



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JULIANE DA SILVA PORTELA

MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS DAS FLORES DE
***Guazuma ulmifolia* Lam. (MALVACEAE) E A DINÂMICA DE VISITANTES FLORAIS**

FORTALEZA

2019

JULIANE DA SILVA PORTELA

MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS DAS FLORES DE
Guazuma ulmifolia (MALVACEAE) E A DINÂMICA DE VISITANTES FLORAIS

Monografia apresentada ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Arlete Aparecida Soares
Coorientador: Me. Fermín José Chamorro García

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P877m Portela, Juliane da Silva.
Mudanças morfológicas e funcionais das flores de *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) e a dinâmica de visitantes florais / Juliane da Silva Portela. – 2019.
45 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Arlete Aparecida Soares.
Coorientação: Prof. Me. Fermín José Chamorro García.
1. Atratividade. 2. Insetos. 3. Polinização. 4. Odores florais. I. Título.

CDD 570

JULIANE DA SILVA PORTELA

MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS DAS FLORES DE
Guazuma ulmifolia (MALVACEAE) E A DINÂMICA DOS VISITANTES FLORAIS

Monografia apresentada ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Arlete Aparecida Soares (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Lígia Queiroz Matias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Fermín José Chamorro García
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, razão de todas as coisas.
À minha família.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Arlete, pela excelente orientação, por todo conhecimento que me proporcionou e por todo esforço em me ajudar a crescer e ensinar a me tornar uma boa pesquisadora e cientista.

Ao meu coorientador Fermín, por toda paciência e tempo dedicado em me auxiliar das mais diversas formas neste trabalho e por tudo que me ensinou.

Ao Laboratório de Morfologia e Anatomia Vegetal, pelo acolhimento e suporte durante minha formação acadêmica. Aos integrantes: Robson, Ellen, Andrieli, Paloma e prof^a. Arlete por todo amparo, ajuda e companheirismo.

Ao prof. Marcos Mattos, do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, ao prof. Ronaldo Nascimento e ao Hélio Oliveira, do Departamento de Química Analítica e Físico-Química e ao Laboratório de Análises de Traços (LAT - UFC) pela parceria e todo o aparato oferecido para a realização das análises em Cromatografia Gasosa.

À prof^a. Nívia Dias, pesquisadora da EMBRAPA, e à Me. Viviane Sousa, doutoranda pelo Museu Nacional da UFRJ, pelo auxílio na identificação dos Diptera. Ao prof. Lorenzo Zanette e ao Sérgio Helano, do Laboratório de Evolução e Ecologia Comportamental (Evolab), pelo auxílio na identificação dos Hymenoptera. À prof^a. Lígia Matias, do Laboratório de Taxonomia de Angiospermas, por disponibilizar o laboratório e os equipamentos para a identificação dos insetos.

Aos amigos que se dispuseram a me ajudar das mais diversas formas: ao Robson, pela grande ajuda nos procedimentos em laboratório; à Paloma e à Andrieli, pelas sugestões na escrita e no desenvolvimento do trabalho. À Grazielly e à Andreza que, além de terem sido meu braço direito nas capturas e observações de insetos, se tornaram as melhores amigas que eu poderia encontrar na universidade.

Aos meus seis: Anderson, Andreza, Beatriz, Grazielly, Mariana e Matheus, pela amizade e compartilhamento de alegrias e sofrimentos da graduação. Com vocês dei minhas melhores risadas e desfrutei meus melhores momentos na UFC.

A todos os Silvas, Barrosos e Portelas que, próximos ou à distância, sempre torceram por mim e pelo meu sucesso acadêmico e profissional. Agradeço a todas as orações, palavras de apoio, incentivo e momentos maravilhosos que me proporcionaram. Obrigada pelo suporte nos momentos de necessidade e por compartilharem minhas alegrias.

À minha família, minha base, meu maior amparo. A vocês eu dedicaria um livro inteiro. Aos meus pais, Pedro e Joelma, por toda uma vida de dedicação, cuidado e amor. Por estarem presentes em todos os momentos, em casa, em campo, no laboratório e em orações. À minha irmã, Viviane, pelo amor e amizade incondicionais, pelas conversas de madrugada ao telefone e pelos maravilhosos conselhos. Ao meu cunhado, Wennedy, por ser um suporte sempre que preciso e por se preocupar e cuidar de mim como um irmão. Aos meus pets, Lucky, Marie e à estrelinha Ayla, por sempre me receberem de rabinho abanando depois de um dia cansativo na faculdade e aliviarem todo o estresse com uma lambida.

Meu maior agradecimento a Deus, pelo dom da vida e por todo amor e cuidado que dispensou a mim durante toda a minha vida.

“Toda a nossa ciência comparada com a realidade é primitiva e infantil – e, ainda assim, é a coisa mais preciosa que temos” (Albert Einstein).

RESUMO

Os atrativos florais são fundamentais para que os polinizadores se aproximem da flor e realizem a visita. Nos casos de polinização entomófila, muitas plantas desenvolveram odores como atrativos florais, pois os insetos possuem um especializado sistema olfatório e o utilizam para diversas funções. Os odores são produzidos por osmóforos, glândulas que secretam compostos voláteis, como terpenos de curtas cadeias, e constituem uma parte importante do processo de polinização. Entretanto, a dinâmica de liberação dos odores afeta a atratividade floral para os visitantes e isso ainda constitui uma lacuna de conhecimento. As flores de *Guazuma ulmifolia* Lam. apresentam uma forte fragrância que parece variar ao longo do tempo. Além disso, suas estruturas reprodutivas se encontram em câmaras separadas, cujo acesso é formado por pequenas entradas. A entrada da câmara feminina é circundada por apêndices petalares que podem variar de posição durante o tempo de vida floral, bloqueando ou liberando o acesso à câmara. Nesse contexto, *G. ulmifolia* mostra-se como um bom objeto de estudo para responder como a variação da morfologia floral e da liberação de odores pelos osmóforos afeta a frequência, a composição e o comportamento de insetos visitantes florais. Para entender as variações morfológicas e de liberação de odores florais foram feitas observações das mudanças morfológicas florais, testes com vermelho neutro e cromatografia gasosa. Para avaliar a frequência, a composição e o comportamento dos visitantes florais, foram realizadas observações, capturas, medidas e identificações dos insetos. Os resultados mostraram que a maior liberação de compostos relacionados à atração de insetos ocorre no segundo dia de vida floral, que coincide com a plena expansão dos apêndices petalares, onde se encontram os osmóforos, assim como a maior frequência e riqueza de visitantes. As câmaras masculina e feminina apresentam uma composição de visitantes distinta em relação ao tamanho corporal. Isso indica que o odor atua como um importante atrativo floral e que o tamanho do acesso à câmara atua como um fator limitante à visita. Os resultados de comportamento, frequência e acessibilidade às câmaras florais mostraram que os pequenos dípteros e vespas da superfamília Chalcidoidea podem constituir o grupo de polinizadores de *G. ulmifolia*.

Palavras-chave: Atratividade. Insetos. Polinização. Odores florais.

ABSTRACT

Floral attractives are fundamental for pollinators to approach the flowers and visit them. In entomophilous pollination, a lot of plants developed odors as floral attractive traits, as insects have a specialized olfactory system and utilize it for a range of functions. The odors are produced by osmophores, secretory glands that produces volatiles compounds. It is already known that odorant substances constitute an important element in pollination process. However, the dynamic of odor release by osmophores and how it affects floral attractiveness for floral visitors still constitute a knowledge blank. *Guazuma ulmifolia* Lam. flowers have a strong fragrance that seems to vary over time. Furthermore, its reproductive structures are found in separated chambers, whose access is formed by tiny entrances. The female chamber entrance is surrounded by petal appendages, which can vary in position during the floral lifetime, releasing or blocking the chamber access. In this context, *G. ulmifolia* is a good model as a study object to respond how the floral morphology and odor release variation affects the frequency, composition and behavior of floral visitors. Observations of floral morphologic changes, neutral red tests and gas chromatography were made to understand morphologic and odor release variation in flowers. To evaluate frequency, composition and behavior of visitors, were made observations, captures, measurements and identifications of insects. The results showed that the highest release of attraction-related odors occur in the second day of floral life, which coincides with the full expansion of the floral appendages and with the highest frequency and richness of visitors, indicating that the odor act as an important floral attractive in this species. Female and male chambers have a distinct visitor composition in terms of body size, which shows that the chambers access size act as a limiting factor to the visits. The behavioral, frequency and chambers accessibility results showed that tiny Diptera and Chalcidoidea wasps form the potential pollinator group of *G. ulmifolia*.

Keywords: Attractiveness. Insects. Pollination. Floral odors.

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 | OBJETIVOS | 4 |
| 2.1 | Objetivo geral | 4 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 4 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 5 |
| 3.1 | Área de estudos | 5 |
| 3.2 | Espécie | 5 |
| 3.3 | Morfologia e tempo de vida floral | 6 |
| 3.4 | Localização e funcionalidade dos osmóforos | 7 |
| 3.4.1 | Localização dos osmóforos | 7 |
| 3.4.2 | Emissão de odores | 7 |
| 3.5 | Visitantes florais | 8 |
| 3.5.1 | Frequência e composição | 8 |
| 3.5.2 | Comportamento | 8 |
| 3.5.3 | Tamanho corporal e acessibilidade às câmaras florais | 9 |
| 3.6 | Análises de dados | 9 |
| 4 | RESULTADOS | 10 |
| 4.1 | Morfologia e tempo de vida floral | 10 |
| 4.2 | Localização e funcionalidade dos osmóforos | 13 |
| 4.2.1 | Localização dos osmóforos | 13 |
| 4.2.2 | Emissão de odores | 15 |
| 4.3 | Visitantes florais | 16 |
| 4.3.1 | Frequência e composição | 16 |
| 4.3.2 | Comportamento | 21 |
| 4.3.3 | Tamanho corporal e acessibilidade às câmaras florais | 22 |
| 5 | DISCUSSÃO | 24 |
| 5.1 | Emissão de odores e morfologia floral | 24 |
| 5.2 | Tamanho dos visitantes e acessibilidade às câmaras florais | 25 |
| 5.3 | Possíveis polinizadores | 26 |
| 5.4 | Perspectivas futuras | 27 |
| 6 | CONCLUSÃO | 28 |
| | REFERÊNCIAS | 29 |

1 INTRODUÇÃO

O mutualismo constitui uma das relações interespecíficas mais frequentes dentro das comunidades e influencia profundamente sua estruturação (HERRE *et al.*, 1999). Rech e Brito, 2012, entendem o mutualismo como relações de exploração recíproca nas quais os integrantes obtêm benefícios. Neste tipo de relação, os benefícios podem aumentar as chances de sobrevivência ou o sucesso reprodutivo das espécies envolvidas (DÁTILLO *et al.*, 2009; MADUREIRA & SOBRINHO, 2002). As plantas desenvolveram relações mutualísticas com diversos organismos. Em associação com fungos, as micorrizas em suas raízes aumentam a absorção de água e sais (SOUZA *et al.*, 2006). Nas interações com formigas ofertam néctar ou abrigo e estas lhes conferem proteção contra a herbivoria (DÁTILLO *et al.*, 2009). Ao se alimentarem de frutos e sementes, as aves frugívoras aumentam a capacidade de dispersão de diásporos das plantas (SCHERER *et al.*, 2007) e ao coletarem recursos florais muitos insetos promovem a polinização (BRONSTEIN, 2009).

A polinização biótica constitui uma interação mutualística facultativa e é uma das relações mais importantes em ambientes terrestres (RECH & BRITO, 2012). Na maioria dos casos, a interação planta-polinizador ocorre através de um recurso floral que é ofertado ao polinizador (RECH *et al.*, 2014) como alimento, abrigo, local para reprodução ou oviposição (PELLMYR & THIEN 1986). A planta, por sua vez, obtém seu benefício em seu sucesso reprodutivo, aumentando sua taxa de polinização cruzada e, conseqüentemente, a variabilidade genética de sua prole (PANSARIN, 2003; PANSARIN & AMARAL, 2006). Entretanto, para que o visitante se aproxime e visite a flor, é fundamental que algo o atraia. Nesse sentido, as plantas apresentam diversos atributos que funcionam como atrativos e sinalizam a presença de recursos florais, levando os visitantes a realizarem a visita (DUDAREVA & PICHERSKY, 2006). Dentre os atrativos florais mais importantes, estão as cores e os odores (RECH *et al.*, 2014).

