



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



POLINIZAÇÃO E HERBIVORIA FLORAL NO GÊNERO
***BANISTERIOPSIS* (MALPIGHIACEAE) EM ÁREA DE**
CERRADO DE UBERLÂNDIA, MG.

CLÉBIA APARECIDA FERREIRA

2013

CLÉBIA APARECIDA FERREIRA

**POLINIZAÇÃO E HERBIVORIA FLORAL NO GÊNERO
BANISTERIOPSIS (MALPIGHIACEAE) EM ÁREA DE
CERRADO DE UBERLÂNDIA, MG.**

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. Dr. Helena Maura Torezan-Silingardi

**Uberlândia
Fevereiro 2013**

CLÉBIA APARECIDA FERREIRA

**POLINIZAÇÃO E HERBIVORIA FLORAL NO GÊNERO
BANISTERIOPSIS (MALPIGHIACEAE) EM ÁREA DE
CERRADO DE UBERLÂNDIA, MG.**

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

APROVADA em ____ de _____ de 20__.

Professora Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira - UFU

Professor Dr. Fernando Amaral da Silveira - UFMG

Profa. Dra. Helena Maura Torezan-Silingardi - UFU
Orientadora

**UBERLÂNDIA
Fevereiro 2013**

Aos meus pais, que me ensinaram que conhecimento é essencial e que por mais difícil que fosse a trajetória até aqui, valeria a pena.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela oportunidade única de aprendizado e aperfeiçoamento na profissão que escolhi atuar.

Aos meus pais Antônio Carlos e Edleuza e irmãos Diego e Magda e ao meu namorado Victor Henrique pelo amor, carinho, incentivo que me proporcionaram em todos os momentos que precisei.

À Universidade Federal de Uberlândia, ao Instituto de Biologia e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, pela oportunidade e apoio ao desenvolvimento dessa dissertação.

À CAPES pela concessão de bolsa e apoio financeiro na participação de eventos ao longo do curso.

À minha orientadora Profa. Dr. Helena Maura Torezan-Silingardi e ao Prof. Dr. Kleber Del Claro, que me acolheram e com toda paciência e dedicação, transmitiram seu conhecimento e amizade.

À Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira e ao Prof. Dr. Fernando Amaral da Silveira por aceitarem parte da banca examinadora desta dissertação. Todas as suas contribuições serão atentamente consideradas.

À Profa. Dra. Maria Cândida A. Mamede pela identificação das espécies de *Banisteriopsis* (Malpighiaceae).

Ao Prof. Dr. Fernando Amaral da Silveira, Ms. José Eustáquio dos Santos Júnior (UFMG) e toda equipe do Laboratório de Sistemática e Ecologia de Abelhas na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que me receberam e auxiliaram nas identificações das abelhas, especialmente Rosi e Junior, amigos desde a época da graduação.

À Maria Angélica, secretária do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, pela paciência, carinho e dedicação nas muitas vezes que precisei.

Ao Sr. Nilson Dias e companheiros, que nos permitiram utilizar a Área de Reserva Legal Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia para os experimentos e a coleta de dados.

Ao Prof. Dr. Alexandre Marletta e ao Ms. Eralci Moreira Therézio, do Grupo de Espectroscopia de Materiais do Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia, por nos auxiliarem durante as várias análises para a diferenciação da refletância e coloração das pétalas.

Ao todos do Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações – LECI, especialmente, Andréa Andrade Vilela e Denise Lange que sempre estiveram por perto. À Alexandra Balchtold pela identificação das lagartas, e aos colegas de campo, Gudryan Barônio, Tayná Lopes e Thaís Coelho pela amizade e apoio no campo.

À turma “Ecologia 14” pela amizade, carinho e apoio nos grupos de estudo, especialmente as amigas: Daniella Reis Fernandes Telles, Laíce Silva, Bruna, Borges Araújo, Camila Montes, Thaís Dantas e Renata Migliorini, aprendi muito com vocês.

