

---

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS INTEGRAL

---

**LAURA MAGNANI MACHADO**

**ASSOCIAÇÃO ENTRE HEMÍPTEROS E A PRESENÇA  
DE FORMIGAS EM CULTURAS AGRÍCOLAS**



Rio Claro  
2021

LAURA MAGNANI MACHADO

ASSOCIAÇÃO ENTRE HEMÍPTEROS E A PRESENÇA DE FORMIGAS EM  
CULTURAS AGRÍCOLAS

Orientador: Prof. Dr. Odair Correa Bueno

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de  
Biotecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de  
Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do  
grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Rio Claro  
2021

M149a	<p>Machado, Laura Magnani</p> <p>Associação entre hemípteros e a presença de formigas em culturas agrícolas / Laura Magnani Machado. -- Rio Claro, 2021</p> <p>28 f. : tabs.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro</p> <p>Orientador: Odair Correa Bueno</p> <p>1. Entomologia. 2. Revisão. 3. Hemíptera. 4. Formiga. 5. Mutualismo. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedico este TCC à Tia Mila,  
que sempre torceu por mim e me prestigiou em todas as conquistas da minha  
vida (e nessa não seria diferente!)

## AGRADECIMENTOS

Eu nunca imaginei que o dia de escrever a dedicatória do TCC chegaria no meio de uma pandemia. Mas esse dia chegou e, depois de 5 anos, só posso dizer que ele chegou rápido demais! Nesses últimos anos, muitas pessoas queridas me ajudaram a chegar até aqui.

Meu primeiro obrigado vai aos meus pais, que sempre me apoiaram em minhas escolhas e, sem o suporte deles, não teria conseguido chegar até aqui. Obrigada por estarem fisicamente ao meu lado nessa etapa final do TCC e por tudo o que me ensinaram e aconselharam! Gostaria de agradecer aos meus avós, por todo o apoio e por acreditarem em mim e nos meus sonhos, e aos queridos Fabiana e Alex por todas as dicas e puxões de orelha nesse período. Agradeço também à Bernadete, por todo o apoio que me deu durante meu período em Rio Claro.

Durante o meu caminho pela faculdade, me cerquei de pessoas que me ajudaram de inúmeras maneiras. Obrigada aos meus amigos do Centro Acadêmico, à família que a Biologia me deu, Dani, Isa, Boto e Ryu, por estarem ao meu lado e, em especial, à minha mãe Malu por estar tão atenta a mim e me ajudar mesmo quando eu não soube que precisava de ajuda. Você foi essencial para que eu chegasse até aqui com saúde.

Aos meus amigos de graduação Fernanda, Sorriso, Bin e Totoro agradeço por me acompanharem nos momentos de aulas, de festas, de surtos, de alegrias e por estarem ao meu lado, mesmo durante a pandemia, no processo de escrita deste TCC Um obrigado muito especial ao grupo do “Melão tá top”, Dani, Matheus, Felipe e Sid, por serem essa segunda família que eu sei que vai continuar junta por muito tempo. Obrigada por sempre me apoiarem e cuidarem de mim e por tudo nesses 5 anos. E Sid, obrigada por ser essa irmã que cuidou de mim e me ensinou muita coisa. Você estar ao meu lado foi muito importante para que esse TCC pudesse acontecer.

Aos meus colegas de laboratório Amanda, Manu Ramalho, Dai, Thays, Bianca, Zé, Tati e Lari, obrigada por todos os ensinamentos e por me acolherem de braços abertos no CEIS e nesse mundo lindo que é o da pesquisa. Espero que nós ainda façamos muita ciência juntos! Ao meu orientador, Professor Odair Bueno, obrigada por cativar em mim, desde 2017, a paixão pela pesquisa e pelas formigas. Obrigada por confiar em mim e por me ensinar tanto!

## RESUMO

O controle biológico em culturas agrícolas é tema de diversos estudos que demonstram o seu menor impacto ambiental e maior eficiência, quando comparado aos métodos tradicionais de controle de pragas. Algumas espécies de formigas são consideradas pragas, mas nos últimos anos, são estudadas como potenciais agentes de controle biológico, trazendo benefícios aos ecossistemas nos quais estão presentes. Essa ação benéfica está associada ao mutualismo entre as formigas e insetos hemípteros (Hemiptera) sugadores de seiva das plantas, produtores de um fluído açucarado (“honeydew”) atrativo e nutritivo às suas mutualistas, que, por sua vez, monopolizam a fonte alimentar e, conseqüentemente, protegem a planta de outras possíveis pestes. O forrageamento de formigas em populações de hemípteros pode causar tanto o crescimento quanto a diminuição do número de indivíduos de sugadores por planta hospedeira. Este trabalho consistiu em uma revisão sistemática sem restrição temporal da associação entre os hemípteros e a presença de formigas em culturas agrícolas. Os resultados revelaram uma ampla variedade de associações entre formigas, hemípteros e plantas diferentes ao redor do mundo. Com o emprego da meta-análise evidenciou que, no geral, a presença de formigas em colônias de hemípteros aumenta o número de sugadores por planta hospedeira, tendo impactos no uso de formigas como organismos de controle biológico de pragas agrícolas.

**Palavras-chave:** interação inseto-planta; sugadores de floema; taxa de crescimento; proteção.

## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	7
2.1.Busca nas bases de dados .....	8
2.2.Inclusão dos estudos .....	8
2.3.Categorização dos estudos .....	9
3. RESULTADOS .....	8
4. DISCUSSÃO .....	17
5. CONCLUSÃO .....	20
6. REFERÊNCIAS .....	21

## 1. INTRODUÇÃO

O controle biológico de pragas tem alcançado crescimento vertiginoso nos últimos anos devido ao seu menor impacto ambiental e igual ou maior eficiência quando comparado a métodos químicos de controle de pragas em plantações agrícolas (OFFENBERG, 2015) e, principalmente devido à projeção do fim dos inseticidas químicos num futuro próximo (BOREL, 2017).

As formigas são insetos eussociais da ordem Hymenoptera e, em plantações agrícolas, principalmente na monoculturas, podem se tornar importantes pragas; com destaque as formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (FOWLER et al., 1989). Apesar disso, os estudos de controle biológico mostram que algumas espécies de formigas podem ser benéficas às plantações por estabelecerem relações mutualísticas, facultativas ou não (FAGUNDES; RIBEIRO; DEL-CLARO, 2013), com as plantas ou com os hemípteros sugadores de seiva que nelas vivem. Desta maneira, estariam contribuindo com a defesa da planta contra outros organismos que podem lhe causar danos (DOUGLAS, 2006).

Os insetos da ordem Hemiptera utilizam o floema das plantas como única fonte de alimento, como os pulgões, moscas brancas e cochonilhas, da subordem Sternorrhyncha, cigarrinhas, da subordem Auchenorrhyncha e heterópteros como os pentatomídeos (DOUGLAS, 2006). A seiva presente no floema é rica em açúcares e pobre em nitrogênio e o desenvolvimento dos hemípteros sugadores depende de aminoácidos essenciais. Assim, para concentrar nitrogênio eles ingerem muito açúcar e parte é excretada na forma de “honeydew”, uma gotinha rica em nutrientes (DOUGLAS, 2006).

Esse fluído é uma das principais fontes nutricionais das formigas associadas e pode ser uma fonte mais nutritiva do que os nectários extraflorais (BLÜTHGEN et al., 2000). Isto pode fazer com que a presença ou ausência de hemípteros nas plantas de culturas agrícolas altere o número de formigas presentes nos cultivares (GROVER et al., 2008) e a produção de frutos pelas plantas (DWOMOH et al., 2009; PENG; CHRISTIAN, 2007; VILELA; DEL-CLARO, 2018). Formigas dos gêneros *Oecophylla* sp., *Solenopsis* sp. e *Dolichoderus* sp., dentre outros, são citadas na literatura como agentes de controle biológico em plantações de cacau, citrus, café e manga (ANATO et al., 2015; FORBES; NORTHFIELD, 2017; TRIBLE; CARROLL, 2014).

O estudo da ecologia nutricional dos organismos envolvidos no mutualismo entre hemípteros e formigas pode auxiliar na compreensão do impacto de espécies nativas e de espécies introduzidas no ecossistema (WILDER et al., 2013), como a formiga *Linepithema humile*, espécie invasora que possui uma relação simbiótica negativa com o hemíptero



*Diaphorina citri*, reduzindo a ação do parasitoide Hymenoptera *Tamarixia radiata* em plantações de citrus (TENA; HODDLE; HODDLE, 2013). A composição do fluído secretado pelos hemípteros, açúcares e aminoácidos, pode ser alterada pela presença ou ausência de formigas na planta (YAO; AKIMOTO, 2001). Durante o desenvolvimento, cada estágio larval do inseto possui uma secreção com composições diferentes de açúcares e, sendo assim, é forrageado de maneiras diferentes pelas formigas na plantação (FISCHER et al., 2002).

A presença de formigas coletando o fluído açucarado de hemípteros traz benefícios aos insetos sugadores, como o aumento de sua população (TANAKA et al., 2011), maior longevidade (FISCHER; HOFFMANN; VÖLKL, 2001) e diminuição do parasitismo (GAIGHER; SAMWAYS; VAN NOORT, 2013; MOONEY; AGRAWAL, 2008; XU et al., 2020). Apesar disso, alguns estudos mostram que as formigas podem afetar negativamente o crescimento das colônias de hemípteros sugadores de floema (HUANG; ZHANG, 2016; PRINGLE et al., 2017). Entender o efeito que a presença de formigas possui na dinâmica de crescimento de hemípteros em uma planta é importante, visto que nos permite compreender melhor a simbiose entre diferentes formigas e hemípteros e como se dá essa dinâmica em diferentes associações.