Considerando que os insetos possuem um especializado sistema olfatório e o utilizam para diversas funções, tais como orientação, pouso, alimentação e aprendizagem associativa (CHITTKA & THOMSON, 2004), muitas plantas com polinização entomófila possuem odores que funcionam como atrativos a longa distância (HOBALLAH *et al.*, 2005; KITE *et al.*, 1998; SILVA & PINHEIRO, 2007). A composição química desses odores pode estar fortemente relacionada aos seus visitantes, considerando que a evolução dos traços florais foi influenciada

pelos seus polinizadores, que possuem preferências inatas por certas fragrâncias (CHITTKA & MENZEL, 1992; RAGUSO, 2008). Nesse contexto, compreender a composição química das fragrâncias florais pode contribuir para o entendimento da importância dos odores na relação entre plantas e seus visitantes florais.

Em algumas plantas, os odores florais podem ser produzidos por células epidérmicas distribuídas por todo o perianto e brácteas adjacentes à flor, sendo liberados de forma difusa (VOGEL, 1990). Em outras, no entanto, essa produção ocorre de forma localizada em regiões secretoras da epiderme, como em guias de odor. No caso dos osmóforos, agrupamentos de células epidérmicas e parenquimáticas constituem glândulas secretoras que podem estar localizadas em diferentes estruturas florais. Os estudos com osmóforos concentram-se principalmente nas espécies de Orchidaceae (KETTLER *et al.*, 2018; KOWALKOWSKA & KRAWCZYNSKA, 2019; PRIDGEON & STERN, 1983; STERN *et al.*, 1987), embora a ocorrência dos osmóforos seja conhecida em flores de diversas famílias como Solanaceae, Araceae, Fabaceae e Lentibulariaceae (MARINHO *et al.*, 2018; PLACHNO *et al.*, 2016; SAZIMA *et al.*, 1993; WERYSZKO-CHMIELEWSKA & STPICZYNSKA, 1995). Já é sabido que as substâncias odoríferas constituem uma parte importante do processo de polinização como atrativo floral (JUNKER & PARACHNOWITSCH, 2015; RAGUSO, 2008). Entretanto, segundo Raguso e Gottsberger, 2017, a incorporação das características químicas florais na estrutura conceitual da ecologia da polinização ainda não está bem estabelecida.

A maioria dos trabalhos que envolvem a relação entre osmóforos e polinizadores está concentrada na relação entre flores de Orchidaceae e abelhas Euglossini (CASIQUE *et al.*, 2018; MARTINI *et al.*, 2008; SINGER & KOEHLER, 2003). No entanto, muitas plantas fortemente aromáticas são visitadas por moscas, envolvendo espécies da subfamília Asclepiadoideae (Apocynaceae), na qual muitas espécies desenvolveram um mecanismo de *trap pollination*, em que a planta aprisiona o polinizador em uma armadilha para que a polinização ocorra (AUTTAMA *et al.*, 2018; NAKAHAMA *et al.*, 2013; OLLERTON *et al.*, 2009). A família Malvaceae possui espécies com fortes aromas florais, como o cacau (*Theobroma speciosum* Willd ex Spreng.) (SOUZA & VENTURIERI, 2010) e espécies de baobá, do gênero *Adansonia* (RAZANAMARO *et al.*, 2015). No entanto, a variação temporal do funcionamento dos osmóforos e a influência dessa dinâmica na atratividade de visitantes ainda constituem uma lacuna de conhecimento na interação planta-polinizador nessa família.

Outra espécie da família Malvaceae, *Guazuma ulmifolia* Lam., também apresenta uma forte fragrância floral. A morfologia floral dessa espécie foi descrita por Westerkamp *et al.* (2005), que mostraram que as flores possuem uma morfologia bastante derivada, com estruturas masculinas e femininas em câmaras separadas, cujas entradas se dão por diferentes partes da flor e não há conexão entre elas. Esse mecanismo, conhecido como hercogamia, impede não só o contato do pólen com o estigma, mas também o trânsito dos visitantes entre as câmaras, tornando a polinização cruzada obrigatória. Suas pétalas possuem apêndices petalares com osmóforos que, conforme registraram os autores, liberam um forte odor que atrai os visitantes florais e varia de intensidade durante o dia e ao longo do período de vida da flor. Os autores também mostraram que os apêndices modulam o acesso da câmara feminina, concedendo ou vetando a entrada de visitantes ao longo do tempo, enquanto a câmara masculina possui pequenas entradas formadas pelas pétalas que parecem limitar o acesso dos visitantes às anteras pelo tamanho.

Embora o trabalho de Westerkamp *et al.*, 2005, descreva detalhadamente a morfologia floral de *G. ulmifolia*, a biologia funcional de suas flores e a interação com seus visitantes ainda não foi esclarecida. Os autores sugerem que insetos da ordem Diptera sejam seus principais visitantes, entretanto isso ainda não foi confirmado em campo. Além disso, os efeitos da dinâmica de liberação de odores na atratividade dos visitantes pelas flores ainda não foram elucidados. Diante do exposto, questiona-se: 1- como as alterações morfológicas dos osmóforos se relacionam com a dinâmica de liberação de odores? 2- como a variação temporal da morfologia floral e da funcionalidade dos osmóforos influencia na frequência, na composição e no comportamento dos visitantes das flores de *G. ulmifolia*? Propõe-se como hipótese que a variação da morfologia floral e da liberação do odor pelos osmóforos modula a frequência, a riqueza e o comportamento dos visitantes florais. Assim, espera-se que: 1- a frequência dos visitantes florais seja maior nos picos de liberação de odor, que coincidem com a plena expansão dos apêndices petalares, onde se localizam os osmóforos; 2- A fragrância produzida pelos osmóforos varie com a idade floral e 3- o comportamento e a composição de espécies dos visitantes das câmaras masculina e feminina sejam diferentes devido à variação de tamanho do acesso das câmaras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Compreender a influência da morfologia floral e da funcionalidade dos osmóforos na dinâmica dos visitantes das flores de *Guazuma ulmifolia*.

2.2 Objetivos específicos

Descrever as variações morfológicas das flores durante seu tempo de vida; verificar a relação entre a mudança morfológica e a variação de liberação de odores dos osmóforos; verificar as diferenças na composição de visitantes entre as câmaras masculina e feminina e entre flores de diferentes dias de abertura; saber se há variação na frequência de visitas em função da dinâmica de liberação de odores pelos osmóforos.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

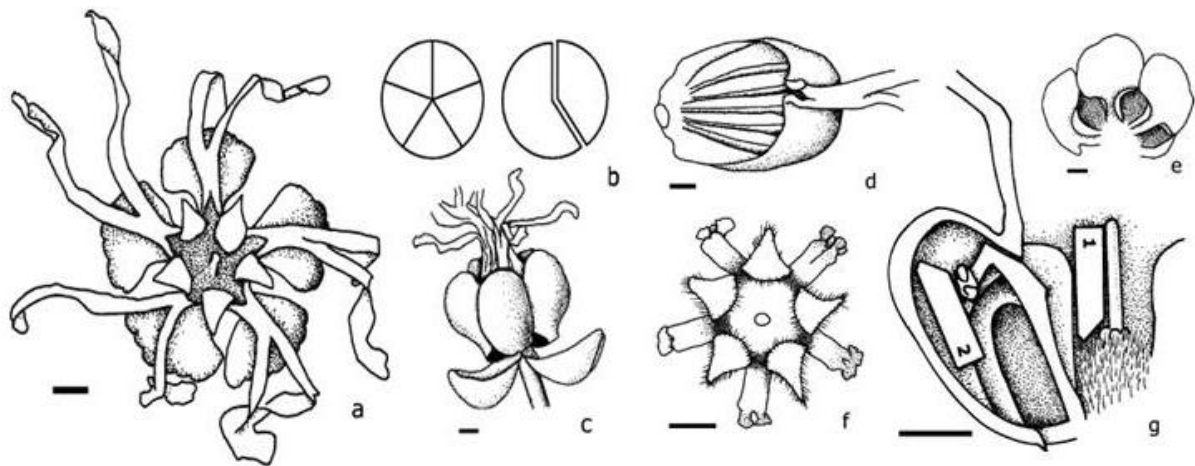
O estudo foi realizado no Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará -, em Fortaleza, Ceará, em uma área pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola. Embora localizado em uma região urbanizada e com muitas interferências antrópicas, o campus possui 212 hectares e abriga a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) da Matinha do Pici, composta por uma vegetação de mata de tabuleiro, além de um açude, áreas pantanosas e trechos de um riacho (NETO *et al.*, 2018). A temperatura média anual é de 26,9°C, com 1523mm de precipitação média anual (RODRIGUES *et al.*, 2008).

3.2 Espécie

Guazuma ulmifolia Lam., popularmente conhecida como mutamba, é uma espécie arbórea não endêmica do Brasil, pertencente à família Malvaceae, subfamília Sterculioideae. Sua ocorrência natural abrange quase todo o território brasileiro e está distribuída por quatro domínios fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (COLLI-SILVA, 2019). Presente também em áreas antrópicas, a mutamba é considerada uma espécie pioneira na recuperação de áreas degradadas (SOBRINHO & SIQUEIRA, 2008). As plantas podem atingir cerca de 30m de altura em sua fase adulta. Possui folhas simples de filotaxia alterna, medindo de 5 a 18 cm, membranáceas e pilosas em face dorsal, com tricomas estrelados. Seus frutos são secos e verrucosos, de verdes a negros e carregam cerca de 46 sementes (CARVALHO, 2007). Suas flores agrupam-se em inflorescências do tipo panícula e medem de 3 a 5mm². São flores pentâmeras, de cálice semifusionado, dividido em agrupamentos de duas e três sépalas (Desenho 1B). Possuem corola dialipétala, com pétalas amarelas em forma de concha e com apêndices petalares que saem da extremidade superior das pétalas e se dividem em duas lígulas (Desenho 1D). O androceu é composto por um conjunto de estames e estaminódios intercalados (Desenho 1F). As anteras se agrupam em três e são cobertas pelas pétalas, que formam uma câmara masculina composta por cinco entradas de aproximadamente 1mm, formadas pelo encontro das pétalas (Desenho 1E e 1G). O gineceu se encontra na região mais central da flor e é cercado por

pétalas e estaminódios intercalados, formando a câmara feminina. O acesso à câmara feminina é bloqueado por tricomas presentes nas pétalas e nos estaminódios, que vedam os espaços entre eles. A entrada da câmara feminina é bloqueada ou liberada pelos apêndices petalares, que podem se encontrar túrgidos ou murchos dependendo do tempo de vida da flor (Desenho 1A e 1C). Maiores detalhes sobre a morfologia floral de *G. ulmifolia* podem ser consultados no trabalho de Westerkamp *et al*, 2005.

Desenho 1 – Morfologia floral de *G. ulmifolia*.



Fonte: Adaptado de Westerkamp *et al* (2005). Morfologia floral de *G. ulmifolia*. A) Flor vista de cima, com a câmara feminina amplamente aberta, onde se pode observar: pétalas e apêndices petalares, estaminódios e estigma no centro. B) Esquemática da abertura do cálice em grupos de duas e três sépalas. C) Flor vista de lado, com a câmara feminina fechada pelos apêndices petalares e a câmara masculina com entradas expostas pelas sépalas. D) Pétala vista por dentro, mostrando o formato côncavo da concha e os apêndices petalares. E) Corola vista por baixo, evidenciando as entradas da câmara masculina formadas pelos encontros das pétalas. F) Androceu visto de cima, mostrando a disposição dos estames e dos estaminódios. Pétalas não foram ilustradas para possibilitar a visão das anteras. G) Visão lateral das câmaras masculina e feminina, com visitantes esquemáticos (1 e 2) para ilustrar o contato do dorso do animal com as estruturas reprodutivas da flor. As barras indicam a escala de 1 mm.

3.3 Morfologia e tempo de vida floral

O acompanhamento de 45 flores foi realizado para identificar e descrever as variações da morfologia floral desde a antese até a senescência. Para isto, no dia anterior, foram marcados botões em pré-antese. A partir da abertura dos botões florais, foram feitas observações

das mudanças morfológicas das 6 às 18 horas até a senescência e morte floral. Os registros das observações foram feitos através de anotações e fotografias a cada hora.

Para dados de acessibilidade dos visitantes às câmaras florais, foram feitas medidas morfométricas das flores: comprimento e profundidade da câmara masculina e comprimento e largura das entradas das câmaras florais. As medições foram feitas no segundo dia de vida floral, período de máxima expansão dos apêndices petalares.

3.4 Localização e funcionalidade dos osmóforos

3.4.1 Localização dos osmóforos

Para a detecção da localização dos osmóforos, foi feito o teste com vermelho neutro, que evidencia as áreas onde há produção e liberação de compostos voláteis. Botões florais foram ensacados para impedir o contato com visitantes florais. As flores foram coletadas em diferentes idades (primeiro, segundo e terceiro dia de abertura) e imediatamente imersas em corante vermelho neutro. Após a imersão de 40 minutos (VOGEL, 1963), as flores foram lavadas em água destilada, dissecadas e fotografadas.

