



Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Biologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais



Ecologia da polinização e biologia floral de *Heteropterys pteropetala*
A. Juss. (Malpighiaceae) em um Cerrado mineiro.

Marcos Lima de Oliveira

2020

Marcos Lima de Oliveira

Ecologia da polinização e biologia floral de *Heteropterys pteropetala* A. Juss. (Malpighiaceae) em um Cerrado mineiro.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora
Prof^a. Dr^a. Helena Maura Torezan-Silingardi

UBERLÂNDIA
Fevereiro, 2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

O48
2020

Oliveira, Marcos Lima de, 1997-
Ecologia da polinização e biologia floral de *Heteropterys
pteropetala* A. Juss. (Malpighiaceae) em um Cerrado mineiro
[recurso eletrônico] / Marcos Lima de Oliveira. - 2020.

Orientadora: Helena Maura Torezan Silingardi.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.103>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Ecologia. I. Silingardi, Helena Maura Torezan, 1968-, (Orient.).
II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ecologia
e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de
 Recursos Naturais

Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320
 Telefone: (34) 3225-8641 - www.ppgeco.ib.ufu.br - ecologia@umuarama.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia e Conservação de Recursos Naturais				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 291, PPGEARN				
Data:	dezenove de fevereiro de dois mil e vinte	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	12:20
Matrícula do Discente:	11812ECR013				
Nome do Discente:	Marcos Lima de Oliveira				
Título do Trabalho:	Ecologia da polinização e biologia floral de <i>Heteropterys pteropetolo</i> A. Juss. (Malpighiaceae) em um Cerrado mineiro				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia comportamental e de interações				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Riqueza e distribuição de interações entre plantas, formigas e herbívoros trofobiontes em vegetação do Cerrado				

Reuniu-se no Anfiteatro do Bloco 4K, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, assim composta: Professores Doutores: Diana Salles Sampaio - INBIO/UFU; Hipólito Ferreira Paulino Neto - UEMG/Unidade Passos; Helena Maura Torezan Silingardi - INBIO/UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Helena Maura Torezan Silingardi, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Helena Maura Torezan Silingardi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 19/02/2020, às 13:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hipólito Ferreira Paulino Neto, Usuário Externo**, em 19/02/2020, às 13:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diana Salles Sampaio, Professor(a) do Magistério Superior**, em 19/02/2020, às 14:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1842404** e o código CRC **E9905689**.

Dedico aos meus pais, Celi e Humberto.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Celi e Humberto, por tanto acreditarem em mim, pelo apoio e companheirismo sempre que precisei, pelas palavras de conforto e pela luta diária para me ajudar. Assim como aconteceu na graduação, essa conquista também é de vocês! Amo vocês!

Agradeço ao meu irmão, Alberto, pela amizade, parceria e momentos de descontração. Não posso me esquecer de agradecer você, irmão, por ter vindo à Uberlândia somente para me ajudar na coleta de dados da dissertação em suas férias. Compartilho com você essa vitória!

Agradeço a minha orientadora, Helena Maura Torezan Silingardi, carinhosamente Maura, que mesmo não me conhecendo na época do processo seletivo do mestrado, atenciosamente me recebeu de braços abertos. Obrigado por todos os ensinamentos, por ser essa orientadora dedicada, por estar sempre presente com seus orientandos, pela troca de experiência e por todos os conselhos. Você é mais que uma orientadora, se tornou uma grande amiga.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU) por ceder a área de estudo para a realização do presente trabalho.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio e infraestrutura e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais (PPGECRN) pela oportunidade e por sempre atenderem às minhas solicitações.

Agradeço, e muito, às minhas amigas e parceiras Larissa (Lari) e Letícia (Lê) pelo companheirismo (principalmente em nossas atividades de campo), cumplicidade, pelas preocupações, pelos conselhos (que não foram poucos) e troca de experiência. A parceria desse trio quero levar para a vida toda!

Agradeço aos membros do Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações (LECI) por sempre se mostrarem preocupados comigo e sempre dispostos a ajudar. Um agradecimento especial ao Eduardo Calixto Soares, pelas contribuições na parte estatística desse trabalho e na identificação de alguns insetos coletados e ao professor Kleber Del-Claro, que sempre me incentivou, me ajudou e também me recebeu de braços abertos nessa equipe.

Agradeço ao professor Eduardo Almeida, do Laboratório de Biologia Comparada e Abelhas da Universidade de São Paulo (USP-RP) pela identificação das espécies de abelhas coletadas.

Agradeço a minha turma de mestrado, pelas novas amizades e por vivermos juntos essa experiência na pós-graduação.

Agradeço, enfim, por todos aqueles que não foram mencionados aqui, mas torceram por mim e me incentivaram de alguma forma.

ÍNDICE

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1. Área de Estudo.....	5
2.2. Espécie de planta	6
2.3. Biologia Floral	6
2.4. Sistema Reprodutivo	7
2.5. Visitantes Florais	8
3. RESULTADOS	10
3.1. Biologia Floral.....	10
3.2. Sistema Reprodutivo	14
3.3. Visitantes Florais	16
4. DISCUSSÃO.....	20
4.1. Biologia Floral.....	20
4.2. Sistema Reprodutivo	22
4.3. Visitantes Florais	23
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

RESUMO

Oliveira, Marcos L. 2020. Ecologia da polinização e biologia floral de *Heteropterys pteropetala* A. Juss. (Malpighiaceae) em um Cerrado mineiro. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 39p.

As interações ecológicas ocorrem entre espécies que compartilham um mesmo ambiente em um determinado intervalo de tempo e são importantes na manutenção da biodiversidade e estabilidade dos ecossistemas. Dentre as várias interações ecológicas destacamos a polinização, fundamental para a reprodução das espécies vegetais. As abelhas são os principais vetores polínicos no mundo, especialmente no Cerrado. O objetivo do presente estudo, portanto, foi investigar a biologia floral, a ecologia reprodutiva e a dinâmica dos visitantes florais em uma espécie comum da família Malpighiaceae, apresentando as consequências para sua reprodução. Para isso, investigamos *Heteropterys pteropetala*, uma espécie arbustiva do Cerrado. Nossos resultados mostraram que *H. pteropetala* apresenta morfologia floral semelhante a outras espécies da família, exceto por haver dois verticilos de anteras com alturas distintas sendo uma novidade para o gênero, os quais produzem diferentes quantidades de grãos de pólen, fato que é inédito para a família. A flor tem suas estruturas modificadas ao longo de até três dias, influenciando sua atratividade e a visitação pelos insetos. A razão pólen/óvulo e a viabilidade polínica foram, respectivamente, de 6105,96 e 88,9% e indicam que o sistema reprodutivo da espécie é xenogâmico. Os testes reprodutivos mostraram alta formação de frutos por polinização natural, o índice de autoincompatibilidade (0,24) também sugere que a espécie é auto-incompatível e o índice de eficácia reprodutiva (1,31) indica que os polinizadores da área são eficientes. As espécies de abelhas polinizadoras pertencem às tribos Centridini e Tapinotaspidini, consideradas especialistas na coleta de óleo floral. Abelhas da tribo Meliponini e moscas foram consideradas pilhadoras de pólen. Formigas, vespas e aranhas foram consideradas predadoras. Os principais florívoros foram coleópteros e hemípteros, que podem reduzir a atratividade das flores ao danificar suas partes e influenciar negativamente na atração de polinizadores, levando a um decréscimo na frutificação. Concluímos que *H. pteropetala* apresenta morfologia floral típica da família Malpighiaceae, com exceção nos dois níveis de altura das anteras, é dependente de polinização cruzada para frutificação e é uma espécie importante para estudos de interações ecológicas devido à diversidade na guilda de visitantes florais.

Palavras-chave: Interações, Centridini, xenogamia, florivoria, predação.

ABSTRACT

Oliveira, Marcos L. 2020. Floral biology and pollination ecology of *Heteropterys pteropetala* A. Juss. (Malpighiaceae) in Brazilian Savanna. MSc thesis. UFU. Uberlândia-MG. 39p.

Ecological interactions occur between species that share the same environment within a given time frame and are important for maintaining biodiversity and ecosystem stability. Among the various ecological interactions, we highlight pollination, which is fundamental for the reproduction of plant species. Bees are the main pollen vectors in the world, especially in the Cerrado. The aim of the present study, therefore, was to investigate floral biology, reproductive ecology and floral visitors dynamics in a common species of the Malpighiaceae family, and the consequences for their reproduction. In order to do this, we investigated *Heteropterys pteropetala*, a shrub species from Brazilian Savannah. Our results showed that *H. pteropetala* has similar floral morphology to other species of the family, except for two stamen verticils with different heights, a new information for the genera. A second new information is the distinct amount of pollen grains found in each anther height, what is a new information for the family. The flower has its structures modified over up to three days, influencing the visitation by insects. The pollen/ovule ratio and pollen viability were, respectively, 6105.96 and 88.9%, indicating that the reproductive system of the species is xenogamic. Reproductive tests showed high fruit formation by natural pollination, the self-incompatibility index (0.24) suggests that the species is self-incompatible and the value reproductive efficacy (1.31) suggests that the area's pollinators are efficient. The species of pollinating bees belong to the Centridini and Tapinotaspidini tribes, considered specialists in the collection of floral oil. Meliponini bees were considered pollen looters along with flies. Ants, wasps and spiders were considered predators. The main florivores were coleoptera and hemiptera, which can reduce the attractiveness of flowers by damaging their parts and negatively influence pollinator attraction, leading to a decrease in fruiting. We conclude that *H. pteropetala* presents typical floral morphology of the Malpighiaceae family, except in the two levels of height of the anthers, is dependent on cross-pollination for fruiting and is an important species for studies of ecological interactions due to the diversity in the floral visitor guild.

Keywords: Interactions, Centridini, xenogamy, florivory, predation.

1. INTRODUÇÃO

Interações ecológicas são observadas entre espécies sincronopátricas, ou seja, que compartilham o mesmo ambiente num dado intervalo de tempo (Pinese *et al.*, 2015; Clemente *et al.*, 2017; Ferreira *et al.* 2017) e ocorrem desde a origem da vida no planeta Terra (Thompson, 2010). Relações intra e interespecíficas permitem que os organismos interajam entre si, e podem gerar ajustes comportamentais e alterações morfológicas e fisiológicas que levem a um incremento na sobrevivência e na reprodução dos mais bem adaptados (Thompson, 1999). Essas interações são primordiais na manutenção da biodiversidade interativa e na estabilidade dos ecossistemas (Thompson, 1997), pois moldam as diversas comunidades (Mello & Silva-Filho, 2002). Em especial, as plantas são a base das teias alimentares nas comunidades ao fornecer a energia primordial para todos os consumidores (Ehleringer *et al.* 1993). Dentro das interações animal-planta, destacamos as inúmeras relações inseto-planta, extremamente variadas e muito comuns, imprescindíveis para a manutenção das populações e das comunidades naturais (Del-Claro *et al.*, 2016; Barônio & Del-Claro, 2018; Calixto *et al.*, 2018).

Muitas interações interespecíficas são antagônicas, como a herbivoria e a predação de sementes, que provocam danos nos tecidos vegetais, diminuem a capacidade reprodutiva e podem até matar o indivíduo (Coley, 1983; Ferreira & Torezan-Silingardi, 2013). Outras interações são mutualísticas, como a polinização, geralmente beneficiando ambas as espécies interagentes (Torezan-Silingardi & Del-Claro, 1998; Almeida-Soares *et al.*, 2010). Para que a polinização aconteça é necessário um vetor polínico, seja ele abiótico ou biótico. É estimado que 10% das angiospermas do mundo sejam polinizadas pelo vento (Friedman & Barrett, 2009) e 3% pela água (Philbrick, 1991). Em contrapartida, aproximadamente 87% das angiospermas no mundo são dependentes da polinização animal (Ollerton *et al.*, 2011), mas nos trópicos esse valor aumenta para cerca de 98% (Bierzychudek, 1981). Pólen, néctar, óleos, resinas, perfumes florais e até mesmo tecidos da flor podem servir de recompensa para os animais visitantes (Leonard & Papaj, 2011; Torezan-Silingardi, 2012; Barônio *et al.*, 2016). Entre os visitantes, os insetos das ordens Hymenoptera (Klatt *et al.*, 2014; Del-Claro *et al.*, 2019); Diptera (Polizel *et al.*, 2015), Coleoptera (Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger 1988; Costa *et al.*, 2017), Lepidoptera (Voss & Riefner *et al.*, 2017) e até mesmo Hemiptera (Ishida *et al.*, 2008) e Thysanoptera (Danieli-Silva & Varassin, 2013) são considerados polinizadores ao transferir pólen entre flores da mesma espécie. Tanto a autopolinização

quanto a polinização cruzada são muito beneficiadas pela ação dos insetos como vetores polínicos. Porém, no caso da polinização cruzada há uma maior troca gênica que permite a formação de sementes com maior variabilidade, conseqüentemente, elevando o valor adaptativo das novas plantas formadas (Primack & Rodrigues, 2001; Rech *et al.*, 2014; Barônio *et al.*, 2016).

