

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA GOIANO**

**FERNANDA SILVA DESTEFANI**

**INTERAÇÕES ENTRE VESPAS POLINIZADORAS E NÃO-POLINIZADORAS  
ASSOCIADAS A *Ficus obtusifolia*.**

**RIO VERDE - GO  
2022**

FERNANDA SILVA DESTEFANI

**INTERAÇÕES ENTRE VESPAS POLINIZADORAS E NÃO-POLINIZADORAS  
ASSOCIADAS A *Ficus obtusifolia***

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina TCC, do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Coiano – Campus Rio Verde – IFGoiano, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof.(a) Dr.(a) Fernando Henrique Antonioli Farache

RIO VERDE - GO

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

D476i Destefani, Fernanda Silva  
Interações entre vespas polinizadoras e não-  
polinizadoras associadas a *Ficus obtusifolia* /  
Fernanda Silva Destefani; orientador Fernando  
Henrique Antonioli Farache. -- Rio Verde, 2022.  
19 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Ciências  
Biológicas) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2022.

1. Chalcidoidea. 2. Agaonidae. 3. parasitas de  
mutualismo. 4. figueiras. I. Farache, Fernando  
Henrique Antonioli, orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

## **TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### **Identificação da Produção Técnico-Científica (assinale com X)**

- Tese
- Dissertação
- Monografia - Especialização
- Artigo - Especialização
- TCC - Graduação
- Artigo Científico
- Capítulo de Livro
- Livro
- Trabalho Apresentado em Evento
- Produção técnica. Qual: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: Fernanda Silva Destefani

Matrícula: 2019102230540114

Título do Trabalho: Interações entre vespas polinizadoras em não-polinizadoras associadas a *Ficus obtusifolia*

### **Restrições de Acesso ao Documento [Preenchimento obrigatório]**

Documento      confidencial:       Não       Sim,      justifique:

---

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 08/12/2023

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

## DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. Cumpru quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 8 de dezembro de 2022

Fernanda Silva Destefani

*Assinado eletronicamente pelo o Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais*

Ciente e de acordo:

Fernando Henrique Antonioli Farache

*Assinatura eletrônica do(a) orientador(a)*

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernanda Silva Destefani**, 2019102230540114 - Discente, em 08/12/2022 11:21:52.
- **Fernando Henrique Antonioli Farache**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/12/2022 11:19:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 451244  
Código de Autenticação: d03107c5cf



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3624-1000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 15/2022 - CCBCB-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos seis dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e dois, às nove horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos membros: Fernando Henrique Antoniulli Farache (Orientador, IF Goiano Campus Rio Verde), Pablo da Costa Gontijo (IF Goiano Campus Rio Verde) e Fábio Martins Vilar de Carvalho (IF Goiano Campus Rio Verde), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TC2) intitulado "INTERAÇÕES ENTRE VESPAS POLINIZADORAS E NÃO-POLINIZADORAS ASSOCIADAS A *Ficus obtusifolia*" do(a) estudante Fernanda Silva Destefani, matrícula nº 2019102230540114 do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelo orientador e pelos demais membros da banca.

*(Assinado Eletronicamente)*

Fernando Henrique Antoniulli Farache

Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

Fábio Martins Vilar de Carvalho

Membro da Banca

*(Assinado Eletronicamente)*

Pablo da Costa Gontijo

Membro da banca

Documento assinado eletronicamente por:

- **Pablo da Costa Gontijo**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/12/2022 09:21:11.
- **Fabio Martins Vilar de Carvalho**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 07/12/2022 10:44:19.
- **Fernando Henrique Antonioli Farache**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 07/12/2022 08:12:49.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 450131  
Código de Autenticação: 75f4f6af30



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3624-1000

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Fernando Henrique Antonioli Farache, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e paciência.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Ecotoxicologia e Sistemática Animal (EcotoxSA), onde ocorreu a execução da presente pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, por conceder o amparo necessário para a execução desta pesquisa, disponibilizando a estrutura dos laboratórios e o auxílio financeiro no formato de bolsa de Iniciação Científica do tipo PIBIC.



## RESUMO

DESTEFANI, FERNANDA SILVA. **Interações entre vespas polinizadoras e não-polinizadoras associadas a *Ficus obtusifolia*.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Ciências Biológicas. Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Goiás. Rio Verde, Goiás, 2022.

As figueiras apresentam relação mutualística obrigatória e espécie-específica com vespas da família Agaonidae, seus únicos polinizadores. Além de polinizar, essas vespas utilizam as flores de *Ficus* como sítio de oviposição, ocupando algumas das flores que gerariam sementes. Diversas outras linhagens de vespas da superfamília Chalcidoidea utilizam as inflorescências de *Ficus* como sítio de oviposição, e podem causar diversos impactos diferentes nos componentes reprodutivos da planta. Elas podem ocupar algumas flores da mesma forma que os polinizadores (porém sem polinizar) ou podem se alimentar de larvas de outras vespas (polinizadoras ou não-polinizadoras) ou outros tecidos induzidos por elas, desenvolvendo-se como cleptoparasitas ou parasitoides. O presente trabalho observou o impacto de vespas não-polinizadoras na produção de sementes e na reprodução de vespas polinizadoras em *Ficus obtusifolia*, figueira de ampla distribuição nas proximidades do município de Rio Verde – GO. O trabalho também analisou a distribuição espacial, tamanho e formato das galhas de vespas associadas a essa planta, buscando entender os padrões de ocupação dentro do sicônio. Os figos foram coletados na fase de emergência das vespas, medidos e dissecados. As vespas foram quantificadas e identificadas à nível de morfoespécie, as flores e sementes do figo também foram quantificadas. Foram encontrados indivíduos pertencentes a *Pegoscapus* (polinizador), *Anidarnes*, *Aepocerus* e *Idarnes*. A quantidade de vespas não-polinizadoras apresentou relação negativa com o total de sementes. A quantidade de sementes foi positivamente relacionada com a quantidade de vespas polinizadoras. Já a abundância de polinizadores apresentou relação negativa com a abundância de não-polinizadores. Os resultados observados podem ser efeito da competição por sítios de oviposição dentro do sicônio, que pode atrapalhar tanto a reprodução de vespas polinizadoras quanto a produção de sementes. Vespas com biologia parasitóides e parasitas também afetam essa abundância ao se alimentarem das larvas de outras vespas ou as matando por inanição. As galhas pertencentes a fêmeas de *Pegoscapus* tem formato ovalado e se encontram mais centralizadas, próximas ao lúmen do sicônio. Já os machos do mesmo gênero possuem galhas arredondadas e mais próximas ao assoalho do figo. Galhas de uma espécie de *Idarnes* contam com o formato ovalado, assim como das polinizadoras, porém localizadas em áreas mais periféricas visto que essas vespas ovipõem pelo lado externo do figo.

**Palavras-chave:** Chalcidoidea; Agaonidae; parasitas de mutualismo; figueiras.

## ABSTRACT

Fig trees have a obligate and species-specific mutualistic relationship with wasps of the family Agaonidae, their only pollinators. In addition to pollinating, these wasps use *Ficus* flowers as an oviposition site, occupying some of the flowers that would generate seeds. Several other lineages of Chalcidoidea use *Ficus* inflorescences as an oviposition site, and can cause several different impacts on the reproductive components of the plant. They may occupy some flowers in the same way as pollinators (but without pollinating) or they can feed on larvae of other wasps (pollinators or non-pollinators) or other tissues induced by them, developing as kleptoparasites or parasitoids. In the present work we analyzed the impact of non-pollinating wasps on seed production and reproduction of pollinating wasps in *Ficus obtusifolia*, a widely distributed fig tree in the vicinity of Rio Verde - GO. We also analyzed the spatial distribution, size and shape of the galls of wasps associated with this plant, aiming at understanding the patterns of occupation within the syconium. Figs were collected in the wasp emergence phase, then measured and dissected. The wasps were quantified and identified in morphospecies, and the flowers and seeds of the fig were also quantified. Individuals belonging to *Pegoscapus* (pollinator), *Anidarnes*, *Aepocerus* and *Idarnes* were found. The abundance of seeds was negatively related to the abundance of non-pollinating wasps, whereas the number of seeds was positively related with the number of pollinating wasps. The presence of non-pollinators was negatively related to the abundance of pollinators. The results observed may show an effect of competition for oviposition sites within the syconium, which can hinder both the reproduction of pollinating wasps and seed production. Wasps with parasitoid biology and parasites also affect this abundance by feeding on the larvae of other wasps or killing them by starving. The galls belonging to females of *Pegoscapus* have oval shape and occur near the lumen of the syconium. Males of the same genus have rounded galls closer to the fig wall. Galls of a species of *Idarnes* have an oval shape, as well as pollinators, but are located in more peripheral areas since these wasps ovipose from the outer side of the fig.