3.4.2 Emissão de odores

Para a avaliação da emissão de odores pelos osmóforos, foram marcados botões florais em pré-antese durante três dias. Os botões não foram ensacados, sendo deixados em exposição aos visitantes florais. No terceiro dia, as flores foram coletadas, separadas em diferentes idades (primeiro, segundo e terceiro dia de abertura) e armazenadas em frascos herméticos. Para a detecção dos voláteis liberados pelos osmóforos, foi feita a extração dos compostos por H-SPME (Microextração em Fase sólida via *headspace*). Utilizou-se *holder* manual da marca Supelco e fibra com revestimento de polidimetilsiloxano 30 μ m da marca Supelco. A temperatura de extração foi 48 °C por 20 minutos em chapa aquecedora da marca Fisatom. Após este período, a fibra foi exposta no cromatógrafo por 7 minutos.

Para a leitura, foi utilizado cromatógrafo gasoso acoplado a detector de espectrometria de massas GC/MS Shimadzu QP-2010 plus. O gás de arraste utilizado foi hélio

5.0 (99,999% de pureza) com fluxo de 1,0 mL por min. A coluna utilizada foi Equit-5 (5% fenil e 95% de polidimetilsiloxano) com 30 m de comprimento 25 mm de diâmetro e 25 µm de espessura do filme líquido. A programação de temperatura baseou-se no trabalho de Kong *et al.* (2012), que iniciou com 40 °C por 2 min, aumentou numa taxa de 6°C/min até 180 °C, seguido de aumento a 15°C por minutos até 270°C, totalizando 32,33 minutos. A voltagem do detector utilizada foi 70 eV com faixa de massas variando de 30 a 500 m/z. A temperatura da fonte de ionização e da interface foi 300°C. A temperatura do injetor foi 250°C com modo de injeção splitless e tempo de amostragem de 3 minutos. A identificação dos compostos foi feita através da similaridade com os espectros de massas da biblioteca NIST (LINSTROM & MALLARD, 2018).

3.5 Visitantes florais

3.5.1 Frequência e composição

Para a coleta de dados de frequência e composição dos visitantes, foram realizadas capturas em três indivíduos de *G. ulmifolia* utilizando-se o método de busca ativa. As capturas foram realizadas com puçá (para insetos grandes) e potes (para insetos pequenos), durante três dias, com tempo efetivo de 30 minutos em cada árvore em intervalos de duas horas, no período de 7h às 17h, totalizando 18h de captura efetiva. Os insetos capturados foram transferidos para uma câmara mortífera contendo acetato de etila e, posteriormente, foram armazenados em álcool 70%, medidos (comprimento e largura do tórax) e identificados em nível de morfoespécie.

3.5.2 Comportamento

Para a observação do comportamento dos insetos durante as visitas, foram feitas observações do tipo scan sampling (varredura) nos mesmos indivíduos de *G. ulmifolia* e com o mesmo intervalo de tempo, totalizando 18h de observação de visitas. Para visitantes voadores, a observação foi feita a partir do momento do pouso na flor, até o seu voo. Para visitantes não-voadores que forrageiam durante todo o período de observação, como formigas e pulgões, padronizou-se três minutos de observação para cada horário. Os critérios de observação estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Critérios utilizados na observação dos visitantes florais

| Critérios de observação | Categorias | | |
|---|--------------------------|--------------------|------------------------|
| | Curto (>5s) | Médio (6s a 1min) | Longo (< 3min) |
| Tempo de visita | Curto (>5s) | Médio (6s a 1min) | Longo (< 3min) |
| Idade da flor visitada (com base no dia de abertura) | Recém-aberta (1º dia) | Aberta (2º dia) | Senescente (3º dia) |
| Visitou mais de uma flor | Sim | | Não |
| Visitou botão | Sim | | Não |
| Contato com a câmara feminina | Sim | | Não |
| Contato com a câmara masculina | Sim | | Não |
| Carregou pólen | Sim | | Não |

Fonte: Elaborada pela autora.

3.5.3 Tamanho corporal e acessibilidade às câmaras florais

Para dados de tamanho corporal, foram feitas medidas com um paquímetro do comprimento e da largura do tórax dos insetos capturados. A acessibilidade às câmaras e às estruturas reprodutivas foi categorizada com base na relação entre as medidas florais e as dimensões corporais e o tipo de aparelho bucal do visitante.

3.6 Análises de dados

Foram realizadas estatísticas descritivas para a análise dos dados coletados, através de gráficos e tabelas contendo médias, porcentagens e proporções.

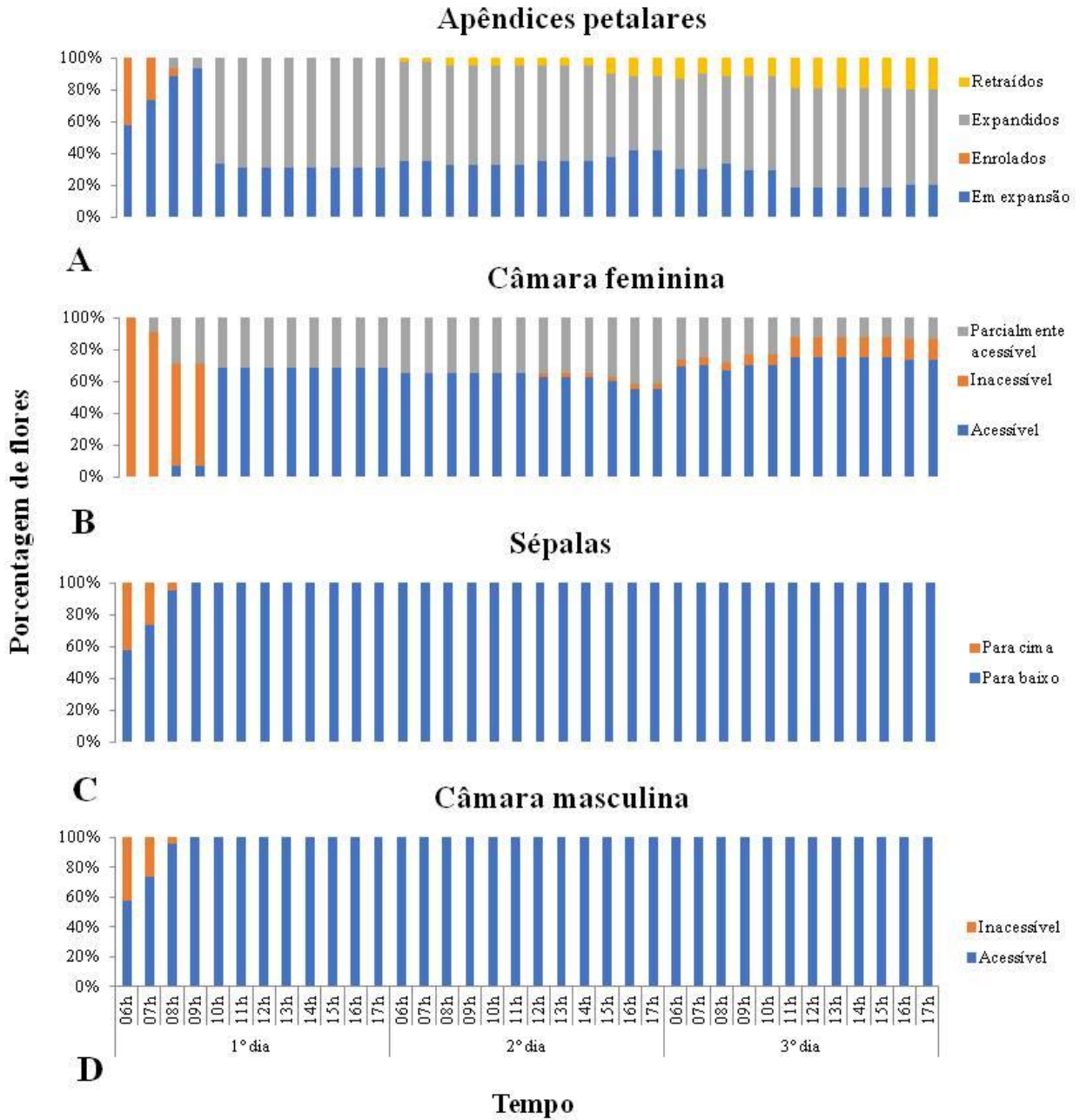
4 RESULTADOS

4.1 Morfologia e tempo de vida floral

O tempo de vida das flores de *G. ulmifolia* é de, aproximadamente, três dias e meio (Gráfico 1). A antese inicia-se por volta de cinco horas da manhã com a abertura dos botões florais. As cinco sépalas se separam em agrupamentos de duas e três sépalas e, durante uma a três horas, permanecem para cima, cobrindo as entradas da câmara masculina (Figura 2A). Após esse período, as sépalas descem expondo as entradas (Figura 2C) e permanecem assim até a senescência floral (Figura 1C). As pétalas apresentam uma mudança de coloração ao longo do tempo de vida da flor: possuem um tom amarelo esverdeado durante a antese, modificando-se para um amarelo vivo durante o primeiro e o segundo dia de abertura (Figura 3A e 3B). Por volta do terceiro dia, começam a escurecer e terminam em um tom amarronzado no fim da vida floral (Figura 3C e 3D). Na fase de botão, os apêndices petalares se encontram totalmente enrolados, preenchendo a câmara feminina (Figura 1). Logo após a abertura do botão, inicia-se o desenrolamento, começando na base dos apêndices e terminando nas duas extremidades. Por volta das oito horas da manhã, a base dos apêndices está desenrolada paralelamente ao eixo floral, de forma que a câmara feminina se encontra parcialmente inacessível: apenas os menores visitantes florais conseguem alcançar o estigma (Figura 2B). Nas horas seguintes, as pontas se desenrolam e os apêndices gradualmente curvam-se radialmente para fora, expondo completamente a câmara feminina (Figura 2C e 3A). No segundo dia de vida da flor, os apêndices se encontram em seu maior grau de abertura (Figura 3B). No terceiro dia, os apêndices gradualmente escurecem, murcham e cobrem novamente a câmara feminina, iniciando a senescência floral (Figura 3C). As anteras e o estigma iniciam a antese com uma coloração amarelo-esverdeada bem clara. As anteras tornam-se brancas e opacas no segundo dia de abertura. Por volta do terceiro dia, quando se inicia a senescência floral, as anteras e o estigma escurecem (Figura 3).

As médias das medidas morfométricas obtidas foram: 1- câmara masculina: 3mm de comprimento e 1,5mm de profundidade; 2- entrada da câmara masculina: 1,3mm de comprimento e 1mm de largura; 3- entrada da câmara feminina: 2-3mm de profundidade e largura.

Gráfico 1 – Mudanças temporais na morfologia das flores de *Guazuma ulmifolia* Lam.



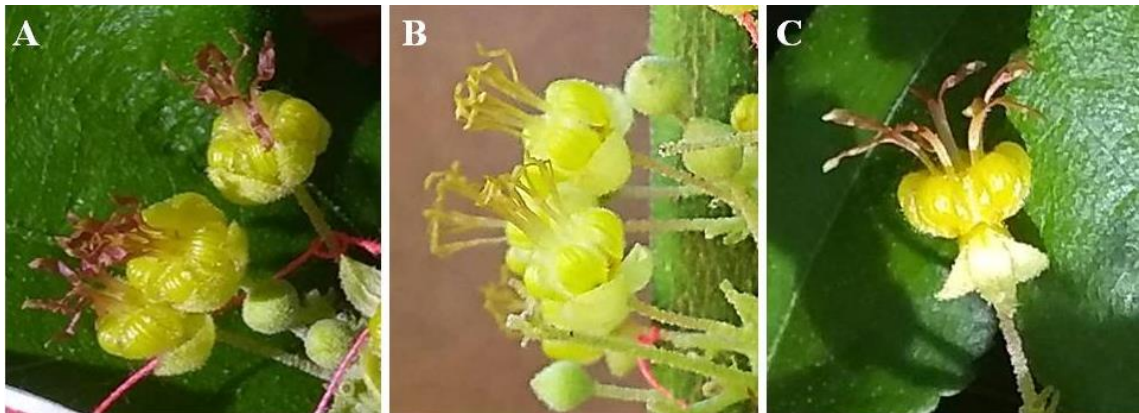
Fonte: elaborado pela autora. Variações morfológicas nas estruturas florais ao longo de três dias, com início na abertura dos botões florais. A) Modificações nos apêndices petalares; B) Modificações nas sépalas; C) Acessibilidade à câmara feminina, com relação à posição dos apêndices; D) Acessibilidade à câmara masculina, com relação à posição das sépalas.