Entretanto, relações antagônicas como o consumo das estruturas florais, ou florivoria, interfere negativamente na polinização diminuindo a atratividade das flores pelos polinizadores (Tsuji & Ohgushi, 2018). Por exemplo, a herbivoria nas pétalas de *Nemophila menziesii* reduziu a simetria da flor, conseqüentemente, a atividade dos polinizadores foi menor e afetou negativamente o sucesso reprodutivo da espécie (McCall, 2008). Mesmo o dano causado por herbivoria simulada artificialmente em flores da família Malpighiaceae levam à queda na atividade de polinizadores e na frutificação resultante (Ferreira & Torezan-Silingardi, 2013). A florivoria pode comprometer a sobrevivência, o crescimento e a reprodução das espécies vegetais mesmo na presença de predadores eficientes, como vespas (Torezan-Silingardi, 2011) e formigas (Alves-Silva *et al.*, 2014).

As abelhas são os principais insetos polinizadores, importantes tanto em ambientes naturais quanto em agrícolas (Van der Sluijs *et al.*, 2013; Bauer & Wing, 2016). Por exemplo, Ollerton (2017) ressalta que as abelhas são consideradas as polinizadoras mais dominantes e são primordiais na reprodução das espécies vegetais. Nas regiões tropicais, elas são as responsáveis pela maior parte da polinização (Oliveira & Gibbs, 2000) e conhecer os serviços ecossistêmicos dos polinizadores é fundamental para elaboração de estratégias conservacionistas e para escolha de novas áreas prioritárias de preservação (Brandon *et al.*, 2005). Entretanto, nos últimos anos tem-se constatado a redução da diversidade e abundância dos polinizadores, especialmente das abelhas (Williams & Osborne, 2009; Potts *et al.*, 2010). A redução de habitats naturais, o uso exagerado de agrotóxicos, a introdução de espécies e as mudanças climáticas são as principais causas para o declínio na população de polinizadores (Potts *et al.*, 2010; Potts *et al.*; 2016). Considerando que muitas áreas naturais estão em processo de fragmentação devido às ações antrópicas, os estudos ali desenvolvidos se tornam mais urgentes.

A savana brasileira é denominada Cerrado e vem sofrendo uma grande perda de áreas naturais. Originalmente o Cerrado ocupava 2.036.448 km² e correspondia a 22% do território nacional (IBGE, 2004; Klink & Machado, 2005). Entretanto, é estimado que mais de

50% da sua fauna e flora tenham sido devastados para ocupação agropecuária, expansão de centros urbanos, rodovias e ferrovias (Klink & Machado, 2005). Desse modo, devido ao elevado número de espécies endêmicas e à intensa fragmentação, o Cerrado é considerado um dos “hotspots” mundiais da biodiversidade (Myers *et al.* 2000). O Cerrado apresenta uma rica fauna e flora, com cerca de 11.000 espécies nativas de plantas (MMA, 2016). Suas plantas são predominantemente xenógamas, com diferentes tipos de polinização (Oliveira & Gibbs 2000), sendo 86% das espécies dependentes de zoofilia e destas, 75% são polinizadas por abelhas (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger, 1988). Estudos fitossociológicos mostram que as famílias vegetais mais comuns no Cerrado são Fabaceae, Asteraceae, Vochysiaceae, Myrtaceae, Poaceae, Apocynaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae e Malpighiaceae (Andrade *et al.*, 2002; Costa *et al.*, 2004).

A família Malpighiaceae pertence a ordem Rutales e está representada por cerca de 77 gêneros e 1.300 espécies para todo o mundo (Davis & Anderson, 2010). Para o Brasil, a família está representada por 45 gêneros e cerca de 560 espécies (BFG, 2015), enquanto que para o Cerrado ocorrem 28 gêneros e 237 espécies (Flora do Brasil 2020). Suas espécies possuem propriedades medicinais (Figueiredo *et al.*, 2005; Michelin *et al.*, 2008) e alimentícias (De-Siqueira *et al.*, 2011). Estudos com a família Malpighiaceae na área de estudo são muito comuns (Del-Claro *et al.*, 1997; Réu & Del-Claro, 2005; Alves-Silva *et al.*, 2013a; Alves-Silva *et al.*, 2013b; Ferreira & Torezan-Silingardi, 2013; Assunção *et al.*, 2014; Bächtold *et al.*, 2016; Barônio & Torezan-Silingardi 2016). Suas plantas são caracterizadas por apresentarem nectários extraflorais na base das folhas ou brácteas, onde é produzido o néctar extrafloral que serve de atrativo para predadores como formigas, vespas e aranhas (Alves-Santos *et al.* 2014; Stefani *et al.*, 2015; Bächtold *et al.*, 2016). As flores são hermafroditas, com três estigmas e cinco ou dez anteras livres (Anderson, 1979; Mendes *et al.*, 2011; Amorim *et al.*, 2018). As cinco pétalas são unguiculadas, sendo uma delas mais rígida e chamada estandarte, que possibilita que as abelhas se sustentem durante a coleta de óleo nas glândulas ou elaióforos presentes nas sépalas (Anderson, 1990; Vogel, 1990). O óleo floral é uma substância altamente calórica (Buchmann, 1987), usado na construção do ninho, impermeabilização das células de cria e endurecimento das paredes para evitar a predação e o parasitismo larval (Neff & Simpson, 1981; Vogel, 1990; Alves-dos-Santos, 2007). O pólen é composto principalmente por proteínas, mas também apresenta quantidades consideráveis de lipídeos, amido e outros açúcares (Wilmer, 2011). Tanto o óleo quanto o pólen são especialmente importantes para a alimentação das larvas das abelhas (Neff & Simpson, 1981:

Brodtschneider & Crailsheim, 2010; Rech *et al.*, 2014). As principais abelhas polinizadoras de Malpighiaceae são especializadas na coleta de óleo e pertencem às tribos Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapedini (Vogel, 1974; Sazima & Sazima, 1989; Vogel, 1990; Rasmussen & Olesen, 2000).

Diante disso, o **objetivo** do presente estudo foi investigar a dinâmica dos visitantes florais em uma espécie comum da família Malpighiaceae, em especial a guilda de polinizadores, e apresentar as consequências para sua reprodução. Listamos os seguintes objetivos específicos: **i)** Investigar a biologia floral; **ii)** Determinar o sistema reprodutivo e **iii)** Analisar o comportamento exibido pelos visitantes florais para determinar sua função ecológica. Baseado nisso, hipotetizamos que (Tabela 1): **Hi)** A biologia floral segue o padrão típico da família Malpighiaceae; **Hii)** O sistema reprodutivo mostrará dependência de polinizadores para a frutificação e **Hiii)** Os visitantes florais serão compostos por animais com diferentes funções ecológicas: abelhas polinizadoras e insetos pilhadores, predadores e florívoros.

Tabela 1. Hipóteses testadas e suas respectivas abordagens utilizadas para investigar a ecologia da polinização e biologia floral de *Heteropterys pteropetala*.

Objetivos Específicos	Hipóteses	Abordagem	Recursos textuais
Biologia Floral	H1. A biologia floral de <i>Heteropterys pteropetala</i> segue o padrão típico da família Malpighiaceae.	Investigar as características morfológicas e fenológicas florais da espécie.	Figura 2 e 3, Tabela 2
Sistema Reprodutivo	H2. O sistema reprodutivo da espécie tem dependência de polinizadores.	Aplicar distintos testes reprodutivos.	Figura 4, Tabela 3
Visitantes Florais	H3. Os visitantes florais serão compostos por animais com diferentes funções ecológicas.	Analisar o comportamento dos visitantes florais.	Figura 5, Tabela 4

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

As observações foram realizadas em uma área natural de Cerrado *sensu stricto* no estado de Minas Gerais, Brasil ($18^{\circ}59' S$, $48^{\circ}18' W$) (Fig. 1), dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia. A reserva tem 628 hectares com várias fitofisionomias típicas, como a vereda, os campos limpo e sujo, o cerrado *sensu stricto* e o cerradão (Appolinario & Schiavini, 2002). O clima da região é caracterizado por duas estações bem definidas: a fria e seca de abril a setembro, e a quente e úmida de outubro a março (Araújo *et al.*, 1997; Alvares *et al.*, 2013). Na cidade de Uberlândia a temperatura média anual é de $22^{\circ}C$ e a precipitação média anual é de 1500 mm (Rosa *et al.* 1991). Esses valores se encaixam no padrão geral do Cerrado ($20-26^{\circ}C$ e 1000-2000 mm) (Coutinho, 2002).

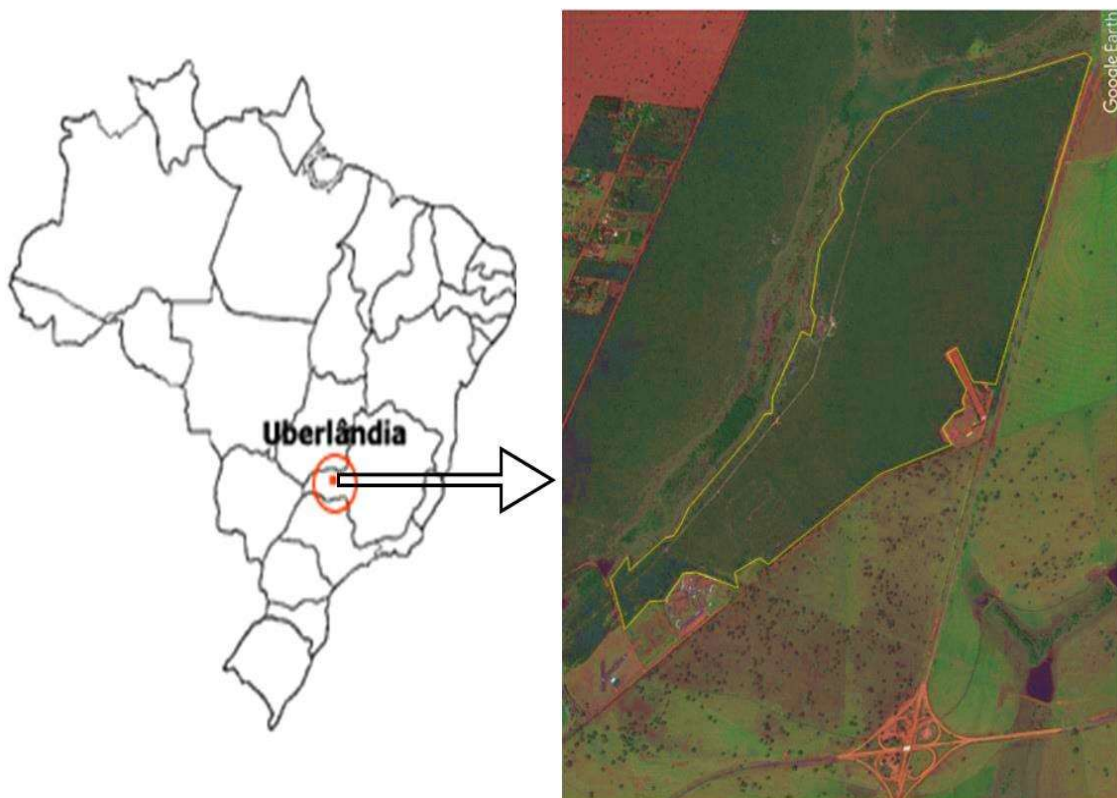


Figura 1. Mapa do Brasil, destacando o município de Uberlândia, no estado de Minas Gerais. Ao lado, a imagem aérea da área de estudo. A área circulado em amarelo representa a Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia. Foto de 19 de julho de 2018.