**Keywords:** Chalcidoidea; Agaonidae; mutualism parasites; Fig trees.

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Amostras analisadas na etapa; amostra triada durante o período do projeto.....	<b>5</b>
<b>Tabela 2</b> – (Morfo-)espécies de vespas amostradas em <i>Ficus obtusifolia</i> . CP = cleptoparasita ou parasitoide; GI = Galhador inicial (da fase A); GR = Galhador da fase Receptiva (fase B); PO = Polinizador; NA = não determinado.....	<b>9</b>
<b>Tabela 3</b> – Total de polinizadores e não-polinizadores; média do diâmetro, flores e semente.....	<b>9</b>
<b>Tabela 4</b> – Medidas das galhas de espécies de vespas (Média ± Desvio Padrão).....	<b>12</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> – Planos de medidas das estruturas analisadas.....	<b>7</b>
<b>Figura 2</b> – Estruturas analisadas, sendo elas: a) galha de <i>Pegoscapus</i> fêmea; b) galha de <i>Pegoscapus</i> macho, c) galha de <i>Idarnes</i> sp. 09 e d) semente.....	<b>8</b>
<b>Figura 3</b> – Coeficientes para o modelo de regressão relacionando o total de sementes por diâmetro e o total de não-polinizadores por diâmetro. Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de sementes por diâmetro e a quantidade de não-polinizadores por diâmetro.....	<b>10</b>
<b>Figura 4</b> – Coeficientes para o modelo de regressão relacionando o total de sementes por diâmetro e o total de polinizadores por diâmetro. Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de sementes por diâmetro e a quantidade de polinizadores por diâmetro.....	<b>10</b>
<b>Figura 5</b> – Coeficientes para o modelo de regressão relacionando o total de polinizadores por diâmetro e o total de não-polinizadores por diâmetro. Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de polinizadores por diâmetro e a quantidade de não-polinizadores por diâmetro.....	<b>11</b>
<b>Figura 6</b> – Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de sementes por diâmetro e: a) galhadores iniciais por diâmetro, b) galhadores da fase receptiva por diâmetro e c) cleptoparasitas/parasitóides por diâmetro.....	<b>11</b>
<b>Figura 7</b> – Diagramas de caixas relacionando a altura da flor, altura do ovário (Ovário H), largura do ovário (Ovário L) e Comprimento do pedicelo (Pedicelo Comp) entre galhas de <i>Idarnes</i> sp. 09, (M)acho e (F)êmea de <i>Pegoscapus</i> e sementes. Comparações múltiplas (teste de Dunn) indicadas pelas letras.....	<b>13</b>

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>2</b>
2.1. Características do gênero <i>Ficus</i> e de <i>Ficus obtusifolia</i> .....	2
2.2. Mutualismo entre <i>Ficus</i> e vespa.....	3
2.3. Vespas não-polinizadoras (NPFW).....	3
2.4. Distribuição das estruturas no figo.....	4
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>5</b>
3.1. Amostragem.....	5
3.2. Identificação de espécies.....	6
3.3. Análise do efeito de vespas não-polinizadoras sobre o mutualismo.....	6
3.4. Distribuição espacial das vespas-de-figo.....	6
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>8</b>
4.1. Impactos de vespas não-polinizadoras.....	9
4.2. Distribuição espacial dentro do sicônio.....	12
4.2. Discussão.....	13
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>15</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>16</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*Ficus* é o gênero mais diverso da família Moraceae, apresentando aproximadamente 700 espécies descritas (BERG, 1989). Ocorrendo tanto de forma arbórea como hemiepífita, *Ficus obtusifolia* é uma espécie com ampla distribuição geográfica. Tais plantas apresentam relações de mutualismo com vespas da família Agaonidae, responsáveis pela polinização de *Ficus*, e que utilizam as flores dos sicônios como sítios de oviposição.

Vespas polinizadoras são atraídas por compostos voláteis liberados pela planta (GRISON-PIGÈ et al. 2002, BORGES et al. 2013). Não há um grande conhecimento sobre vespas-do-figo, e muitas de suas espécies ainda não foram descritas. Vespas e figueiras aparentam ter irradiado de maneira concomitante, e o padrão geral de especificidade sugere a existência de co-divergência entre os dois grupos em questão (CRUAUD et al. 2012).

A interação entre *Ficus* e suas vespas associadas é um dos sistemas mais utilizados na compreensão da evolução de mutualismos inseto-planta (COOK; RASPLUS, 2003). Assim, compreender o papel que insetos não-polinizadores desempenham e sua diversidade é algo importante ao se estudar a evolução das interações entre comunidades de insetos e plantas. Os estudos da história natural de vespas-de-figo neotropicais ainda são escassos (BARROS, 2019; ELIAS; MENEZES JR; PEREIRA, 2008).

Em períodos de escassez, as figueiras apresentam um papel crucial nas comunidades vegetais como fonte de alimento para frugívoros (SHANAHAN et al., 2001), além de abrigarem uma diversa comunidade de artrópodes associados. Por ser uma comunidade pouco conhecida, o estudo do papel da interação entre insetos associados na manutenção dessas plantas é escasso, em especial a interação entre a comunidade de insetos polinizadores e parasitas associados às infrutescências das figueiras.

A utilização do figo como sítio de oviposição não é exclusividade das vespas polinizadoras. Alguns desses animais, com outros tipos de história de vida, são galhadores (iniciais ou da fase receptiva), cleptoparasitas ou parasitóides. A presença de vespas não polinizadoras pode afetar tanto a produção de polinizadores como a de sementes (CARDONA; KATTAN; DE ULLOA, 2013; ELIAS et al., 2007; WEST; HERRE, 1994). As flores onde são induzidas as galhas pelas vespas galhadoras poderiam se desenvolver em sementes ou vespas, interferindo assim na produção de sementes e competindo com vespas polinizadoras por sítios de oviposição. Vespas cleptoparasitas e parasitoides podem botar seus ovos em galhas induzidas por vespas polinizadoras (mas em alguns casos, em galhas induzidas por outros galhadores), afetando os componentes masculinos da planta e,

consequentemente, os vetores de pólen (ELIAS; MENEZES JR; PEREIRA, 2008). Porém, quando há a ausência de vespas não-polinizadoras, a produção de sementes no figo pode ser comprometida já que as vespas polinizadoras tendem a maximizar a sua produção de descendentes, ocupando assim as flores do figo (CARDONA; KATTAN, 2019).

Dessa forma, analisar a diversidade de vespas associadas as figueiras e ser capaz de observar os padrões de oviposição das vespas encontradas no sicônio se torna algo importante nos estudos sobre essa entomofauna associada a *Ficus*. Ao se analisar se as vespas possuem preferência por depositar seus ovos em diferentes regiões do sicônio, mais próximas ou mais distantes do assoalho do figo, podemos relacionar essa preferência com o seu hábito de vida.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Características do gênero *Ficus* e de *Ficus obtusifolia*.**

O gênero *Ficus* possui a maior diversidade de espécies na família Moraceae, contando com mais 700 espécies descritas, incluídas em 18 seções, que se encontram presentes em regiões tropicais, subtropicais e com duas seções de origem neotropical (BERG, 1989). Uma característica que distingue o gênero é a presença de uma inflorescência (figo) que mantém as flores no seu interior, isoladas, onde o único acesso ao exterior se dá por um pequeno poro apical denominado de ostíolo (IBARRA-MANRÍQUEZ, 1991). Tais plantas desempenham papel crucial na manutenção da biodiversidade em florestas tropicais por serem fontes de alimento durante todo o ano para animais de hábitos frugívoros (HARRISON, 2005).

Fazendo parte de um exemplo clássico de interação mutualística espécie-específica e co-evolutiva, *Ficus* é polinizado exclusivamente por vespas da família Agaonidae (COMPTON, 1994; DUNN et al. 2008). Nesta relação às fêmeas, quando adultas, serão atraídas aos figos em estágio receptivo através de compostos voláteis liberados pelos mesmos (PROFFIT et al. 2009). Além de participarem na polinização da planta, estas vespas utilizarão dos sicônios como sítios de oviposição.