A todos que de alguma forma contribuíram com o meu aprendizado e na elaboração deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
Resumo Geral.....	ii
Abstract Geral.....	iii
Introdução Geral.....	01
Referências Bibliográficas.....	05
CAPÍTULO 1: Influência da fenologia e das características morfológicas florais sobre a interação com os polinizadores em duas espécies do gênero <i>Banisteriopsis</i> (Malpighiaceae) no cerrado.....	08
Resumo	08
Abstract.....	09
1. Introdução.....	10
2. Material e Métodos.....	14
3. Resultados.....	19
4. Discussão.....	32
5. Conclusão.....	40
6. Referências Bibliográficas.....	41
CAPÍTULO 2: Efeitos da herbivoria floral no sucesso reprodutivo de <i>Banisteriopsis malifolia</i> (Malpighiaceae).....	49
Resumo.....	49
Abstract.....	50
1. Introdução.....	51
2. Material e Métodos.....	55
3. Resultados.....	58
4. Discussão.....	62
5. Conclusão.....	65
6. Referências Bibliográficas.....	66

RESUMO

FERREIRA, C. A. 2012. Polinização e herbivoria floral no gênero *Banisteriopsis* (Malpighiaceae) em área de Cerrado de Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

A família Malpighiaceae é uma das mais abundantes no bioma Cerrado, e suas espécies são conhecidas por ofertar pólen e óleo floral para os visitantes florais. Características fenológicas e morfológicas podem variar com as espécies e atrair diferentes grupos de visitantes, entre eles suas abelhas polinizadoras. Os principais objetivos deste estudo foram: comparar aspectos fenológicos e morfológicos entre as espécies simpátricas *Banisteriopsis malifolia* e *Banisteriopsis variabilis*, registrar a interação com os polinizadores e investigar a relação entre flores, seus herbívoros e polinizadores, estimando a influência dos diferentes níveis de danos florais sobre a frutificação. A coleta de dados foi realizada em uma área de cerrado dentro da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó, de abril de 2011 a junho de 2012. Arbustos de *B. malifolia* e *B. variabilis* foram marcados e observados para registro da fenologia mensal, coleta de flores para medições de suas estruturas, teste de presença e intensidade de perfume e coleta de visitantes florais através de rede entomológica e pratos armadilhas. Os visitantes também foram coletados em pratos-armadilha, simulando presença de flores após o fim da florada. Foi investigada a riqueza de abelhas e sua preferência entre as flores, assim como os principais insetos florívoros. A intensidade de danos natural entre as espécies e o efeito da florivoria sobre a frutificação foi investigado através da simulação de três diferentes níveis de danos às flores recém-abertas e pré-ensacadas. No grupo Controle as flores permaneceram intactas, no grupo Estandarte apenas a pétala estandarte permaneceu na flor, e no grupo Sem Estandarte apenas as pétalas comuns e idênticas foram mantidas, a taxa de frutificação foi determinada através da contagem dos frutos produzidos. As duas espécies apresentaram floração entre os meses de maio e julho, com pequeno atraso de *B. variabilis*. Polinizadores, herbívoros, predadores dentre outros grupos foram registrados visitando flores de ambas as espécies e morfos. Diferenças morfométricas parecem influenciar na taxa de visitação. O morfotipo de pétalas de coloração rosa claro de *B. malifolia* teve maior número de grãos viáveis ($F_{2,48} = 23.217$; $P < 0.001$), maior área floral ($F_{2,58} = 53.547$; $P < 0.001$), maior diversidade e abundância de polinizadores e presença de perfume suave. A proporção de danos naturais nas flores variou entre as espécies ($U=393,5$; $N_1=30$; $N_2=15$; $P<0,005$), mas não diferiu entre os morfotipos de pétalas rosa intenso e rosa claro de *B. malifolia*. Lepidópteros, dípteros e coleópteros foram os principais herbívoros florais, encontrados no interior de botões e sobre as pétalas de flores. O experimento de florivoria demonstrou que o grupo de flores intactas apresentou frutificação significativamente maior comparado aos demais ($F_{2,27}=35,413$; $P<0,001$). *Banisteriopsis malifolia* e *B. variabilis* apresentaram características fenológicas muito semelhantes, porém diferiram quanto à morfologia floral, incluindo tamanho, cor, viabilidade polínica, odor e reflectância das pétalas, o que teve como consequência a observação de conjuntos de polinizadores e visitantes florais com riqueza e abundância variadas. A atratividade reduzida por ocorrência de danos nas pétalas representou uma baixa taxa de visitação e consequente afetou negativamente a frutificação da espécie.