A revisão sistemática é um tipo de estudo que permite a comparação de dados e indica as pesquisas recentes realizadas com o objeto de estudo (BRIZOLA; FANTIN, 2016). Esse tipo de estudo pode se utilizar de artefatos como a meta-análise, consistindo em estudos de sínteses de evidências, envolvendo uma gama de métodos formais para sintetizar toda a informação científica que existe sobre um determinado assunto de forma objetiva, completa e não-enviesada (AZEVEDO; SOUSA-PINTO, 2019).

Assim, este estudo buscou analisar os efeitos da presença de formigas na manutenção de populações de hemípteros sugadores de floema em diferentes culturas agrícolas, realizando uma revisão sistemática utilizando a meta-análise a fim de combinar os resultados de vários trabalhos e realizar uma síntese reproduzível e quantificável dos dados (LOVATTO et al., 2007). A revisão sistemática com o uso da meta-análise permite entender quais as associações presentes nesses trabalhos e revelar áreas carentes onde são necessários novos estudos, além de contribuir indiretamente para que um controle biológico mais efetivo possa ser realizado e analisar quantitativamente o efeito das formigas no crescimento das colônias de hemípteros sugadores.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

## 2.1. Busca nas bases de dados

As buscas de artigos foram realizadas em duas etapas. A primeira delas foi realizada de janeiro a fevereiro de 2021 nas bases de artigos científicos Scopus, Web of Science, Jstor e Google Acadêmico, com as palavras-chave “Honeydew; Ants; Hemipterans; Mutualism; Composition”, sem restrição de data ou localização geográfica. A segunda busca foi realizada em março de 2021, com as palavras-chave “Honeydew; Ants; Hemipterans; Mutualism; Growth; *Colobopsis* sp.; *Oecophylla* sp.; *Linepithema* sp.; *Irydomyrmex* sp.; *Camponotus* sp.; *Azteca* sp.”, visto que esses são gêneros de formigas citados na literatura como mutualistas de insetos hemípteros, mas não estiveram presentes nos estudos coletados na primeira busca.

## 2.2. Inclusão dos estudos

Seguindo os passos de filtragem dos dados para revisão sistemática de Lovatto e colaboradores (2007), foram incluídos no quadro geral deste trabalho estudos em inglês que tratassem de hemípteros, plantas e formigas, relacionados a efeitos que o mutualismo poderia ter em qualquer um de seus três componentes. Foram excluídos trabalhos de revisão e trabalhos que apresentassem relações que envolviam gradientes de riqueza de árvores, a química das plantas hospedeiras, comparação de habilidades competitivas entre duas formigas, a variação nas comunidades de formigas sob diferentes fatores, que não tratavam diretamente da relação entre a formiga e o hemíptero sugador de floema (Quadro 1). Os estudos incluídos foram codificados de acordo com o seu tema, objetivo e gêneros da formiga, do hemíptero e da planta analisados.

Após a leitura na íntegra dos artigos, foi feita uma nova filtragem, onde foram selecionados artigos que tratassem diretamente dos efeitos que a exclusão de formigas do ecossistema causava nas populações de hemípteros, e que contivessem dados do crescimento das populações dos insetos sugadores. A quantidade de estudos incluídos e excluídos foi esquematizada em um “Prism Flow” (Figura 1).

**Quadro 1:** Critérios de temática dos artigos incluídos e excluídos da revisão sistemática.

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Relações hemíptero-plant-formiga	Química das plantas hospedeiras
Efeitos do mutualismo nos componentes	Gradientes de riqueza de árvores
Efeitos da exclusão de formigas	Comparação de habilidades competitivas
Crescimento das populações de hemípteros	Varição nas comunidades de formigas

### 2.3. Categorização dos estudos

O impacto de cada gênero de formiga nos hemípteros foi categorizado como + (positivo), - (negativo) ou neutro. Para essa análise foram incluídos estudos que trouxessem os dados como correlações significativas ou em texto nos resultados e/ou discussão.

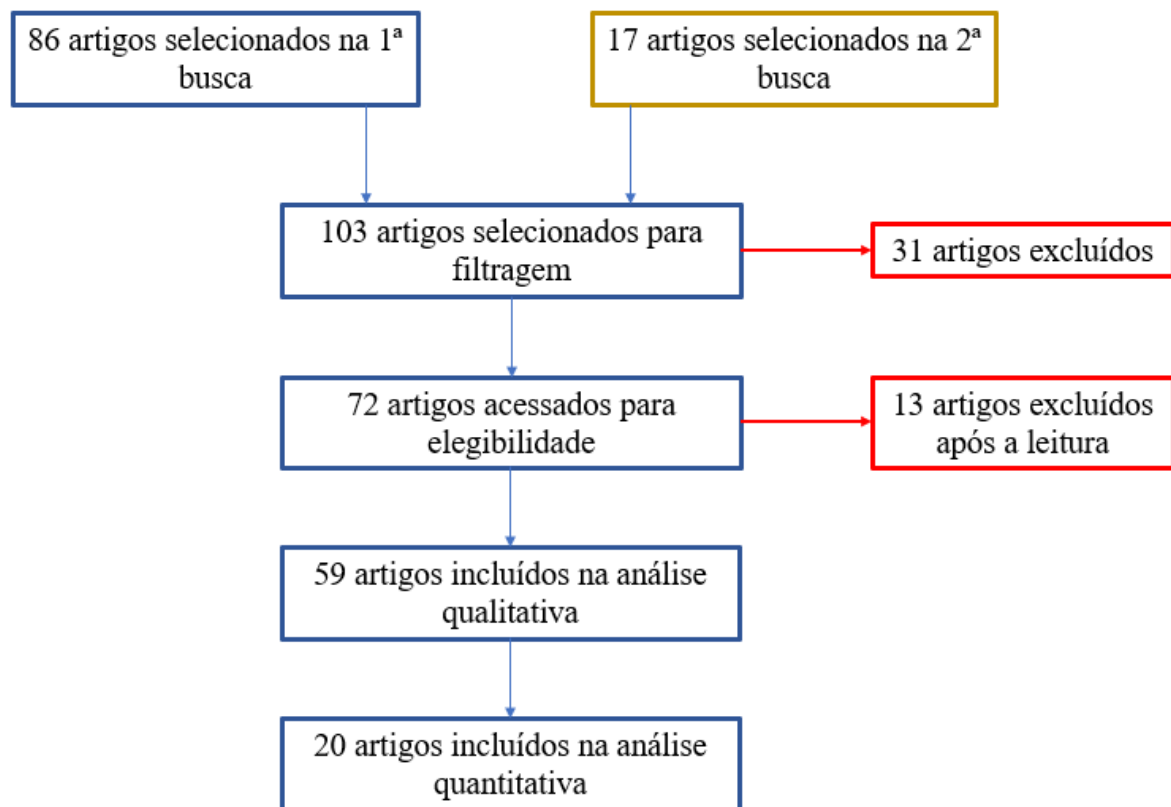
Para as análises quantitativas, dos artigos selecionados foram retirados dados de número médio de indivíduos de hemípteros nas plantas ou a taxa de crescimento das colônias com a presença e ausência de formigas, considerando as análises que envolvessem hemípteros que são forrageados por formigas. Os dados que estavam contidos em gráficos foram extraídos por meio do software “GetData Graph Digitizer”. Os dados de indivíduos por planta trazidos pelos trabalhos como medições ao longo de um gradiente de tempo foram transformados em uma média aritmética simples para posterior análise e comparação com os outros estudos.

Os dados numéricos extraídos foram analisados no software “RevMan 5”, da “Cochrane Collaboration”, a fim de entender se o efeito da presença de formigas no crescimento das colônias de hemípteros era positivo, negativo ou neutro.

## 3. RESULTADOS

A partir das buscas realizadas nas bases de dados, foram selecionados 103 artigos para a primeira filtragem. Após a leitura dos objetivos de todos os artigos, 31 trabalhos foram excluídos.

Após a leitura na íntegra dos 72 artigos que restaram, 13 foram excluídos por não trazerem dados acerca de um dos três elementos essenciais para a categorização inicial, sendo eles a formiga, o hemíptero e a planta (Quadro 2). Algumas exclusões ocorreram em artigos que trabalharam a relação das formigas apenas com nectários extraflorais (NEF), e não com os hemípteros e suas secreções açucaradas. Os 59 artigos restantes foram sistematizados no Quadro 2. Desses, 31 correspondiam a trabalhos que analisaram o efeito da presença de formigas no aumento ou diminuição da quantidade de hemípteros por planta, e 20 destes foram incluídos na análise quantitativa deste estudo (Figura 1).



**Figura 1:** “Prism Flow” mostrando a quantidade de artigos selecionados por etapa de filtragem da presente revisão.

No Quadro 2 foram categorizados os estudos que apresentaram relações entre hemípteros, formigas e plantas. Nele, estão descritos o gênero ou espécie de formiga, hemípteros e planta utilizados em cada estudo. A última coluna apresenta as citações dos artigos, que trabalharam, de alguma maneira, a relação entre esses três agentes.

**Quadro 2:** Sistematização dos 59 artigos selecionados para a análise qualitativa. As referências indicadas na última coluna incluem a relação entre a formiga, o hemíptero e a planta.