Ocorrendo tanto de forma arbórea como hemiepífita, com cerca de 4-12m de altura, *Ficus obtusifolia* é uma espécie com ampla distribuição. Os figos produzidos pela planta são relativamente grandes, com cerca de 2,5cm de tamanho (BERG; VILLAVICENCIO, 2004). No sudoeste goiano é uma espécie comum, porém não há muitos estudos em relação a sua fauna associada (SANTOS, 2020), ainda que pesquisas tenham apontado 16 espécies de não polinizadores relacionadas a esse hospedeiro.

## 2.2. Mutualismo entre *Ficus* e vespa

Vespas-do-figo polinizadoras adentram o sicônio através do pequeno poro denominado ostíolo, polinizam as flores que se encontram no interior e lá botam seus ovos (KJELLBERG et al. 2005). As larvas geradas utilizam dos recursos da galha para sua maturação, que ocorre concomitantemente ao desenvolvimento das sementes e dos grãos de pólen. Depois de completar seu desenvolvimento, as vespas polinizadoras emergem do figo a procura de um outro hospedeiro em estágio receptivo (KJELLBERG et al. 2005). Algumas espécies de vespas polinizadoras possuem estruturas específicas para o armazenamento de pólen, que formam bolsões na sua região ventral.

O ciclo de desenvolvimento relacionado ao mutualismo entre vespas e *Ficus* apresenta uma divisão em cinco fases. Na fase A (fase pré feminina), é quando o figo em crescimento inicia seu desenvolvimento. Na fase B (fase floral feminina) flores pistiladas estão maduras e os estigmas receptivos, e é quando as vespas polinizadoras adentram o figo, ovipõem e polinizam as flores femininas. Já na fase C (fase interfloral) larvas de vespas polinizadoras e os embriões da planta se desenvolvem nos ovários das flores femininas, essa é comparativamente a fase mais longa. Na fase D (fase floral masculina) as vespas eclodem, machos e fêmeas reproduzem entre si e então as fêmeas saem do figo carregando o pólen. Por fim, na fase E (fase pós floral) esse figo atinge sua maturidade e é dispersado por animais frugívoros (GALIL & EISIKOWITCH, 1968).

Em figueiras monóicas, ambos os figos e sementes, tem seu desenvolvimento e maturação no mesmo sicônio. Na fase D as vespas eclodem e saem do figo, levando junto o pólen adquirido no seu figo natal (SULEMAN et al. 2012). Em contrapartida, em espécies de figo dióicas (planta macho e fêmea) a vespa polinizadora reproduz apenas em sicônios machos. Ao entrar e polinizar figos fêmeas, as vespas morrem sem se reproduzir no seu interior, em decorrência do formato mais alongado das flores femininas que previne a oviposição (RAJA et al. 2008).

## 2.3. Vespas não-polinizadoras (NPFW)

Além das vespas responsáveis pela polinização da planta, os figos abrigam um diverso número de vespas não-polinizadoras. Esse número pode variar em relação à espécie de figueira que está sendo analisada (KERDELHUÉ et al. 2000). As vespas não-polinizadoras geralmente ovipõem pelo lado externo do figo inserindo seu longo ovipositor por meio da parede do figo (WEIBLEN, 2002).

Dentre a diversidade de vespas não-polinizadoras é possível observar biológicas distintas, onde podem ser galhadoras, cleptoparasitas e parasitóides (WEIBLEN, 2002). As vespas que induzem a produção de galhas (galhadoras) nas flores femininas do figo competem com as polinizadoras por sítios de oviposição. Algumas ovipõem ainda na fase A, onde se inicia o desenvolvimento dos sicônios. Essas apresentam, geralmente, oviposidores mais curtos e um tempo ainda maior que as demais espécies (BRONSTEIN, 1999). As vespas que colonizam o figo durante tais fases são, em geral, menos abundantes. Existem galhadores que ovipõem ao mesmo tempo que as vespas polinizadoras, na fase B, e demonstram uma competição por sítios de oviposição (ELIAS et al., 2012). Outras vespas não polinizadoras, cleptoparasitas e parasitoides podem chegar ao figo durante a fase C (CONCHOU et al., 2014; ELIAS; MENEZES JR; PEREIRA, 2008).

As vespas não polinizadoras podem apresentar diversos tipos de padrão de especialização, desde relativamente generalistas à extremamente especialistas. Um exemplo dessa especificidade em vespas não-polinizadoras é encontrado no gênero *Idarnes* que se reproduz somente em plantas de *Ficus* seção *Americanae* (BOUČEK, 1993). De forma geral, vespas galhadoras iniciais se mostram mais especializadas que os demais grupos (FARACHE et al., 2018). Porém, independentemente de que vespas não-polinizadoras, elas ovipõem no sicônio em diferentes estágios de crescimento (WANG; ZHANG, 2008; RANGANATHAN et al. 2010). O desenvolvimento das larvas é síncrono, sendo que tanto polinizadores como não-polinizadores finalizam o desenvolvimento e emergem de suas galhas na fase masculina (fase D). Os machos de vespas polinizadoras perfuram buracos pelos quais as polinizadoras saem do sicônio, e conseqüentemente, abrindo caminho para as não polinizadoras saírem também (COOK; RASPLUS, 2003; HERRE et al. 2008; SULEMAN et al. 2012).

#### **2.4. Distribuição das estruturas no figo**

O sicônio é uma esfera com um lúmen e diversas flores inseridas no seu interior, as quais darão origem a uma vespa ou semente. A formação das galhas ocorre concomitantemente ao processo de polinização e oviposição, após a entrada de uma vespa polinizadora fundadora no interior da inflorescência. Com isso, haverá um alongamento do pedicelo e o aumento do ovário (VERKERKE, 1986), proporcionando assim o recurso necessário para o desenvolvimento da larva ali presente. Diversos aspectos relacionados às características das galhas e vespas encontradas no interior do sicônio terão relação com a estrutura da própria inflorescência (YU, 2012).



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Amostragem

Foram realizadas coletas no sudoeste goiano, principalmente na região de Rio Verde ( $-17.81^{\circ}\text{S}$   $-50.92^{\circ}\text{W}$ ), em áreas de Cerrado, áreas urbanas e periurbanas, bordas de florestas e agroecossistemas. As infrutescências de *Ficus obtusifolia* eram coletadas na fase D (fase de emergência das vespas), a qual pode ser identificada devido a consistência mais macia que o figo adquire.

Os sicônios foram abertos de forma a se observar a presença de galhas escurecidas, que indicam a presença de vespas próximas a emergir. Em cada safra (episódio reprodutivo da planta) eram coletados cerca de 20-30 figos, que posteriormente foram levados ao Laboratório de Ecotoxicologia e Sistemática Animal (EcotoxSA) e individualmente armazenados em frascos plásticos. Depois de 24-48 de espera pela emergência das vespas, os frascos foram levados ao freezer e congelados até o momento da triagem. Foram analisadas no total amostras de 6 episódios reprodutivos de indivíduos de *Ficus* (denominados safras), sendo que três amostras foram analisadas em estudos prévios (SANTOS et al. 2022; Tabela 1).

**Tabela 1:** Amostras analisadas durante o estudo; \* - amostras de Santos et al (2022)

Código	Local	Coletor	Data	lat (dec)	lon (dec)	Elev. (m)
IFGR00005 *	BrasilBR, GoiásGO, Rio Verde, UNIRV	Santos N & al. Andrade JF & Farache, FHA	11/7/2019	-17,7883	-50,9643	780
IFGR00007 *	BrasilBR, GoiásGO, Rio Verde, BR060, Viaduto Gameleira	Santos N & Andrade JF	5/9/2019	-17,7973	-50,9148	755
IFGR00008 *	BrasilBR, GoiásGO, Rio Verde, Próximo ao Atacadão	Santos N & Andrade JF	10/9/2019	-17,8031	-50,9204	676
IFGR00014	BrasilBR, GoiásGO, Rio Verde, Próximo ao Atacadão	Andrade JF; Oliveira, ACV	17/4/2021	-17,8031	-50,9204	676
IFGR00016	Brasil, Goiás, Rio Verde, UNIRV	Farache FHA & Gomes CF	29/05/2021	-17,7883	-50,9643	781

IFGR00021	BR, GO, Rio Verde, GO-174	Destefani & al.	04/11/2021	-17,95465	-51,0027	764
-----------	---------------------------------	--------------------	------------	-----------	----------	-----

---

### 3.2. Identificação de espécies

Foi possível a identificação das vespas-do-figo encontradas a nível de morfoespécie, utilizando as chaves de identificação disponíveis, visto que a existência de muitas espécies ainda não foi descrita na literatura (BOUČEK, 1993; RASPLUS; SOLDATI, 2005). A coleção de referência foi mantida refrigerada e em via líquida (álcool 70%). As imagens necessárias na identificação e medida das estruturas foram obtidas utilizando de um estereomicroscópio da marca Zeiss.

