.A., Della Lucia, T.M.C. (2008) Parasitismo por *Neodohniphora* spp. Malloch (Diptera, Phoridae) em operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 52, p. 300-302.
- Bragança, M.A. L., Tonhasca Jr, A., Della Lucia, T.M.C. (2009) Características biológicas e comportamentais de *Neodohniphora elongata* Brown (Diptera, Phoridae), um parasitóide da saúva *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenopte: Formicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53: 600–606.
- Bragança, M.A.L. (2011) Parasitoides de formigas-cortadeiras. Formigas-cortadeiras: da Bioecologia ao manejo. 1ed. Viçosa: Editora UFV. 1: 321-343.
- Bragança, F.V., Arruda, L.R.R., Souza, L.R. R., Martins, H.C., Della Lucia, T.M.C (2016) Phorid Flies Parasitizing Leaf-Cutting Ants: Their Occurrence, Parasitism Rates, Biology and the First Account of Multiparasitism. *Sociobiology*, 63: 1015-1021.
- Brown, B.V. (1992) Generic revision of Phoridae of the Nearctic Region and phylogenetic classification of Phoridae, Sciadoceridae, and Ironomyiidae (Diptera: Phoridae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 164:1–144.
- Brown, B.V. (2004) Revision of the subgenus *Udamochiras* of *Melaloncha* bee-killing flies (Diptera: Phoridae: Metopininae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 140: 1-42.

- Brown, B.V. (2009) Three New Species of Parasitoid Phoridae (Diptera) From the Neotropical Region. *Sociobiology*, 54:715-722.
- Brown, B. V., Smith, P. T. (2010) The bee-killing flies, genus *Melaloncha* Brues (Diptera: Phoridae): a combined molecular and morphological. *Systematic Entomology*, 35: 649 -657.
- Brown, B.V., Bragança, M.A.L., Gomes, D. S., Queiroz, J.M.,Teixeira, M.C. (2012) Parasitoid phorid flies (Diptera: Phoridae) from the threatened leafcutter ant *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*. 3385: 033-038.
- Caldato, N., Forti, L.C., Camargo, R. S., Lopes, J.F.S., Fourcassié, V (2016) Dynamics of the restoration of physical trails in the grass-cutting ant *Atta capiguara* (Hymenoptera, Formicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 60:63-67.
- Catts, E. P., Goff, M.L. (1992) Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*, 37: 253–72.
- Celis, S.U. (2013) *Fóridos (Diptera: Phoridae) asociados al hábitat de hormigas cortadoras de hojas (Atta cephalotes y Acromyrmex octospinosus) y sus patrones de localización en un bosque seco tropical andino*. (Maestria em Ciências- Entomologia) – Medellín, Universidad Nacional de Colombia – UNC. 72p.
- Cezar A. S., Catto J.B., Bianchin I. (2008) Controle alternativo de nematódeos gastrintestinais dos ruminantes: atualidade e perspectivas. *Ciência Rural*, 38: 2083-2091.
- Costa, J., Almeida C.E., Esperanca, G.M., Moralesi, N., Mallet, J.R.S., Goncalves T.C.M., Prado, A.P. (2007) First record of *Megaselia scalaris* (Loew) (Diptera: Phoridae) infesting laboratory colonies of *Triatoma brasiliensis* Neiva (Hemiptera: Reduviidae). *Neotropical Entomology*, 36: 987– 989.
- Currie, C. R. (2001) Prevalence and impact of a virulent parasite on a tripartite mutualism. *Oecologia*, 28: 99–106.
- Currie, C.R. (2002) Ants, agriculture, and antibiotics. In: Seckbach, J. Symbiosis: mechanisms and model system. *Kluwer Academic Publishers*.
- Dauber, J., Wolters, V. (2000) Microbial activity and functional diversity in the mounds of three different ant species. *Soil Biolog and Biochemistry*, 32:93-99.