Formiga	Hemíptero	Planta	Artigos
<i>Azteca instabilis</i>	<i>Coccus viridis</i>	<i>Coffea arabica</i>	(LIVINGSTON; WHITE; KRATZ, 2008) (JHA; VANDERMEER; PERFECTO, 2009)
<i>Azteca instabilis</i>	<i>Octolecanium</i> sp.	<i>Coffea arabica</i>	(LIVINGSTON; WHITE; KRATZ, 2008)
<i>Brachymyrmex obscurior</i>	<i>Diaphorina citri</i>	<i>Murraya paniculata</i> e <i>Citrus latifolia</i>	(NAVARRETE et al., 2013)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Retama sphaerocarpa</i>	(ORTEGA-RAMOS; MEZQUIDA; ACEBES, 2020)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Bidens pilosa</i>	(RENAULT; BUFFA; DELFINO, 2005)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Aconophora teligera</i>	<i>Didymopanax vinosum</i>	(DANSA; ROCHA, 1992)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Guayaquila xiphias</i>	<i>Psittacanthus robustus</i>	(DE FREITAS; ROSSI, 2015)

<i>Camponotus</i> sp.	<i>Aethalion reticulatum</i>	<i>Psittacanthus robustus</i>	(DE FREITAS; ROSSI, 2015)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Eurystethus microlobatus</i>	<i>Psittacanthus robustus</i>	(DE FREITAS; ROSSI, 2015)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	<i>Citrus</i> sp.	(JESUS et al., 2016)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Calloconophora pugionata</i>	<i>Myrcia obovata</i>	(FAGUNDES; RIBEIRO; DEL-CLARO, 2013)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Ortheziidae</i> sp.	<i>Banisteriopsis campestris</i>	(VILELA; DEL-CLARO, 2018)
<i>Camponotus</i> sp.	<i>Pubilia concava</i>	<i>Solidago altissima</i>	(MORALES, 2011)
<i>Crematogaster</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Retama sphaerocarpa</i>	(ORTEGA-RAMOS; MEZQUIDA; ACEBES, 2020)
<i>Ectatoma</i> sp.	<i>Ortheziidae</i> sp.	<i>Banisteriopsis campestris</i>	(VILELA; DEL-CLARO, 2018)
<i>Formica</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Asclepias</i> sp.	(MOONEY; AGRAWAL, 2008) (PRINGLE et al., 2017)
<i>Formica</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Cuccumis</i> sp.	(SCHETTINO et al., 2017)
<i>Formica</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Solanum</i> sp.	(SCHETTINO et al., 2017)
<i>Formica</i> sp.	<i>Pubilia concava</i>	<i>Solidago altissima</i>	(MORALES, 2011)
<i>Formica</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Ligusticum porteri</i>	(MOONEY et al., 2019) (ROBINSON et al., 2017)
<i>Lasius</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Vicia faba</i>	(BLANCHARD et al., 2020) (KATAYAMA et al., 2013) (ROCHA; FELLOWES, 2018) (VANTAUX et al., 2011)
<i>Lasius</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Gossypium hirsutum</i>	(MIRZAMOHAMADI et al., 2019)m
<i>Lasius niger</i>	<i>Aphis fabae</i>	<i>Tanacetum vulgare</i>	(FISCHER; HOFFMANN; VÖLKL, 2001) (VÖLKL et al., 1999)
<i>Lasius niger</i>	<i>Brachycaudus cardui</i>	<i>Tanacetum vulgare</i>	(FISCHER; HOFFMANN; VÖLKL, 2001) (VÖLKL et al., 1999)
<i>Lasius niger</i>	<i>Metopeurum fuscoviride</i>	<i>Tanacetum vulgare</i>	(FISCHER; HOFFMANN; VÖLKL, 2001) (VÖLKL et al., 1999)
<i>Lasius niger</i>	<i>Macrosiphoniella</i> sp.	<i>Tanacetum vulgare</i>	(VÖLKL et al., 1999)
<i>Lasius niger</i>	<i>Aonidiella aurantii</i>	<i>Citrus</i> sp.	(PEKAS et al., 2010)
<i>Lasius neglectus</i>	<i>Lachnus roboris</i>	<i>Quercus ilex</i>	(PARIS; ESPADALER, 2009)
<i>Linepithema humile</i>	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>	(LEVAN; HOLWAY, 2015) (SHIK; SILVERMAN, 2013) (SHIK; KAY; SILVERMAN, 2014) (POWELL; SILVERMAN, 2010a)

			(POWELL; SILVERMAN, 2010b)
<i>Linepithema humile</i>	<i>Aphis nerii</i>	<i>Asclepias</i> sp.	(MUNDIM; PRINGLE, 2020)
<i>Linepithema</i> sp.	<i>Myzus persicae</i>	<i>Capsicum annuum</i>	(POWELL; SILVERMAN, 2010b)
<i>Linepithema humile</i>	<i>Chaitophorus populicola</i>	<i>Populus fremontii</i>	(YOO; HOLWAY, 2011)
<i>Linepithema</i> sp.	<i>Planococcus ficus</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	(MGOCKEKI; ADDISON, 2009)
<i>Linepithema</i> sp. ( <i>Iridomyrmex rufoniger</i> )	<i>Aonidiella aurantii</i>	<i>Citrus</i> sp.	(DAO et al., 2013)
<i>Linepithema humile</i>	<i>Toxoptera aurantii</i>	<i>Ilex cornuta</i>	(POWELL; BRIGHTWELL; SILVERMAN, 2009)
<i>Linepithema humile</i>	<i>Saissetia oleae</i>	<i>Chrysanthemoides monilifera monilifera</i>	(STANLEY et al., 2013)
<i>Linepithema humile</i>	<i>Parasaisseti nigra</i>	<i>Chrysanthemoides monilifera monilifera</i>	(STANLEY et al., 2013)
<i>Linepithema humile</i>	<i>Mesolecanium nigrofasciatum</i>	<i>Acer rubrum</i>	(BRIGHTWELL; SILVERMAN, 2010)
<i>Linepithema</i> sp.	<i>Planococcus ficus</i>	<i>Vitis vinifera</i>	(GUINDANI et al., 2018)
<i>Meranoplus bicolor</i>	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Psidium guajava</i>	(BURIKAM; KANTHA, 2014)
<i>Meranoplus bicolor</i>	<i>Ferrisia virgata</i>	<i>Psidium guajava</i>	(BURIKAM; KANTHA, 2014)
<i>Monomorium</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Glycine max</i>	(HERBERT; HORN, 2008)
<i>Myrmica</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Vicia faba</i>	(BLANCHARD et al., 2020) (KATAYAMA et al., 2013) (ROCHA; FELLOWES, 2018)
<i>Myrmica</i> sp.	<i>Pubilia concava</i>	<i>Solidago altissima</i>	(MORALES, 2011)
<i>Paratrechina longicornis</i>	<i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>	(HUANG; ZHANG, 2016) (LIU et al., 2020)
<i>Plagiolepis</i> sp.	<i>Aonidiella aurantii</i>	<i>Citrus</i> sp.	(PEKAS et al., 2010)
<i>Pheidole megacephala</i>	<i>Dysmicoccus</i> sp.	<i>Pisonia grandis</i>	(GAIGHER et al., 2011)
<i>Pheidole megacephala</i>	<i>Pulvinaria urbicola</i>	<i>Pisonia grandis</i>	(GAIGHER et al., 2011)
<i>Pheidole megacephala</i>	<i>Diaphorina citri</i>	<i>Murraya paniculata</i> e <i>Citrus latifolia</i>	(NAVARRETE et al., 2013)
<i>Solenopsis invicta</i>	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>	(KAPLAN; EUBANKS, 2005) (WICKINGS; RUBERSON, 2016) (WILDER et al., 2011) (WILDER et al., 2013) (RICE; EUBANKS, 2013)
<i>Solenopsis invicta</i>	<i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Hibiscus rosasinensis</i>	(ZHOU et al., 2012) (ZHOU et al., 2014) (ZHOU et al., 2015c)
<i>Tapinoma erraticum</i>	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Prunus amygdalus</i> e <i>Mentha piperita</i> .	(MARTINEZ; COHEN; MGOCKEKI, 2011)

<i>Tapinoma</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Ligusticum porteri</i>	(MOONEY et al., 2019) (ROBINSON et al., 2017)
<i>Tapinoma</i> sp.	<i>Aphis</i> sp.	<i>Gossypium hirsutum</i>	(POWELL; SILVERMAN, 2010a) (POWELL; SILVERMAN, 2010b)
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	<i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Hibiscus rosasinensis</i>	(FENG et al., 2015) (ZHOU et al., 2012) (ZHOU et al., 2014)
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	<i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>	(LIU et al., 2020) (XU et al., 2019) (XU et al., 2020) (ZHOU; KUANG; GAO, 2015) (ZHOU et al., 2015d) (ZHOU et al., 2017)
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	<i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Solanum</i> sp.	(ZHOU et al., 2015a) (ZHOU et al., 2015b) (ZHOU; KUANG; GAO, 2015)
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	(ZHOU et al., 2015a)
<i>Tapinoma</i> sp.	<i>Myzus persicae</i>	<i>Capsicum annuum</i>	(POWELL; SILVERMAN, 2010b)
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	<i>Sylepta derogata</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>	(XU et al., 2019)
<i>Tapinoma</i> sp.	<i>Toxoptera aurantii</i>	<i>Ilex cornuta</i>	(POWELL; BRIGHTWELL; SILVERMAN, 2009)
<i>Tetramorium</i> sp.	<i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>	(LIU et al., 2020)

No presente levantamento, 40% dos trabalhos trazem informações sobre os benefícios que as formigas trazem para o crescimento das colônias ou populações de hemípteros e, conseqüentemente, para as plantas hospedeiras. Como demonstrado no Quadro 2, existe uma assimetria na quantidade de estudos que cada gênero de formiga foi analisado. A formiga *Azteca* sp., muito presente em ecossistemas de café (PERFECTO; VANDERMEER; PHILPOTT, 2014), foi citada em apenas 3,6% dos estudos incluídos na análise, e não foram encontrados estudos que tratassem sobre formigas *Oecophylla* sp. que pudessem ser incluídos nos critérios de seleção deste trabalho. Ao contrário destas, 30,5% dos artigos sistematizados estudaram as formigas do gênero *Tapinoma* sp.