2.2. Espécie de planta

Heteropterys pteropetala A. Juss. é um arbusto de aproximadamente 2 metros, bastante comum na área de estudo (Réu e Del-Claro, 2005). A espécie apresenta dois nectários extraflorais na base de cada folha, na base do pedicelo dos botões florais e nas brácteas das inflorescências, servindo como atrativo principalmente para formigas. As inflorescências são panículas terminais, com flores róseas, zigomorfas com cinco pétalas e cinco sépalas. Na base de cada sépala, há dois elaióforos, totalizando de 8 a 10 glândulas de óleo por flor (Torezan-Silingardi, 2011). Cada flor pode gerar até três samaróides. O samaróide é um fruto morfologicamente adaptado à dispersão pelo vento (Barroso *et al.* 2004; Novaes *et al.* no prelo).

2.3. Biologia Floral

A biologia floral foi estudada com flores recém-abertas e botões florais em pré-antese, todos intactos e previamente ensacados com tecido de poliéster tipo Voal. A contagem e medição das estruturas florais foram feitas no Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações com Estereomicroscópio Nikon SMZ745T, Paquímetro digital LEE Tools com graduação até 0,01 mm e Microscópio de luz. Para o estudo da morfologia floral foram medidos em 20 flores recém-abertas e pré-ensacadas com Voal, o comprimento e a largura da flor, da pétala estandarte e das anteras, comprimento dos estiletos, o número de pétalas, sépalas, glândulas de óleo ou elaióforos, estames e carpelos. Cada flor foi coletada em uma planta diferente. Para a quantificação dos grãos de pólen e óvulos foram utilizadas as metodologias propostas por Kearns e Inouye (1993) com 10 botões previamente ensacados na fase de pré-antese, cada um coletado em um indivíduo diferente. Um modelo linear generalizado misto entre o número de grãos de pólen entre as anteras de filete longo e de filete curto foram analisadas no software RStudio através do pacote lme4. Para a viabilidade polínica, foram selecionadas outras 10 flores recém-abertas e previamente ensacadas, cada uma de um indivíduo diferente. As flores foram levadas ao Laboratório de Morfologia e Imagem onde os grãos de pólen foram removidos cuidadosamente das anteras com auxílio de uma pinça sobre uma lâmina, para permitir a contagem de 1.000 grãos de pólen. Tanto para a contagem total dos grãos de pólen quanto para a viabilidade polínica foi utilizado Carmim acético e método de varredura (Kearns e Inouye, 1993). A razão entre pólen/óvulo foi

calculada através do número total de grãos de pólen/número de óvulos para determinar o sistema reprodutivo segundo Cruden (1977).

A fenologia floral foi observada por dois dias em 10 plantas diferentes nas flores recém-abertas de cada uma delas de as 05:00 até as 18:00 h, com observações de 10 minutos a cada 30 minutos. Foi considerado o momento de ocorrência e a duração dos seguintes eventos: abertura de sépalas e pétalas, receptividade do estigma, abertura das anteras, e produção de odor (Faegri e Van der Pijl, 1979). A receptividade do estigma foi testada com peróxido de hidrogênio 3% em flores recém abertas e previamente ensacadas, cada flor foi utilizada uma única vez. O teste de disponibilidade de pólen foi realizado em uma superfície preta rugosa.

Além disso, foram quantificados os botões, flores e a altura de uma inflorescência aleatória em 30 plantas. Nessas mesmas plantas foi contabilizado o número de inflorescências e foi feita a estimativa da quantidade de flores disponíveis por indivíduo.

2.4. Sistema Reprodutivo

Para investigar o sistema reprodutivo de *H. pteropetala* foram selecionados 22 indivíduos adultos, com no mínimo quatro inflorescências. Linhas de algodão de cor diferente foram utilizadas no pedicelo para diferenciar os seguintes tratamentos:

- Polinização Natural (PN): botões florais em pré-antese foram marcados e deixados para livre visitação;
- Polinização Natural Ensacada (PNE): botões florais em pré-antese foram marcados e deixado para livre visitação. Entretanto, a flor foi ensacada após o primeiro dia da sua antese para evitar danos causados pelos herbívoros nos frutos em desenvolvimento;
- Polinização Cruzada Manual (PCM): para esse tratamento, foram utilizadas três flores previamente ensacadas (duas doadoras de pólen e a receptora do pólen), cada uma delas de indivíduos diferentes separados por pelo menos 20 metros de distância. Delicadamente, os grãos de pólen foram removidos da antera da flor doadora com uma pinça de ponta fina e transferidos para a superfície estigmática da flor receptora. Após a transferência dos grãos de pólen, a flor receptora foi novamente ensacada;
- Autopolinização Manual (APM): flores recém-abertas e previamente ensacadas tiveram os grãos de pólen removidos de sua antera e transferidos para sua própria

superfície estigmática. Após a aplicação desse tratamento, a flor foi novamente ensacada.

- Autopolinização Espontânea (APE): botões florais em pré-antese foram marcados e ensacados; e
- Agamospermia (AG): botões florais em pré-antese foram emasculados e posteriormente ensacados.

Cada um das 22 plantas utilizadas recebeu todos os tratamentos. Para cada tratamento foram utilizados seis botões florais em pré-antese por planta, totalizando 132 botões florais/tratamento e um total de 792 botões florais. Após cerca de quatro semanas foram contabilizados o número de frutos formados e foram calculados:

- O índice de autoincompatibilidade (ISI), que é a razão da porcentagem entre os frutos formados pela autopolinização manual e pela polinização cruzada manual (sensu Bullock, 1985), e
- O índice de eficácia reprodutiva (REI), que é a razão da porcentagem entre os frutos formados pela polinização natural e pela polinização cruzada manual (sensu Zapata e Arroyo, 1978).

Além disso, para verificar a diferença entre o número de frutos formados pelos tratamentos foi aplicado um modelo linear generalizado utilizando o software RStudio através do pacote lme4. Os tratamentos Autopolinização Espontânea e Agamospermia foram retirados da análise estatística por não frutificarem.

2.5. Visitantes Florais

Os visitantes florais foram observados somente em plantas sem tratamentos e em dias ensolarados, com muitas flores abertas por dia e através de observações diretas. As observações aconteceram de 05:00 até as 18:00 h, totalizando 50 horas de esforço amostral, sendo 30 horas no período da manhã e 20 horas no período da tarde. Os visitantes foram coletados em outras plantas, montados e identificados com auxílio de especialistas e depositados no acervo da Universidade Federal de Uberlândia. Foram também classificados como polinizadores, pilhadores, predadores ou herbívoros florais dependendo de seu comportamento. A identificação das abelhas foi realizada seguindo o livro *Abelhas do Brasil* e o *Catálogo de Abelhas Moure*. O animal foi considerado polinizador efetivo quando ele

contactou os órgãos reprodutivos da flor (Torezan-Silingardi 2012; Alves-dos-Santos *et al.*, 2016; Alves-dos-Santos & Wittmann, 2000). Entretanto, um visitante pode somente coletar os recursos florais – polén, néctar e/ou óleo – sem promover a transferência do grão de pólen para a superfície do estigma, sendo considerado pilhador (Torezan-Silingardi 2012; Alves-dos-Santos *et al.*, 2016). Cinco botões florais foram coletados em 20 plantas (N=100) e transportados para o laboratório para verificar na lupa a existência de dano causado por herbívoros endofíticos. Além disso, quando possível, ocorreu a criação dos herbívoros endofíticos a partir de ovos, larvas ou pupas coletados no interior dos botões florais. Os herbívoros exofíticos foram observados e coletados simultaneamente com os visitantes florais, sempre que um indivíduo era visto causando dano ao tecido floral. Foi observado o local de dano, o comportamento exibido pelos herbívoros e quanto tempo ele permaneceu na flor e/ou botão floral.

3. RESULTADOS

3.1. Biologia Floral

A morfologia floral segue o padrão estabelecido para a família Malpighiaceae, com flores pequenas de simetria zigomorfa (Fig. 2A e 2B). O cálice é dialissépalo com cinco sépalas triangulares, com tricomas e dez glândulas de óleo epiteliais, elípticas e róseas, sendo um par de glândulas de óleo por sépala. A corola é dialipétala com cinco pétalas unguiculadas, de cor rosa e margem ligeiramente ondulada, sendo uma delas diferenciadas em pétala estandarte, geralmente na posição mais alta e com a porção inferior mais espessa. O androceu é formado por dez estames, sendo cinco altos e cinco baixos (Fig. 2C). As anteras são introrsas e amareladas, com inserção dorsifixa no filete, deiscência longitudinal e os grãos de pólen são arredondados (Fig. 2D). Os três carpelos são unidos apenas na região do ovário, com três estiletos livres e estigmas puntiformes. O ovário é súpero, tricarpelar, trilocular, com um óvulo de placentação axial por lóculo. As medidas das estruturas das flores estão apresentadas na Tabela 2. Anteras baixas tiveram mais grãos de pólen do que anteras altas e essa diferença foi estatisticamente diferente entre si ($\chi^2 = 7384.7$; $df = 1$; $p < 0.001$; Fig. 3). A média de grãos de pólen totais por flor foi de $18.317,9 \pm 1113,84$ ($\bar{X} \pm DP$). Os valores de viabilidade polínica (88,9 %) e razão pólen/óvulo (6105,96) foram considerados altos.

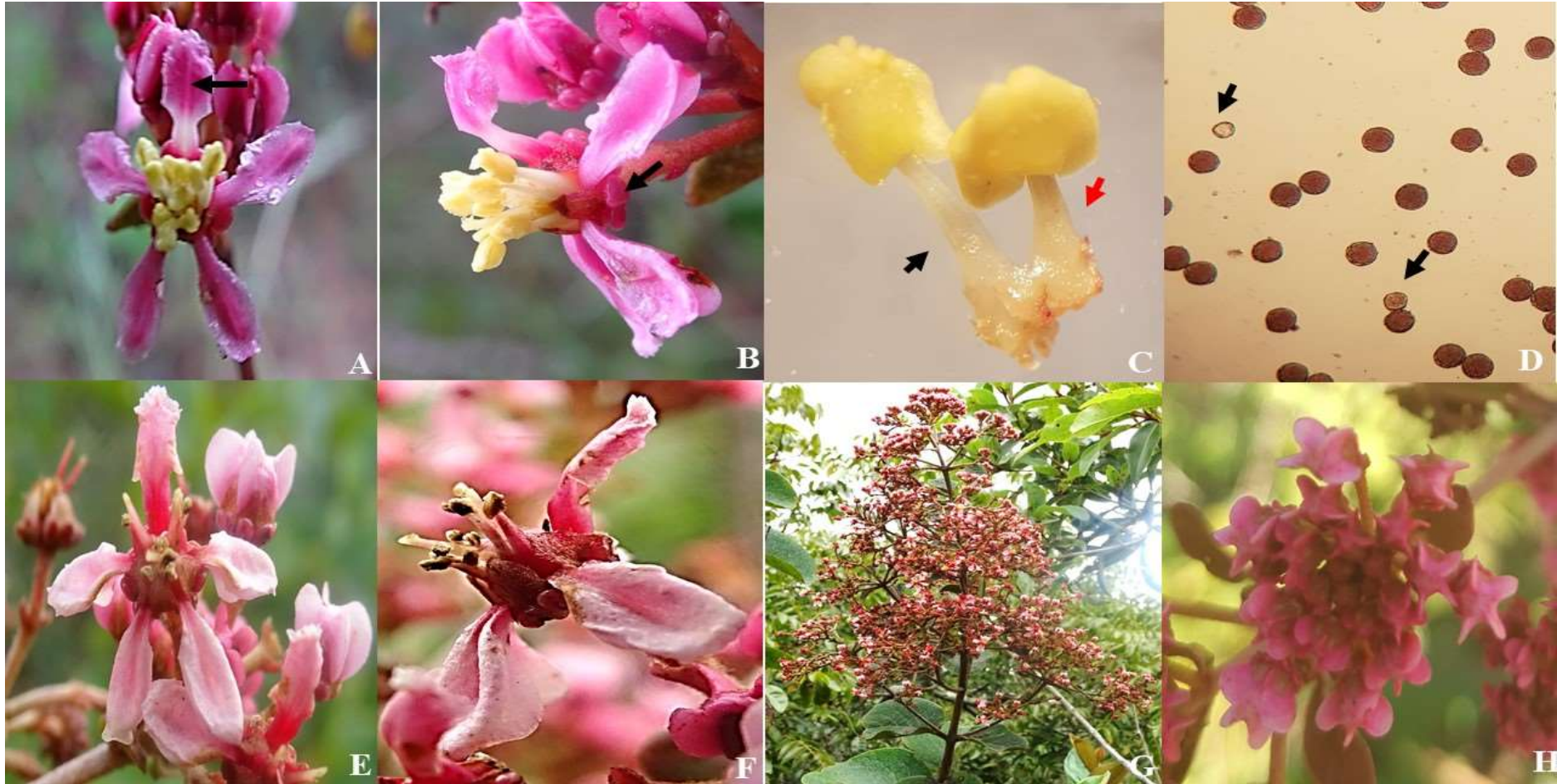


Figura 2. Biologia floral de *Heteropterys pteropetala*. **A:** Close da flor recém-aberta (a seta indica a pétala estandarte). **B:** Perfil da flor recém-aberta (a seta indica os elaióforos). **C:** Antera alta (esquerda, seta preta) e antera baixa (direita, seta vermelha). **D:** Grãos de pólen (as setas indicam dois grãos de pólen não viáveis). **E:** Close da flor no segundo dia no final da tarde. **F:** Perfil da flor no segundo dia no final da tarde. **G:** Inflorescência tipo panícula terminal. **H:** Maturação centrípeta dos botões florais.