- Delabie, J.H.C., Nascimento, I.C., Fonseca, E., Sgrillo, R.B., Soares, P A.O. (1997) Biogeografia das formigas cortadeiras (Hymenoptera; Formicidae; Myrmicinae; Attini) de importância econômica no leste da Bahia e nas regiões periféricas dos estados vizinhos. *Agrotrópica*, 9: 49–58.

- Delabie, J.H. (1998) *Atta silvai* Gonsalves, sinônimo Júnior de *Atta laevigata* (Fred. Smith) (Hymenoptera, Formicidae, Attine). *Revista Brasileira de Entomologia*, 41: 339-341.
- Della Lucia, T. M. C. (2011) *Formigas Cortadeiras: da Bioecologia ao Manejo*. Editora da UFV, Viçosa.
- Disney, R.H.L. (1994) *Scuttle flies: the Phoridae*. London, Chapman e Hall, 467p.
- Disney, R.H.L., Bragança, M.A.L. (2000) Two new species of (Phoridae: Diptera) associated with leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 36: 33–39.
- Disney, R.H.L., Elizalde, L. e Folgarait, P.J. (2006) New species and revision of *Myrmosicarius* (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 47: 771–809.
- Disney, R.H.L., Elizalde, L., Folgarait, P.J. (2009) New species and records of scuttle flies (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter and army ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 54: 601-631.
- Disney, R.H.L., Prescher, S.Y., Ashmole, N.P. (2010) Scuttle flies (Diptera: Phoridae) of the Canary Islands. *Journal of Natural History*, 44:107-218.
- Dow Agrosiences. (1998) *Controle de formigas cortadeiras*. São Paulo: Folheto.
- Elizalde L., Folgarait, P.J. (2011) Biological attributes of Argentinian phorid parasitoids of leaf-cutting ants, *Acromyrmex* and *Atta*. *Journal of Natural History* 45: 2701-2723.
- Elizalde, L., Folgarait, P.J. (2012) Behavioral strategies of phorid parasitoids and responses of their hosts, the leaf-cutting ants. *Journal of Insect Science* 12:135.
- Erthal Junior, M. (1999) *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)*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 56 f.
- Erthal Junior, M., Tonhasca Junior, A. (2000) Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalist Applicata*, 95:71-75.
- Fadamiro, H.Y., Chen, L., Onagbola, E.O., Graham, L.C.F. (2005) Lifespan and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in sugar fed phorid fly *Pseudacteon tricuspis*. *Physiological. Entomology*, 30: 212-224.
- Farji-Brener, A. G., Ghermandi, L. (2004) Seedling recruitment in a semi-arid Patagonian steppe: Facilitative effects of refuse dumps of leaf-cutting ants. *Journal of Vegetation Science*, 15: 823-830.

- Feener, D. H. JR., Moss, K. A. G. (1990) Defense against parasites by hitchhikers in leaf-cutting ants: a quantitative assessment. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26: 17-29.
- Fowler, H.G., Pegani, M. I., Silva, O. A. (1989) A Pest is a Pest is a Pest? The Dilemma of Neotropical Leaf-cutting Ants: Keystone Taxa of Natural Ecosystems. *Environmental management*, 13: 671-675.
- Folgarait, P.J. (2013) Leaf-cutter ant parasitoids: current knowledge. *Psyche*, 2013: 1-10.
- Galvão, A.R.A. (2016) *Parasitismo natural e abundância de forídeos parasitoides de Atta sexdens (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de vegetação natural e agrícolas* – Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF 82p
- Gazal, V., Bailez, O., Viana-Bailez, A.M. (2009) Mechanism of host recognition in *Neodohrniphora elongata* (Brown) (Diptera: Phoridae). *Animal Behavior*, 78:1177– 182.
- Goffré, D., Folgarait., P.J. (2015) *Purpureocillium lilacinum*, potential agent for biological control of the leaf-cutting ant *Acromyrmex lundii*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 130: 107–115.