O segundo gênero mais citado nos trabalhos selecionados foi o das formigas argentinas invasoras *Linepithema* spp. (= *Irydomyrmex* sp.). Do total, 22% trabalharam relações entre essas formigas, hemípteros e plantas, sendo a principal associação entre *Linepithema* spp., hemípteros *Aphis* sp. e plantas de algodão *Gossypium* sp. que, segundo os

trabalhos de Powell & Silverman (2010), é benéfica ao crescimento das populações de hemípteros sugadores nas plantas hospedeiras.

Foram encontradas 99 associações formiga-planta-hemíptero (Quadro 2), sendo a mais presente, correspondente a 6,06% das associações, entre *Tapinoma melanocephalum*, *Gossypium hirsutum* e *Phenacoccus solenopsis*. Esses agentes são chamados popularmente de formiga fantasma, algodão e cochonilha do algodão, respectivamente.

Dentre essas 99 associações, foram encontradas 30 plantas diferentes estudadas, sendo que a mais analisada foi a cultura agrícola de *Gossypium hirsutum*, com 8 diferentes associações, seguida de *Tanacetum vulgare*, com 4 associações estudadas. Apesar disso, há culturas agrícolas como a de *Vicia faba* que possuem apenas 4 estudos incluídos no Quadro 2, trabalhando apenas 2 associações diferentes com hemípteros e formigas. O mesmo ocorre com as culturas de *Coffea arabica*, *Citrus* sp. e *Solanum* sp., que são agroecossistemas importantes, mas não possuem muitos estudos acerca da diversidade de associações com hemípteros e formigas.

Para verificar o efeito que a presença de formigas possui no crescimento das colônias de hemípteros em diferentes plantas, foi realizada uma nova filtragem dos estudos (Quadro 3). Dos 31 estudos que trouxeram dados sobre o tema, 24 deles relataram que as formigas possuem um efeito positivo no número de hemípteros em plantas (77,42%). Dentre os estudos que relataram uma diminuição na população de hemípteros na presença de formigas, Powell & Silverman (2010b) verificaram que a formiga *Tapinoma sessile* possui um comportamento de predação voltado aos hemípteros *Myzus persicae*, fazendo com que, no experimento, a população das colônias de *M. persicae* fosse reduzida a zero, enquanto as de *Aphis* sp., visitadas pelas formigas do mesmo gênero, não tiveram seu crescimento afetado.

**Quadro 3:** Efeitos da presença de formigas nas populações de hemípteros: positivo (+), neutro ou negativo (-).

Formiga	Efeito da presença	Artigos
<i>Azteca</i> sp.	+	(JHA; VANDERMEER; PERFECTO, 2009)
<i>Camponotus</i> sp.	+	(ORTEGA-RAMOS; MEZQUIDA; ACEBES, 2020)
		(RENAULT; BUFFA; DELFINO, 2005) (FAGUNDES; RIBEIRO; DEL-CLARO, 2013)
	neutro	(VILELA; DEL-CLARO, 2018) (JESUS et al., 2016)
<i>Crematogaster</i> sp.	+	(ORTEGA-RAMOS; MEZQUIDA;

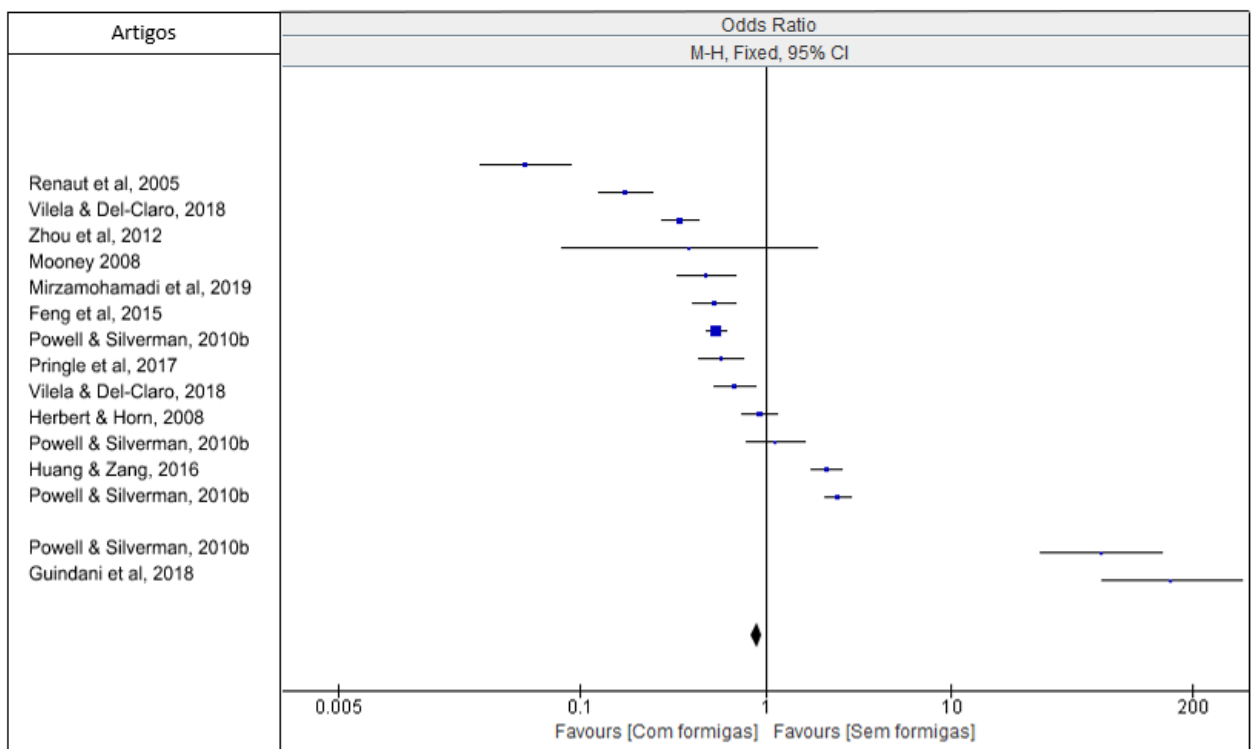


ACEBES, 2020)		
<i>Ectatoma</i> sp.	neutro	(VILELA; DEL-CLARO, 2018)
<i>Formica</i> sp.	+	(MOONEY; AGRAWAL, 2008)
		(MOONEY et al., 2019)
	-	(ROBINSON et al., 2017)
<i>Lasius</i> sp.	+	(PRINGLE et al., 2017)
		(MIRZAMOHAMADI et al., 2019)
<i>Linepithema</i> sp.	+	(PEKAS et al., 2010)
		(BRIGHTWELL; SILVERMAN, 2010)
		(DAO et al., 2013)
		(POWELL; SILVERMAN, 2010a)
	(POWELL; SILVERMAN, 2010b)	
-	(STANLEY et al., 2013)	
<i>Meranoplus</i> sp.	+	(GUINDANI et al., 2018)
		(BURIKAM; KANTHA, 2014)
<i>Monomorium</i> sp.	neutro	(HERBERT; HORN, 2008)
<i>Paratrechina</i> sp.	-	(HUANG; ZHANG, 2016)
	+	(LIU et al., 2020)
<i>Pheidole</i> sp.	+	(GAIGHER et al., 2011)
		(PEKAS et al., 2010)
<i>Plagiolepis</i> sp.	+	(PEKAS et al., 2010)
<i>Solenopsis</i> sp.	+	(ZHOu et al., 2012)
		(WICKINGS; RUBERSON, 2016)
		(RICE; EUBANKS, 2013)
<i>Tapinoma</i> sp.	+	(FENG et al., 2015)
		(LIU et al., 2020)
		(ZHOU; KUANG; GAO, 2015)
		(ZHOU et al., 2015d)
		(ZHOU et al., 2017)
		(MOONEY et al., 2019)
	(ROBINSON et al., 2017)	
-	(POWELL; SILVERMAN, 2010a)	
		(POWELL; SILVERMAN, 2010b)

Os estudos que analisaram associações formiga-hemíptero que mostraram ter um impacto negativo no crescimento das populações dos insetos sugadores trouxeram como justificativa o comportamento de predação que as formigas mostraram frente aos hemípteros. Guindani e colaboradores (2018) verificaram que as formigas *Linepithema* sp. provocaram redução nas populações de *Planococcus* sp. através da predação das ninfas durante o período do inverno, visto que o consumo de alimentos com maiores quantidades de proteínas, como as ninfas, nessa época é preferido em relação a fontes alimentares ricas em carboidratos como o

“honeydew”. Powell & Silverman (2010b), observaram que as formigas desse mesmo gênero apenas consumiram os hemípteros *Myzus* sp. quando na ausência de pulgões (*Aphis* sp.).

A análise quantitativa teve como resultado o “Forest Plot” (Figura 2). Nele, foram incluídos 11 estudos que realizaram experimentos de exclusão de formigas e contaram o número de indivíduos de hemípteros por planta. Se em um mesmo estudo foram realizadas contagens com hemípteros diferentes, estas foram adicionadas ao “Forest Plot” como estudos separados, resultando em 15 amostras diferentes.



**Figura 2:** O “Forest Plot” mostra a razão de probabilidade de cada estudo e total, indicada pelo diamante. Este está do lado que favorece o tratamento com a presença de formigas, indicando que o número de indivíduos de hemípteros em uma planta é influenciado positivamente pela presença de formigas.

A análise no software “RevMan” mostrou que a razão de probabilidade total foi de 0,89 ( $Z=3,67$ ;  $P=0,0002$ ), o que favorece os tratamentos com a presença de formigas, indicado pelo diamante na Figura 2. Isso mostra que a presença de formigas em uma planta favorece um maior número de hemípteros nesta planta. Além disso, analisando os resultados do “Forest Plot”, foi possível observar que a associação que de maior peso, 28%, foi entre a formiga *Linepithema* sp. e o hemíptero *Aphis* sp., trabalhada em Powell & Silverman (2010b).

Dos estudos utilizados na análise quantitativa, nove deles possuem dados acerca da taxa de crescimento das colônias de hemípteros com e sem a presença de formigas (Tabela 1).