Tabela 2. Características morfológicas das flores (em milímetros) de *Heteropterys pteropetala* na reserva ecológica do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, Brasil (n=20).

Características Florais	$\bar{X} \pm DP$
Altura da flor	10,44 \pm 1,35
Largura da flor	10,13 \pm 1,62
Comprimento da pétala estandarte	3,86 \pm 0,73
Largura da pétala estandarte	2,25 \pm 0,57
Comprimento da antera alta, inserida em filete longo	1,15 \pm 0,21
Largura da antera alta, inserida em filete longo	0,62 \pm 0,18
Comprimento do filete longo	2,98 \pm 0,75
Grãos de pólen por antera alta (n=10)	1.461 \pm 324,02
Comprimento da antera baixa, inserida em filete curto	1,21 \pm 0,26
Largura da antera baixa, inserida em filete curto	0,73 \pm 0,27
Comprimento do filete curto	0,97 \pm 0,35
Grãos de pólen por antera.baixa (n=10)	2.202,14 \pm 378,75
Comprimento do estilete	3,09 \pm 0,67

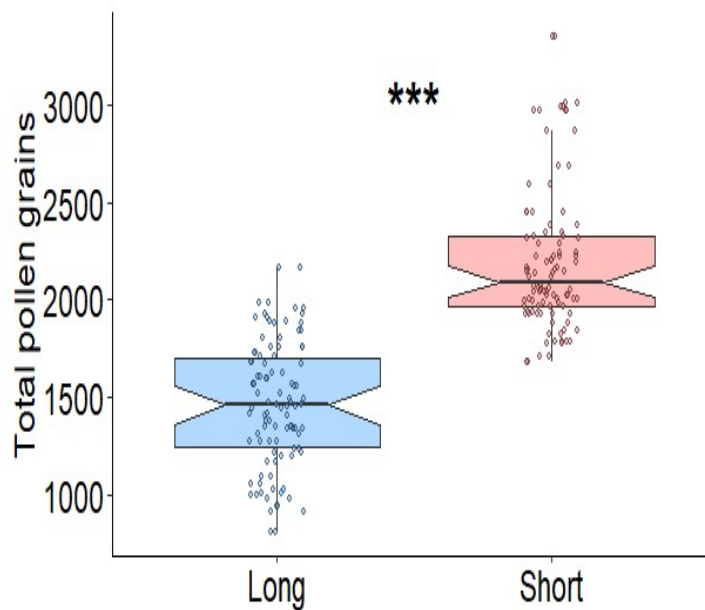


Figura 3. Quantidade de grãos de pólen nas anteras altas (azul) e anteras baixas (rosa) em *Heteropterys pteropetala*.

A antese floral foi iniciada por volta das 5 h da manhã, com a abertura das pétalas e a exposição dos estames e dos carpelos. A pétala estandarte foi a última a abrir. Por volta das 7:30 h as flores já estavam com as pétalas totalmente distendidas. Nas primeiras horas da manhã, as pétalas e as glândulas de óleo apresentaram coloração rósea intensa, com a base da pétala estandarte mais clara. O filete era branco ligeiramente amarelado, as anteras eram amarelas, o estilete era branco amarelado, podendo apresentar sua base avermelhada ou não e a superfície estigmática era branca. A liberação dos grãos de pólen ocorreu entre 5:30 e 7 h e o estigma ficou receptivo a partir das 7 h, quando os primeiros visitantes florais começaram a aparecer. Ao longo do dia, houve redução na quantidade de grãos de pólen nas anteras devido à coleta realizada pelos visitantes. No período da tarde, as flores começaram a ficar empalidecidas, apresentando as margens das pétalas sem a coloração intensa anterior e os lobos das anteras começaram a ficar pretos. Às 18 h a base da pétala estandarte ficava avermelhada. Nas primeiras horas da manhã do dia seguinte as pétalas das flores dobravam-se para trás e sua cor empalidecia, já com queda de algumas pétalas. Os filetes ficaram avermelhados e houve queda das anteras já vazias. Os estiletos também ficaram avermelhados, mas com a superfície estigmática amarelada (Fig 2E e 2F). No terceiro dia todas as pétalas e estames caíram, porém, os carpelos, os elaióforos e as sépalas persistiram

até a maturação dos frutos. No entanto, os elaióforos não produziram mais óleo e sua superfície era rugosa e murcha. Não houve odor perceptível em nenhum horário observado. Foi observada uma única flor com o processo de antese mais lento, no qual as pétalas demoraram até as 12:30 h para abrir totalmente.

As inflorescências de *H. pteropetala* são panículas terminais e medem de 11 a 38 centímetros de altura ($20,86 \pm 1,33$, $n=30$), com maturação centrípeta dos botões florais e elevado número de botões por inflorescência, de 112 a 613 ($364,83 \pm 30,66$, $n=30$) (Fig. 2G e 2H). Os indivíduos apresentam de uma a 12 inflorescências ($4,76 \pm 0,52$, $n=30$), e de uma a sete flores recém-abertas por dia por inflorescência ($1,93 \pm 0,50$, $n=30$). Estimamos uma média de 9,18 flores de *H. pteropetala* disponíveis por indivíduo ao dia na população estudada.

3.2. Sistema Reprodutivo

Os resultados dos testes reprodutivos estão sumarizados na Tabela 3. O índice de autoincompatibilidade (ISI) foi de 0,24 e o índice de eficácia reprodutiva (REI) foi de 1,31. A produção de frutos entre polinização cruzada manual, polinização natural e polinização natural ensacada não diferiram estatisticamente entre si, mas todas as três diferiram estatisticamente da frutificação por autopolinização manual ($\chi^2 = 15.612$; $df = 3$; $n=22$; $p < 0.01$; Fig. 4).

Tabela 3. Testes reprodutivos de *Heteropterys pteropetala* na RPPN do Clube Caça e Pesca Itoróro de Uberlândia, Minas Gerais.

Tratamentos	Frutificação (Flor/Sucesso)	Frutificação (Samaróides)	Samaróides/Flor
Polinização Natural	132/38	59	44,69 %
Polinização Natural Ensacada	132/30	54	40,90 %
Polinização Cruzada Manual	132/26	45	34,09 %
Autopolinização Espontânea	132/0	0	0 %
Autopolinização Manual	132/9	11	8,33 %
Agamospermia	132/0	0	0 %

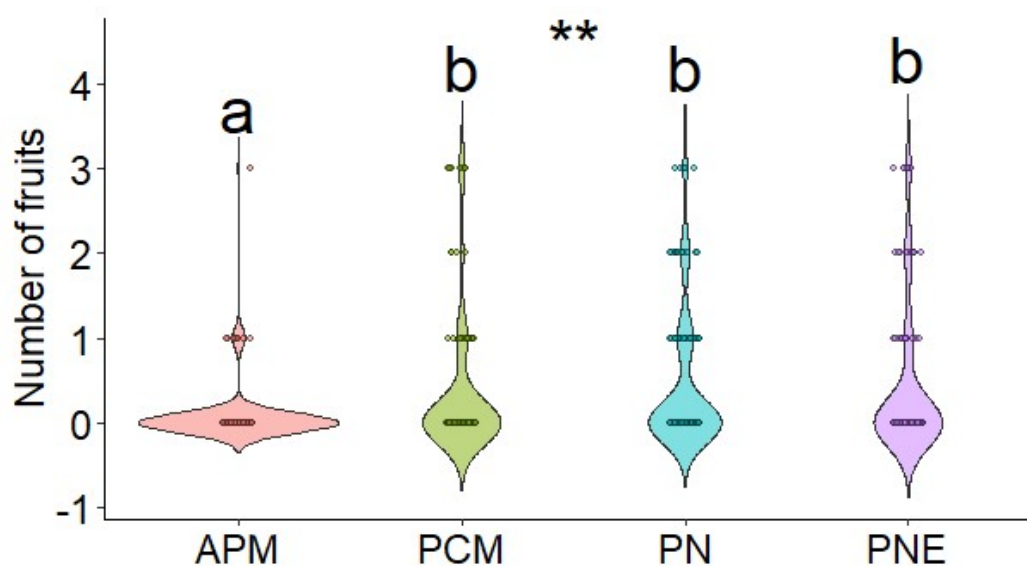


Figura 4. Diferença no número de frutos formados entre autopolinização manual (APM); polinização cruzada manual (PCM); polinização natural (PN) e polinização natural ensacada (PNE).

3.3. Visitantes Florais

Observamos uma guilda de visitantes florais muito diversa em *H. pteropetala*: polinizadores, pilhadores, herbívoros florais e predadores (Tabela 4). As abelhas foram consideradas polinizadoras e também pilhadoras, sendo representadas por nove espécies distribuídas em três tribos pertencentes a família Apidae: Centridini, Tapinotaspidini e Meliponini. Em um mesmo dia de observação, houve partição temporal das visitas das diferentes tribos de abelhas, mas não entre os outros visitantes. Uma espécie de mosca também foi considerada pilhadora. Os herbívoros foram representados por besouros e hemípteros. Os predadores encontrados foram formigas, vespas, louva-a-deus e aranhas.

Tabela 4. Visitantes florais de *Heteropterys pteropetala* (P= Polinizador; PE= Polinizador Eventual; Pi= Pilhador; Pr= Predador; H= Herbívoro).

Ordem	Família	Tribo/Guilda	Espécie
Hymenoptera	Apidae	Centridini/P	<i>Epicharis (Epicharis) bicolor</i> Smith, 1854
			<i>Epicharis (Epicharana) flava</i> Friese, 1900
			<i>Centris (Ptilotopus) cf. sponsa</i> Smith, 1854
		Tapinotaspidini/PE	<i>Lophopedia pygmaea</i> Schrottky, 1902
			<i>Paratetrapedia connexa</i> Vachal, 1909
			<i>Paratetrapedia</i> sp. Tapinotaspidini sp.
		Meliponini/Pi	<i>Trigonisca intermedia</i> Moure, 1990
			<i>Leurotrigona muelleri</i> Friese, 1900
			<i>Polistes versicolor</i> Olivier
Vespidae	Formicidae	Polistini/Pr	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1887
		Camponotini/Pr	<i>Cephalotes atratus</i> Linnaeus, 1758
		Attini/Pr	<i>Ectatomma tuberculatum</i> Olivier
Coleoptera	Chrysomelidae	Ectatommini/Pr	<i>Chlamisus minax</i> Lacordaire
		Chlamisini/H	<i>Machtima crucigera</i> Fabricius, 1803
		Acanthocerini/H	Indeterminada
Hemiptera	Coreidae	Indeterminada/H	Indeterminada
		Indeterminada	Indeterminada
Diptera	Tachinidae	Indeterminada/Pi	Indeterminada
Mantodea	Acanthopidae	Acontistini/Pr	<i>Acontista cf. brevipennis</i> Saussure, 1872
		Indeterminada/Pr	Indeterminada sp1
Araneae	Salticidae	Indeterminada/Pr	Indeterminada sp2

As diferentes tribos de abelhas apresentaram pouca sobreposição temporal das visitas nas flores. As abelhas da tribo Centridini (Fig. 5A e 5B) foram consideradas polinizadoras efetivas, coletando óleo e/ou grãos de pólen em vários períodos do dia. Essas abelhas são as primeiras a chegar nas flores, muitas vezes até auxiliando/forçando a abertura das pétalas ao redor das 7:00 h e com um novo pico de visitação ao redor das 14:30 h. Durante a coleta do óleo, essas abelhas apoiavam-se na pétala estandarte com a mandíbula e raspavam os elaióforos com o primeiro e segundo par de pernas. Com isso, a porção ventral do tórax e parte do abdomen dessas abelhas tocava as anteras e a pelagem ficava repleta de pólen, possibilitando a promoção da polinização das flores visitadas a seguir. A coleta do pólen foi realizada pelo processo de vibração dos músculos torácicos de voo, após a abelha envolver as anteras com o primeiro e segundo pares de pernas. A coleta do pólen por vibração foi sempre mais rápida que a coleta do óleo por raspagem. As abelhas Centridini visitaram várias flores em um mesmo indivíduo.