Figura 1 – Botões florais em pré-antese



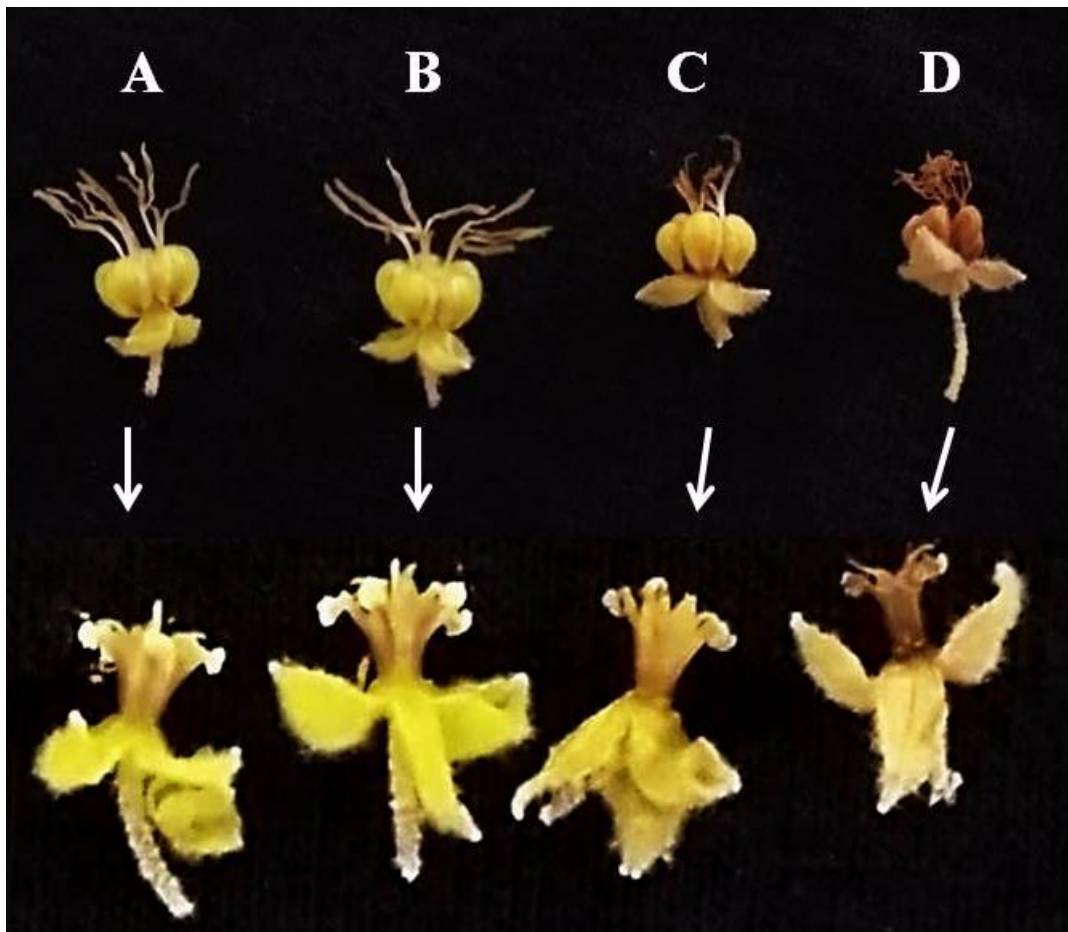
Fonte: elaborada pela autora. Botão floral em pré-antese. A) Botões fechados. B) Botão com sépalas e pétalas removidas para expor as estruturas internas e facilitar a visualização dos apêndices petalares dobrados.

Figura 2 – Alterações morfológicas durante e após a abertura do botão floral.



Fonte: elaborada pela autora. Alterações morfológicas nas sépalas e nos apêndices petalares no início da abertura floral (A), durante (B) e depois (C), ainda no primeiro dia de vida floral. A coloração e o formato dos apêndices petalares podem variar entre os indivíduos da espécie, sobretudo para espécimes não aparentados.

Figura 3: Flores de *G. ulmifolia* em diferentes idades



Fonte: elaborada pela autora. Flores de *G. ulmifolia* em diferentes dias após a abertura floral. Primeira linha: flores inteiras. Segunda linha: flores dissecadas com pétalas removidas, evidenciando as anteras. A) Primeiro dia; B) segundo dia; C) terceiro dia; D) quarto dia.

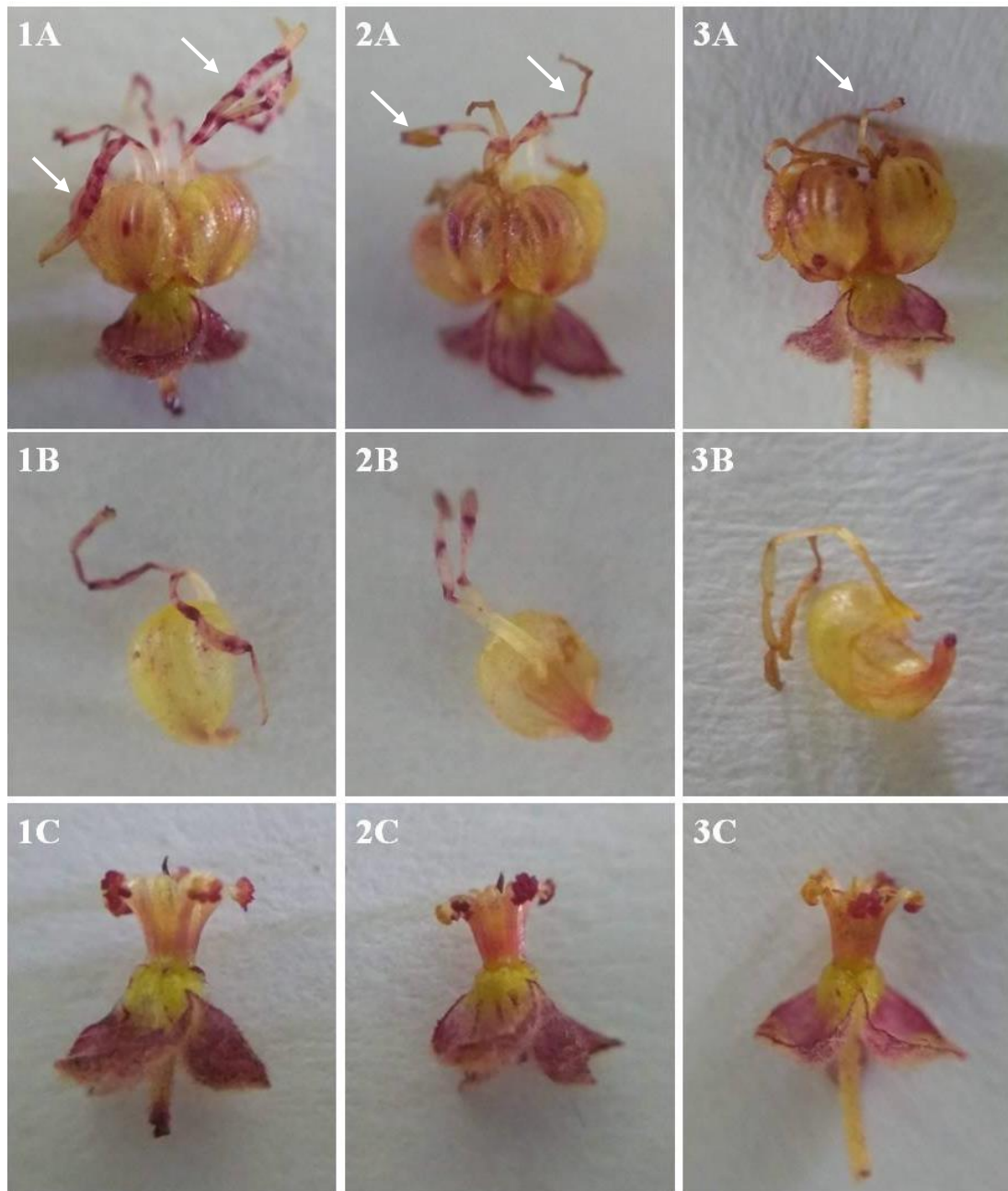
4.2 Localização e funcionalidade dos osmóforos

4.2.1 Localização dos osmóforos

A Figura 4 mostra as áreas coradas pelo teste com vermelho neutro nas flores de primeiro, segundo e terceiro dia de abertura, respectivamente. Observa-se uma reação mais intensa na flor do primeiro dia, sobretudo nos apêndices petalares, onde ocorrem os osmóforos (Figura 4 1A), e no estigma devido a secreção estigmática (Figura 4 1C). Entretanto, em relação às anteras, observa-se uma pequena diferença na intensidade de cor entre o primeiro e o segundo dia, que foi

corado com maior intensidade (Figura 4 1C e 2C). Observa-se pouca reação nas anteras e nas pétalas da flor em terceiro dia de abertura (Figura 4 3B e 3C).

Figura 4 – Flores coradas com vermelho neutro



Fonte: elaborada pela autora. Flores de *G. ulmifolia* coradas com o corante vermelho neutro. Primeira coluna: flores do primeiro dia de abertura floral; segunda coluna: flores do segundo dia; terceira coluna: flores do terceiro dia. A) Flores inteiras. B) Pétalas isoladas. C) Flores sem pétalas expondo as anteras. As setas indicam a localização dos osmóforos.

4.2.2 Emissão de odores

Os resultados da cromatografia gasosa mostraram diferenças na composição de compostos voláteis entre os dias de abertura floral. Foram considerados os 21 compostos com maior porcentagem de área ocupada no cromatograma em relação a quantidade total de voláteis. Os sesquiterpenos apresentaram um crescimento ao longo do tempo (Gráfico 2), sobretudo devido às quantidades de Copaeno, que chegou a ocupar 39,54% de área no cromatograma durante o terceiro dia (Tabela 2). Os monoterpenos e os ácidos carboxílicos apresentam picos de liberação no primeiro e no segundo dia após a abertura floral, havendo um decréscimo no terceiro dia (Gráfico 2). Os ácidos carboxílicos foram representados principalmente por ácidos benzoicos, como o *benzoic acid, 2-methoxy-, methyl ester*, que teve um pico no segundo dia de 6,97% de área ocupada. O monoterpeno mais abundante foi o linalol, cujo pico se deu no segundo dia, com 11,1% de área ocupada no cromatograma (Tabela 2).

Tabela 2 – Compostos voláteis presentes nas flores de *G. ulmifolia*

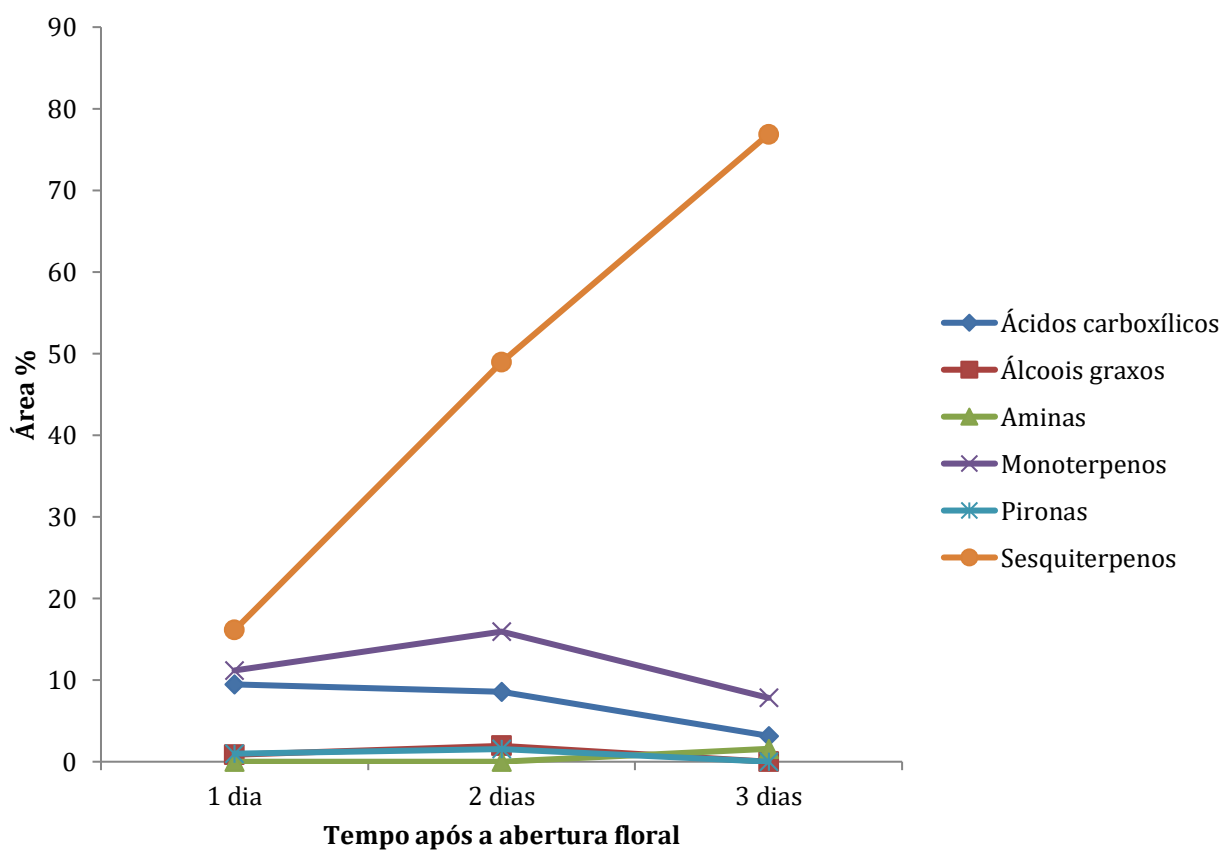
| Grupo químico | Composto | 1º dia | 2º dia | 3º dia |
|---------------------|---|--------|--------|--------|
| Ácidos carboxílicos | 2-Propenoic acid, 2-methyl-, hexyl Ester | 0 | 1,61 | 0,77 |
| | Benzoic acid, 2-methoxy-, methyl Ester | 6,38 | 6,97 | 2,4 |
| | Benzoic acid, methyl Ester | 3,09 | 0 | 0 |
| Álcoois graxos | Cetanol | 0,87 | 1,94 | 0 |
| Aminas | Benzenamine, N,N,4-trimethyl- | 0 | 0 | 1,58 |
| | 1,7-Octadiene-3,6-diol, 2,6-dimethyl- | 1,24 | 0 | 0 |
| Monoterpenos | Benzene, 2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)- | 3,46 | 0 | 1,07 |
| | Beta-Myrcene | 0 | 1,18 | 1,2 |
| | Cis-Ocimeno | 0 | 1,24 | 1,45 |
| | Indol | 3,71 | 2,42 | 0 |
| | Linalol | 2,8 | 11,1 | 4,1 |
| Pironas | 2H-Pyran-3(4H)-one, 6-ethenyldihydro-2,2,6-trimethyl- | 0,99 | 1,55 | 0 |
| Sesquiterpenos | 1-Hydroxy-1,7-dimethyl-4-isopropyl-2,7-cyclodecadiene | 0 | 0 | 1,14 |
| | Alfa-Cubebeno | 0 | 1,16 | 2,05 |
| | Aromadendreno | 0 | 1,74 | 3,11 |