A taxa de crescimento das colônias de hemípteros com formigas mostrou ser maior do que nos tratamentos de exclusão de formigas.

**Tabela 1:** Taxa de crescimento das colônias de hemípteros com a presença e ausência de formigas forrageando os hemípteros, mostradas no quadro por estudo e associação formiga-hemíptero.

Artigos	Taxa de crescimento Com formigas	Taxa de crescimento Sem formigas	Formiga-Hemíptero
(LIU et al., 2020)	0,38	0,42	<i>Tetramorium</i> sp. - <i>Phenacoccus</i> sp.
(LIU et al., 2020)	0,72	0,42	<i>Paratrechina</i> sp. - <i>Phenacoccus</i> sp.
(LIU et al., 2020)	0,84	0,42	<i>Tapinoma</i> sp. - <i>Phenacoccus</i> sp.
(ZHOU; KUANG; GAO, 2015)	0,80	0,31	<i>Tapinoma</i> sp. - <i>Phenacoccus</i> sp.
(ZHOU et al., 2015d)	0,72	0,51	<i>Tapinoma</i> sp. - <i>Phenacoccus</i> sp.
(ZHOU et al., 2017)	0,84	0,61	<i>Tapinoma</i> sp. - <i>Phenacoccus</i> sp.
(MOONEY et al., 2019)	0,06	-0,18	<i>Tapinoma</i> sp. e <i>Formica</i> sp. – <i>Aphis</i> sp.
(ROBINSON et al., 2017)	0,06	-0,21	<i>Tapinoma</i> sp. – <i>Aphis</i> sp.
Média	0,55	0,28	

A análise dos dados permite verificar que a presença de formigas favorece o crescimento das populações de diferentes espécies de hemípteros, como nas associações entre os hemípteros *Phenacoccus* sp. e formigas *Tapinoma* sp. em plantações de algodão. Essa associação trouxe benefícios às populações de hemípteros, como a maior taxa de crescimento (LIU et al., 2020; ZHOU et al., 2015d; ZHOU; KUANG; GAO, 2015) e o menor grau de parasitismo por inimigos naturais (XU et al., 2020; ZHOU et al., 2015d; ZHOU; KUANG; GAO, 2015).

As taxas de crescimento das populações de *Aphis* sp. sem associação com formigas *Tapinoma* sp. foram as únicas negativas nos estudos analisados, indicando que a ausência de formigas forrageando as colônias desses pulgões não apenas diminui a taxa de crescimento destas, mas acaba diminuindo o tamanho das populações, eventualmente extinguindo-as. É possível perceber que o estudo da taxa de crescimento é um aspecto incorporado mais recentemente aos estudos de mutualismo formiga-hemíptero, visto que os trabalhos datam entre 2015 a 2020 (Tabela 1).

#### 4. DISCUSSÃO

A literatura sobre os efeitos positivos da relação hemíptero-formiga era intensa até 2007 (STYRSKY; EUBANKS, 2007). No presente estudo, foram levantadas diferentes associações planta-hemíptero-formiga, sendo essas benéficas, neutras ou prejudiciais para o crescimento de colônias de hemípteros. As formigas atraem a atenção de pesquisadores

devido ao seu potencial como agentes de controle biológico em diferentes agrossistemas (OFFENBERG, 2015).

Apenas quatro gêneros de formigas associadas a diferentes hemípteros foram citadas como prejudiciais com o aumento do número de indivíduos por planta, sendo eles *Formica*; *Linepithema*; *Paratrechina*; e *Tapinoma* (HUANG & ZANG, 2016; POWELL & SILVERMAN, 2010b; PRINGLE et al, 2017 e GUINDANI et al, 2018), que estão representados no Quadro.

Há formigas que, ao estabelecer um mutualismo com um hemíptero sugador, trazem malefícios à planta hospedeira. Formigas do gênero *Camponotus* sp. são citadas como benéficas ao aumento do número de ninfas de hemípteros em plantas de *Banisteriopsis campestris*, ao mesmo tempo em que não exercem uma proteção contra herbivoria da planta hospedeira (VILELA; DEL-CLARO, 2018) e podem fazer com que a planta produza menos sementes viáveis (RENAULT; BUFFA; DELFINO, 2005). Além disso, devido ao seu comportamento agressivo de proteção aos hemípteros, as formigas podem diminuir a abundância de predadores generalistas que, como o *Chrysoperla carnea* em plantações de *Citrus* sp., desempenham papéis de controle biológico nas culturas em que estão presentes (CALABUIG; GARCIA-MARÍ; PEKAS, 2015).

Apesar disso, há formigas que, ao forragear uma população de hemípteros e, por consequência, aumentar em número, são benéficas às plantas hospedeiras. O custo que as plantas têm devido à herbivoria das populações de hemípteros sugadores e maior presença de formigas é compensado pela proteção que essas formigas provêm à planta com sua constante visitação à fonte de “honeydew” (MOONEY; AGRAWAL, 2008).

Dentre as formigas do Quadro que mostraram ter apenas efeitos positivos e neutro, estão as dos gêneros *Camponotus* sp. e *Pheidole* sp., que, no “Forest Plot” (Figura 2) estão nos estudos que favorecem a presença de formigas nas colônias de hemípteros. Para Campos & Camacho (2014) essas formigas são citadas como forrageadoras exclusivamente de “honeydew” como fonte de alimento, mesmo com a presença de nectários extraflorais. Nesse mesmo estudo, a presença de formigas foi maior em plantas que possuíam hemípteros sugadores em comparação às com nectários extraflorais, e, conseqüentemente, essas plantas sofreram uma maior taxa de decréscimo nas populações de cupins, que eram atacados pelas formigas. Isso mostra que as associações entre formigas e hemípteros pode trazer benefícios às plantas, como a proteção contra pragas agrícolas, dependendo do agroecossistema e do hemíptero associado.

Dos artigos analisados, sete deles foram com plantas de algodão (*Gossypium* sp.), sendo hemípteros dos gêneros *Aphis* sp. e *Phenacoccus* sp. os mais comuns nessas plantações.

Huang e Zang (2016) discutem em seu trabalho o efeito negativo que as formigas *Paratrechina* sp. possuem no crescimento das populações de hemípteros *Phenacoccus solenopsis* em plantações de algodão, o que não possui relação com o benefício que essas formigas trazem ao agroecossistema. Portanto, os efeitos benéficos das formigas em plantações não estão presentes apenas em associações consideradas positivas no Quadro. Um futuro desafio, segundo Offenberg (2015), é identificar associações entre formigas e plantas que são positivas ou negativas.

Ocorre maior quantidade de hemípteros sugadores quando há formigas forrageando sobre eles (CALABUIG; GARCIA-MARÍ; PEKAS, 2015), fato corroborado na análise quantitativa do presente estudo. A associação entre os hemípteros *Phenacoccus solenopsis* e formigas *Tapinoma melanocephalum* em plantações de algodão (*Gossypium* sp.) foi a mais presente nos artigos selecionados nessa revisão sistemática (Quadro 2). Os estudos que trabalharam essa associação apontam para os efeitos positivos da presença de formigas fantasma em associação com hemípteros em plantações de algodão devido ao efeito que o mutualismo possui na comunidade de artrópodes e nos parasitoides e pragas agrícolas do algodão, além de contribuir para o aumento da taxa de crescimento das populações de *P. solenopsis*. A presença do mutualismo *Tapinoma-Phenacoccus* nas plantações de algodão pode proteger outros artrópodes da comunidade pela proteção contra o parasitismo (XU et al., 2019), diminuir o parasitismo nas plantas e nos hemípteros mutualistas (ZHOU; KUANG; GAO, 2015) e mandar sinais visuais e químicos para parasitoides como o *Aenasius bambawalei*, que evitam o encontro com formigas fantasma (XU et al., 2020).

A associação entre formigas e hemípteros, portanto, possui um efeito negativo no grupo de artrópodes herbívoros (DE FREITAS; ROSSI, 2015). Hemípteros como os pulgões (*Aphis* sp.) alteram o impacto das lava-pés (*Solenopsis* sp.) em uma assembleia diversa de artrópodes, visto que tanto as formigas quanto os predadores são fortemente atraídos aos hemípteros (KAPLAN; EUBANKS, 2005). As formigas do gênero *Solenopsis* sp. em associações com hemípteros *Aphis* sp. e *Phenacoccus* sp., revelaram efeitos positivos no crescimento de suas colônias. Os pulgões *Aphis* sp. podem reduzir indiretamente a herbivoria em campos de algodão através do aumento de interações entre as formigas que os forrageiam e os herbívoros; um cenário alternativo pode surgir se os ápídeos interferirem no controle biológico ao encorajarem interações entre as formigas *Solenopsis* sp. e seus inimigos naturais (KAPLAN; EUBANKS, 2005).

Os pulgões estão entre os grupos chave de insetos herbívoros que demonstram um “fingerprint” global de mudanças climáticas, visto que a abundância de hemípteros *Aphis* sp. é

ligada a fatores ambientais como a data ou período de derretimento de neve em locais como o Colorado (EUA) e altas temperaturas, que também são um fator chave determinante da abundância de formigas *Tapinoma* sp. e *Formica* sp. (MOONEY et al., 2019). Os resultados do presente trabalho indicam que o mutualismo entre essas formigas e os pulgões *Aphis* sp. é benéfica ao crescimento das populações e, portanto, um desequilíbrio de uma dessas partes devido a mudanças climáticas pode ter um efeito negativo no parceiro mutualista.

Apesar de formigas dos gêneros *Azteca* sp. e *Oecophylla* sp. serem citadas na literatura como organismos que possuem interações com hemípteros e podem até realizar um controle biológico em plantações, no presente trabalho não foram encontrados artigos que entrassem nos critérios de seleção para as análises quantitativas. Essas formigas são controladoras de pestes em diversos agrossistemas e possuem um papel chave na comunidade que, para *Azteca* sp., são principalmente os agroecossistemas de café (OFFENBERG, 2015).