As abelhas da tribo Tapinotaspidini (Fig. 5C) foram observadas somente no período da manhã e após as Centridini, por volta de 8:30 a 9 h. As Tapinotaspidini foram consideradas polinizadoras eventuais, pois tocaram nos estigmas e nas anteras apenas durante a coleta de pólen. Durante a coleta de óleo as Tapinotaspidini raspavam os elaióforos por trás da flor, geralmente sem tocar nas anteras, num comportamento tipicamente pilhador.

As abelhas da tribo Meliponini foram observadas após as visitas de abelhas Centridini e Tapinotaspidini, ao redor das 10 h. As Meliponini foram consideradas pilhadoras de pólen. Elas pousavam sobre as anteras e retiravam o pólen preferencialmente das anteras altas, sem realizar sua transferência até o estigma. As anteras baixas geralmente não eram tocadas pelas Meliponini. Quando comparada com Centridini, abelhas Tapinotaspidini visitaram menos flores no indivíduo. Um único exemplar de mosca pertencente à família Tachinidae foi observado pousado sobre a pétala estandarte pilhando grãos de pólen, no período da manhã.

Herbívoros e predadores não apresentaram horários preferenciais nas flores. Os principais herbívoros florais registrados foram o coleóptero *Chlamisus minax* (Fig. 5D) e o hemíptero *Machtima crucigera* (Fig. 5E), todos eles exofíticos. Larvas de *C. minax* estavam presentes nos botões florais, utilizando-os como alimento. Numerosas ninfas e adultos de *M. crucigera* foram observadas sugando a seiva dos ramos das inflorescências, próximo das flores e botões. Além disso, ninfas de hemípteros de espécie indeterminada também estavam

presentes alimentando-se das flores. Não foram encontrados herbívoros endofíticos nos botões analisados, embora tenhamos observado dano nas suas pétalas, anteras e ovário.

Os predadores encontrados nas inflorescências de *H. pteropetala* foram vistos ao longo do dia, principalmente nos horários da manhã. A vespa *Polistes versicolor* e as formigas *Camponotus crassus* (Fig. 5F), *Cephalotes atratus*, *Ectatomma tuberculatum*, o louva-a-deus *Acontista* cf. *brevipennis* (Fig. 5G) e as aranhas (Fig. 5H), foram considerados predadores, pois foram observados atacando outros insetos. As formigas foram observadas nos períodos da manhã e tarde forrageando nos nectários extraflorais presentes nas brácteas das inflorescências.



Figura 5. Visitantes florais de *Heteropterys pteropetala*. **A:** *Centris cf. sponsa*. **B:** *Epicharis flava*. **C:** *Paratetrapedia sp.* **D:** *Chlamisus minax*. **E:** *Machtima crucigera*. **F:** *Camponotus crassus*. **G:** *Acontista cf. brevipennis*. **H:** Aranha Salticidae.

4. DISCUSSÃO

4.1. Biologia Floral

Nossa primeira hipótese de que a biologia floral segue o padrão da família Malpighiaceae foi aceita, considerando-se os verticilos florais e a quantidade de estruturas em cada um deles. O padrão das flores da família Malpighiaceae, assim como o das flores de *H. pteropetala* aqui estudadas foi muito semelhante. A flor é pentâmera, hermafrodita, com cinco sépalas com um par de elaióforos cada, cinco pétalas unguiculadas sendo uma pétala estandarte e outras quatro pétalas semelhantes entre si. Isso segue o padrão apresentado por Anderson (1979) e Vogel (1974). *Heteropterys pteropetala* apresentou uma característica já conhecida para algumas poucas espécies da família, que são caracterizadas por duas alturas das anteras, sendo cinco anteras altas e cinco anteras baixas. Anderson (1979) considera as flores da família Malpighiaceae apresentando anteras com diferentes formatos e tamanhos. Espécies de *Byrsonomia* já foram relatadas por Pedro (1994) considerando anteras longas e anteras mais curtas. No entanto, essa diferença na altura das anteras não foi considerada por vários autores e, conseqüentemente, a diferença no número de grãos de pólen entre essas anteras também não (Benezar & Pessoni, 2006; Costa *et al.*, 2006; De-Siqueira *et al.*; 2011; Mendes *et al.*, 2011). Entretanto, na família Fabaceae, especificamente no gênero *Senna*, já foi registrado diferença no número e tamanho dos grãos de pólen entre as anteras (Carvalho & Oliveira, 2003; Wolowski & Freitas, 2010). Na família Melastomataceae as anteras apresentam duas alturas diferentes, com diferença significativa na quantidade de grãos de pólen entre as anteras altas e anteras baixas (Velloso *et al.*, 2018). Essa diferença no tamanho e altura dos estames pode estar relacionada à divisão funcional das anteras, ou seja, aquelas com estames altos promoveriam a polinização e aquelas com estames baixos serviriam para a alimentação do polinizador (Luo *et al.*, 2008; Velloso *et al.*, 2018), fato já constatado para espécies de Melastomataceae e Fabaceae. Na família Malpighiaceae os diferentes níveis de anteras também podem estar relacionados a essa divisão funcional das anteras como encontrado em outras famílias, porém mais estudos futuros com espécies de Malpighiaceae são necessários para compreender essa diferença.

As espécies da família Malpighiaceae apresentam uma variação no hábito e na morfologia dos frutos (Barroso *et al.*, 2004), mas a morfologia floral é muito uniforme provavelmente devido ao modo de polinização, que se deu através da pressão seletiva dos polinizadores para a coleta do óleo (Vogel, 1974; Sazima & Sazima, 1989; Anderson, 1990).

As características florais de *H. pteropetala* se encaixam na síndrome de melitofilia (Faegri & Van der Pijl, 1979), como zigomorfia, cor rosa e antese diurna, típico na família (Anderson, 1990), porém com perfume ausente. Em especial, a pétala estandarte localizada geralmente na posição mais alta, funciona como uma orientação do posicionamento para o pouso da abelha na flor, além de suporte para que a abelha se sustente com a mandíbula para coleta de óleo (Anderson, 1990; Vogel, 1990). O diâmetro médio da flor de 10,13 mm é aproximado ao diâmetro floral de *Heteropterys alternifolia* com 14,50 mm, de *Byrsonima microphylla* com 13,70 mm e de *B. sericea* com 12,13 mm (Costa *et al.*, 2006). A razão pólen/óvulo de *H. pteropetala* de 6105,96 indica que o sistema reprodutivo da espécie é xenogâmico (Cruden, 1977). Malpighiaceae apresenta algumas espécies xenogâmicas, como *Byrsonima sericea* (Teixeira & Machado, 2000), *B. crassa*, *B. verbascifolia*, *B. coccolobifolia* (Batista *et al.*, 2005) e *B. gardnerana* (Bezerra *et al.*, 2009).

A flor de *H. pteropetala* se manteve na planta por até três dias e as características florais foram se modificando ao longo do tempo. As flores ficaram vistosas apenas durante o primeiro dia de antese, quando a polinização poderia acontecer devido à receptividade do estigma. Já no segundo dia, observamos alterações na coloração da pétala e pistilo, sem possibilidade de recepção polínica, além das anteras já estarem vazias e todo o estame mudar de cor. No terceiro dia, os estames e as pétalas não estavam mais presentes. Esses fatos também foram observados para outras espécies da família (Benezar & Pessoni, 2006; Costa *et al.*, 2006; Mendes *et al.*, 2011; Barônio *et al.*, 2017). A mudança na coloração das flores pode servir como indicativo para as abelhas. As flores velhas podem ampliar o display floral a longas e médias distâncias, enquanto que a curtas distâncias a flor velha pode ser identificada pelo empalidecimento da corola e alterações nas anteras. Também a ausência de recurso floral poderá ser notada quando a abelha estiver próxima da flor, assim haverá o redirecionamento das abelhas para flores recém-abertas, receptivas e com pólen e óleo. Dessa forma, evita-se um possível dano no pistilo já polinizado anteriormente, e a remoção de grãos de pólen já depositados nos estigmas daquelas flores (Weiss, 1995; Weiss & Lamont, 1997; Ruxton & Schaefer, 2016). Não detectamos odores florais e sugerimos que estudos futuros utilizem técnicas mais complexas para detecção de odores.

4.2. Sistema Reprodutivo

O sistema reprodutivo de *H. pteropetala* mostrou dependência de polinizadores para a frutificação, corroborando nossa segunda hipótese. Várias outras espécies de Malpighiaceae também dependem de polinizadores para a frutificação, como *H. alternifolia* (Costa *et al.* 2006), *H. tomentosa* (Coelho *et al.*, 2011), *Banisteriopsis adenopoda*, *Ba. lutea*, *Ba. muricata*, *Ba. pubipetala*, *Dicella bracteosa*, *Mascagnia anisopetala*, *M. cordifolia*, *M. sepium* *Stigmaphyllon lalandianum*, *Tetrapteryx guilleminiana* e *T. phlomoides* (Sigrist & Sazima 2004), *Pteranda pyroidea* (Cappellari *et al.*, 2011), *Byrsonima cydoniifolia* (Sazan *et al.*, 2014), *B. intermedia* e *B. pachyphylla* (Boas *et al.*, 2013), *B. lucida* (Downing & Liu, 2013) e *B. sericea* (Teixeira & Machado, 2000). Entretanto, a formação de frutos por autopolinização espontânea já foi registrada em outras espécies da família, como em *Byrsonima crassa*, *B. verbascifolia*, *B. coccolobifolia* (Batista *et al.*, 2005), *B. rotunda* (Mendes *et al.*, 2011), *B. pachyphylla* (Boas *et al.*, 2013), *B. cydoniifolia* (Sazan *et al.*, 2014), *Banisteriopsis adenopoda*, *Mascagnia anisopetala*, *Tetrapteryx guilleminiana* (Sigrist & Sazima, 2004) e em diferentes variedades de *Malpighia emarginata* (De-Siqueira *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2013). Protandria, homoestilia entre o verticilo de estames mais altos e o pistilo e a presença da cutícula estigmática seca podem atuar como barreiras da autopolinização espontânea na família Malpighiaceae (Heslop-Harrison & Shivanna, 1977; Sigrist & Sazima, 2004). A frutificação após agamosperma parece não ser comum nas Malpighiaceae, sendo encontrada em poucas espécies, como *Banisteriopsis pubipetala* (Sigrist & Sazima, 2004), *Byrsonima cydoniifolia* (Sazan *et al.*, 2014), *B. rotunda* (Mendes *et al.*, 2011) e em cinco espécies de *Peixotoa* (Anderson, 1982), além de *P. tomentosa* (informação pessoal HMTS).

A frutificação por polinização natural e polinização natural ensacada não diferiram estatisticamente entre si. Isso sugere que os danos posteriores à polinização, devido à herbivoria floral ou à quebra acidental das partes da flor por animais, não altera significativamente a frutificação de *H. pteropetala*. A presença de predadores de florívoros na área pode ter contribuído para a semelhança encontrada nesses dois tipos de frutificação. Também o tempo reduzido de exposição da flor, receptiva apenas no primeiro dia e apresentando queda das estruturas ao longo do segundo e terceiro dias, reduz a sua atratividade a curta distância para os visitantes. Além disso, o tamanho reduzido da corola, anteras e pistilo não oferecem muito recurso alimentar para herbívoros. Estudos que ressaltam as interações envolvidas entre frutificação e herbivoria são escassos na literatura. Torezan-Silingardi & Oliveira (2004) verificaram alta presença de larvas endofíticas nos frutos

formados pela polinização natural em *Myrcia tomentosa* (Myrtaceae), quando comparada aos demais testes reprodutivos. Parte dos frutos de polinização natural teve sua semente consumida, prejudicando a manutenção da espécie na área. Observações em campo mostraram uma alta produção de frutos em *H. pteropetala*, alguns deles com sinais de herbivoria na asa do samaróide, o que pode comprometer sua dispersão a maiores distâncias.