- Gomes, D. S. (2011) *Ecologia de parasitoides (Diptera: Phoridae) De Atta robusta Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae) Em Ambiente De Restinga*. Dissertação (Mestrado em Biologia animal) -Seropédica, RJ. Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro –UFRRJ.
- Gonçalves, C. R. (1951). Saúvas do nordeste do Brasil (*Atta* spp., *Formicidae*). *Bol. Fitos*. 5: 1-42.
- Gonçalves, C.R. (1960) Distribuição, biologia e ecologia das saúvas. *Divulgação Agrônômica*, 1960.
- Gonçalves, C. R. (1967) As formigas da Amazônia dos gêneros *Atta* Fabr. e *Acromyrmex* Mair. Ata do simpósio sobre a biota Amazônica. *Zoologia*, 5: 181-202.
- Graham, L.C.F., Porter, S.D., Pereira, R.M., Dorough, H.D., Kelley, A.T. (2003) Field releases of the decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Alabama, Florida, and Tennessee. *Florida Entomologist*, 86: 334-339.
- Gregório, R., Leonide, J.C. (1980) Un nouveau cas de phorie parasite d'orthopteres adultes. *Bulletin de la Societe Entomologique de France*, 85:103-105.
- Guillade, A. C., Folgarait, P. J. (2011) Life-history traits and parasitism rates of four phorid species (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina. *Journal of economic entomology*, 104: 32-40

- Hawkins, B. A. (1994) Pattern and process in host-parasitoid interactions. *Cambridge University Press*, 190 pp.
- Hernández, F.O., Gutiérrez, A. A. (2001) Avoiding Pseudohyocera attacks (Diptera: Phoridae) during the artificial propagation of *Melipona beecheii* colonies (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomologica Mexicana*, 40: 373-379.
- Hernández, J.V., Jaffé, K. (1995) Dano econômico causado por populações de formigas *Atta laevigata* (F. Smith) em plantações de *Pinus caribae* Mor. E elementos para o manejo da praga. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 24:287- 298.
- Hóllbóler, B., Wilson. E.O. (1990) The ants. Cambridge, *Harvard University Press*, 732p.
- Jetter, K.M., Hamilton, J., Klotz, J.H. (2002) Red imported fire ants threaten agriculture wildlife and homes. *California Agriculture*, 56:26-34
- Kistner, D. H (1982) The social insects' bestiary. In: Hermann, H. R. (Ed.). Social insects. New York: *Academic Press*, 3: 1-244.
- Leal, I. R., Oliveira, P.S. (2000) Foraging ecology of attine ants in a Neotropical savanna: seasonal use of fungal substrate in the cerrado vegetation of Brazil. *Insectes Sociaux*, 47: 376-382.
- LeBrun, E. G., Feener, D. H., Jr. (2002) Linked indirect effects in ant-phorid interactions: impacts on ant assemblage structure. *Oecologia*, 133: 599–607.
- Lewandowski, M., Kozak, M., Sznyc-Basalyga, A. (2012) Biology and morphometry of *Megaselia halterata*, an important insect pest of mushrooms. *Bulletin of insectology*, 65:1–8.
- Lima, L. S., Bailez, O. E., Viana-Bailez, A. M., Erthal, M., Endringer, F. B. (2010) Ocorrência de forídeos parasitoides na formiga *Atta robusta*. In: *X Mostra de Pós-graduação da UENF*, 2010, Campos dos Goytacazes. X Mostra de Pós-graduação da UENF.
- Loiécono, M.S., Margar C. B., Margaria, Quiran, E. M. E., Molas, B. M. (2000) Diápridos (Hymenoptera) parasitoides de larvas de la hormiga cortadora *Acromyrmex lobicornis* (Hymenoptera: Formicidae) en la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina*, 59: 7–15.
- Loreiro, E. S., Monteiro, A. C. (2005) Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldadeos de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Árvore*, 29: 553-561.
- Martins, H.C. (2015) *Bioecologia de três espécies de Forídeos parasitoides Da Saúva Atta Bisphaerica. Dissertação* (Mestrado em Entomologia) - Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa- UFV, 67p.