A conservação de insetos mutualistas é crítica para manter o alto nível de diversidade em diferentes agro sistemas (DE FREITAS; ROSSI, 2015). A associação entre hemípteros e formigas é importante para o controle biológico de diversas culturas (OFFENBERG, 2015) pode aumentar a abundância de hemípteros nas plantas hospedeiras. Apesar disso, em espécies de hemípteros pertencentes à família Aphididae cujas abundâncias e distribuições dependem da presença de formigas forrageando-os, fatores como temperaturas elevadas pode se sobrepôr a essa dependência no crescimento de populações de hemípteros (MOONEY et al., 2019). Temperaturas elevadas também podem ser benéficas para o controle biológico que as formigas realizam, visto que podem beneficiar mutualismos entre formigas fantasma (*Tapinoma* sp.) e cochonilhas de algodão, aumentando o recrutamento de formigas e seus níveis de agressividade (ZHOU et al., 2017).

Além disso, a variação no floema das plantas é geneticamente baseada e, com isso, são feitas diferentes composições de “honeydew” que podem ser respondidas de maneiras diferentes pelas formigas, e, com isso, as plantas podem moldar seu floema para mediar interações entre hemípteros e formigas visando seu benefício (MOONEY; AGRAWAL, 2008). O padrão do sistema mutualístico pode ser uma função combinada entre a resposta de recrutamento de formigas mediada pela variação na planta hospedeira (ZHOU; KUANG; GAO, 2015).

## 5. CONCLUSÃO

A análise das associações encontradas, das taxas de crescimento e do “Forest Plot” permitem concluir que a presença de formigas favorece a manutenção e o crescimento das

populações de diferentes espécies de hemípteros. Maior quantidade de hemípteros pode ter um efeito benéfico no recrutamento de formigas e, conseqüentemente, na proteção das plantas hospedeiras contra parasitoides e outras pragas agrícolas, principalmente em culturas de algodão em associação com *Aphis* sp. e *Tapinoma* sp.. O estudo do mutualismo entre formigas e hemípteros pode auxiliar na compreensão acerca das associações que são benéficas nas diferentes culturas agrícolas e de quais formigas podem prover um controle biológico de pragas, por intermédio do seu comportamento de proteção aos hemípteros sugadores de floema.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANATO, Florence M.; WARGUI, Rosine B.; SINZOGAN, Antonio A. C.; OFFENBERG, Joachim; ADANDONON, Appolinaire; VAYSSIÈRES, Jean François; KOSSOU, Dansou K. Reducing losses inflicted by insect pests on cashew, using weaver ants as a biological control agent. **Agricultural and Forest Entomology**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 285–291, 2015. DOI: 10.1111/afe.12105.
- AZEVEDO, Luís; SOUSA-PINTO, Bernardo. Avaliação Crítica de uma Revisão Sistemática e Meta-Análise. **Revista da Sociedade Portuguesa de Anestesiologia**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 53–56, 2019.
- BLANCHARD, Solène; VAN OFFELEN, Julie; VERHEGGEN, François; DETRAIN, Claire. Towards more intimacy: moderate elevation of temperature drives increases in foraging and mutualistic interactions between *Lasius niger* and *Aphis fabae*. **Ecological Entomology**, [S. l.], 2020. DOI: 10.1111/een.12982.
- BLÜTHGEN, Nico; VERHAAGH, Manfred; GOITÍA, William; JAFFÉ, Klaus; MORAWETZ, Wilfried; BARTHLOTT, Wilhelm. How plants shape the ant community in the Amazonian rainforest canopy: The key role of extrafloral nectaries and homopteran honeydew. **Oecologia**, [S. l.], v. 125, n. 2, p. 229–240, 2000. DOI: 10.1007/s004420000449.
- BOREL, Brooke. When the pesticides run out. **Nature**, [S. l.], v. 543, n. 7645, p. 302–304, 2017. DOI: 10.1038/543302a.
- BRIGHTWELL, Robert John; SILVERMAN, Jules. Invasive Argentine ants reduce fitness of red maple via a mutualism with an endemic coccid. **Biological Invasions**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 2051–2057, 2010. DOI: 10.1007/s10530-009-9607-0.
- BRIZOLA, Jairo; FANTIN, Nádia. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Relva - Revista de Educação do Vale do Arianos**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 23–39, 2016.
- BURIKAM, Intawat; KANTHA, D. Mutualistic relationships between the shield ant,

Meranoplus bicolor (Guérin-Méneville) (Hymenoptera: Formicidae) and honeydew-producing hemipterans in guava plantation. **Sociobiology**, [S. l.], v. 61, n. 3, p. 286–292, 2014. DOI: 10.13102/sociobiology.v61i3.286-292.

CALABUIG, Altea; GARCIA-MARÍ, Ferran; PEKAS, Apostolos. Ants in citrus: Impact on the abundance, species richness, diversity and community structure of predators and parasitoids. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S. l.], v. 213, p. 178–185, 2015. DOI: 10.1016/j.agee.2015.08.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.08.001>.

CAMPOS, Ricardo I.; CAMACHO, Gabriela P. Ant–plant interactions: the importance of extrafloral nectaries versus hemipteran honeydew on plant defense against herbivores. **Arthropod-Plant Interactions**, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 507–512, 2014. DOI: 10.1007/s11829-014-9338-8.

DANSA, Claudia Valeria de Assis; ROCHA, Carlos Frederico Duarte. An Ant-Membracid-Plant Interaction in a Cerrado Area of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 339–348, 1992.

DAO, H. T.; MEATS, A.; BEATTIE, G. A. C.; SPOONER-HART, R. Ant-coccid mutualism in citrus canopies and its effect on natural enemies of red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). **Bulletin of Entomological Research**, [S. l.], v. 104, n. 2, p. 137–142, 2013. DOI: 10.1017/S0007485313000187.

DE FREITAS, Julia Dias; ROSSI, Marcelo Nogueira. Interaction between trophobiont insects and ants: the effect of mutualism on the associated arthropod community. **Journal of Insect Conservation**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 627–638, 2015. DOI: 10.1007/s10841-015-9785-2.

DOUGLAS, A. E. Phloem-sap feeding by animals: Problems and solutions. **Journal of Experimental Botany**, [S. l.], v. 57, n. 4, p. 747–754, 2006. DOI: 10.1093/jxb/erj067.

DWOMOH, Emmanuel A.; AFUN, Jakpasu V. K.; ACKONOR, Joseph B.; AGENE, V. N. Investigations on *Oecophylla longinoda* (Latreille) (Hymenoptera: Formicidae) as a biocontrol agent in the protection of cashew plantations. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 65, n. 1, p. 41–46, 2009. DOI: 10.1002/ps.1642.

FAGUNDES, R.; RIBEIRO, S. P.; DEL-CLARO, K. Tending-Ants Increase Survivorship and Reproductive Success of *Calloconophora pugionata* Drietch (Hemiptera, Membracidae), a Trophobiont Herbivore of *Myrcia obovata* O.Berg (Myrtales, Myrtaceae). **Sociobiology**, [S. l.], v. 60, n. 1, p. 11–19, 2013. DOI: 10.13102/sociobiology.v60i1.11-19.

FENG, Dong Dong; MICHAUD, J. P.; LI, Pan; ZHOU, Zhong Shi; XU, Zai Fu. The native ant, *Tapinoma melanocephalum*, improves the survival of an invasive mealybug, *Phenacoccus*



- solenopsis, by defending it from parasitoids. **Scientific Reports**, [*S. l.*], v. 5, n. September, p. 1–8, 2015. DOI: 10.1038/srep15691.
- FISCHER, M. K.; HOFFMANN, K. H.; VÖLKL, W. Competition for mutualists in an ant-homopteran interaction mediated by hierarchies of ant attendance. **Oikos**, [*S. l.*], v. 92, n. 3, p. 531–541, 2001. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2001.920314.x.
- FISCHER, Melanie K.; VÖLKL, Wolfgang; SCHOPF, Reinhard; HOFFMANN, Klaus H. Age-specific patterns in honeydew production and honeydew composition in the aphid *Metopeurum fuscoviride*: Implications for ant-attendance. **Journal of Insect Physiology**, [*S. l.*], v. 48, n. 3, p. 319–326, 2002. DOI: 10.1016/S0022-1910(01)00179-2.
- FORBES, Samantha J.; NORTHFIELD, Tobin D. *Oecophylla smaragdina* ants provide pest control in Australian cacao. **Biotropica**, [*S. l.*], v. 49, n. 3, p. 328–336, 2017. DOI: 10.1111/btp.12405.
- FOWLER, Harold G.; PAGANI, Maria Inez; DA SILVA, Osvaldo Aulino; FORTI, Luis Carlos; DA SILVA, Virgilio Pereira; DE VASCONCELOS, Heraldo Luis. A pest is a pest is a pest? The dilemma of neotropical leaf-cutting ants: Keystone taxa of natural ecosystems. **Environmental Management**, [*S. l.*], v. 13, n. 6, p. 671–675, 1989. DOI: 10.1007/BF01868306.
- GAIGHER, R.; SAMWAYS, M. J.; HENWOOD, J.; JOLLIFFE, K. Impact of a mutualism between an invasive ant and honeydew-producing insects on a functionally important tree on a tropical island. **Biological Invasions**, [*S. l.*], v. 13, n. 8, p. 1717–1721, 2011. DOI: 10.1007/s10530-010-9934-1.
- GAIGHER, R.; SAMWAYS, M. J.; VAN NOORT, S. Saving a tropical ecosystem from a destructive ant-scale (*Pheidole megacephala*, *Pulvinaria urbicola*) mutualism with support from a diverse natural enemy assemblage. **Biological Invasions**, [*S. l.*], v. 15, n. 9, p. 2115–2125, 2013. DOI: 10.1007/s10530-013-0437-8.
- GROVER, Crystal D.; DAYTON, Kathleen C.; MENKE, Sean B.; HOLWAY, David A. Effects of aphids on foliar foraging by Argentine ants and the resulting effects on other arthropods. **Ecological Entomology**, [*S. l.*], v. 33, n. 1, p. 101–106, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2311.2007.00942.x.
- GUINDANI, Aline Nobre; NONDILLO, Aline; PACHECO DA SILVA, Vitor C.; ANDZEIEWSKI, Simone; DE AZEVEDO FILHO, Wilson S. D.; BUENO, Odair C.; BOTTON, Marcos. Interaction between *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae) and the vine mealybug *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae): Trophobiosis or predation? **Environmental Entomology**, [*S. l.*], v. 47, n. 5, p. 1209–1215, 2018. DOI:

10.1093/ee/nvy089.