| | | | |
|----------------|------|-------|-------|
| Beta-Cadineno | 1,38 | 4,94 | 7,79 |
| Beta-Cubebeno | 1,53 | 5,28 | 8,65 |
| Beta-Nerolidol | 3,44 | 1,44 | 1,22 |
| Cariofileno | 0 | 0 | 2,41 |
| Copaeno | 8,26 | 29,47 | 39,54 |
| Germacreno-D | 1,51 | 4,93 | 10,97 |

Fonte: elaborada pela autora. Os valores representam a área em porcentagem ocupada pelo composto no cromatograma em relação ao total de voláteis emitidos.

Gráfico 2 – Emissão de voláteis por dia de abertura floral

Emissão de voláteis por dia de abertura floral



Fonte: Elaborada pela autora. Área (%): área em porcentagem ocupada pelo composto no cromatograma gerado em relação ao total de compostos emitidos.

4.3 Visitantes florais

4.3.1 Frequência e composição

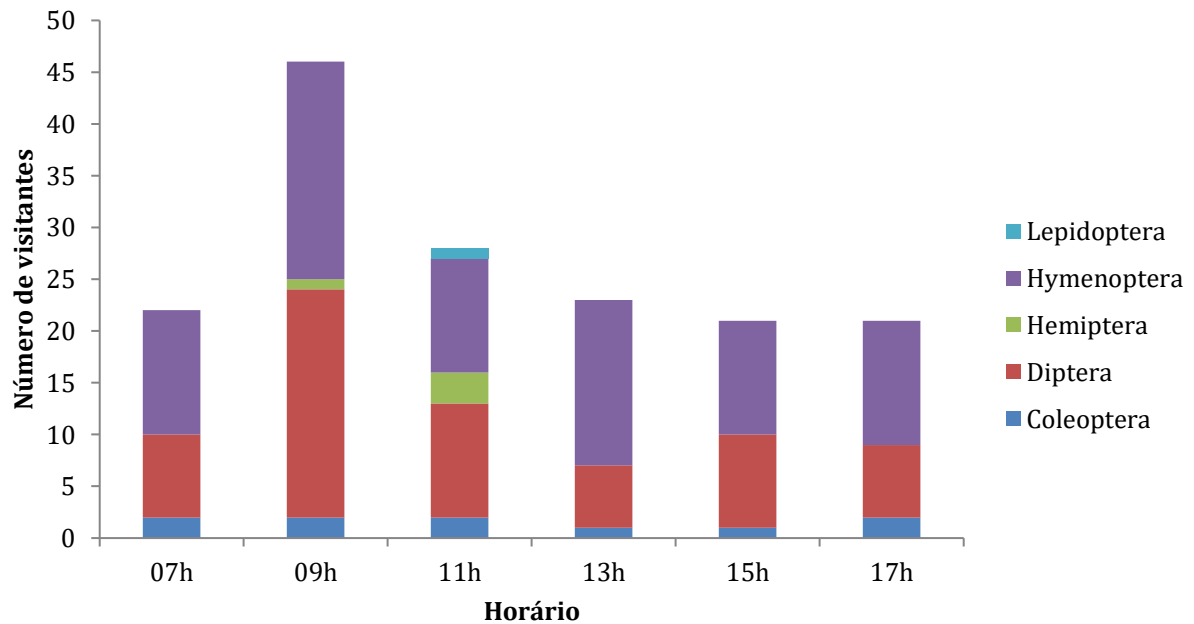
O número total de insetos capturados foi 161. As ordens de visitantes mais abundantes foram Hymenoptera, com 83 indivíduos capturados e Diptera, com 63. Foram registrados alguns visitantes esporádicos, como representantes de Lepidoptera, com apenas uma captura, e Hemiptera com quatro indivíduos capturados. Representantes da ordem Coleoptera, embora tenham sido observados e capturados em todos os horários, tiveram uma baixa abundância, com apenas quatro indivíduos coletados. A abundância de visitantes ao longo do dia de acordo com as ordens foi disposta no Gráfico 3. Os insetos iniciam as visitas por volta das 7h da manhã e encerram após o pôr-do-sol. O horário de maior abundância de visitantes foi às 9h da manhã, havendo um decréscimo nas horas seguintes até às 18h. As morfoespécies encontradas de cada ordem foram dispostas na Tabela 3, com suas respectivas identificações.

Em relação à abundância de visitantes por período de abertura floral, as flores em segundo dia de abertura foram as mais visitadas, representando 49,35% do total de visitas. As diferenças entre o primeiro (27,27%) e o terceiro dia de abertura floral (23,37%) foram menos acentuadas, embora as flores tenham sido mais visitadas no primeiro dia (Gráfico 4). A quantidade de morfoespécies visitantes foi maior nas flores no segundo dia (nove morfoespécies), seguida das flores do primeiro dia, com sete morfoespécies, e do segundo dia, com seis (Gráfico 5).

Quanto às câmaras florais, apenas uma morfoespécie, Diptera 6, foi encontrada visitando somente a câmara feminina (Tabela 5), enquanto todas as outras visitaram as duas câmaras. Entretanto, a porcentagem de visitas variou entre as morfoespécies: Coleoptera 2, Hemiptera 1 e Hymenoptera 7 visitam mais a câmara masculina, enquanto Diptera 8 e os Microinsetos apresentam frequências semelhantes entre as duas câmaras. As demais morfoespécies visitam a câmara feminina com mais frequência.

Gráfico 3 – Frequência de visitantes florais por ordem ao longo do dia

Frequência de visitantes florais



Fonte: dados da pesquisa.

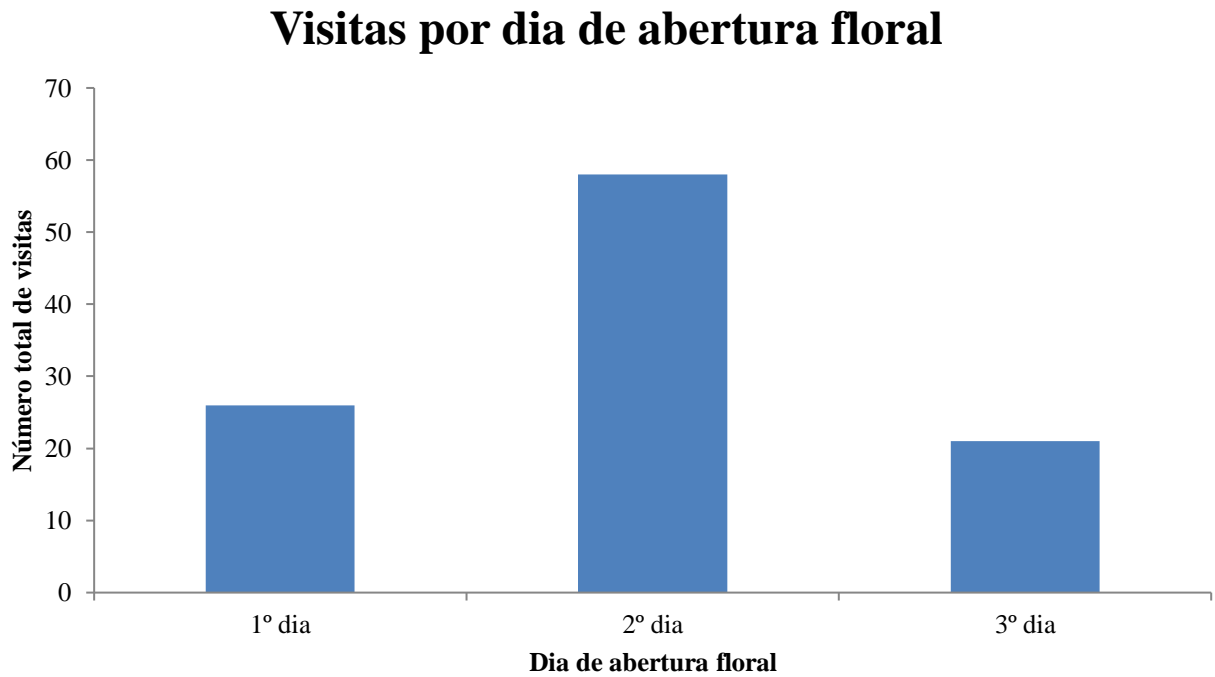
Tabela 3 – Morfoespécies de visitantes florais

| Ordem | Morfoespécie | Superfamília | Família | Subfamília | Gênero | | | |
|-------------|----------------|---------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|----------|------------|--------------------|
| Hymenoptera | Hymenoptera 1 | Vespoidea | Formicidae | Formicinae, | <i>Camponotus</i> sp. | | | |
| | Hymenoptera 2 | | | Myrmicinae | <i>Crematogaster</i> sp. | | | |
| | Hymenoptera 3 | | | | <i>Solenopsis</i> sp. | | | |
| | Hymenoptera 4 | Chalcidoidea | - | - | - | | | |
| | Hymenoptera 5 | | | | | Vespidae | Polistinae | <i>Polybia</i> sp. |
| | Hymenoptera 6 | | | | | | | |
| | Hymenoptera 7 | | | | | | | |
| Diptera | Diptera 1 | | Pequenos dípteros de até 3mm | | | | | |
| | Diptera 3 | Empidoidea | Dolichopodidae | - | - | | | |
| | Diptera 4 | Ephydroidea | Drosophilidae | - | - | | | |
| | Diptera 5 | Sciomyzoidea | Sepsidae | - | - | | | |
| | Diptera 6 | Oestroidea | Calliphoridae | - | - | | | |
| | Diptera 7 | Syrphoidea | Syrphidae | - | - | | | |
| | Diptera 2 | | | | | | | |
| | Diptera 8 | Muscoidea | Muscidae | - | - | | | |
| | Diptera 9 | | | | | | | |
| Coleoptera | Coleoptera 1 | Scarabaeoidea | Melolonthidae | Rutelinae | <i>Macraspis</i> sp., | | | |
| | Coleoptera 2.1 | | Pequenos coleópteros de até 3mm | | | | | |
| | Coleoptera 2.2 | | | | | | | |

| | | | | | |
|-------------|---------------|----------------|-----------|---|---|
| | | Coleoptera 2.3 | | | |
| | | Coleoptera 2.4 | | | |
| Hemiptera | Hemiptera 1 | Aphidoidea | Aphididae | - | - |
| Lepidoptera | Lepidoptera 1 | Papilionoidea | - | - | - |

Fonte: elaborada pela autora. Algumas morfoespécies foram incluídas em morfotipos maiores, como Coleoptera 2. Morfoespécies cuja identificação não foi possível foram agrupados por tamanho corporal.