### 3.3. Análise do efeito de vespas não-polinizadoras sobre o mutualismo

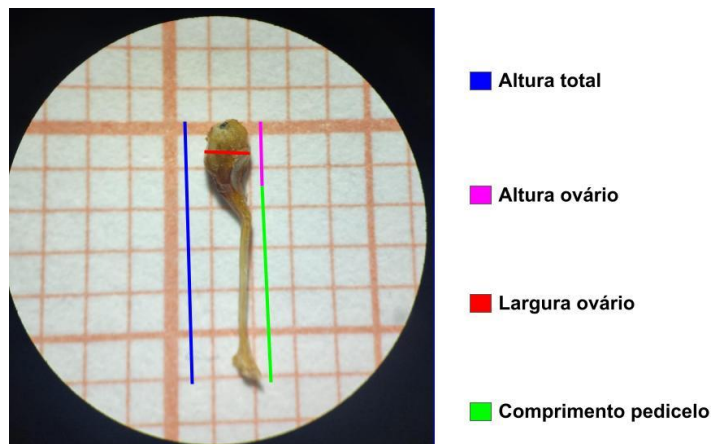
Para cada figo coletado e armazenado em frascos plásticos, seu diâmetro foi medido levando em consideração a média de três medidas: da extremidade do ostíolo até a base do pecíolo e duas medidas perpendiculares de diâmetro no plano ostiolar. Depois da obtenção das medidas do sicônio, esse figo era dissecado sob estereomicroscópio, onde se quantificava (1) o total de sementes; (2) flores não polinizadas; (3) quantidade de galhas não desenvolvidas (“bexigas”). As vespas, tendo emergido ou não, também eram quantificadas e identificadas a nível de morfoespécie. Para a comparação do efeito de não-polinizadores sobre o mutualismo as vespas foram separadas de acordo com a história natural (polinizador, galhador precoce, galhador da fase receptiva, cleptoparasita e parasitoide), e suas abundâncias somadas. Foi realizada uma análise exploratória de dados (ELLISON, 2001) utilizando principalmente gráficos de dispersão para compreender a relação entre as variáveis. Foram realizadas análises de modelos lineares utilizando a quantidade de sementes e a quantidade de polinizadores como variáveis resposta. Abundância das vespas não-polinizadoras (separadas ou não pela história natural), o diâmetro dos figos e a safra foram utilizadas como preditores. As análises foram realizadas utilizando o aplicativo Jamovi (THE JAMOVI PROJECT; 2021).

### 3.4. Distribuição espacial das vespas-de-figo

As galhas são estruturas originadas dos tecidos da planta como resposta a oviposição das larvas de insetos. Galhas em fase madura, escurecidas contendo as vespas em seu interior, foram extraídas cuidadosamente do figo, a fim de que nenhuma estrutura da mesma fosse danificada. Sementes selecionadas encontradas no interior do figo também foram extraídas.

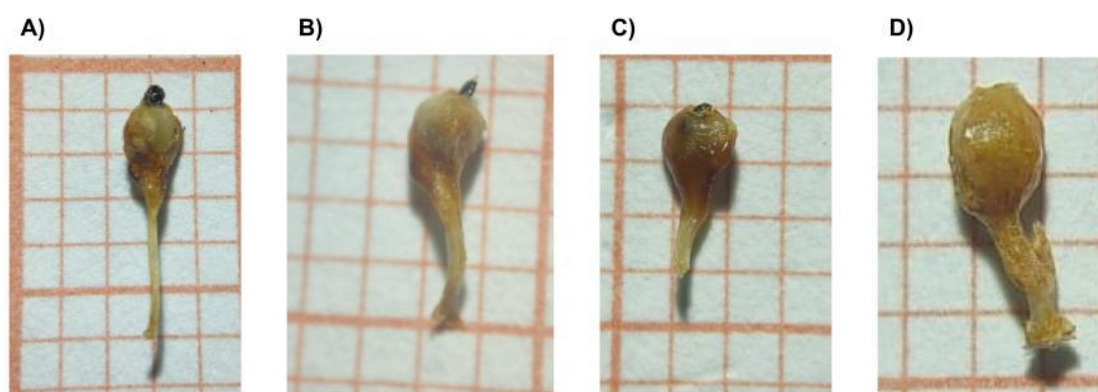
Para se obter o tamanho das estruturas presentes no figo, a estrutura desejada foi posicionada em um papel milimetrado e sua imagem capturada com a utilização de um smartphone, o software ImageJ era utilizado para se conhecer a medida em milímetros (mm) da estrutura ali fotografada.

Foram tomadas as medidas de largura e altura do ovário, bem como o comprimento do pedicelo e altura total da galha (Figura 1). Foram realizadas 30 repetições em fêmeas de vespas do gênero *Pegoscapus* (polinizador), 30 em *Idarnes sp. 09* (não-polinizadora) e 15 em machos de *Pegoscapus*. Foram fotografadas também 30 sementes, onde foi medida a altura e largura e o comprimento do pedicelo. Depois disso, a galha era dissecada de forma a identificar a vespa em desenvolvimento na mesma.



**Figura 1:** Planos de medidas das estruturas analisadas (galhas e sementes).

O comprimento e largura das galhas foi comparado entre a polinizadora, o macho de sua espécie e uma representante das vespas não-polinizadoras (*Idarnes sp. 09*), de forma a identificar se há diferenças entre os tamanhos e formatos das galhas induzidas. Foi comparado também com as sementes, buscando entender a localização destas dentro do sicônio e suas dimensões. O comprimento do pedicelo das galhas foi comparado, de forma a verificar se diferentes espécies ocupam galhas mais próximas ou mais distantes da parede dos figos. A figura 2 mostra as galhas das diferentes vespas e a semente.



**Figura 2:** Estruturas analisadas, sendo elas: a) galha de *Pegoscapus* sp. 03 fêmea; b) galha de *Pegoscapus* sp. 03 macho, c) galha de *Idarnes* sp. 09 e d) semente.

Para a execução das comparações, todos os dados obtidos através do software ImageJ foram tabulados em Excel. Os cálculos das médias dos valores de altura e largura das estruturas foram realizados, servindo como base para a construção de tabelas que relacionam tais valores.

O tamanho das estruturas (altura da galha, largura e altura do ovário e altura do pedicelo) foram comparados entre espécies e sexos utilizando o teste de Kruskal-Wallis, utilizando como teste *a-posteriori* o teste de Dunn. As análises foram realizadas utilizando o ambiente R (R CORE TEAM; 2022) e os pacotes rstatix (KASSAMBARA; 2021) e ggplot2 (WICKHAM; 2016)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados gerados com a execução do projeto foram analisados juntamente com dados previamente coletados, enumerados na Tabela 1.

Durante as coletas foram encontrados representantes dos gêneros *Pegoscapus* (polinizador), *Anidarnes*, *Idarnes*, *Aepocerus* e *Physothorax* (Tabela 2).

Dentre a diversidade de vespas encontradas, algumas colonizam o figo em diferentes momentos e desempenham diferentes funções. *Pegoscapus* são os polinizadores (PO) de *Ficus obtusifolia*, levando o pólen até as flores que se encontram no interior do sicônio. *Anidarnes dissidens* e *Idarnes maximus* são representantes de galhadores iniciais (GI), os quais chegam na fase inicial do desenvolvimento do figo. *Idarnes flavicollis* é um exemplo de galhador da fase receptiva (GR), que coloniza o figo em sua fase receptiva. Algumas morfoespécies de *Idarnes*, *Aepocerus* e *Physothorax* são cleptoparasitas (CP), os quais se aproveitam de galhas previamente induzidas por polinizadores para seu sítio de oviposição.

**Tabela 2:** (Morfo-)espécies de vespas amostradas em *Ficus obtusifolia*. CP = cleptoparasita ou parasitoide; GI = Galhador inicial (da fase A); GR = Galhador da fase Receptiva (fase B); PO = Polinizador; NA = não determinado.