- Mathis, K. A., Philpott, S. M. (2012) Current understanding and future prospects of host selection, acceptance, discrimination, and regulation of phorid fly parasitoids that attack ants. *Psyche article*, 2012: 1-9.
- Mehdiabadi N.J., Schultz., T.R. (2009) Natural history and phylogeny of the fungus-farming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Myrmecol News*, 13: 37-55.
- Meyer, S., Leal, I., Tabarelli, M., Wirth, R. (2011) Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. *Ecological Entomology*, 36:14-29.
- Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrrecht, I., Farji-Brener, A., Calle, Z. (2012) Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management*, 58: 225–247.
- Morehead, S. A., Feener, D. H., Jr. (2000). Visual and chemical cues used in host location and acceptance by a dipteran parasitoid. *J. Insect Behav.* 13: 613–625.
- Moreira, A. A., Forti, L. C., Andrade, A.P.P., Boaretto, M.A.C., Lopes J.F.S. (2004). Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 39: 109-116.
- Mostovski, M. B. (2004) New records of scuttle flies (Diptera: Phoridae) from South Africa, with description of a new species and hitherto unknown males. *African Invertebrates*, 45: 125-141.
- Moutinho, P., Nepstad, D. C., Davidson, E. A. (2003) Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest Growth and soil properties in Amazonia. *Ecology*, 84: 1265–1276.
- Muller, U.G., Gerardo, N.M., Aanen, D.K., Six, D.L., Schultz, T.R. (2005) The evolution of agriculture in insects. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 36:563-595.
- Nascimento, P. T. (2016) *Avaliação da compatibilidade de Bacillus thuringiensis e Trichogramma pretiosum no controle biológico de Helicoverpa zea*. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias) Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, 59p.
- Nickele, M. A., Pie, M. R., Filho, W.R., Penteadó, S. R. C. (2013) Formigas cultivadoras de fungos: estado da arte e direcionamento para pesquisas futuras. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33: 53-72.
- Oliveira, F. F., Richers, T.T., Silva, J. R., Farias, R.C., Matos, T.A. (2013) O Guia ilustrado das abelhas “sem-ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Amazonas, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Tefé*: IDSM, 267 p.
- Orr, M. R. (1992) Parasitic flies (Diptera: Phoridae) influence foraging rhythms and caste division of labor in the leaf-cutter ant, *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 30: 395-402.

- Pesquero, M. A., Bessa, L.A., Silva, H.C.M., Silva, L. M., Arruda, F.V. (2010) Influência ambiental na taxa de parasitismo (Diptera: Phoridae) de *Atta laevigata* e *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae). *Revista de Biologia*, 7:45-48.
- Porter, S. D., Nogueira de S´a, L. A., Morrison, L. W. (2004) Establishment and dispersal of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* in North Florida. *Biol. Control*. 29: 179–188.
- Pujol-Luz, J. R., Marques, H., Ururahy-Rodrigues, A., Rafael, J. A., Santana, F.H., Arantes, L.C., R. Constantino, R (2006) A forensic entomology case from the Amazon rain forest of Brazil. *Journal of Forensic Sciences*, 51: 1151–1153;
- Rodvalho, M.C., Lyra, M.L., Ferro, M., Baccir Jr, M. (2014) The Mitochondrial Genome of the Leaf-Cutter Ant *Atta laevigata*: A Mitogenome with a Large Number of Intergenic Spacers. *Plos one*, 9: 97117.
- Santos, J. O. P., Filho, O.P., Souza, A. D. (2015) Preferência de *Atta laevigata* F. Smith, 1858 (hymenoptera: formicidae). Por diferentes espécies e híbridos de eucaliptos. *Revista de Agricultura*, 90: 42-53.