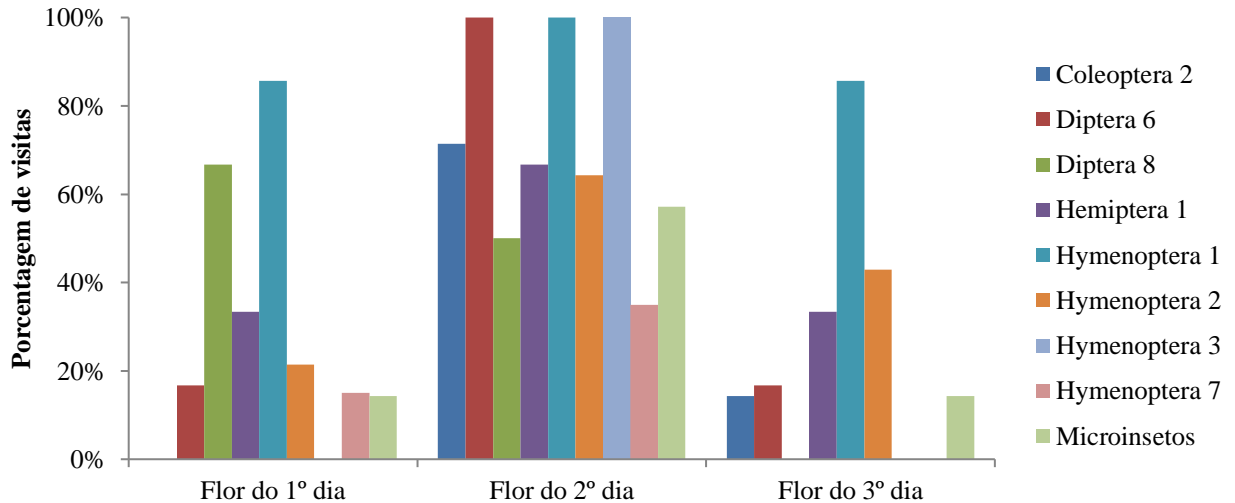
Gráfico 4 – Frequência de visitas por dia de vida floral



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 5 – Abundância de morfoespécies de visitantes florais por dia de abertura floral

Composição de visitantes por dia de abertura floral



Fonte: elaborado pela autora. do primeiro dia: 7 morfoespécies. Flor do segundo dia: 9 morfoespécies. Flor do terceiro dia: 6 morfoespécies.

4.3.2 Comportamento

Foram incluídas nas tabelas apenas morfoespécies que obtiveram três ou mais observações. Morfoespécies com duas ou menos observações foram consideradas visitantes esporádicos. Devido a impossibilidade de identificar em campo vespas e dípteros pequenos e de morfologia semelhante, estes foram agrupados na categoria “Microinsetos”. Algumas vespas Chalcidoidea, embora possuíssem dimensões de microinsetos, puderam ser diferenciadas em campo e, por apresentarem comportamento diferente dos demais microinsetos (como mostrar sinais de oviposição nos botões florais), foram agrupadas em uma morfoespécie separada, Hymenoptera 7 (Tabela 3). Os himenópteros apresentaram maior porcentagem de tempo de visita longo, enquanto os dípteros, os coleópteros e os microinsetos apresentaram majoritariamente tempo de visita médio. Coleoptera 2, Diptera 8, Hymenoptera 2 e 7 e microinsetos apresentaram menor porcentagem de visitas a várias flores, ao contrário de Diptera 6, Hemiptera 1 e Hymenoptera 1 e 3. Apenas Hymenoptera 1 apresentou uma alta porcentagem de visitação em flores no terceiro dia de abertura floral (85,7%) As únicas morfoespécies vistas carregando pólen foram os microinsetos, em 7,1% das visitas, e

Hymenoptera 7, em 5%. Coleoptera 2, microinsetos, e himenópteros da família Formicidae e da superfamília Chalcidoidea foram observados visitando botões florais, sendo que os últimos mostraram sinais de oviposição.

Tabela 4 – Horário e tempo de visita por morfoespécie

| Morfoespécie | Nº de observações | Tempo de visita | | | Horário da visita | | | | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|-------|-------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Curto | longo | Médio | 07h | 09h | 10h | 11h | 13h | 15h | 17h |
| Coleoptera 2 | 7 | 14,3 | 14,3 | 71,4 | 0 | 28,6 | 0 | 0 | 42,9 | 14,3 | 14,3 |
| Diptera 6 | 6 | 16,7 | 0 | 83,3 | 66,7 | 16,7 | 16,7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Diptera 8 | 6 | 16,7 | 0 | 83,3 | 16,7 | 0 | 0 | 33,3 | 50 | 0 | 0 |
| Hemiptera 1 | 3 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33,3 | 0 | 33,3 | 33,3 |
| Hymenoptera 1 | 7 | 0 | 100 | 0 | 28,6 | 28,6 | 0 | 0 | 0 | 28,6 | 14,3 |
| Hymenoptera 2 | 14 | 14,3 | 64,3 | 21,4 | 0 | 14,3 | 0 | 14,3 | 50 | 14,3 | 7,1 |
| Hymenoptera 3 | 3 | 0 | 100 | 0 | 0 | 33,3 | 0 | 33,3 | 33,3 | 0 | 0 |
| Hymenoptera 7 | 20 | 5 | 65 | 30 | 20 | 20 | 0 | 10 | 25 | 25 | 0 |
| Microinsetos | 14 | 21,4 | 14,3 | 64,3 | 42,9 | 0 | 0 | 14,3 | 14,3 | 21,4 | 7,1 |

Fonte: Elaborada pela autora. Os dados foram expressos em porcentagem (%) em relação ao número total de observações para cada morfoespécie.

Tabela 5 – Comportamento dos visitantes por morfoespécie

| Morfoespécie | Nº de observações | Visitou várias flores | Contato com a câmara feminina | Contato com a câmara masculina | Visitou botão | Visitou flor recém aberta | Visitou flor aberta | Visitou flor senescente | Carregou pólen |
|---------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|
| Coleoptera 2 | 7 | 0 | 28,6 | 57,1 | 14,3 | 0 | 71,4 | 14,3 | 0 |
| Diptera 6 | 6 | 83,3 | 100 | 0 | 0 | 16,7 | 100 | 16,7 | 0 |
| Diptera 8 | 6 | 33,3 | 66,7 | 66,7 | 0 | 66,7 | 50 | 0 | 0 |
| Hemiptera 1 | 3 | 66,7 | 33,3 | 66,7 | 33,3 | 33,3 | 66,7 | 33,3 | 0 |
| Hymenoptera 1 | 7 | 85,7 | 100 | 71,4 | 71,4 | 85,7 | 100 | 85,7 | 0 |
| Hymenoptera 2 | 14 | 28,6 | 71,4 | 57,1 | 14,3 | 21,4 | 64,3 | 42,9 | 0 |
| Hymenoptera 3 | 3 | 100 | 66,7 | 33,3 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| Hymenoptera 7 | 20 | 5 | 20 | 35 | 55 | 15 | 35 | 0 | 5 |
| Microinsetos | 14 | 28,6 | 50 | 50 | 14,3 | 14,3 | 57,1 | 14,3 | 7,1 |

Fonte: Elaborada pela autora. Os dados foram expressos em porcentagem (%) em relação ao número total de observações para cada morfoespécie.

4.3.3 Tamanho corporal e acessibilidade às câmaras florais

Hymenoptera e Diptera possuem morfoespécies de todos os tamanhos, enquanto Coleoptera apresentou morfoespécies pequenas e grandes. Todos os Hemiptera encontrados foram pequenos, enquanto Lepidoptera possui dimensões grandes. Todos os Coleoptera e Hymenoptera apresentaram aparelho bucal mastigador, enquanto os Diptera apresentaram aparelho bucal sugador-labial. Os Hemiptera apresentam aparelho picador-sugador e Lepidoptera sugador-maxilar. O Gráfico 6 mostra o tamanho médio dos visitantes por câmara

floral. A maioria dos visitantes das duas câmaras são pequenos, mas a diferença é mais acentuada na câmara masculina, que recebe poucas visitas de insetos grandes.

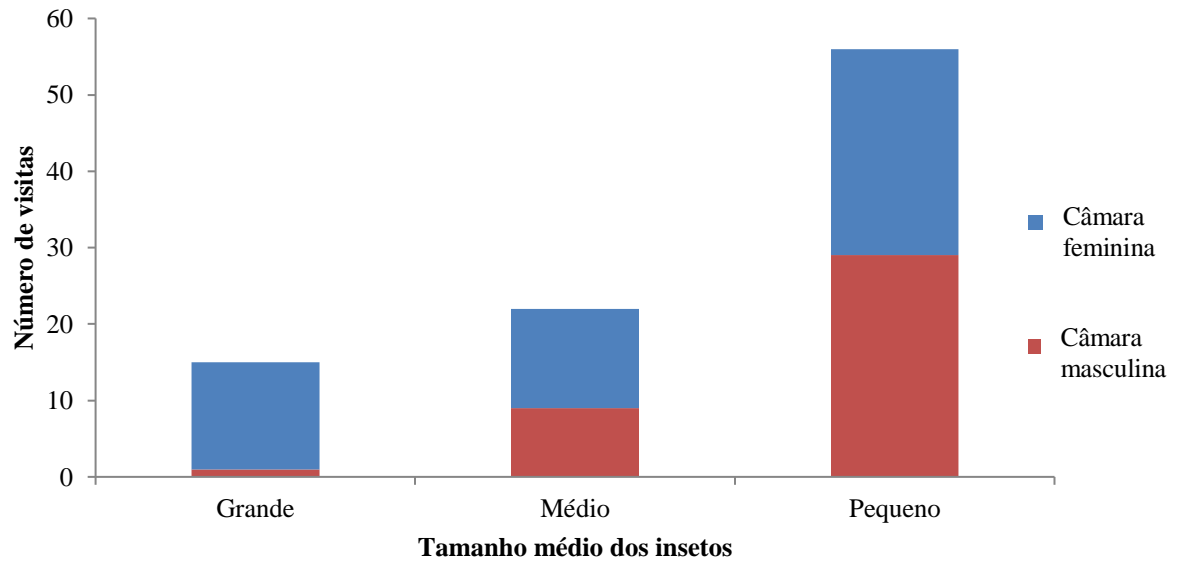
Tabela 6 – Tamanho corporal dos visitantes e acessibilidade às câmaras florais

| Morfoespécie | Aparelho bucal | Tamanho corporal | Acesso à câmara masculina | Acesso à câmara feminina |
|----------------|-----------------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| Coleoptera 2.1 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Coleoptera 2.2 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Coleoptera 2.3 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Coleoptera 2.4 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Diptera 1 | Sugador-labial | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Diptera 4 | Sugador-labial | Pequeno | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Hemiptera 1 | Picador-sugador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Hymenoptera 2 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Hymenoptera 3 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Hymenoptera 6 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Hymenoptera 7 | Mastigador | | Corpo inteiro | Corpo inteiro |
| Diptera 3 | Sugador-labial | | Cabeça | Cabeça |
| Diptera 5 | Sugador-labial | | Cabeça | Cabeça |
| Diptera 8 | Sugador-labial | Médio | Aparelho bucal | Aparelho bucal |
| Diptera 9 | Sugador-labial | | Aparelho bucal | Aparelho bucal |
| Hymenoptera 1 | Mastigador | | Cabeça | Aparelho bucal |
| Coleoptera 1 | Mastigador | | Inacessível | Aparelho bucal |
| Diptera 2 | Sugador-labial | | Aparelho bucal | Aparelho bucal |
| Diptera 6 | Sugador-labial | | Aparelho bucal | Aparelho bucal |
| Diptera 7 | Sugador-labial | Grande | Aparelho bucal | Aparelho bucal |
| Hymenoptera 4 | Mastigador | | Inacessível | Aparelho bucal |
| Hymenoptera 5 | Mastigador | | Inacessível | Aparelho bucal |
| Lepidoptera 1 | Sugador-maxilar | | Aparelho bucal | Aparelho bucal |

Fonte: elaborada pela autora. Foram considerados pequenos insetos com 0 a 3mm, médios de 3,1 a 7mm e grandes a partir de 7,1mm de comprimento.

Gráfico 6 – Composição de visitantes por câmara floral em relação ao tamanho corporal

Tamanho dos visitantes por câmara floral



Fonte: elaborado pela autora.