Segundo Bullock (1985) valores de índice de autoincompatibilidade $< 0,25$ indicam que a espécie é auto-incompatível e necessita de polinizadores para sua frutificação. *Heteropterys pteropetala* apresentou o índice de autoincompatibilidade (0,24) que a caracteriza como uma espécie auto-incompatível. Nesse sentido, a polinização cruzada é primordial para a frutificação da espécie. Espécies de Malpighiaceae já foram relatadas tanto com índices abaixo quanto acima de 0,25 (Benezar & Pessoni, 2006; Boas *et al.*, 2013), sugerindo que essa família possui indivíduos autógamos e alógamos.

O valor da eficácia reprodutiva encontrado para *H. pteropetala* (1,31) foi considerado elevado, indicando que houve uma alta frutificação por polinização natural em comparação com a polinização cruzada. Dessa forma fica evidenciado que as abelhas polinizadoras de *H. pteropetala* na área de estudo foram eficientes na transferência dos grãos de pólen. Plantas nativas do Cerrado apresentam valores médios de eficácia reprodutiva de 0,51 (Oliveira & Gibbs, 2000), um valor menor do que o encontrado nesse estudo, mas próximo ao encontrado para espécies do gênero *Byrsonima* (Batista *et al.*, 2005; Mendes *et al.*, 2011). Valores altos também foram encontrados para outras famílias, como Myrtaceae (Torezan-Silingardi & Del-Claro 1998; Torezan-Silingardi & Oliveira, 2004; Nucci & Alves-Junior, 2017) e Annonaceae (Paulino-Neto, 2014), sugerindo que a manipulação das flores, especialmente as pequenas, pode causar algum dano no pistilo e refletir na queda da frutificação.

4.3. Visitantes Florais

Os visitantes florais foram compostos por animais com diferentes funções ecológicas, como abelhas polinizadoras e insetos pilhadores, predadores e florívoros, corroborando nossa terceira hipótese. Foram observadas um total de nove espécies de abelhas pertencentes a família Apidae distribuídas nas tribos Centridini (3 spp), Tapinotaspidini (4 spp) e Meliponini (2 spp). Abelhas das tribos Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapedini são consideradas as principais polinizadoras da família Malpighiaceae (Sazima & Sazima, 1989; Vogel, 1990;

Rasmussen & Olesen, 2000). No nosso estudo as abelhas Tetrapedini não foram observadas. As abelhas polinizadoras visitaram várias flores em um mesmo indivíduo antes de se deslocar para outra planta próxima. Esse comportamento promove a autogamia e a gueitonogamia, além da xenogamia. Dessa forma a troca gênica entre indivíduos pode ser reduzida e o fitness da semente nem sempre é beneficiado (Primack & Rodrigues, 2001; Barônio *et al.*, 2016).

Muitos estudos ressaltam a importância das abelhas Centridini como polinizadoras efetivas da família por causa do comportamento de coleta de óleo (Vogel, 1990; Teixeira & Machado, 2000; Ganglianone, 2005; Costa *et al.*, 2006; Rego *et al.*, 2006; Mendes *et al.*, 2011; Sazan *et al.*, 2014). As fêmeas de Centridini coletam o óleo raspando os elaióforos localizados na base das sépalas com o primeiro e segundo pares de pernas e o transferem para o terceiro par de pernas para leva-lo até ninho (Vogel, 1990; Alves-dos-Santos, 2007). Durante o processo de coleta de óleo, o atrito do ventre da abelha contra o estigma seco promove o rompimento das células da cutícula ou superfície estigmática, já que as espécies da família Malpighiaceae apresentam caracteristicamente o estigma seco (Heslop-Harrison & Shivanna, 1977; Sazima & Sazima, 2000). Esse rompimento expõe o conteúdo intracelular e torna o estigma úmido, capaz de aderir os grãos de pólen trazidos pela abelha. Nessa etapa o pólen pode absorver parte da umidade presente, se hidratar e iniciar o desenvolvimento do tubo polínico, etapas necessárias e anteriores à fecundação (Heslop-Harrison, 1992; Pinheiro *et al.*, 2003). Além do óleo, o pólen também é um recurso floral especialmente rico em proteínas procurado por essas abelhas para ser estocado nas células de cria e servir de alimento para a prole (Brodschneider & Crailsheim, 2010; Rech *et al.*, 2014). Para *H. pteropetala*, observamos que as Centridini coletaram tanto óleo quanto pólen em vários períodos do dia e foram consideradas polinizadoras da espécie, visto que durante as suas visitas essas abelhas sempre contatavam as estruturas reprodutivas da flor. A coleta dos grãos de pólen por essas abelhas era feita por vibração, o que nem sempre é comum para flores com anteras de deiscência longitudinal (Silva & Fonseca, 2010). O comportamento de coleta de grãos de pólen por vibração das abelhas Centridini também foi observado em espécies de outros gêneros de Malpighiaceae, como por exemplo *Banisteriopsis* (Sigrist & Sazima, 2004; Barônio & Torezan-Silingardi, 2016), *Byrsonima* (Teixeira & Machado, 2000; Costa *et al.*, 2006; Mendes *et al.*, 2011; Boas *et al.*, 2013; Sazan *et al.*, 2014), *Malpighia* (De-Siqueira *et al.*, 2011), *Stigmaphyllon* (Sigrist & Sazima, 2004) e *Peixotoa* (Barônio & Torezan-Silingardi 2016).

As abelhas da tribo Tapinotaspidini, foram consideradas por nós como polinizadoras eventuais por contatar os órgãos reprodutivos da flor durante a coleta de pólen. Essas abelhas também são especializadas na coleta de óleo (Sigrist & Sazima, 2004; Aguiar & Melo, 2009). Mesmo apresentando maior riqueza que as Centridini, as abelhas Tapinotaspidini também foram consideradas polinizadoras eventuais por visitarem as flores de *H. pteropetala* em menor frequência. Em outras espécies da família Malpighiaceae, espécies de Tapinotaspidini já foram consideradas pilhadoras de pólen (Teixeira & Machado, 2000).

As abelhas da tribo Meliponini foram consideradas pilhadoras porque pousavam diretamente nas anteras e coletavam os grãos de pólen, sem contatar os estigmas. Um estudo anterior na mesma área e com espécies de Malpighiaceae verificou que outra espécie da tribo Meliponini, *Trigona spinipes*, agiu como pilhadora de óleo floral ao coletar esse recurso posicionando-se por baixo da flor, sem contatar os órgãos reprodutores (Barônio & Torezan-Silingardi, 2016). Segundo os autores, a espécie tocava os elaióforos com a probóscide e membros anteriores, coletando o óleo e transferindo para o abdômen ou corbícula. Mendes e colaboradores (2011) também verificaram coleta de óleo por *Frieseomelitta* sp. em espécies de *Byrsonima* sp. Para *H. pteropetala*, os meliponíneos observados pilhavam o pólen raspando as anteras, sem contato com os elaióforos. A maior atividade dessas abelhas foi no período matutino, coincidindo com as observações de Teixeira & Machado (2000) e de Mendes e colaboradores (2011), pois nesse período há muitas flores abertas e ainda com recursos florais, pólen e óleo, disponíveis.

Alguns insetos registrados estavam envolvidos indiretamente na frutificação, como os herbívoros e os predadores. O besouro *Chlamisus minax*, e os hemípteros *Machtima crucigera* e várias ninfas de hemípteros foram os principais herbívoros observados no presente estudo. Um trabalho na mesma área sobre a história natural e biologia de *C. minax* verificou que essa espécie apresenta um ciclo de vida anual e se alimenta intensamente de botões florais de *H. pteropetala* (Réu & Del-Claro, 2005). Os florívoros podem comprometer a frutificação das espécies vegetais (McCall, 2008; Ferreira & Torezan-Silingardi, 2013), mesmo quando predadores eficientes estão presentes (Torezan-Silingardi, 2011; Alves-da-Silva *et al.*, 2014). Os hemípteros apresentam hábitos alimentares variados, podendo ser predadores, hematófagos ou fitófagos (Schuh & Slater, 1995). Os hemípteros da família Coreidae são fitófagos conhecidos por se alimentar da seiva dos ramos e folhas (Chordas & Kovarik, 2008), dessa forma eles também podem se aproveitar das flores e botões. A espécie de hemíptero *Leptoglossus zonatus* da família Coreidae já foi registrada alimentando-se de folhas e frutos

de *Malpighia emarginata* (Malpighiaceae), *Morus nigra* (Moraceae) e *Mangifera indica* (Anacardiaceae), espécies importantes na agricultura (Pires *et al.*, 2012). *Machtima crucigera* (Coreidae) foi encontrada sempre sugando a seiva dos ramos das inflorescências da espécie aqui estudada. Durante o período da florada de *H. pteropetala*, esses herbívoros mostraram-se bastante abundantes nos botões florais e nos ramos das inflorescências da espécie. No entanto, no mês de março, quando há poucos botões e flores em *H. pteropetala* e os frutos começam a se desenvolver, *C. minax* e *M. crucigera* não foram mais observados.

As vespas predadoras visitam as flores de Malpighiaceae para predação insetos (Torezan-Silingardi, 2011; Alves-Silva *et al.* 2014), e são tão eficientes na predação quanto as formigas (Del-Claro & Alves-Silva, 2016). Há registros na literatura de vespas atacando os polinizadores (Clemente *et al.*, 2017) e mesmo outros predadores, como aranhas (Eberhard, 2019). Durante nossas observações em campo, não conseguimos registrar nenhum comportamento predatório de *Polistes versicolor*. Entretanto, essa espécie pode predação insetos da ordem Lepidoptera e Coleoptera (Prezoto *et al.*, 2006). Os polinizadores também evitam visitar flores com a presença de formigas (Assunção *et al.*, 2014). Naquele estudo desenvolvido na mesma área, os autores mostraram que flores de *H. pteropetala* eram menos visitadas pelos polinizadores quando formigas artificiais estavam presentes nas flores próximas dos nectários extraflorais. Curiosamente, em nosso estudo, as inflorescências nas quais formigas estavam presentes, forrageando nos nectários extraflorais próximos das flores, também não foram visitadas pelas abelhas polinizadoras. As formigas dos gêneros *Camponotus* e *Ectatoma* apresentam comportamento agressivo (Miguel & Del-Claro, 2005; Alves-Silva *et al.*, 2013). Durante nossas observações, registramos formigas *E. tuberculatum* atacando uma vespa. Os representantes da ordem Mantodea são eficientes na captura de presas pelo comportamento raptorial (Wieland, 2008). Vimos o louva-a-deus *Acontista cf brevipennis* forrageando sobre os botões florais de *H. pteropetala*, no entanto sua atuação para predação ou afugentar herbívoros florais foi considerada discreta devido à sua raridade.