Palavras-chave: *Banisteriopsis malifolia*, *Banisteriopsis variabilis*, Visitantes florais, Cerrado.

ABSTRACT

FERREIRA, C. A. 2012. Pollination and floral herbivory in two species of *Banisteriopsis* (Malpighiaceae) in an area of Brazilian Savanna, Minas Gerais state, Brazil. Dissertação de Mestrado em Ecologia da Conservação dos Recursos Naturais UFU. Uberlândia – MG.

The family Malpighiaceae is one of the most abundant in the Cerrado, and its species are known to offer pollen and floral oil for floral visitors. Phenological and morphological aspects may vary with the species and attract different groups of visitors, including their pollinating bees. The main objectives of this study were to compare phenological and morphological aspects between sympatric species of *Banisteriopsis*. *Banisteriopsis malifolia* and *B. variabilis*, record the interactions with pollinators and investigate the relationship between flowers and their pollinators and herbivores, estimating the influence of different levels of damage on floral fruiting. Data collection was conducted in an area of Cerrado in the Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, from April 2011 to June 2012. Shrubs *B. malifolia* and *B. variabilis* were marked and observed to record the phenology monthly gathering flowers for measurements of their structures, test the presence and intensity of perfume and collection of floral visitors through insect nets and pan traps. The visitors were also collected in pantraps, simulating the presence of flowers after the end of flowering. We investigated the richness of bees and their preference among flowers, as well as the main insect florívoros. The intensity of natural damage between species and florivore effect on fruit set was investigated through simulation of three different levels of damage to the newly opened flowers and pre-bagged. In the control group the flowers remained intact, the only group only the mail petal remained in the flower, and in the group only the identical petals was maintained the fruit set was determined by counting the fruits produced. The two species showed bloom between the months of May and July, with little delay *B. variabilis*. Pollinators, herbivores, predators among other groups were recorded visiting flowers of both species and morphs. Morphometric differences seem to influence the rate of visitation. The morphotype petals light pink coloration of *B. malifolia* had greater number of viable grains ($F_{2, 48} = 23.217$, $P < 0.001$), larger floral ($F_{2, 58} = 53.547$, $P < 0.001$), greater diversity and abundance of pollinators and the presence of soft perfume. The proportion of natural damage the flowers varied between species ($U = 393.5$, $N_1 = 30$, $N_2 = 15$, $P < 0.005$) but did not differ between morphotype petals bright pink and light pink *B. malifolia*. Lepidoptera, Diptera and Coleoptera were the main herbivores floral buttons found inside and on the flower petals. The experiment showed that florivoria bunch of flowers presented intact fruiting significantly higher compared to the other ($F_{2, 27} = 35.413$, $P < 0.001$). *Banisteriopsis malifolia* and *B. variabilis* showed phenological characteristics very similar but differ in the floral morphology, including size, color, pollen viability, odor and reflectance of the petals, which resulted in the observation sets of pollinators and floral visitors with richness and abundance varied. The attractiveness reduced by damage to the petals represented a low visitation rate and consequently negatively affected the fruiting species.