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que a dinâmica de emissão de odores pelos osmóforos se relaciona com a variação morfológica dos apêndices petalares e com a composição e a riqueza de visitantes florais. O segundo dia após a abertura das flores apresentou uma maior quantidade de voláteis relacionados à atração de insetos, o que coincide com a maior frequência de visitação e riqueza de morfoespécies de visitantes florais. Além disso, no segundo dia os apêndices petalares se encontram em plena expansão, permitindo o acesso dos visitantes florais à câmara feminina e ao estigma. Houve uma diferença no perfil dos visitantes entre as câmaras florais, sobretudo em relação ao tamanho corporal, mostrando que o tamanho do acesso das câmaras funciona como um filtro de visitantes.

5.1 Emissão de odores e morfologia floral

Muitos terpenos, sobretudo monoterpenos, diterpenos e sesquiterpenos, desempenham um papel importante em espécies polinizadas por insetos (DUDAREVA & PICHRESKY, 2006). Diversos trabalhos mostram a importância dos monoterpenos na atração de insetos (KNUDSEN & TOLLSTEN, 1993; PICHERSKY *et al.*, 1994; RAGUSO & PICHERSKY, 1999). O linalol, que apresentou um pico de liberação no segundo dia após a abertura floral, ocorre em plantas polinizadas por uma diversidade de insetos (JHUMUR *et al.*, 2007). No trabalho de Song *et al.*, 2001, o linalol foi encontrado em abundância em flores de figo receptivas, enquanto em flores polinizadas houve decréscimo do composto. Por isso, os autores sugerem que o linalol tenha ação na atração de vespas Chalcidoidea. Os estudos de Aldrich *et al.*, 1986, mostram o linalol como um componente importante no ferormônio de *Podisus maculiventris* (Say), um hemíptero predador, que atrai vespas da espécie *Vespula maculifrons* (Buysson). Alguns ácidos carboxílicos também estão associados a atratividade. Kolosova *et al.* (2001) encontraram uma alta concentração de enzimas BAMT, que produzem benzoato de metila, em partes das pétalas de *Clarkia berweri* próximas as vias que as abelhas utilizam para acessar o néctar, o que indica, segundo os autores, que o odor composto por benzoato de metila atua como um guia para as abelhas.

Embora os resultados mostrem uma maior quantidade total de voláteis emitidos no terceiro dia de abertura floral, nem todos os compostos estão associados à atração de visitantes. Muitos sesquiterpenos estão relacionados com a defesa e aparecem principalmente em flores pós-polinização e flores senescentes (DEVECI *et al.*, 2010; KLAUCK *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2013). O copaeno foi o sesquiterpeno mais abundante nas flores de *G. ulmifolia*, havendo um aumento considerável no terceiro dia. Por ser encontrado principalmente em partes verdes das plantas, como as folhas (KNUDSEN, 1996), este composto pode estar relacionado à defesa contra herbivoria. Ardanuy *et al.* (2017) encontraram copaeno sendo emitido por plantas injuriadas por herbivoria. Além disso, o trabalho de Theis & Raguso (2005) mostra um aumento crescente do copaeno em flores não polinizadas ao longo do tempo, enquanto Proffit *et al.* (2008), encontraram um aumento na quantidade de copaeno em flores após a polinização, o que indica que esse composto não está relacionado com a atração de insetos e pode estar relacionado com a senescência floral.

Desta forma, a relação entre a maior presença de monoterpenos e ácidos carboxílicos, a maior frequência de visitas e a maior riqueza de visitantes no segundo dia de vida floral indica que o odor desempenha um papel importante como atrativo nesse sistema de interação. A mudança na composição dos odores com o aumento de sesquiterpenos e outros compostos relacionados a defesa pode ser um mecanismo de proteção para o desenvolvimento de sementes em flores já polinizadas, bem como uma forma de direcionar os visitantes para flores ainda receptivas, conforme citam Pickersky e Gershenson, 2002.

5.2 Tamanho dos visitantes e acessibilidade às câmaras florais

O Gráfico 7 mostra uma diferença notável entre o tamanho dos visitantes das duas câmaras. A câmara feminina, embora mais visitada por insetos pequenos, tem uma quantidade considerável de visitantes médios e grandes, enquanto a câmara masculina possui uma quantidade bastante restrita de insetos grandes. Isso acontece porque as câmaras florais possuem diferentes tamanhos de entrada e, por isso, apresentam limitações diferentes quanto ao acesso. A câmara masculina permanece acessível por mais tempo (desde o fim da antese até a senescência floral), porém possui uma restrição fixa quanto ao tamanho de sua entrada. Dessa forma, o período de acessibilidade é maior, mas apenas para insetos pequenos.

Insetos grandes com aparelho bucal sugador podem ter acesso à entrada, bem como insetos de tamanho médio, através da cabeça. Porém, dificilmente conseguiriam alcançar as anteras, visto que estas se encontram no interior da câmara. Quanto ao néctar, ainda não foi detectada sua produção, embora haja relatos da visualização de uma pequena gota no interior da câmara masculina (WESTERKAMP *et al*, 2005). Caso haja, o acesso a esse recurso para médios e grandes visitantes só será possível se a liberação ocorrer próxima às entradas da câmara. Ainda assim poucos insetos grandes visitam a câmara masculina.

Quanto à câmara feminina, o acesso varia bastante durante o período de vida floral. Sua entrada é limitada pelos apêndices petalares, cuja morfologia sofre mudanças ao longo do tempo. No início da antese, a câmara se encontra totalmente fechada pelos apêndices, e nenhum visitante consegue acessar. Quando os apêndices se encontram parcialmente expandidos, insetos pequenos conseguem entrar na câmara, mas insetos médios e grandes não tem acesso. Quando os apêndices estão em plena expansão, por volta do segundo dia após a abertura floral, a câmara se torna acessível a todos os visitantes florais. Insetos pequenos conseguem acessar o interior da câmara, enquanto insetos médios e grandes conseguem acessar através da cabeça e do aparelho bucal. O estigma, que se encontra na mesma altura da entrada da câmara, também se torna acessível a todos os visitantes. Com o passar do tempo, conforme os apêndices gradualmente se retraem, o acesso se torna novamente limitado aos pequenos visitantes, até que a câmara se torna totalmente inacessível, no período de senescência floral. Assim, embora o período de acessibilidade à câmara seja menor, a restrição ao tamanho é menor, permitindo uma maior diversidade de visitantes em relação ao tamanho corporal.

5.3 Possíveis polinizadores

Nem todo visitante floral pode ser considerado um polinizador. O trabalho de Alves-dos-Santos *et al.*, 2016, traz algumas elucidações acerca de quais visitantes podem ser classificados como polinizadores. Para isso, é necessário que o visitante se enquadre em alguns requisitos: realizar visitas legítimas, carregar pólen e tocar o estigma. Além disso, para ser considerado um polinizador efetivo, isto é, cuja taxa de transferência de pólen seja significativa para a reprodução da planta, outros critérios precisam ser atendidos, como ser um visitante frequente, apresentar constância floral e ter uma rota de voo que favoreça a visita de várias flores da mesma espécie.

Além desses fatores, as dimensões corporais do visitante floral constituem um importante aspecto na polinização (RECH *et al.*, 2014). Para que haja a transferência do pólen, é necessário que o polinizador entre em contato com o pólen e o estigma na mesma região do corpo. Por exemplo, insetos pequenos que entram em contato com as anteras e coletam o pólen, mas não alcançam o estigma, não realizam a transferência e, por isso, não são polinizadores. Segundo Pinheiro e Sazima, 2007, a relação entre o tamanho corporal do visitante e o tamanho floral pode ser ainda mais importante do que o próprio comportamento do inseto e pode definir se o visitante constitui um polinizador ou um pilhador.

Algumas plantas podem desenvolver mecanismos para limitar o acesso dos visitantes às estruturas reprodutivas, como o caso de espécies com anteras de deiscência poricida. Apenas os visitantes que realizam a coleta do pólen por vibração conseguem ter acesso a eles. Dessa forma, o acesso ao pólen é limitado aos visitantes polinizadores, que são abelhas que produzem vibração torácica durante a coleta do pólen (CARVALHO & OLIVEIRA, 2003; VALLEJO-MARÍN, 2019). Assim, restrição do tamanho das entradas das câmaras, sobretudo a masculina, pode ser um mecanismo para limitar o acesso às anteras e, assim, garantir a quantidade e a qualidade do pólen necessárias para a reprodução da planta.

Diante dessas considerações, os visitantes de *Guazuma ulmifolia* que mais se enquadraram nessas características comportamentais e morfológicas foram os microinsetos, que incluem pequenos dípteros e vespas da superfamília Chalcidoidea. Esses insetos, além de possuírem dimensões adequadas, apresentaram alta frequência de visitação e realizaram visitas legítimas nas duas câmaras, entrando em contato com as estruturas reprodutivas. Além disso, foram as únicas morfoespécies vistas transportando pólen, que era depositado na parte dorsal do tórax do animal, região que também entrava em contato com o estigma. Entretanto, a metodologia utilizada nas observações não permitiu verificar a rota de voo ou a quantidade de flores visitadas e não foram feitas análises da carga polínica transportada pelos insetos.

5.4 Perspectivas futuras

Para entender melhor a modificação da morfologia floral e da composição de odores, faz-se necessária a avaliação da viabilidade do pólen, da receptividade do estigma e do período de funcionalidade dessas estruturas durante a vida da flor. Para a confirmação do grupo de

polinizadores, devem ser feitas observações refinadas do comportamento desses visitantes, atentando para comportamentos como: a quantidade de flores visitadas, se o inseto visita as duas câmaras de uma mesma flor e se ocorre coleta e deposição de pólen no estigma. Ademais, faz-se necessária a análise da carga polínica para confirmar a origem e a pureza do pólen transportado ao estigma das flores.

6 CONCLUSÃO

A morfologia floral de *Guazuma ulmifolia* e a dinâmica de liberação de odores pelos osmóforos mostram-se como reguladores da dinâmica dos visitantes florais. A emissão de voláteis se modifica ao longo do tempo de vida floral e afeta a dinâmica dos visitantes florais. O tamanho do acesso às câmaras restringe o acesso aos visitantes de acima de 3 mm. Os pequenos dípteros e vespas Chalcidoidea mostraram-se como potenciais polinizadores.

REFERÊNCIAS

- ALDRICH, J. R.; LUSBY, W. R.; KOCHANSKY, J. P. Identification of a new predaceous stink bug pheromone and its attractiveness to the eastern yellowjacket. **Experientia**, v. 42, p. 583-585, 1986.
- ALVES-DOS-SANTOS, I.; DA SILVA, C. I.; PINHEIRO, M.; KLEINERT, A. M. P. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 295-307, 2016.
- ARDANUY, A.; PASTOR, V.; GLAUSER, G.; CHRISTOU, P.; TURLINGS, T. C. J.; ALBAJES, R. Genotype, nitrogen and herbivory shape plant defense: the case of a vitamin-enriched maize. **bioRxiv**, 33p, jul. 2017
- AUTTAMA, P.; MCKEY, D.; KIDYOO, A. Flowering phenology and trap pollination of the rare endemic plant *Ceropegia thaithongiae* in montane forest of northern Thailand. **Botany**, v. 96, n. 9, p. 601-620, jun. 2018.
- BRONSTEIN, J. L. 2009. Mutualism and symbiosis. *In*: LEVIN, S. A.; CARPENTER, S. R.; GODFRAY, H. C. J.; KINZIG, A. P.; LOREAU, M. LOSOS, J. B.; WALKER, B.; WILCOVE, D. S. The Princeton guide to ecology. **Princeton University Press**, Nova Jersey, p. 233-238. 2009.
- CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA P. E. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna silvestris* (Vell.) H. S. Irwin & Barneby (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p. 319-328, jul-set. 2003.
- CARVALHO, P. E. R. **Mutamba** - *Guazuma ulmifolia*. Colombo: Circular Técnica 141, 2007. 13p.
- CASIQUE, J. V.; DA SILVA, E. F.; ANDRADE, E. H. A.; MASTROBERTI, A. A.; AGUIAR-DIAS, A. C. A. Anatomical analyses of floral and extrafloral secreting structures indicate the presence of nectaries and colleters in *Stanhopea grandiflora* Lindl. **Brazilian Journal of Botany**, v. 41, n. 3, p. 725-738, set. 2018.
- CHITTKA, L.; MENZEL, R. The evolutionary adaptation of flower colours and the insect pollinators' colour vision. **Journal of Comparative Physiology**, v. 171, n. 2, p. 171-181, set. 1992.
- CHITTKA, L.; THOMSON, J. D. **Cognitive ecology of pollination**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 344p.
- COLLI-SILVA, M. **Guazuma in Flora do Brasil 2020 em construção**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9065>. Acesso em: 06 nov. 2019