MORFOESPÉCIE	QUANTIDADE	HISTÓRIA NATURAL
<i>Aepocerus emarginatus</i> (fêmea)	7	CP
<i>Aepocerus emarginatus</i> (macho)	4	CP
<i>Anidarnes dissidens</i> (fêmea)	148	GI
<i>Anidarnes dissidens</i> (macho)	50	GI
<i>Idarnes</i> (macho)	143	NA
<i>Idarnes</i> sp. 09 (fêmea)	2686	CP
<i>Idarnes</i> sp. 15 (fêmea)	35	CP
<i>Idarnes flavicollis</i> (fêmea)	276	GR
<i>Idarnes maximus</i> (fêmea)	21	GI
<i>Pegoscapus</i> sp. 3 (fêmea)	15323	PO
<i>Pegoscapus</i> sp. 3 (macho)	2507	PO
<i>Pegoscapus</i> sp. 4 (fêmea)	2365	PO
<i>Pegoscapus</i> sp. 4 (macho)	219	PO
<i>Physothorax</i> sp. 4 (fêmea)	2	CP
<i>Physothorax</i> sp. 4 (macho)	1	CP

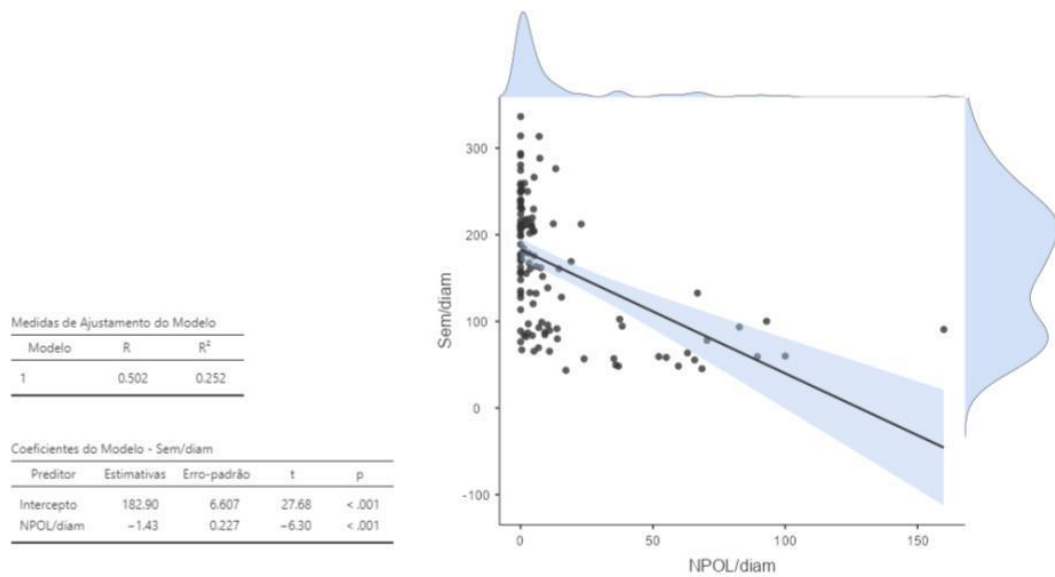
Durante a execução do projeto foram analisados os dados pertencentes aos figos de 6 safras distintas. A Tabela 3 mostra a quantidade de polinizadores e não polinizadores encontrados em cada amostra, nas quais eram triados 20 figos. Demonstra também a média do diâmetro, sementes e flores do sicônio. A amostra 5 obteve o maior número de não polinizadores. Já a amostra 4 possui o maior número de polinizadores e o maior diâmetro dos sicônios. Sendo a única onde não foi encontrado nenhum não-polinizador, a amostra 2, teve o maior média de sementes por figo.

**Tabela 3:** Total de polinizadores e não-polinizadores; média do diâmetro, flores e sementes.

AMOSTRAS	TOTAL DE NÃO POLINIZADORES	TOTAL DE POLINIZADORES	DIÂMETRO (CM; M ± DP)	FLORES (M ± DP)	SEMENTES (M ± DP)
IFGR00005	282	1912	2,27 ± 0,13	58,2 ± 18,43	227,2 ± 70,39
IFGR00007	0	3872	2,50 ± 0,15	45,2 ± 12,94	573,8 ± 139,86
IFGR00008	42	2213	2,29 ± 0,19	52,2 ± 13,87	452,6 ± 98,24
IFGR00014	250	4943	2,51 ± 0,13	28,2 ± 14,53	427,8 ± 92,42
IFGR00016	2446	1988	2,02 ± 0,11	113,7 ± 17,26	137,2 ± 46,54
IFGR00021	255	4366	2,02 ± 0,16	134,94 ± 15,53	439,6 ± 126,58

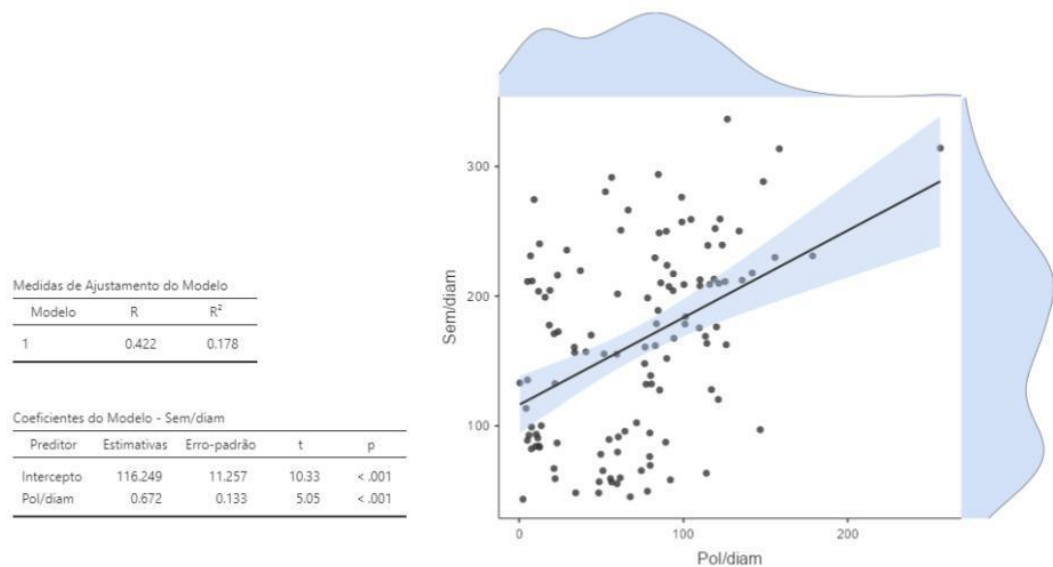
#### 4.1. Impactos de vespas não-polinizadoras

Foi observado que o número de vespas não-polinizadoras por diâmetro apresenta um efeito negativo e significativo sobre o total de semente por diâmetro ( $R^2 = 0,2$ ,  $p < 0,001$ ; Figura 1).



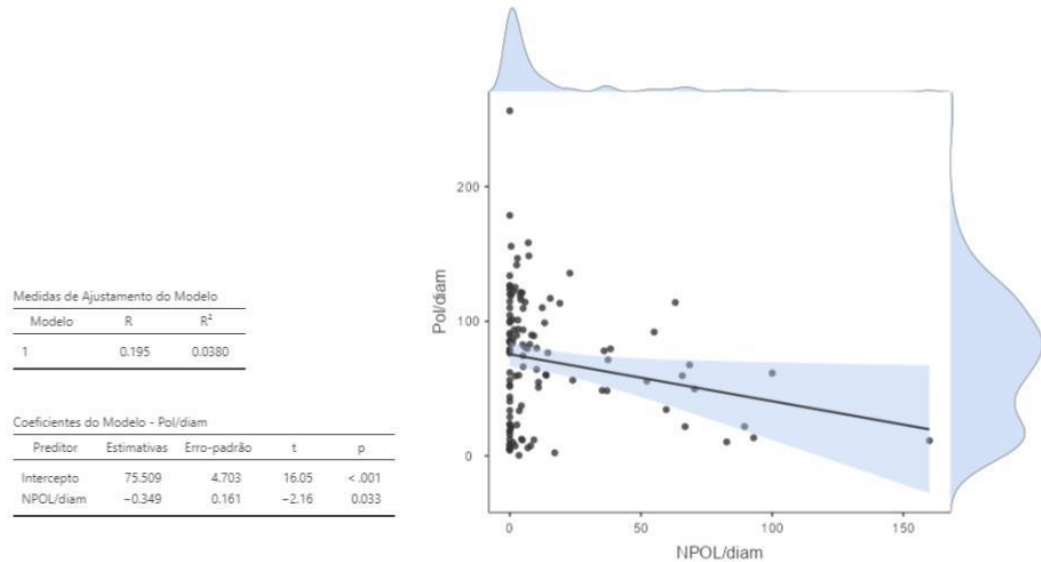
**Figura 3:** Coeficientes para o modelo de regressão relacionando o total de sementes por diâmetro e o total de não-polinizadores por diâmetro. Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de sementes por diâmetro e a quantidade de não-polinizadores por diâmetro.