Keywords: *Banisteriopsis malifolia*, *Banisteriopsis variabilis*, floral visitors, Cerrado.

INTRODUÇÃO GERAL

São diversas as interações ecológicas entre plantas e animais e a riqueza dessas interações é a grande responsável pela biodiversidade que mantém as comunidades viáveis (Thompson 1997; Lewinsohn 2011). No entanto, as mesmas espécies interagentes estão sob o efeito de diversas condições locais particulares, as quais variam dentro de suas grandes áreas de ocorrência, o que caracteriza um mosaico geográfico de interações em constante mudança (Thompson 2005, 2010). Algumas interações apresentam reciprocidade elevada e são consideradas benéficas, como por exemplo, a polinização; outras, como a herbivoria, podem causar danos severos para um dos membros envolvidos e são denominadas antagônicas (Coley 1983; Marquis & Braker 1994; Marquis 2011). Milhares de espécies de angiospermas dependem dos insetos para a polinização de suas flores e consequente reprodução sexuada (Raven, Evert & Eichhorn 2001), com benefícios mútuos para as plantas e os polinizadores. Já na herbivoria, foliar ou floral, os herbívoros são responsáveis por prejuízos ao fitness das plantas, afetando negativamente o crescimento, a reprodução, a sobrevivência e a manutenção das populações vegetais (Marquis 2011).

As plantas dispõem de vários mecanismos de defesa que evitam ou reduzem o dano causado pela herbivoria, como a presença de tricomas ou folhas esclerificadas e queratinizadas, a produção de compostos secundários, que reduzem ou repelem a atividade dos herbívoros, compostos químicos que diminuem a digestibilidade, ou ainda substâncias tóxicas, como os alcalóides, terpenos e flavonóides (Crawley 1983; Trigo Pareja & Massuda 2011). Monteiro *et al.* (2005) descrevem a função de inibição de herbívoros de altas concentrações de taninos nos frutos, folhas, sementes ou demais tecidos jovens que se tornam impalatáveis aos fitófagos. Mudanças nos padrões fenológicos de florescimento também podem ser consideradas como um mecanismo de escape à herbivoria floral e podem conferir resistência a esses vegetais (Pilson & Decker 2002). A evolução das

interações entre animais e plantas também pode ser compreendida através do estudo de aspectos fenológicos, que permitam conhecer o período e a duração de eventos cíclicos, tanto vegetativos quanto reprodutivos das plantas (Morellato & Leitão Filho 1990).

A herbivoria floral, ou florivoria, afeta negativamente a interação com os polinizadores, diminuindo a quantidade de visitas (Mccall & Irwin 2006). Isso ocorre devido à redução do display floral, às alterações do tamanho e do formato da corola, à presença de danos nas áreas de produção de perfume, à diminuição da quantidade de botões e flores e à redução na quantidade e qualidade de recursos florais oferecidos. Todos esses fatores levam a uma menor atratividade floral (Strauss 1997,1999; McCall & Irwin 2006).

As abelhas, assim como outros visitantes florais, são exemplos de polinizadores cuja interação com as flores é prejudicada pela florivoria. Esses insetos dependem das flores para coletar recursos como pólen, néctar ou óleo e partes florais, utilizados na sua própria alimentação ou de suas larvas (Anderson 1990; Junqueira *et al.* 2011). O óleo também pode ser utilizado na construção das células de cria (Vogel 1990; Anderson 1990). Algumas espécies vegetais são de grande importância no oferecimento desses recursos e possuem estreita relação com as espécies visitantes, como é o caso das Malpighiaceae com as abelhas coletoras de óleo que as polinizam (Vogel 1990; Anderson 1990).