- DÁTILLO, W.; MARQUES, E. C.; FALCÃO, J. C. F.; MOREIRA, D. D. O. Interações mutualísticas entre formigas e plantas. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 2, n. 2, p. 32-36, mai-ago. 2009.
- DEVECI, O.; SUKAN, A.; TUZUN, N.; KOCABAS, E. E. H. Chemical composition repellent and antimicrobial activity of *Schinus molle* L. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 21, p. 2211-2216, nov. 2010.
- DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E. **Biology of floral scent**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. 346p.
- HERRE, E. A.; KNOWLTON, N.; MUELLER, U. G.; RENNER, S. A. The Evolution of mutualisms: exploiting the paths between conflict and cooperation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 14, n. 2, p 49-53, fev. 1999.
- HOBALLAH, M. E.; STUURMAN, J.; TURLINGS, T. C. J.; GUERIN, P. M.; CONNÉTABLE, S.; KUHLEMEIER, C. The composition and timing of flower odour emission by wild *Petunia axillaris* coincide with the antennal perception and nocturnal activity of the pollinator *Manduca sexta*. **Planta**, Bern, v. 222, n. 1, p. 141-150, set. 2005
- JHUMUR, U. S.; DÖTTERL, S.; JÜRGENS, A. Floral odors of *Silene otites*: their variability and attractiveness to mosquitoes. **Journal of Chemical Ecology**, v. 34, n. 14, p. 14-24, jan. 2008.
- JUNKER, R. R.; PARACHNOWITSCH, A. L. Working towards a holistic view on flower traits: how floral scents mediate plant-animal interactions in concert with other floral characters. **Journal of the Indian Institute of Science**, v. 95, n. 1, p. 43-67, jan-mar. 2015.
- KETTLER, B. A.; SOLÍS, S. M.; FERRUCHI, M. S. Comparative survey of secretory structures and floral anatomy of *Cohniella cepula* and *Cohniella jonesiana* (Orchidaceae: Oncidiinae). New evidences of nectaries and osmophores in the genus. **Protoplasma**, Austria, v. 253, n. 3, p. 703-720, nov, 2018.
- KITE, G. C.; HETTERSCHIED, W. L. A.; LEWIS, M. J.; BOYCE, P. C.; OLLERTON, J.; COCKLIN, E.; DIAZ, D.; SIMMONDS, M. S. J. Inflorescence odours and pollinators of *Arum* and *Amorphophallus* (Araceae). In: OWENS, S. J.; RUDALL, P. J. **Reproductive Biology**, Kew, p. 295-315. 1998.
- KLAUCK, V.; PAZINATO, R.; STEFANI, L. M.; SANTOS, R. C.; VAUCHER, R. A.; BALDISSERA, M. D.; RAFFIN, R.; BOLIGON, A.; ATHAYDE, M. BARETTA, D.; MACHADO, G.; DA SILVA, S. Insecticidal and repellent effects of tea tree and andiroba oils on flies associated with livestock. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 28, p. 33-39, 2014.
- KNUDSEN, J. T. Floral scents and pollination in neotropical Lecythidaceae. **Biotropica**, v. 28, n. 1, p. 42-60, 1996.

- KNUDSEN, J. T.; TOLLSTEN, L. Trends in floral scent chemistry in pollination syndromes: floral scent composition in moth-pollinated taxa. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 113, p. 263, 284, 1993.
- KOLOSOVA, N.; GORENSTEIN, N.; KISH, C. M.; DUDAREVA, N. Regulation of circadian methyl benzoate emission in diurnally and nocturnally emitting plants. **The Plant Cell**, v. 13, p. 2333-2347, 2001.
- KONG, S.; JI, Y.; LIU L.; CHEN, L.; ZHAO, X. WANG, J.; BAI, Z.; SUN, Z. Diversities of phthalate esters in suburban agricultural soils and wasteland soil appeared with urbanization in China. **Environmental Pollution**, v. 170, p. 161–168, jun. 2012.
- KOWALKOWSKA, A. K.; KRAWCZYNSKA, A. T. Anatomical features related with pollination of *Neottia ovata* (L.) Bluff & Fingerh. (Orchidaceae). **Flora**, v. 255, n. 1, p. 24-33, mar. 2019.
- LINSTROM, P. J.; MALLARD, W. G. **NIST Chemistry WebBook**: NIST Standard Reference Database Number 69, Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology. Disponível em: <http://webbook.nist.gov>. Acesso em: 09 nov. 2019.
- MADUREIRA, M.; SOBRINHO, T. G. Evidência de mutualismo entre *Qualea cordata* (Vochysiaceae) e *Cephalotes* sp. (Hymenoptera: Formicidae). **Academia Insecta**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 1-4, jul. 2002.
- MARINHO, C. R.; MARTUCCI, M. E. P.; GOBBO-NETO, L.; TEIXEIRA, S. P. Chemical composition and secretion biology of the floral bouquet in legume trees (Fabaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. XX, n. 1, p. 1-21, 2018.
- MARTINI, P.; SCHLINDWEIN, C.; MONTENEGRO, A. Pollination, flower longevity, and reproductive biology of *Gongora quinquenervis* Ruiz and Pavón (Orchidaceae) in an Atlantic Forest fragment of Pernambuco, Brazil. **Plant Biology**, v. 5, n. 5, p. 495-503, ago. 2003.
- NAKAHAMA, N.; MIURA, R.; TOMINAGA, T. Preliminary Observations of Insect Visitation to Flowers of *Vincetoxicum pycnostelma* (Apocynaceae: Asclepiadoideae), an Endangered Species in Japan. **Journal of Entomological Science**, v. 48, n. 2, p. 151–160, abr. 2013.
- NETO, C. M.; MEIRELES, A. J.; GORAYEH, A. Parecer técnico-científico para a criação de uma Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) no Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2018. p. 1-14. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00249400747b292308d45>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.
- OLLERTON, J.; MASINDE, S.; MEVE, U.; PICKER, M.; WHITTINGTON, A. Fly pollination in *Ceropegia* (Apocynaceae: Asclepiadoideae): biogeographic and phylogenetic perspectives. **Annals of Botany**, v. 103, n. 9, p. 1501-1514, abr. 2009.
- PANSARIN, E. R. Biologia reprodutiva e polinização em *Epidendrum paniculatum* Ruiz &

Pavón (Orchidaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 2, p. 203-211, jun. 2003.

PANSARIN, E. R.; AMARAL, M. C. E. Biologia reprodutiva e polinização de duas espécies de *Polystachya* Hook. no sudeste do Brasil: evidência de pseudocleistogamia em Polystachyeae (Orchidaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 423-432, jul/set. 2006

PELLMYR, O.; THIEN, L. B. Insect reproduction and floral fragrances: a key to the evolution of the angiosperms? **Taxon**, v. 35, n. 1, p. 76-85, fev. 1986.

PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Plant Biology*, v. 5, p. 237-243, mar. 2002.

PICHERSKY, E.; RAGUSO, R. A.; LEWISOHN, E.; CROTEAU, R. Floral scent production in *Clarkia* (Onagraceae) I. Localization and developmental modulation of monoterpene emission and linalool synthase activity. **Plant Physiology**, v. 106, p. 1533-1540, 1994.

PINHEIRO, M.; SAZIMA, M. Visitantes florais e polinizadores de seis espécies arbóreas de Leguminosae melitófilas na Mata Atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 447-449, jul. 2007.

PLACHNO, B. J.; STPICZYNSKA, M.; DAVIES, K. L.; SWIATEK, P.; MIRANDA, V. F. O. Floral ultrastructure of two Brazilian aquatic-epiphytic bladderworts: *Utricularia cornigera* Studnička and *U. nelumbifolia* Gardner (Lentibulariaceae). **Protoplasma**, v. 254, n. 1, p. 353-366, mar. 2016.

PRIDGEON, A. M.; STERN, W. L. Ultrastructure of osmophores in *Restrepia* (Orchidaceae). **American Journal of Botany**, Florida, v. 70, n.8, p. 1233-1243, 1983.

PROFFIT, M.; SCHATZ, B.; BESSIÈRE, J.; CHEN, C.; SOLER, C. HOSSAERT-MCKEY, M. Signalling receptivity: comparison of the emission of volatile compounds by figs of *Ficus hispida* before, during and after the phase of receptivity to pollinators. **Symbiosis**, v. 45, 10p, 2008.

RAGUSO, R. A.; GOTTSBERGER, G. An ode to osmophores: Stefan Vogel's seminal contributions to the study of scent. **Flora**, v. 232, p. 150-152, 2017

RAGUSO, R. A.; PICHERSKY, E. A day in the life of a linalool molecule: Chemical communication in a plant-pollinator system. Part 1: Linalool biosynthesis in flowering plants. **Plant Species Biology**, v. 14, p. 95-120, 1999.

RAGUSO, R. A. Wake up and smell the roses: the ecology and evolution of floral scent. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 39, p. 549-569, 2008.

RAZANAMARO, O.; RASOAMANANA, E.; RAKOUTH, B.; RANDRIAMALALA, J. R.; RABAKONADRIANINA, E.; CLÉMENT-VIDAL, A.; TSY, J. L. P.; MENUT, C.; DANTHU,

P. Chemical characterization of floral scents in six endemic baobab species (*Adansonia* sp.) of Madagascar. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 60, p. 238-248, 2015.

RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. O.; MACHADO, I. C. **Biologia da Polinização**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. 524p.

RECH, A. R.; BRITO, V. G. L. Mutualismos extremos de polinização: história natural e tendências evolutivas. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 297-310, jun. 2012.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; OLIVEIRA, T. S.; LOBATO, F. A. O. Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p.511-519, 2008.

SANTOS, M. R. A.; LIMA, R. A.; SILVA, A. G.; LIMA, D. K. S.; SALLET, L. A. P., TEIXEIRA, C. A. D.; FACUNDO, V. A. Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) Ferrari. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 15, n. 14, p. 757-762, 2013.

SAZIMA, M.; VOGEL, S.; COCUCCHI, A. HAUSNER, G. The perfume flowers of *Cyphomandra* (Solanaceae): pollination by euglossine bees, bellows mechanism, osmophores and volatiles. **Plant Systematics and Evolution**, Austria, v. 187, n. 1, p. 51-88, 1993.

SCHERER, A.; MARASCHIN-SILVA, F.; BAPTISTA, L. R. M. Padrões de interações mutualísticas entre espécies arbóreas e aves frugívoras em uma comunidade de Restinga no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 21, n. 1, p. 203-212, 2007.

SILVA, A. L. G.; PINHEIRO, M. C. B. Biologia floral e da polinização de quatro espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 21, n. 1, p. 235-247, 2007.

SINGER, R. B.; KOEHLER, S. Notes on the pollination biology of *Notylia nemorosa* (Orchidaceae): do pollinators necessarily promote cross pollination? **Journal of Plant Research**, v. 116, n. 1, p. 19-25, 2003.

SOBRINHO, S. P.; SIQUEIRA, A. G. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de Mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. - Sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 114-120, 2008.

SONG, Q.; YANG, D.; ZHANG, G.; YANG, C. Volatiles from *Ficus hispida* and their attractiveness to fig wasps. **Journal of Chemical Ecology**, v. 27, n. 10, p. 1929-1942, out. 2001.

SOUZA, M. S.; VENTURIERI, G. A. Floral Biology of Cacauhy (*Theobroma speciosum* - Malvaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Brasil, v. 53, n. 4, p. 861-872, jul-ago. 2010.

SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudo sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campo Grande, v. 10, n. 3, p. 612-618, 2006.

STERN, W. L.; CURRY, K. J.; PRIDGEON, A. M. Osmophores of *Stanhopea* (Orchidaceae). **American Journal of Botany**, v. 74, n. 9, p. 1323-1331, 1987.

THEIS, N.; RAGUSO, R. A. The effect of pollination on floral fragrance in thistles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 11, p. 2581-2600, 2005.

VALLEJO-MARÍN, M. Buzz pollination: studying bees vibrations on flowers. **New Phytologist**, v. 223, p. 1068-1074, 2019.

VOGEL, S. **Duftdrüsen im Dienste der Bestäubung**; über Bau und Funktion der Osmophoren. Abh. Akad. Wiss. Lit. Mainz, Math.-Naturwiss., v. 10, p. 1-165, 1963.

VOGEL, S. **The role of scent glands in pollination**: on the structure and function of osmophores. Washington Smithsonian Institution: New Deli Amerind. Publ. Comp. 1990.

WERYSZKO-CHMIELEWSKA, E.; STPICZYNSKA, M. Osmophores of *Amorphophallus rivieri* Durieu (Araceae). **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, Lublin, v. 64, n. 2, p. 121-129, 1995.

WESTERKAMP, C.; SOARES, A. A.; NETO, L. P. A. Male and female booths with separate entrances in the tiny flowers of *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae – Byttnerioideae) I. structural integration. **Flora**, v. 201, n. 5, p. 389-395, ago. 2006.