Observou-se também que a quantidade de sementes é positivamente afetada pela quantidade de vespas polinizadoras presentes no figo ( $R^2 = 0,18$ ,  $p < 0,001$ ; Figura 2).



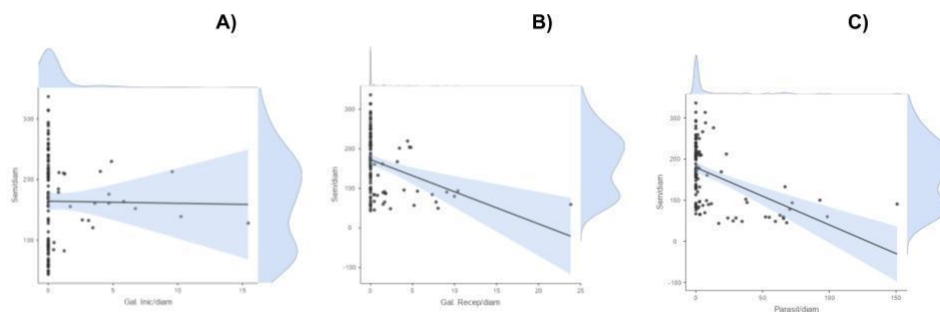
**Figura 4:** Coeficientes para o modelo de regressão relacionando o total de sementes por diâmetro e o total de polinizadores por diâmetro. Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de sementes por diâmetro e a quantidade de polinizadores por diâmetro.

Já a presença de não-polinizadores também parece afetar de forma negativa a abundância de polinizadores presentes no sicônio, apesar de o efeito ser menos claro ( $R^2 = 0,04$ ,  $p = 0,03$ ; Figura 3).



**Figura 5:** Coeficientes para o modelo de regressão relacionando o total de polinizadores por diâmetro e o total de não-polinizadores por diâmetro. Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de polinizadores por diâmetro e a quantidade de não-polinizadores por diâmetro.

Mesmo com biologias de vida distintas, as vespas não-polinizadoras do tipo galhadora da fase receptiva e cleptoparasita/parasitóide afetaram a produção de sementes de uma maneira similar. Já galhadoras iniciais parecem não ter um efeito muito claro sobre a produção de sementes (Figura 4).



**Figura 6:** Diagrama de dispersão relacionando a quantidade de sementes por diâmetro e: a) galhadores iniciais por diâmetro, b) galhadores da fase receptiva por diâmetro e c) cleptoparasitas/parasitóides por diâmetro.

#### 4.2. Distribuição espacial dentro do sicônio

Foram obtidas as medidas de galhas ocupadas por fêmeas de *Pegoscapus*, *Idarnes* e machos de *Pegoscapus*. As dimensões das sementes também foram calculadas. Os dados obtidos foram utilizados na constituição da tabela 4, que demonstra os valores das médias e desvio padrão de altura total da estrutura, altura e largura do ovário e comprimento do pedicelo.

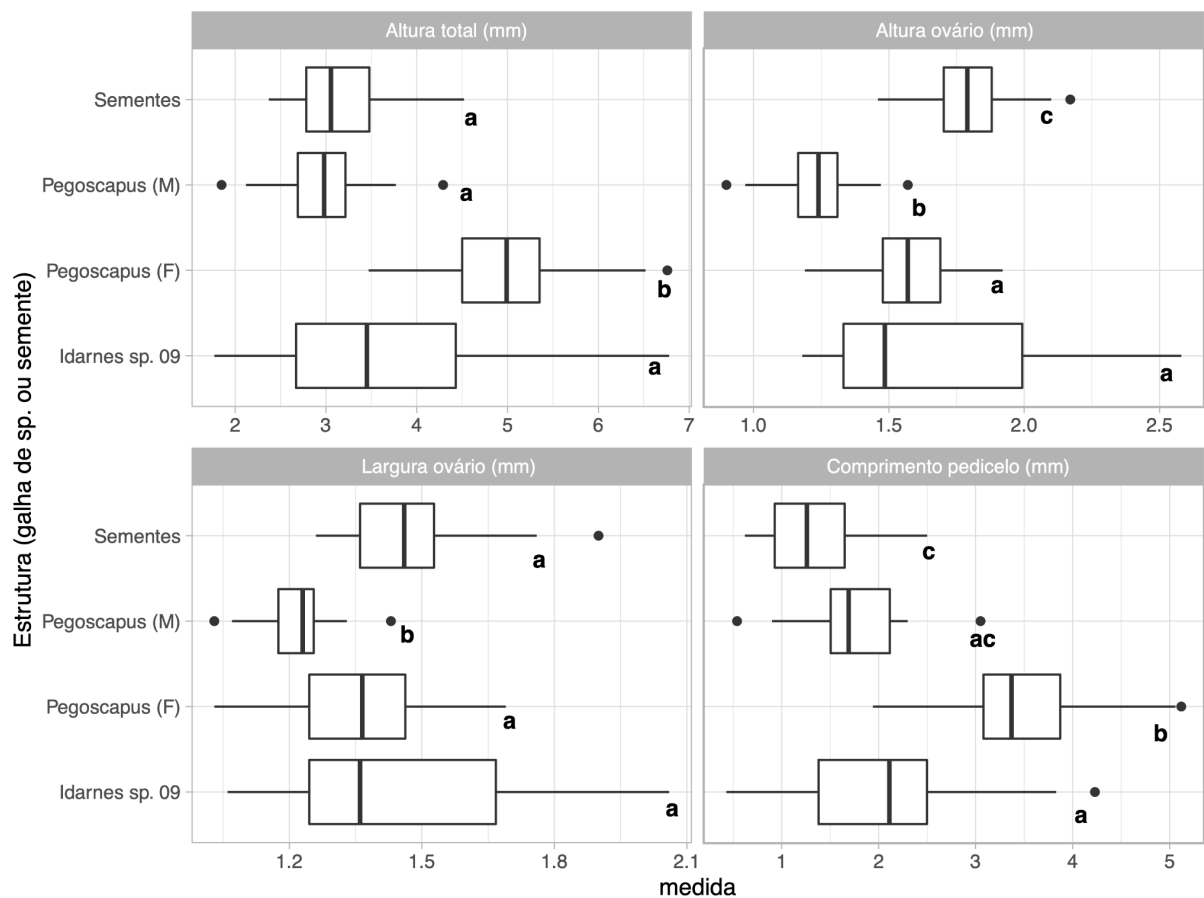
**Tabela 4:** Medidas das galhas de espécies de vespas (Média ± Desvio Padrão).

ESTRUTURA	ALTURA TOTAL (MM)	ALTURA OVÁRIO (MM)	LARGURA OVÁRIO (MM)	PEDICELO (MM)
Galha de <i>Idarnes</i> sp. 09 (♀)	3,67 ± 1,25	1,68 ± 0,45	1,44 ± 0,29	2,01 ± 0,92
Galha de <i>Pegoscapus</i> sp. 03 (♀)	5,02 ± 0,86	1,58 ± 0,17	1,36 ± 0,16	3,44 ± 0,83
Galha de <i>Pegoscapus</i> sp. 03 (♂)	2,96 ± 0,61	1,24 ± 0,17	1,22 ± 0,10	1,72 ± 0,61
Sementes	3,15 ± 0,52	1,80 ± 0,17	1,47 ± 0,15	1,35 ± 0,50

Foi possível verificar diferenças entre as estruturas medidas para a altura da galha (Kruskal-Wallis  $X^2 = 46,302$ ; gl = 3;  $p < 10^{-9}$ ), altura do ovário (Kruskal-Wallis  $X^2 = 40,84$ ; gl = 3;  $p < 10^{-8}$ ), largura do ovário (Kruskal-Wallis  $X^2 = 22,153$ ; gl = 3;  $p < 10^{-4}$ ) e tamanho do pedicelo (Kruskal-Wallis  $X^2 = 54,907$ , gl = 3,  $p < 10^{-11}$ ).