Malpighiaceae é dividida em 71 gêneros, entre os quais se distribuem em 1.250 espécies arbóreas, arbustivas, herbáceas e trepadeiras no mundo (Lombello & Forni-Martins 2003). No Brasil, a família é representada por 528 espécies distribuídas em 44 gêneros (Mamede *et al.* 2012). Malpighiaceae é considerada a segunda maior família em número de espécies em várias áreas do bioma Cerrado (Ratter, Ribeiro & Bridgewater 1997; Giuliatti *et al.* 2005). A arquitetura da flor das Malpighiaceae é caracterizada por

cinco pétalas unculadas, com uma delas diferenciada pela rigidez, espessura e coloração, utilizada pelas abelhas como ponto de sustentação durante a coleta de óleo, além das glândulas produtoras de óleo presentes nas sépalas (Vogel 1990). Muitos estudos comprovam o alto potencial econômico/farmacológico de várias espécies da família, principalmente as do gênero *Banisteriopsis* (Simoni *et al.* 2007; Frias *et al.* 2012). *Banisteriopsis* é um dos gêneros maiores e mais difundidos, incluindo 92 espécies que podem ser encontradas no Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador e Peru (Mabberley 1997). No Brasil, há muitas espécies encontradas no Cerrado e várias delas são consideradas endêmicas desse bioma (Forzza *et al.*, 2010)

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, com aproximadamente 2.031.990 km² (Mittermeier *et al.* 2005) e possui a mais rica flora dentre as savanas do mundo, com mais de 7.000 espécies, das quais aproximadamente 44% são endêmicas (Klink e Machado 2005). O alto endemismo e a perda de áreas naturais devido à intensa atividade agropecuária e expansão urbana, fez com que o Cerrado fosse incluído entre os 25 “hot spots” mundiais para a conservação (Myers *et al.* 2000; Kink & Machado 2005). Ele apresenta clima tropical quente e úmido e duas estações bem definidas, (verão chuvoso e inverno seco) com temperatura média anual entre 20°C e 26°C e a pluviosidade variando de 1.000 a 2.000 mm anuais (Coutinho 2002). A degradação do bioma é a grande responsável pela ocorrência de danos ambientais como a fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas e modificações no clima (Bluthgen 2011). Estudos nesse bioma são necessários para aumentar nossa compreensão sobre os fatores que influenciam a organização das comunidades e a interação das espécies, além de servir de base para estabelecer ações para a sua conservação.

Com esse propósito, decidimos investigar alguns aspectos ecológicos envolvendo associações entre flores de *Banisteriopsis* (Malpighiaceae) e seus polinizadores em ambiente de Cerrado. Assim, o presente estudo teve como objetivo investigar:

1. Quais seriam as principais diferenças fenológicas e morfológicas florais entre duas espécies congêneras e simpátricas?
2. Essas variações poderiam resultar em diferenças na diversidade de polinizadores registrados para cada uma das espécies envolvidas?
3. Qual a influencia da florivoria na atratividade, polinização e reprodução das espécies vegetais?

O texto segue apresentado em dois capítulos:

- Capítulo 1: Fenologia, morfologia floral e visitantes florais de duas espécies do gênero *banisteriopsis* (malpighiaceae) em uma reserva de Cerrado.
- Capítulo 2: Estudo da herbivoria floral no sucesso reprodutivo de espécies do gênero *Banisteriopsis* (Malpighiaceae) no Cerrado.