- Silva, V. S. G., Bailez, O. E., Viana-Bailez, A. M., Tonhasca, A., Jr. (2007) Effects of the size of workers of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) on the attack behavior of *Neodohrniphora* spp. (Diptera: Phoridae). *Sociobiology*, 50, 01–10
- Silva, V. S. G., Bailez, O. E., Viana-Bailez, A. M. (2008) Survey of *Neodohrniphora* ssp. (Diptera: Phoridae) at colonies of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) and specificity of attack behaviour in relation to their hosts. *Bulletin of Entomological Research*, Cambridge, 98: 203-206.
- Souza, L. R. R. (2013) *Influência do tamanho das operárias e da sazonalidade no parasitismo das saúvas Atta sexdens e Atta laevigata (Hymenoptera: Formicidae) por moscas da família Phoridae*. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecótonos) – Porto Nacional, TO. Universidade Federal do Tocantins – UFT, 43 p.
- Thompson, L., Jones, D. (1996) *Expanding the Arkansas IFA farm survey over the south*. Proceedings of the 1996 Imported Fire Ant Research Conference, New Orleans, LA, pp. 81–83.
- Tonhasca Jr, A. (1996) Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera: Phoridae), and its host, the leaf-cutting *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). *Ecotropica*, 2: 157-164.
- Tonhasca Jr. A., M.A.L. Braganca and M. Erthal, Jr. (2001) Parasitism and biology of *Myrmosicarius grandicornis* (Diptera, Phoridae) in relations hip to its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes Sociaux*, 48: 154–158.
- Ukan, D. (2011) *Análise Dos Resíduos Produzidos Por Formigueiros De Atta sexdens rubropilosa (Hymenoptera: Formicidae) em Laboratório E Em Condições De Campo*. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação

- em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 115p.
- Uribe, S., Brown, B.V., Correa, G Ortiz, A.L. (2016) A. Phorids associated with nests of *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) in a forest and a plantation. *Revista Colombiana de Entomología*, 42: 48-53.
- Van Pelt, A. (1995) Book Review: *Identification Guide to the Ant Genera of the World* by Barry Bolton. *Insecta Mundi*. Paper 160.
- Vasconcelos, H.L., Cherret, J.M. (1977) Leaf-cutting ants and early Forest regeneration in central Amazonia: effects of herbivory on the seedling establishment. *Journal of Tropical Ecology* 13:357–370.
- Vazquez RJ, Porter S.D, Briano J.A. (2004) Host specificity of a biotype of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) from northern Argentina. *Environ Entomol* 33: 1436–1441.
- Veloso, H.p., Rangel-Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. (1991) Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal, Rio de Janeiro: Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. *Relatório*, 123p.
- Vinson, S. B. (1976) Host selection by insect parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 21:109-133.
- Weseloh, R. M. (1981) Host location by parasitoids. In “Semiochemicals: Their Role in Pest Control” (D. A. Nordlund, R. L. Jones, and W. J. Lewis, Eds.), pp. 79-95. *Wiley*, New York.
- Weber, N. A. (1966) Fungus-growing ants. *Science, Washington*, 153: 587-604.
- Weber, N.A. (1972) Gardening ants, the Attines. *American Philosophical Society*, 92: 1-146.
- Waller, D.A., Moser J. C. (1990) Invertebrate enemies and nest associates of the leaf-cutting ant *Atta texana* (Buckley) (Formicidae, Attini). Pp. 256-273 In: Vander Meer, Robert, K., K. Jaffe and A. Cedano (eds.). *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Westview Press Studies in Insect Biology. *Westview Press, Boulder, CO*. 741pp.
- Wilson, E.O (1980) Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: *Atta*). The overall pattern in *A. sexdens*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 7: 143-156.
- Williams DF, Collins HL., Oi D.H. (2001) The red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): An historical perspective of treatment programs and the development of chemical baits for control. *American Entomologist*, 47: 146–159.
- Zanuncio, J. S., Zanuncio, T. V., Pereira, J.M.M., Oliveira, H.N. (1999) Controle de *Atta laevigata* (hymenoptera: formicidae) com a isca landrin-f, em área anteriormente coberta com Eucalyptus. *Revista Rural*, 29: 573-576.