Foi possível observar que as galhas induzidas por fêmeas de vespas polinizadoras do gênero *Pegoscapus* são expressivamente mais altas do que as galhas das outras vespas e sementes, com pedicelos longos, ovários diminutos e de formato oval (Figura 5). Com isso, essas galhas estão inseridas em localidades mais próximas ao lúmen do sicônio. Já os machos desse mesmo gênero apresentam galhas mais reduzidas, com pedicelos mais curtos, ovário de pequena dimensão e formato arredondado. Dessa forma, esses insetos ficam mais próximo ao assoalho do figo quando comparados às suas fêmeas. Levando em consideração o comprimento do pedicelo, as galhas de fêmeas de *Pegoscapus* ficam mais próximas ao lúmen, enquanto as sementes ficam mais próximas à parede do sicônio. As galhas de *Idarnes* sp. 9 foram localizadas em um sítio intermediário, enquanto as galhas que abrigaram machos de *Pegoscapus* ficaram em uma posição entre sementes e *Idarnes* sp. 9 (Figura 5)





**Figura 7:** Diagramas de caixas relacionando a altura da flor, altura do ovário (Ovário H), largura do ovário (Ovário L) e Comprimento do pedicelo (Pedicelo Comp) entre galhas de *Idarnes* sp. 09, (M)acho e (F)êmea de *Pegoscapus* e sementes. Comparações múltiplas (teste de Dunn) indicadas pelas letras.

As galhas de vespas *Idarnes* sp. 09 apresentam um tamanho intermediário, sendo menores quando comparadas às das polinizadoras, porém também apresentando formato ovalado. Essas galhas são localizadas entre o lúmen e assoalho do figo. As sementes, em comparação, apresentam maior largura que as demais estruturas e também próximas a região mediana do sicônio.

#### 4.2. Discussão

A presença de vespas não-polinizadoras tende a impactar os ciclos das polinizadoras e produção de sementes (CARDONA; KATTAN; DE ULLOA, 2013; SEGAR et al., 2018). Os resultados obtidos demonstram que a presença de vespas não-polinizadoras afeta negativamente a produção de sementes no figo. Esse efeito negativo pode ser dado devido a competição dentro do sicônio por sítios de oviposição. Galhadoras da fase receptiva ovipõem

no sicônio simultaneamente às polinizadoras e induzem suas galhas (COOK, 1997; ELIAS et al., 2012), reforçando a hipótese de que essa competição atrapalhe tanto a produção de sementes quanto o próprio desenvolvimento das polinizadoras.

Parasitoides e cleptoparasitas também interferem nesse desenvolvimento, já que botam seus ovos em galhas previamente induzidas, se alimentam de larvas de outras vespas ou as matam via inanição (ELIAS et al., 2012). Sendo que provavelmente os parasitoides utilizam galhas de polinizadores como sítio de oviposição. Isso explica a ocorrência de uma relação negativa entre a quantidade de não-polinizadores e o total de polinizadores

Em relação à distribuição espacial das estruturas no interior do figo, observou-se que diferentes espécies apresentam dimensões de galhas distintas. Galhas contendo fêmeas de *Pegoscapus* e de *Idarnes* sp. 09 possuem formato oval, enquanto as galhas de machos de *Pegoscapus* são arredondadas. Sementes apresentam um formato elíptico, já que seu comprimento é significativamente menor que sua largura.

Na localização das estruturas no sicônio, as galhas de fêmeas de *Pegoscapus* se encontram mais próximas ao lúmen em decorrência de seus pedicelos proeminentes. O ovário em contrapartida apresentou tamanho reduzido, o que pode ser explicado no fato de que tais vespas não possuem grandes dimensões corporais, não necessitando de grandes espaços para seu desenvolvimento.

O ataque por vespas não-polinizadoras cleptoparasitas e parasitoides é uma das principais causas de morte das polinizadoras (BRONSTEIN, 1991). Não-polinizadoras ovipõem majoritariamente de forma externa ao sicônio, o que dificulta o acesso as áreas centrais do figo. Com isso, vespas polinizadoras ao apresentarem galhas com pedicelos maiores e mais próximas ao lúmen diminuem as chances de sofrerem o impacto do parasitismo (JEFFRIES, 1984; MARCHOSKY, 2004). Também corrobora com a hipótese de que o menor tamanho observado em pedicelos de *Idarnes* sp. 09 tenha relação com a oviposição por meio da face externa do figo.

Visando o controle de taxas sexuais, alguns insetos, como os himenópteros, tendem a desenvolver evolutivamente uma estratégia comportamental onde, durante o processo de oviposição, os machos serão depositados primeiro, seguidos então dos ovos de fêmeas (HOKYO et al. 1966). Essa estratégia, combinada à preferência de vespas em ovipor em flores com estilete mais curto, pode proporcionar uma maior ocorrência de machos próximos ao lúmen do figo (mais distantes da parede externa), como observado em espécies de figueiras africanas (COMPTON; RASPLUS; WARE, 1994). Isso ocorre pelo fato dos machos serem alocados primeiro na região de preferência da fundadora e deixando as flores de estilete mais

longo para a oviposição de fêmeas. Entretanto, nos materiais analisados, não foi possível obter a medida do estilete, visto que eles se degradam bastante no desenvolvimento da galha. Porém, diferentemente do que foi descrito por Compton, Rasplus e Ware (1994), as flores ocupadas por machos no presente estudo ficaram mais distantes do lúmen do que as flores ocupadas por fêmeas, o que as tornaria potencialmente vulneráveis ao ataque de parasitas. Visto que os machos são menos abundantes, um maior risco de mortalidade proporcionada por uma exposição maior a parasitoides, o que poderia eliminar todos os machos em um sicônio e conseqüentemente impedir a ocorrência da fecundação das fêmeas, além de impedir a posterior emergência dos figos pelo orifício escavado pelos machos. Entretanto, tendo em vista o tamanho substancialmente menor dos machos em relação às fêmeas, é possível que eles não sejam um recurso potencial para o desenvolvimento dos parasitoides, eliminando a desvantagem de uma possível alocação deles mais distantemente ao lúmen.

## 5 CONCLUSÃO

Foi possível observar efeitos negativos na quantidade de sementes acarretados pela quantidade de vespas não-polinizadoras presentes no sicônio. Já a quantidade de sementes foi positivamente afetada pela quantidade de vespas polinizadoras. A presença de não-polinizadores apresentou efeitos significativos na abundância de polinizadores no sicônio. Tais resultados podem indicar efeito da competição por sítios de oviposição dentro do figo, que pode afetar tanto a reprodução das vespas polinizadoras quanto a produção de sementes.