A organização dos capítulos, as citações bibliográficas nos textos e na lista de Referências Bibliográficas são apresentadas conforme as normas da Journal of Ecology.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, W.R. (1990). The origin of the Malpighiaceae - the evidence from morphology. *Memoirs of the New York Botanical Garden* **64**:210-224.
- Bluthgen, N. (2011). Interações plantas-animais e a importância funcional da diversidade. *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds K. Del-Claro & H. M. Torezan-Silingardi), pp 69-88. Technical books, Rio de Janeiro.
- Coley, P. D. (1983). Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological monographs* **53**:209–233.
- Coutinho, L. M. (2002). O bioma do cerrado. *Eugen Warming e o Cerrado Brasileiro: um Século Depois*. (eds. A. L. Klein) pp 77-91. Editora Unesp, São Paulo.
- Crawley, M.J. (1983). *Herbivory: the Dynamics of Animal-Plant Interactions*. Blackwell Science, Oxford.
- Forzza, R.C.; Baumgratz, J.F.A.; Bicudo, C.E.M.; Carvalho Jr., A.A.C.; Costa, A.; Costa, D.P.; Hopkins, M.; Leitman, P.M.; Lohmann, L.G.; Maia, L.C.; Martinelli, G.; Menezes, M.; Morim, M.P.; Coelho, M.A.N.; Peixoto, A.L.; Pirani, J.R.; Prado, J.; Queiroz, L.P.; Souza, V.C.; Stehmann, J.R.; Sylvestre, L.; Walter, B.M.T. and Zappi, D. (2010). *Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil*. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio/ Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Frias U.A, Costa M.C.M.,Takahashi J.A. & Oki Y. (2012). Banisteriopsis species: A source of bioactive of potential medical applications. *International journal of biotechnology for wellness industries* **1**: 163-171.
- Giulietti, A.M., Harley, R.M., Queiroz, L.P., Wanderley, M.G. & Van Den Berg, C. (2005). Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade* **1**:52-61.
- Junqueira, C. A., Yamamoto, M., Santos, A. O.R., Bartelli, B. F., & Nogueira-Ferreira, F. H. (2011). Polinização, a importância de forrageamento das abelhas. *Etologia 2011: Temas atuais em Ecologia e Anais do XXIX Encontro Anual de Etologia* (Torezan-Silingardi, H.M. & Stefani, V.) pp 83-91. Ufu, Uberlândia.
- Klink, C. A., & R. Machado (2005). Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* **19**: 707–713.
- Lewinsohn, T. M., Jorge, L. R. & Prado, P. I. (2011). Biodiversidade e interações entre insetos herbívoros e plantas. *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds K. Del-Claro & H. M. Torezan-Silingardi), pp 69-88. Technical books, Rio de Janeiro.
- Lombello, R.A. & Forni-Martins, E.R. (2003). Malpighiaceae: correlations between habit, fruit type and basic chromosome number. *Acta Botânica Brasílica* **17**:171-178.

Mabberley, D. J. (1997). *The plant-book*. Cambridge Univ. Press, Bath, U.K.

Mamede, M.C.H., Amorim, A.M.A., Sebastiani, R. 2012. Malpighiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000155>).

Marquis, R. J (2011). Uma abordagem geral das defesas das plantas contra a ação dos herbívoros. *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds K. Del-Claro & H. M. Torezan-Silingardi), pp 69-88. Technical books, Rio de Janeiro.

Marquis, R. J. & H. E. Braker. (1994). Plant-herbivore interactions: diversity, specificity, and impact. *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest Chicago* (eds L. A. Mc Dade, K. S. Bawa, H. A. Hespenheide & G. S. Hartshorn, eds), pp 261-281. University Of Chicago Press, Chicago.

Mccall, A. C. & Irwin, R. E. (2006). Florivory: The intersection of pollination and herbivory. *Ecology Letters*, **9**, 1351–1365.

Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., Fonseca, G.A.B., (2005). *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Conservation international, Arlington, Virginia.

Monteiro J.M, Albuquerque U.P, Araujo EL, Amorim ELC (2005) Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova* **28**: 892-896.

Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Revista Brasileira de Biologia* **50**:163-173.

Myers, N., Mittermeler, R.A., Mittermeler, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**:853-858.

Pilson D, Decker K.L. (2002) Compensation for herbivory in wild sunflower: response to simulated damage by the head-clipping weevil. *Ecology* **83**:3097–3107

Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. (1997). The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* **80**:223-230.

Simoni I. C., Manha A.P.S, Sciessere L., Hoe V. M. H., Takinami V. H. & Fernandes M.J.B. (2007). Evaluation of the antiviral activity of brazilian cerrado plants against animal viroses. *Vírus Reviews & Research* **12**: 123-138.