5. CONCLUSÕES

O resultado inovador do trabalho foi a diferença na quantidade de grãos de pólen nos dois níveis das anteras, fato não encontrado na literatura da família Malpighiaceae por nós. Estudos futuros podem ajudar a compreender a verdadeira função nessa diferença de grãos de pólen entre os níveis da antera para a família. Análises protéicas dos grãos de pólen e observações em campo para verificar qual dos níveis de antera são coletados primeiro pelas abelhas polinizadoras podem ser realizadas. Esse estudo mostrou também que *H. pteropetala* apresenta morfologia floral típica da família Malpighiaceae, alta dependência de polinizadores para a frutificação e grande diversidade de visitantes florais. As espécies da família são importantes na área de estudo, pois sustentam uma vasta gama de interações ecológicas inseto-planta. Destacamos a interação polinizador-planta, visto que as abelhas coletoras de óleo possuem uma relação intensa com a família, o que torna as espécies de Malpighiaceae fundamentais na manutenção da diversidade de polinizadores. Mesmo abelhas não especializadas na coleta do óleo podem se beneficiar dela pela coleta de pólen. As abelhas polinizadoras da área de estudo foram eficientes na transferência de grãos de pólen para a espécie, promovendo a formação de vários frutos por planta. Em virtude da fragmentação de áreas naturais e da grande quantidade de agrotóxicos utilizadas nas plantações próximas, populações de espécies vegetais e animais, especialmente polinizadores como as abelhas, estão em declínio cada vez mais. Estudos como esse tornam-se importante para entender as interações ecológicas envolvidas entre plantas e animais presentes na área, contribuindo para a escolha de novas áreas prioritárias de conservação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, A. J., & Melo, G. A. 2009. Notes on oil sources for the bee genus *Caenonomada* (Hymenoptera, Apidae, Tapinotaspidini). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(1): 154-156. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000100033>
- Almeida-Soares, S., Polatto, L. P., Dutra, J., & Torezan-Silingardi, H. M. 2010. Pollination of *Adenocalymma bracteatum* (Bignoniaceae): floral biology and visitors. *Neotropical Entomology*, 39(6): 941-948. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600015>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alves-Silva, E., Bächtold, A., Barônio, G. J., & Del-Claro, K. 2013a. Influence of *Camponotus blandus* (Formicinae) and flower buds on the occurrence of *Parrhasius polibetes* (Lepidoptera: Lycaenidae) in *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae). *Sociobiology*, 60(1): 30-34. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i1.30-34>
- Alves-Silva, E., Barônio, G. J., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. 2013b. Foraging behavior of *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae) on *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae): Extrafloral nectar consumption and herbivore predation in a tending ant system. *Entomological Science*, 16(2): 162-169. <https://doi.org/10.1111/ens.12004>
- Alves-Silva, E., Bächtold, A., Barônio, G. J., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. 2015. Ant-herbivore interactions in an extrafloral nectaried plant: are ants good plant guards against curculionid beetles?. *Journal of natural history*, 49(13-14): 841-851. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.954020>
- Alves-dos-Santos, I. & Wittmann, D. 2000. Legitimate pollination of the trimorphic flowers of *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) by *Ancyloscelis gigas* bees (Anthophoridae, Apoidea). *Plant Systematic and Evolution*. 223: 127-137. <https://doi.org/10.1007/BF00985274>

- Alves-dos-Santos, I., Silva, C. I. D., Pinheiro, M., & Kleinert, A. D. M. P. 2016. Quando um visitante floral é um polinizador?. *Rodriguésia*, 67(2): 295-307. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667202>
- Amorim, A. M., Vasconcelos, L. V., & Silva Júnior, V. S. 2018. Flora of the canga of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: Malpighiaceae. *Rodriguésia*, 69(3): 1221-1235. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869324>
- Anderson, W. R. 1979. Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica*: 219-223. Anderson, W.R. 1982. A monograph of the genus *Peixotoa* (Malpighiaceae). *Contrib. Univ. Mich. Herb.* 5:1-92. <https://doi.org/10.2307/2388042>
- Anderson, W. R. 1990. The origin of the Malpighiaceae-the evidence from morphology. *Webapps. Isa. umich. edu.*, 17. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000200009>
- Andrade, L. A. Z., Felfili, J. M. & Violatti, L. 2002. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. *Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. Acta Botanica Brasilica*, 16(2): 225-240
- Appolinario, V. & I. Schiavini. 2002. Levantamento fitossociológico de espécies arbóreas de cerrado (*stricto sensu*) em Uberlândia - Minas Gerais. *Bol. Herb. Ezechias Paulo Heringer* 10: 57–75.
- Araújo, G.M., J.J. Nunes, A.G. Rosa & E.J. Resende. 1997. Estrutura comunitária de vinte áreas de cerrados residuais no município de Uberlândia, MG. *Daphne* 7: 7–14.
- Assunção, M. A., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. 2014. Do ant visitors to extrafloral nectaries of plants repel pollinators and cause an indirect cost of mutualism?. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(5-6): 244-249. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.03.003>
- Bächtold, A., Silva, E. A., & Del-Claro, K. 2016. Ants, plant characteristics and habitat conservation status affect the occurrence of myrmecophilous butterflies on an extrafloral nectaried Malpighiaceae. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 51(2): 112-120. <https://doi.org/10.1080/01650521.2016.1198192>

- Barônio, G. J., & Del-Claro, K. 2018. Increase in ant density promotes dual effects on bee behaviour and plant reproductive performance. *Arthropod-plant interactions*, 12(2): 201-213. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9573-x>
- Barônio, G. J., Maciel, A. A., Oliveira, A. C., Kobal, R. O., Meireles, D. A., Brito, V. L., & Rech, A. R. 2016. Plantas, polinizadores e algumas articulações da biologia da polinização com a teoria ecológica. *Rodriguésia*, 67(2): 275-293. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667201>
- Barônio, G. J., Haleem, M. A., Marsaioli, A. J., & Torezan-Silingardi, H. M. 2017. Characterization of Malpighiaceae flower-visitor interactions in a Brazilian savannah: How do floral resources and visitor abundance change over time. *Flora*, 234: 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.07.015>
- Barônio, G. J., & Torezan-Silingardi, H. M. 2016. Temporal niche overlap and distinct bee ability to collect floral resources on three species of Brazilian Malpighiaceae. *Apidologie*, 48(2): 168-180. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0462-6>
- Barroso, G. M., Morim, M. P., Peixoto, A. L., & Ichaso, C. L. F. 2004. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 443p.
- Batista, J. A., Pacheco, M. F. J., & dos Santos, M. L. 2005. Biologia reprodutiva de três espécies de *Byrsonima* Rich. Ex Kunth (Malpighiaceae) em um cerrado sensu stricto no campus da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil. *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*, 2(2): 109-122.
- Bauer, D. M., & Wing, I. S. 2016. The macroeconomic cost of catastrophic pollinator declines. *Ecological Economics*, 126: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.01.011>
- Benezar, R. M. C., & Pessoni, L. A. 2006. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. *Acta amazonica*, 36(2): 159-168. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000200005>
- Bezerra, E. S., Lopes, A. V., & Machado, I. C. 2009. Reproductive biology of *Byrsonima gardnerana* A. Juss.(Malpighiaceae) and interactions with Centris bees (Centridini) in

- northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 32(1): 95-108. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000100010>
- BFG - The Brazilian Flora Group. 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66(4): 1085–1113. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>
- Bierzzychudek, P. 1981. Pollinator limitation of plant reproductive effort. *The American Naturalist*, 117(5): 838-840. <https://doi.org/10.1086/283773>
- Boas, J. C. V., Fava, W. S., Laroca, S., & Sigrist, M. R. 2013. Two sympatric *Byrsonima* species (Malpighiaceae) differ in phenological and reproductive patterns. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 208(5-6): 360-369. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.05.003>
- Brandon, K., Fonseca, G. D., Rylands, A. B., & Silva, J. D. 2005. Conservação brasileira: desafios e oportunidades. *Megadiversidade*, 1(1): 7-13.
- Brodshneider, R., & Crailsheim, K. 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3): 278-294. <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- Buchmann, S. L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 18(1): 343-369. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002015>
- Bullock, S. H. 1985. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest. *Biotropica* 17: 287-301. <https://doi.org/10.2307/2388591>
- Calixto, E. S., Lange, D., & Del-Claro, K. 2018. Protection mutualism: an overview of ant-plant interactions mediated by extrafloral nectaries. *Oecologia Australis*, 22(4). <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2204.05>
- Cappellari, S. C., Haleem, M. A., Marsaioli, A. J., Tidon, R., & Simpson, B. B. 2011. *Pterandra pyroidea*: a case of pollination shift within Neotropical Malpighiaceae. *Annals of botany*, 107(8): 1323-1334. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr084>
- Carvalho, D. A., & Oliveira, P. E. 2003. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) HS Irwin & Barneby (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista*

Brasileira de Botânica, 26(3): 319-328. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042003000300005>

Chordas III, S. W., & Kovarik, P. W. 2008. Two Coreidae (Hemiptera), *Chelinidea vittiger* and *Anasa armigera*, New for Arkansas, USA. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 62(1): 145-146.

Clemente, M. A., Vieira, K. M., Campos, N. R., Del-Claro, K., & Prezoto, F. 2017. Social wasp guild (Hymenoptera: Vespidae) visiting flowers in two of the phytophysiognomic formations: Riparian Forest and campos rupestres. *Sociobiology*, 64(2): 217-224. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i2.1364>

Coelho, M. F. B., Jorge, S. A., Macedo, M., Nogueira Borges, H. B., & Spiller, C. 2011. Nó-de-cachorro (*Heteropterys tomentosa* A. Juss.): espécie de uso medicinal em Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(4): 475-485. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000400013>

Coley, P. D. 1983. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological monographs*. 53: 209-233. <https://doi.org/10.2307/1942495>

Costa, I. R. D., Araújo, F. S. D., & Lima-Verde, L. W. 2004. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000400006>

Costa, C. B. N., Costa, J. A. S., & Ramalho, M. 2006. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1): 103-114. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100010>

Costa, M. S., Silva, R. J., Paulino-Neto, H. F., & Pereira, M. J. B. 2017. Beetle pollination and flowering rhythm of *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae) in Brazilian cerrado: Behavioral features of its principal pollinators. *PloS one*, 12(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171092>

Coutinho, L. M. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Org.). *Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois*. São Paulo: Editora UNESP, 2002. p. 77-91.

- Cruden, R.W. 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. – *Evolution* 31: 115-125. <https://doi.org/10.2307/2407542>
- Danieli-Silva, A., & Varassin, I. G. 2013. Breeding system and thrips (Thysanoptera) pollination in the endangered tree *Ocotea porosa* (Lauraceae): implications for conservation. *Plant Species Biology*, 28(1): 31-40. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2011.00354.x>
- Davis, C. C., & Anderson, W. R. 2010. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. *American Journal of Botany*, 97(12): 2031-2048. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000146>
- Del-Claro, K., Marullo, R., & Mound, L. A. 1997. A new Brazilian species of *Heterothrips* (Insecta: Thysanoptera) co-existing with ants in the flowers of *Peixotoa tomentosa* (Malpighiaceae). *Journal of Natural History*, 31(9): 1307-1312. <https://doi.org/10.1080/00222939700770731>
- Del-Claro, K., & Alves-Silva, E. 2016. Wasps are better plant-guards than ants in the extrafloral nectaried shrub *Ouratea spectabilis* (Ochnaceae). *Sociobiology*, 63(1): 705-711. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i1.908>
- Del-Claro, K., Rico-Gray, V., Torezan-Silingardi, H. M., Alves-Silva, E., Fagundes, R., Lange, D., Dáttilo, W., Vilela, A. A., Aguirre, A. & Rodriguez-Morales, D. 2016. Loss and gains in ant–plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. *Insectes Sociaux*, 63(2): 207-221. <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0466-2>
- Del-Claro, K., Rodriguez-Morales, D., Calixto, E. S., Martins, A. S., & Torezan-Silingardi, H. M. 2019. Ant pollination of *Paepalanthus lundii* (Eriocaulaceae) in Brazilian savanna. *Annals of Botany*, 123(7): 1159-1165.
- De Siqueira, K. M. M., Martins, C. F., Kiill, L. H. P., & Silva, L. T. 2011. Estudo comparativo da polinização em variedades de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC, Malpighiaceae). *Revista Caatinga*, 24(2): 18-25. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz021>
- Downing, J. L., & Liu, H. 2013. Self-Incompatibility in *Byrsonima lucida* (Malpighiaceae), a threatened pine rockland specialist. *Castanea*, 78(2): 95-102. <https://doi.org/10.2179/12-031>

- Eberhard, W. G. 2019. Hunting behavior of the wasp *Polysphincta gutfreundi* and related polysphinctine wasps (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 91(3): 177-191. <https://doi.org/10.2317/0022-8567-91.3.177>
- Faegri, K., Pijl, L. Van der. 1979. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press. 3rd ed. Oxford. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-023160-0.50018-9>
- Ferreira, C. A.; Torezan-Silingardi, H. M. 2013. Implications of the floral herbivory on Malpighiaceae Plant Fitness: Visual aspect of the Flower affects the attractiveness to Pollinators. *Sociobiology*, v. 60, n. 3, p. 323-328. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i3.323-328>
- Figueiredo, M. E., Michelin, D. C., Sannomiya, M., Silva, M. A., Santos, L. C. D., Almeida, L. F. R. D., ... & Vilegas, W. 2005. Avaliação química e da atividade antidiarréica das folhas de *Byrsonima cinera* DC.(Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322005000100009>
- Friedman, J., & Barrett, S. C. 2009. Wind of change: new insights on the ecology and evolution of pollination and mating in wind-pollinated plants. *Annals of botany*, 103(9): 1515-1527. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp035>
- Gaglianone, M. C. 2005. Nesting biology, seasonality, and flower hosts of *Epicharis nigrita* (Friese, 1900) (Hymenoptera: Apidae: Centridini), with a comparative analysis for the genus. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(3): 191-200. <https://doi.org/10.1080/01650520500250145>
- Heslop-Harrison, Y., & Shivanna, K. R. 1977. The receptive surface of the angiosperm stigma. *Annals of botany*. 41(6): 1233-1258. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085414>
- Heslop-Harrison, J. S. 1992. Pollen capture, adhesion and hydration. In: *Sexual plant reproduction* (pp. 81-88). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77677-9_8
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. *Mapa de Biomas do Brasil – Primeira aproximação*.