Em relação a distribuição espacial das vespas e estruturas dentro do sicônio, é possível observar que galhas de vespas polinizadoras tendem a ficar mais próximas ao lúmen do figo, em virtude de seus longos pedicelos, o que pode ser uma estratégia para evitar o parasitismo. Os machos das polinizadoras ficam mais próximos à parede do figo, entretanto não se sabe se eles constituem um recurso adequado para parasitas devido ao seu menor tamanho. Galhas de vespas cleptoparasitas (*Idarnes* sp. 09) foram encontradas em localidades mais periféricas do figo, já que esse tipo de não-polinizador ovipõe pelo lado externo do figo, o que torna vespas polinizadoras hospedeiras mais distantes do lúmen do figo potencialmente mais vulneráveis ao cleptoparasitismo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERG, C. C. Classification and distribution of *Ficus*. **Experientia**, v. 45, n. 7, p. 605–611, 1989.
- BERG, C. C.; VILLAVICENCIO, X. **Taxonomic studies on *Ficus* (Moraceae) in the West Indies, Extra Amazonian Brazil, and Bolivia**. Bergen: Inst. for Biology, 2004.
- BORGES, R. M.; BESSIÈRE, J.; RANGANATHAN, Y. Diel Variation in Fig Volatiles Across Syconium Development: making sense of scents. **Journal Of Chemical Ecology**, [S.L.], v. 39, n. 5, p. 630-642, 23 abr. 2013.
- BOUČEK, Z. The genera of chalcidoid wasps from *Ficus* fruit in the New-World. **Journal of Natural History**, v. 27, n. 1, p. 173–217, 1993.
- BRONSTEIN, J. L. Natural History of *Anidarnes bicolor* (Hymenoptera: Agaonidae), a Galler of the Florida Strangling Fig (*Ficus aurea*). **The Florida Entomologist**, v. 82, n. 3, p. 454, set. 1999.
- BRONSTEIN, J. L. The Nonpollinating Wasp Fauna of *Ficus pertusa*: exploitation of a mutualism?. **Oikos**, [S.L.], v. 61, n. 2, p. 175, jun. 1991.
- CARDONA, W.; KATTAN, G.; DE ULLOA, P. C. Non-pollinating Fig Wasps Decrease Pollinator and Seed Production in *Ficus andicola* (Moraceae). **Biotropica**, v. 45, n. 2, p. 203–208, mar. 2013.
- CARDONA, W.; KATTAN, G. H. Complex effects of nonpollinating wasps on the relationship between pollinating wasp and seed production in *Ficus andicola*. **Acta Oecologica**, v. 98, p. 45–49, 1 jul. 2019
- CRUAUD, A. et al. An extreme case of plant–insect codiversification: figs and fig-pollinating wasps. **Systematic Biology**, v. 61, n. 6, p. 1029–1047, out. 2012.
- CONCHOU, L. et al. The non-pollinating fig wasps associated with *Ficus guianensis*: Community structure and impact of the large species on the fig/pollinator mutualism. **Acta Oecologica**, v. 57, n. C, p. 28–37, maio 2014.
- COMPTON, S.G. RASPLUS J.Y. WARE A. B. African fig wasp parasitoid communities. **Parasitoid community ecology**. Oxford, UK: Oxford University Press. pp. 343–368, 1994.
- COOK, J. M.; COMPTON, S. G.; HERRE, E. A.; WEST, S. A.. Alternative mating tactics and extreme male dimorphism in fig wasps. **Proceedings Of The Royal Society Of London. Series B: Biological Sciences**, [S.L.], v. 264, n. 1382, p. 747-754, 22 maio 1997.
- COOK, J. M.; RASPLUS, J.-Y. Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 18, n. 5, p. 241–248, maio 2003.

- DUNN, D. W. et al. A Role for Parasites in Stabilising the Fig-Pollinator Mutualism. **Plos Biology**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 59, 11 mar. 2008.
- ELIAS, L. G. et al. Efeito de vespas não-polinizadoras sobre o mutualismo *Ficus* - vespas de figos. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, n. 3, p. 253–256, 2007.
- ELIAS, L. G. et al. Diversification in the use of resources by *Idarnes* species: Bypassing functional constraints in the fig-fig wasp interaction. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 106, n. 1, p. 114–122, maio 2012.
- ELIAS, L. G.; MENEZES JR, A. O.; PEREIRA, R. A. S. Colonization sequence of non-pollinating fig wasps associated with *Ficus citrifolia* in Brazil. **Symbiosis**, v. 45, n. 1–3, p. 107–111, 2008.
- ELLISON, A. M. Exploratory data analysis and graphical display. Em: SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. (Eds.). **Design and analysis of ecological experiments**. 2nd. ed. Oxford: Oxford University Press, 2001. p. 37–62.
- FARACHE, F. H. A. et al. Insights into the structure of plant-insect communities: Specialism and generalism in a regional set of non-pollinating fig wasp communities. **Acta Oecologica**, v. 90, p. 49–59, jul. 2018.
- GALIL, J.; EISIKOWITCH, D. Flowering cycles and fruit types of *Ficus sycomorus* in Israel. **New Phytologist**, v. 67, n. 3, p. 745–758, 1968.
- GRISON-PIGÉ, L.; HOSSAERT-MCKEY, M.; GREEFF, J. M.; BESSIÈRE, J. Fig volatile compounds—a first comparative study. **Phytochemistry**, [S.L.], v. 61, n. 1, p. 61-71, set. 2002.
- HARRISON, R. D. Figs and the Diversity of Tropical Rainforests. **Bioscience**, [S.L.], v. 55, n. 12, p. 1053, 2005. Oxford University Press (OUP).
- HERRE, E. A.; JANDÉR, K. C.; MACHADO, C. A. Evolutionary Ecology of Figs and Their Associates: recent progress and outstanding puzzles. **Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 439-458, 1 dez. 2008.
- HOKYO, N; SHIGA, M; NAKASUJI, F. The effect of intra-andinterspecific conditioning of host eggs on the ovipositional behavior of two scelionid egg parasites of the southern green stink bug, *Nezara viridula*. **Japanese Journal Of Ecology**, [S.L.], v. 16, p. 67-71, 1966.
- IBARRA-MANRÍQUEZ, G. 1991. *Ficus* (Moraceae): un género interesante para estudios en ecología y sistemática tropical. **Ciencia** 42:283–293.
- JEFFRIES M.J; LAWTON J.H. Enemy-free space and the structure of biological communities. **Biol J Linn Soc**, p. 269–286, 1984.
- KASSAMBARA, A. **rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests**. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>>.

- KERDELHUÉ, C; ROSSI, J; RASPLUS, J. Comparative community ecology studies on old world figs and fig wasps. **Ecology**, [S.L.], v. 81, n. 10, p. 2832-2849, out. 2000.
- KJELLBERG, Finn *et al.* Clutch size: a major sex ratio determinant in fig pollinating wasps?. **Comptes Rendus Biologies**, [S.L.], v. 328, n. 5, p. 471-476, maio 2005.
- MARCHOSKY, R.J; CRAIG T.P. Gall size-dependent survival for *Asphondylia atriplicis* (Diptera: Cecidomyiidae) on *Atriplex canescens*. **Environ Entomol**, p. 709–719, 2004.
- PROFFIT, M. *et al.* Can chemical signals, responsible for mutualistic partner encounter, promote the specific exploitation of nursery pollination mutualisms? – The case of figs and fig wasps. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 131, n. 1, p. 46-57, mar. 2009.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, , 2022. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>
- RAJA S; SULEMAN N; COMPTON S.G. Why do fig wasps pollinate female figs? **Symbiosis**, p. 25–28, 2008.
- RANGANATHAN, Y.; GHARA, M.; BORGES, R. M.. Temporal associations in fig-wasp-ant interactions: diel and phenological patterns. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, [S.L.], v. 137, n. 1, p. 50-61, 2 set. 2010.
- RASPLUS, J.-Y.; SOLDATI, L. Familia Agaonidae. In: FERNÁNDEZ, F.; SHARKEY, M. J. (Eds.). **Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical**. Bogotá: Sociedad Colombiana de Entomología & Universidad Nacional de Colombia, p. 683–698. 2005
- SANTOS, N. **Diversidade e estrutura da comunidade de vespas (Hymenoptera: Chalcidoidea) associadas a figueiras (Moraceae: *Ficus*) no cerrado da região de Rio Verde-GO**. Dissertação—Rio Verde: Instituto Federal Goiano, 2020.
- SANTOS, N. *et al.* Community structure and specialization in fig wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea) in a region of Cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 66, n. 1, p. e20210101, 2022.
- SEGAR, S. T. *et al.* Detecting the elusive cost of parasites on fig seed production. **Acta Oecologica**, v. 90, p. 69–74, jul. 2018
- SHANAHAN, M. *et al.* Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 76, p. 529–72, 2001.
- SULEMAN, N; RAJA, S; COMPTON, S. G. Only pollinator fig wasps have males that collaborate to release their females from figs of an Asian fig tree. **Biology Letters**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 344-346, 30 nov. 2011.

- THE JAMOVI PROJECT (2021). *jamovi*. (Version 2.2) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- VERKERKE, W.. Structure and function of the fig. **Experientia**, [S.L.], v. 45, n. 7, p. 612-622, jul. 1989.
- WANG, R. W.; ZHENG, Q. Structure of a fig wasp community: temporal segregation of oviposition and larval diets. **Symbiosis**, v. 45, p. 113 – 116, 2008.
- WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. Second Edition ed. New York: Springer-Verlag, 2016.
- WEIBLEN, G.D. How to be a fig wasp. **Annu Rev Entomol**, p.299–330, 2002
- WEST, S. A.; HERRE, E. A. The ecology of the New World fig-parasitizing wasps *Idarnes* and implications for the evolution of the fig-pollinator mutualism. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 258, n. 1351, p. 67–72, jan. 1994.
- YU, H; COMPTON, S. G. Moving Your Sons to Safety: galls containing male fig wasps expand into the centre of figs, away from enemies. **Plos One**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1-10, 25 jan. 2012.