HERBERT, John J.; HORN, David J. Effect of ant attendance by *Monomorium minimum* (Buckley) (Hymenoptera: Formicidae) on predation and parasitism of the soybean aphid *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera Aphididae). **Environmental Entomology**, [S. l.], v. 37, n. 5, p. 1258–1263, 2008. DOI: 10.1603/0046-225X(2008)37[1258:EOAABM]2.0.CO;2.

HUANG, Jun; ZHANG, Juan. Changes in the photosynthetic characteristics of cotton leaves infested by invasive mealybugs tended by native ant species. **Arthropod-Plant Interactions**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 161–169, 2016. DOI: 10.1007/s11829-016-9418-z.

JESUS, R. M.; PAES JUNIOR, R. C.; CARMO, G. J.; MOTA, D.; GONTIJO, L. M.; OLIVEIRA, M. A. Whiteflies provide honeydew to *Camponotus* ants without receiving reciprocal favor. **Sociobiology**, [S. l.], v. 63, n. 2, p. 755–761, 2016. DOI: 10.13102/sociobiology.v63i2.900.

JHA, Shalene; VANDERMEER, John H.; PERFECTO, Ivette. Population dynamics of *Coccus viridis*, a ubiquitous ant-tended agricultural pest, assessed by a new photographic method. **Bulletin of Insectology**, [S. l.], v. 62, n. 2, p. 183–189, 2009.

KAPLAN, I. A. N.; EUBANKS, Micky D. Aphids Alter the Community-Wide Impact of Fire Ants. **Ecology**, [S. l.], v. 86, n. 6, p. 1640–1649, 2005.

KATAYAMA, Noboru; HEMBRY, David H.; HOJO, Masaru K.; SUZUKI, Nobuhiko. Why do ants shift their foraging from extrafloral nectar to aphid honeydew? **Ecological Research**, [S. l.], v. 28, n. 5, p. 919–926, 2013. DOI: 10.1007/s11284-013-1074-5.

LEVAN, Katherine E.; HOLWAY, David A. Ant—aphid interactions increase ant floral visitation and reduce plant reproduction via decreased pollinator visitation. **Ecology**, [S. l.], v. 96, n. 6, p. 1620–1630, 2015.

LIU, Yongheng; XU, Chong; LI, Qiuling; ZHOU, Aiming. Interference competition for mutualism between ant species mediates ant-mealybug associations. **Insects**, [S. l.], v. 11, n. 2, 2020. DOI: 10.3390/insects11020091.

LIVINGSTON, George F.; WHITE, Adam M.; KRATZ, Carley J. Indirect interactions between ant-tended hemipterans, a dominant ant *azteca instabilis* (Hymenoptera: Formicidae), and shade trees in a tropical agroecosystem. **Environmental Entomology**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 734–740, 2008. DOI: 10.1603/0046-225X(2008)37[734:IIBAHA]2.0.CO;2.

LOVATTO, P. a; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, A D.; HAUSCHILD, L. Revista Brasileira de Zootecnia Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias Meta analysis in scientific research : a methodological approach. [S. l.], 2007.

MARTINEZ, Jean Jacques Itzhak; COHEN, Meirav; MGOCHKEKI, Nyembezi. The response

- of an aphid tending ant to artificial extra-floral nectaries on different host plants. **Arthropod-Plant Interactions**, [*S. l.*], v. 5, n. 3, p. 185–192, 2011. DOI: 10.1007/s11829-011-9127-6.
- MIRZAMOHAMADI, S.; HOSSEINI, M.; KARIMI, J.; SADEGHI, H.; DARVISH MOJENI, T. Direct and indirect effects of *aphis gossypii* (Hemi.: Aphididae) and *Lasius brunneus* (hym.: Formicidae) mutualism on cotton yield in field condition. **Journal of Agricultural Science and Technology**, [*S. l.*], v. 21, n. 3, p. 637–646, 2019.
- MOONEY, Emily; DAVIDSON, Benjamin; DEN UYL, James; MULLINS, Maria; MEDINA, Eva; NGUYEN, Phuong; OWENS, Janel. Elevated temperatures alter an ant-aphid mutualism. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, [*S. l.*], v. 167, n. 10, p. 891–905, 2019. DOI: 10.1111/eea.12839.
- MOONEY, Kailen A.; AGRAWAL, Anurag A. Plant genotype shapes ant-aphid interactions: Implications for community structure and indirect plant defense. **American Naturalist**, [*S. l.*], v. 171, n. 6, 2008. DOI: 10.1086/587758.
- MORALES, Manuel A. Model selection analysis of temporal variation in benefit for an ant-tended treehopper. **Ecology**, [*S. l.*], v. 92, n. 3, p. 709–719, 2011.
- MUNDIM, Fabiane M.; PRINGLE, Elizabeth G. Phytochemistry-mediated disruption of ant-aphid interactions by root-feeding nematodes. **Oecologia**, [*S. l.*], v. 194, n. 3, p. 441–454, 2020. DOI: 10.1007/s00442-020-04777-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04777-8>.
- NAVARRETE, Bernardo; MCAUSLANE, Heather; DEYRUP, Mark; PEÑA, Jorge E. Ants (Hymenoptera: Formicidae) associated with *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and their role in its biological control. **Florida Entomologist**, [*S. l.*], v. 96, n. 2, p. 590–597, 2013. DOI: 10.1653/024.096.0225.
- OFFENBERG, Joachim. Ants as tools in sustainable agriculture. **Journal of Applied Ecology**, [*S. l.*], v. 52, n. 5, p. 1197–1205, 2015. DOI: 10.1111/1365-2664.12496.
- ORTEGA-RAMOS, Patricia A.; MEZQUIDA, Eduardo T.; ACEBES, Pablo. Ants indirectly reduce the reproductive performance of a leafless shrub by benefiting aphids through predator deterrence. **Plant Ecology**, [*S. l.*], v. 221, n. 2, p. 91–101, 2020. DOI: 10.1007/s11258-019-00995-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11258-019-00995-0>.
- PARIS, Carolina Ivon; ESPADALER, Xavier. Honeydew collection by the invasive garden ant *Lasius neglectus* versus the native ant *L. grandis*. **Arthropod-Plant Interactions**, [*S. l.*], v. 3, n. 2, p. 75–85, 2009. DOI: 10.1007/s11829-009-9057-8.
- PEKAS, A.; TENA, A.; AGUILAR, A.; GARCIA-MARÍ, F. Effect of mediterranean ants (Hymenoptera: Formicidae) on California red scale (Hemiptera: Diaspididae) populations in

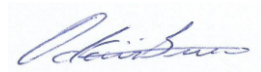
- Citrus Orchards. **Environmental Entomology**, [*S. l.*], v. 39, n. 3, p. 827–834, 2010. DOI: 10.1603/EN09207.
- PENG, Renkang; CHRISTIAN, Keith. The effect of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), on the mango seed weevil, *Sternochetus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae), in mango orchards in the Northern Territory of Australia. **International Journal of Pest Management**, [*S. l.*], v. 53, n. 1, p. 15–24, 2007. DOI: 10.1080/09670870600968859.
- PERFECTO, Ivette; VANDERMEER, John; PHILPOTT, Stacy M. Complex ecological interactions in the coffee agroecosystem. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, [*S. l.*], v. 45, p. 137–158, 2014. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-120213-091923.
- POWELL, B. E.; BRIGHTWELL, R. J.; SILVERMAN, J. Effect of an invasive and native ant on a field population of the black citrus aphid (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, [*S. l.*], v. 38, n. 6, p. 1618–1625, 2009. DOI: 10.1603/022.038.0614.
- POWELL, Bradford E.; SILVERMAN, Jules. Impact of *Linepithema humile* and *Tapinoma sessile* (Hymenoptera: Formicidae) on three natural enemies of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). **Biological Control**, [*S. l.*], v. 54, n. 3, p. 285–291, 2010. a. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2010.05.013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.05.013>.
- POWELL, Bradford E.; SILVERMAN, Jules. Population growth of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) in the presence of *Linepithema humile* and *Tapinoma sessile* (Hymenoptera: Formicidae). **Environmental Entomology**, [*S. l.*], v. 39, n. 5, p. 1492–1499, 2010. b. DOI: 10.1603/EN09211.
- PRINGLE, Elizabeth G.; ABLESON, Ian; KERBER, Jennifer; VANNETTE, Rachel L.; LEILING TAO. Orthogonal fitness benefits of nitrogen and ants for nitrogen-limited plants in the presence of herbivores. **Ecology**, [*S. l.*], v. 98, n. 12, p. 3003–3010, 2017.
- RENAULT, C. K.; BUFFA, L. M.; DELFINO, M. A. An aphid-ant interaction: Effects on different trophic levels. **Ecological Research**, [*S. l.*], v. 20, n. 1, p. 71–74, 2005. DOI: 10.1007/s11284-004-0015-8.
- RICE, Kevin B.; EUBANKS, Micky D. No Enemies Needed: Cotton aphids (Hemiptera: Aphididae) directly benefit from red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) tending. **Florida Entomologist**, [*S. l.*], v. 96, n. 3, p. 929–932, 2013. DOI: 10.1653/024.096.0329.
- ROBINSON, Ayla; INOUYE, David W.; OGILVIE, Jane E.; MOONEY, Emily H. Multitrophic interactions mediate the effects of climate change on herbivore abundance. **Oecologia**, [*S. l.*], v. 185, n. 2, p. 181–190, 2017. DOI: 10.1007/s00442-017-3934-0.