- Ishida, C., Kono, M., & Sakai, S. 2008. A new pollination system: brood-site pollination by flower bugs in *Macaranga* (Euphorbiaceae). *Annals of botany*, 103(1): 39-44. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn212>
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tschamntke, T. 2014. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1775): 20132440. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2440>
- Klink, C. A.; Machado, R. B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 147-175.
- Leonard, A. S., & Papaj, D. R. 2011. 'X' marks the spot: The possible benefits of nectar guides to bees and plants. *Functional Ecology*, 25(6): 1293-1301. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01885.x>
- Luo, Z., Zhang, D., & Renner, S. S. 2008. Why two kinds of stamens in buzz-pollinated flowers? Experimental support for Darwin's division-of-labour hypothesis. *Functional Ecology*, 22(5): 794-800. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01444.x>
- Malpighiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB155>>. Acesso em: 04 nov. 2019.
- McCall, A. C. 2008. Florivory affects pollinator visitation and female fitness in *Nemophila menziesii*. *Oecologia*, 155(4): 729-737. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0934-5>
- Mello, M. O.; Silva-Filho, M. C. 2002. Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Londrina, v. 14, n. 2, p. 71-81. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202002000200001>
- Mendes, F. N., Rêgo, M. M. C., & de Albuquerque, P. M. C. 2011. Fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima* Rich.(Malpighiaceae) em área de Cerrado no Nordeste do Brasil. *Biota neotropica*, 11(4): 103-115. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000400011>

- Michelin, D. C., Sannomiya, M., Figueiredo, M. E., Rinaldo, D., Santos, L. C. D., Souza-Brito, A. R. M., Vilegas, W. & Salgado, H. 2008. Antimicrobial activity of *Byrsonima* species (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 18: 690-695. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000500009>
- Miguel, T. B., & Del-Claro, K. 2005. Polietismo etário e repertório comportamental de *Ectatomma opaciventre* Roger, 1861 (Formicidae, Ponerinae) Polietismo etário e repertório comportamental de *Ectatomma opaciventre* Roger, 1861 (Formicidae, Ponerinae). *Revista Brasileira de Zoociências*, 7(2).
- MMA: Ministério do Meio Ambiente. 2016 Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 04 nov. de 2019.
- Myers, N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., Fonseca G. A. B., Kent J. 2000. Biodiversity hotpots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Nucci, M., & Alves-Junior, V. V. 2017. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) o. Berg-Myrtaceae em área de cerrado no sul do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Interciencia*, 42(2): 127-131.
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Ollerton, J. 2017. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*: 48, 353-376. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>
- Oliveira, G. A., Aguiar, C. M. L., Silva, M., & Gimenes, M. 2013. *Centris aenea* (Hymenoptera, Apidae): a ground-nesting bee with high pollination efficiency in *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae). *Sociobiology*, 60(3): 317-322. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i3.317-322>
- Oliveira, P. E. & Gibbs, P. E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of central Brazil. *Flora* 195: 311-329. [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30990-8](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30990-8)
- Paulino-Neto, H. F. 2014. Polinização e biologia reprodutiva de *Araticum-liso* (*Annona coriacea* Mart.: Annonaceae) em uma área de cerrado paulista: implicações para

- fruticultura. Revista Brasileira de fruticultura, 36(1). <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500016>
- Pedro, S. R. M. 1994. Interações entre abelhas e flores em uma área de cerrado no NE do estado de São Paulo: abelhas coletoras de óleo (Hymenoptera: Apoidea: Apidae). An. I Encontro sobre Abelhas, Ribeirao Preto, SP, 243-255.
- Philbrick, C. T. 1991. Hydrophily: Phylogenetic and evolutionary considerations. Rhodora: 36-50. Vol. 93. N. 873.
- Pinese, O. P., Pinese, J. F., & Del Claro, K. 2015. Structure and biodiversity of zooplankton communities in freshwater habitats of a Vereda Wetland Region, Minas Gerais, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, 27(3): 275-288. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X0415>
- Pinheiro, M. C. B., Lima, H. A., Correia, M. C. R. 2003. Malpighiaceae: Pollen/stigma interaction. Boletim do Museu Nacional, Rio de Janeiro, Brasil, 124p.
- Pires, E. M., Ruffato, S., Manica, C. L. M., Soares, M. A., & Lacerda, M. C. (2012). Novas plantas hospedeiras para o percevejo fitófago *Leptoglossus zonatus* (Dallas) (Hemiptera: Coreidae). EntomoBrasilis, 5(3): 249-252. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v5.i3.236>
- Polizel A. L., Nanya, S., & Conte, H. 2015. Insetos dípteros como polinizadores em Orchidaceae. Revista Uningá, 46(1).
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in ecology & evolution, 25(6): 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Lynn, V. D., Garibaldi, L. A., Rosemary, H. Josef, S. & Vanbergen, A. J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. Nature, 540(7632): 220-229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Prezoto, F., Santos-Prezoto, H. H., Machado, V. L., & Zanuncio, J. C. 2006. Prey captured and used in *Polistes versicolor* (Olivier) (Hymenoptera: Vespidae)

- nourishment. *Neotropical Entomology*, 35(5): 707-709. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500021>
- Primack, R. B. & Rodrigues, E. 2001. *Biologia da Conservação*. Londrina.
- Rasmussen, C., & Olesen, J. M. 2000. Oil flowers and oil-collecting bees. *Det Norske Videnskaps-Akademi. I. Matematisk Naturvidenskapelige Klasse, Skrifter*, 39: 23-31.
- Rech, A. R., Agostini, K., Oliveira, P. E., & Machado, I. C. (Eds.). 2014. *Biologia da polinização. Projeto Cultural*. 527p.
- Rego, M. M., Albuquerque, P. M., Ramos, M. C., & Carreira, L. M. 2006. Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. *Neotropical Entomology*, 35(5): 579-587. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500003>
- Reu Jr, W. F., & Del-Claro, K. 2005. Natural history and biology of *Chlamisus minax* Lacordaire (Chrysomelidae: Chlamisinae). *Neotropical Entomology*, 34(3): 357-362. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000300001>
- Rosa, R., S. do C. Lima, and W. L. Assunção. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *Sociedade & Natureza* 3:91–108.
- Ruxton, G. D., & Schaefer, H. M. 2016. Floral colour change as a potential signal to pollinators. *Current opinion in plant biology*. 32: 96-100. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.06.021>
- Sazan, M. S., Bezerra, A. D. M., & Freitas, B. M. 2014. Oil collecting bees and *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Malpighiaceae) interactions: the prevalence of long-distance cross pollination driving reproductive success. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(1): 347-358. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130049>
- Sazima, M. & Sazima, I. 1989. Oil-Gathering Bees Visit Flowers of Eglandular Morphs of the Oil-Producing Malpighiaceae 1. *Botanica Acta*, 102(1): 106-111. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1989.tb00073.x>

- Schuh, R. T., & Slater, J. A. 1995. True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): classification and natural history. Cornell UNIVERSITY press. 336p.
- Sigrist, M. R., & Sazima, M. 2004. Pollination and reproductive biology of twelve species of neotropical Malpighiaceae: stigma morphology and its implications for the breeding system. *Annals of botany*, 94(1): 33-41. <https://doi.org/10.1093/aob/mch108>
- Silberbauer-Gottsberger, I., & Gottsberger, G. 1988. A polinização de plantas do cerrado. *Revista Brasileira de Biologia*, 48(4): 651-663.
- Silva, P. N., Hrnčir, M., & Fonseca, V. L. I. 2010. A polinização por vibração. *Oecologia Australis*, 14(1): 140-151. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.07>
- Stefani, V., Pires, T. L., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. 2015. Beneficial effects of ants and spiders on the reproductive value of *Eriotheca gracilipes* (Malvaceae) in a tropical savanna. *PLoS One*, 10(7): e0131843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131843>
- Teixeira, L. D. G., & Machado, I. C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 14(3): 347-357. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062000000300011>
- Thompson, J. N. 1997. Evaluation the dynamics of coevolution among geographically structured populations. *Ecology*. 78: 1619-1623. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[1619:ETDOCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[1619:ETDOCA]2.0.CO;2)
- Thompson, J. N. 1999. The evolution of species interactions. *Science*, 284(5423): 2116-2118. <https://doi.org/10.1126/science.284.5423.2116>
- Thompson, J. D. 2010. How do visitation patterns vary among pollinators in relation to floral display and floral design in a generalist pollination system? *Oecologia*, 126: 386-394. <https://doi.org/10.1007/s004420000531>
- Tsuji, K., & Ohgushi, T. 2018. Florivory indirectly decreases the plant reproductive output through changes in pollinator attraction. *Ecology and evolution*, 8(5): 2993-3001. <https://doi.org/10.1002/ece3.3921>

- Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. 1998. Behavior of visitors and reproductive biology of *Campomanesia pubescens* (Myrtaceae) in cerrado vegetation. *Ciência e Cultura* (São Paulo), 50(4): 281-283.
- Torezan-Silingardi, H. M. 2011. Predatory behavior of *Pachodynerus brevithorax* (Hymenoptera: Vespidae, Eumeninae) on endophytic herbivore beetles in the Brazilian tropical savanna. *Sociobiology*, 57(1): 181–189.
- Torezan-Silingardi, H. M., & de Oliveira, P. E. A. M. 2004. Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in Central Brazil. *Phyton*, 44(1): 23-43.
- Torezan-Silingardi, H. M. 2012. Flores e animais: uma introdução à história natural da polinização. *Ecologia das Interações Plantas-Animais: uma Abordagem Evolutiva*: 111-140.
- Van der Sluijs, J. P., Simon-Delso, N., Goulson, D., Maxim, L., Bonmatin, J. M., & Belzunces, L. P. 2013. Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current opinion in environmental sustainability*. 5(3-4): 293-305. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.05.007>
- Velloso, M. D. S. C., Brito, V. L. G. D., Caetano, A. P. S., & Romero, R. 2018. Anther specializations related to the division of labor in *Microlicia cordata* (Spreng.) Cham. (Melastomataceae). *Acta Botanica Brasilica*, 32(3): 349-358. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0358>
- Voss, E. G., & Riefner Jr, R. E. 2017. A pyralid moth (Lepidoptera) as pollinator of blunt-leaf orchid. *The Great Lakes Entomologist*, 16(2): 4.
- Vogel, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. *Tropische und Subtropische Pflanzenwelt*, 7: 285-547.
- Vogel, S. 1990. History of the Malpighiaceae in the Light of Pollination Ecology. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, v. 55, p. 130-142.
- Weiss, M. R. 1995. Floral color change: a widespread functional convergence. *American Journal of Botany*, 82(2): 167-185. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1995.tb11486.x>

- Weiss, M. R., & Lamont, B. B. 1997. Floral color change and insect pollination: a dynamic relationship. *Israel Journal of Plant Sciences*, 45(2-3): 185-199. <https://doi.org/10.1080/07929978.1997.10676683>
- Wieland, F. 2008. The genus *Metallyticus* reviewed (Insecta: Mantodea). *Species, Phylogeny and Evolution*, 1(2): 147-170.
- Williams, P. H. & Osborne, J. L. 2009. Bumblebee vulnerability and conservation worldwide. *Apidologie*, 40(3): 367-387. <https://doi.org/10.1051/apido/2009025>
- Willmer, P. 2011. *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.23943/princeton/9780691128610.001.0001>
- Wolowski, M., & Freitas, L. 2010. Sistema reprodutivo e polinização de *Senna multijuga* (Fabaceae) em Mata Atlântica Montana. *Rodriguésia*, 61(2): 167-179. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201061202>
- Zapata, R. T. & Arroyo, M. T. K. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica*. 10(3): 221-240. <https://doi.org/10.2307/2387907>