- ROCHA, Elise A.; FELLOWES, Mark D. E. Does urbanization explain differences in interactions between an insect herbivore and its natural enemies and mutualists? **Urban Ecosystems**, [*S. l.*], v. 21, n. 3, p. 405–417, 2018. DOI: 10.1007/s11252-017-0727-5.
- SCHETTINO, Mauro; GRASSO, Donato A.; WELDEGERGIS, Berhane T.; CASTRACANI, Cristina; MORI, Alessandra; DICKE, Marcel; VAN LENTEREN, Joop C.; VAN LOON, Joop J. A. Response of a predatory ant to volatiles emitted by aphid and caterpillar-infested cucumber and potato plants. **Journal of Chemical Ecology**, [*S. l.*], v. 43, n. 10, p. 1007–1022, 2017. DOI: 10.1007/s10886-017-0887-z.
- SHIK, Jonathan Z.; KAY, Adam D.; SILVERMAN, Jules. Aphid honeydew provides a nutritionally balanced resource for incipient Argentine ant mutualists. **Animal Behaviour**, [*S. l.*], v. 95, p. 33–39, 2014. DOI: 10.1016/j.anbehav.2014.06.008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.06.008>.
- SHIK, Jonathan Z.; SILVERMAN, Jules. Towards a nutritional ecology of invasive establishment: Aphid mutualists provide better fuel for incipient Argentine ant colonies than insect prey. **Biological Invasions**, [*S. l.*], v. 15, n. 4, p. 829–836, 2013. DOI: 10.1007/s10530-012-0330-x.
- STANLEY, Margaret C.; NATHAN, Helen W.; PHILLIPS, Lara K.; KNIGHT, Sarah J.; GALBRAITH, Josie A.; WINKS, Chris J.; WARD, Darren F. Invasive interactions: Can Argentine ants indirectly increase the reproductive output of a weed? **Arthropod-Plant Interactions**, [*S. l.*], v. 7, n. 1, p. 59–67, 2013. DOI: 10.1007/s11829-012-9215-2.
- STYRSKY, John D.; EUBANKS, Micky D. Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [*S. l.*], v. 274, n. 1607, p. 151–164, 2007. DOI: 10.1098/rspb.2006.3701.
- TANAKA, Hirotaka; OHNISHI, Hitoshi; TATSUTA, Haruki; TSUJI, Kazuki. An analysis of mutualistic interactions between exotic ants and honeydew producers in the Yanbaru district of Okinawa Island, Japan. **Ecological Research**, [*S. l.*], v. 26, n. 5, p. 931–941, 2011. DOI: 10.1007/s11284-011-0851-2.
- TENA, A.; HODDLE, C. D.; HODDLE, M. S. Competition between honeydew producers in an ant-hemipteran interaction may enhance biological control of an invasive pest. **Bulletin of Entomological Research**, [*S. l.*], v. 103, n. 6, p. 714–723, 2013. DOI: 10.1017/S000748531300045X.
- TRIBLE, Waring; CARROLL, Ron. Manipulating tropical fire ants to reduce the coffee berry borer. **Ecological Entomology**, [*S. l.*], v. 39, n. 5, p. 603–609, 2014. DOI: 10.1111/een.12139.

- VANTAUX, A.; VAN DEN ENDE, W.; BILLEN, J.; WENSELEERS, T. Large interclone differences in melezitose secretion in the facultatively ant-tended black bean aphid *Aphis fabae*. **Journal of Insect Physiology**, [*S. l.*], v. 57, n. 12, p. 1614–1621, 2011. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2011.08.014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.08.014>.
- VILELA, Andréa Andrade; DEL-CLARO, Kleber. Effects of different ant species on the attendance of neighbouring hemipteran colonies and the outcomes for the host plant. **Journal of Natural History**, [*S. l.*], v. 52, n. 7–8, p. 415–428, 2018. DOI: 10.1080/00222933.2018.1432774. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00222933.2018.1432774>.
- VÖLKL, Wolfgang; WOODRING, Joseph; FISCHER, Melanie; LORENZ, Matthias W.; HOFFMANN, Klaus H. Ant-aphid mutualisms: the impact of honeydew production and. **Oecologia**, [*S. l.*], v. 118, p. 483–491, 1999. DOI: 10.1158/1538-7445.sabcs16-ot3-07-03.
- WICKINGS, K.; RUBERSON, J. R. The red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, modifies predation at the soil surface and in cotton foliage. **Annals of Applied Biology**, [*S. l.*], v. 169, n. 3, p. 319–328, 2016. DOI: 10.1111/aab.12303.
- WILDER, Shawn M.; BARNUM, Thomas R.; HOLWAY, David A.; SUAREZ, Andrew V.; EUBANKS, Micky D. Introduced fire ants can exclude native ants from critical mutualist-provided resources. **Oecologia**, [*S. l.*], v. 172, n. 1, p. 197–205, 2013. DOI: 10.1007/s00442-012-2477-7.
- WILDER, Shawn M.; HOLWAY, David A.; SUAREZ, Andrew V.; EUBANKS, Micky D. Macronutrient content of plant-based food affects growth of a carnivorous arthropod. **Ecology**, [*S. l.*], v. 92, n. 2, p. 325–332, 2011.
- XU, Chong; LI, Qiuling; QU, Xiaobin; CHEN, Jian; ZHOU, Aiming. Ant–hemipteran association decreases parasitism of *Phenacoccus solenopsis* by endoparasitoid *Aenasius bambawalei*. **Ecological Entomology**, [*S. l.*], v. 45, n. 2, p. 290–299, 2020. DOI: 10.1111/een.12797.
- XU, Chong; SU, Jia; QU, Xiaobin; ZHOU, Aiming. Ant-mealybug mutualism modulates the performance of co-occurring herbivores. **Scientific Reports**, [*S. l.*], v. 9, n. 1, p. 1–11, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-49334-3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-49334-3>.
- YAO, Izumi; AKIMOTO, Shin Ichi. Ant attendance changes the sugar composition of the honeydew of the drepanosiphid aphid *Tuberculatus quercicola*. **Oecologia**, [*S. l.*], v. 128, n. 1, p. 36–43, 2001. DOI: 10.1007/s004420100633.

- YOO, Ho Jung S.; HOLWAY, David A. Context-dependence in an ant-aphid mutualism: Direct effects of tending intensity on aphid performance. **Ecological Entomology**, [*S. l.*], v. 36, n. 4, p. 450–458, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2311.2011.01288.x.
- ZHOU, A. M.; KUANG, B. Q.; GAO, Y. R.; LIANG, G. W. Sucrose triggers honeydew preference in the ghost ant, *tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, [*S. l.*], v. 98, n. 4, p. 1217–1222, 2015. a. DOI: 10.1653/024.098.0431.
- ZHOU, A. M.; KUANG, B. Q.; GAO, Y. R.; WANG, M. Q. Ant tending impairs performance of *Aenasius bambawalei* by manipulating the honeydew composition produced by *Phenacoccus solenopsis*. **Journal of Applied Entomology**, [*S. l.*], v. 140, n. 4, p. 268–276, 2015. b. DOI: 10.1111/jen.12240.
- ZHOU, A. M.; WU, D.; LIANG, G. W.; LU, Y. Y.; XU, Y. J. Effects Of Tending By *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) On The Sugar Composition And Concentration In The Honeydew Of An Invasive Mealybug, *Phenacoccus Solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Ethology**, [*S. l.*], v. 121, n. 5, p. 492–500, 2015. c. DOI: 10.1111/eth.12363.
- ZHOU, Aiming; KUANG, Beiqing; GAO, Yingrui. Does the host plant affect the benefits from mutualisms? The invasive mealybug and ghost ant association. **Ecological Entomology**, [*S. l.*], v. 40, n. 6, p. 782–786, 2015. DOI: 10.1111/een.12258.
- ZHOU, Aiming; KUANG, Beiqing; GAO, Yingrui; LIANG, Guangwen. Density-dependent benefits in ant-hemipteran mutualism? The case of the ghost ant *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae) and the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). **PLoS ONE**, [*S. l.*], v. 10, n. 4, p. 1–12, 2015. d. DOI: 10.1371/journal.pone.0123885.
- ZHOU, Aiming; LIANG, Guangwen; LU, Yongyue; ZENG, Ling; XU, Yijuan. Interspecific competition between the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren and ghost ant, *Tapinoma melanocephalum* Fabricius for honeydew resources produced by an invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. **Arthropod-Plant Interactions**, [*S. l.*], v. 8, n. 5, p. 469–474, 2014. DOI: 10.1007/s11829-014-9324-1.
- ZHOU, Aiming; LU, Yongyue; ZENG, Ling; XU, Yijuan; LIANG, Guangwen. Does mutualism drive the invasion of two alien species? the case of *solenopsis invicta* and *phenacoccus solenopsis*. **PLoS ONE**, [*S. l.*], v. 7, n. 7, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0041856.
- ZHOU, Aiming; QU, Xiaobin; SHAN, Lifan; WANG, Xin. Temperature warming strengthens the mutualism between ghost ants and invasive mealybugs. **Scientific Reports**, [*S. l.*], v. 7, n.

1, p. 1–10, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-01137-0. Disponível em:  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-01137-0>.



---

Orientador: Prof. Dr. Odair Correa Bueno



---

Aluna: Laura Magnani Machado