Strauss SY, AA Agrawal (1999). Ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology and Evolution* **14**:179–185.

Strauss, S.Y. (1997). Floral characters link herbivores, pollinators, and plant fitness. *Ecology* **78**:1640-1645.

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.

Thompson JN (2005). *The geographic mosaic of coevolution*. Chicago: University of Chicago Press.

Thompson, J. M. (1997). Evaluation the dynamics of coevolution among geographically structured populations. *Ecology* **78**:1619–1623.

Trigo J.R., Pareja, M. & Massuda, K.F. (2011). O Papel das substâncias químicas nas interações entre plantas e insetos herbívoros. *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds K. Del-Claro & H. M. Torezan-Silingardi), pp 69-88. Technical books, Rio de Janeiro.

Vogel, S. (1990). History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Memoirs of the New York Botanical Garden* **55**:130-142.

CAPÍTULO I

FENOLOGIA, MORFOLOGIA FLORAL E VISITANTES FLORAIS DE DUAS ESPÉCIES DO GÊNERO *BANISTERIOPSIS* (MALPIGHIACEAE) EM UMA RESERVA DE CERRADO.Ferreira C.A.^{1,2} & Torezan-Silingardi H. M.^{2*}¹ Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.² Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

* torezan@inbio.ufu.br

RESUMO

1. Malpighiaceae é uma das mais importantes famílias de plantas do Cerrado Brasileiro, a alta riqueza de espécies e grande abundância de indivíduos proporcionam diversas interações interespecíficas. As características morfológicas florais influem na interação com insetos ao sinalizar a presença de recursos como óleo e pólen, muito procurados por polinizadores e pilhadores. A análise dos padrões fenológicos juntamente com o estudo da morfometria floral possibilita compreender melhor a importância dessas plantas para seus animais interagentes.
2. Dessa forma, o presente estudo vem comparar aspectos fenológicos e morfológicos florais entre as espécies congêneras *Banisteriopsis malifolia* e *B. variabilis*, registrando as possíveis variações quanto à interação com os polinizadores.
3. A coleta de dados foi realizada em uma área de cerrado dentro da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó, de abril de 2011 a junho de 2012. Arbustos de *B. malifolia* e *B. variabilis* foram marcados e observados para registro da fenologia mensal, coleta de flores para medições de suas estruturas, teste de presença e intensidade de perfume e coleta de visitantes florais através de rede entomológica e pratos armadilhas. Os visitantes também foram coletados em pratos-armadilha, simulando presença de flores após o fim da florada. Foi investigada a riqueza de abelhas e sua preferência entre as flores.
4. *Banisteriopsis malifolia* e *B. variabilis* apresentaram período de floração entre os meses de maio e julho, esta última com pequeno atraso. Polinizadores, herbívoros e predadores foram registrados visitando flores de ambas as espécies. Flores de *B. malifolia* do morfotipo com pétalas de coloração rosa claro se destacou com maior número de grãos viáveis ($F_{2,48} = 23.217$; $P < 0.001$), maior área floral ($F_{2,58} = 53.547$; $P < 0.001$), presença de perfume suave e maior diversidade e abundância de polinizadores. Nas armadilhas coloridas o resultado foi semelhante, com maior riqueza de espécies de abelhas em flores de *B. malifolia*, morfotipo de pétalas de coloração rosa claro.
5. *Síntese*: Sugerimos que as diferenças morfométricas tiveram maior influência que a fenologia sobre as taxas de visitação observadas. Os resultados obtidos reforçam a ideia de que o comportamento das diferentes espécies de visitantes

florais, que estabelecem interações benéficas ou antagônicas, pode variar de acordo com as condições às quais as espécies estão submetidas localmente, como a época e o tipo de recursos ofertados e a capacidade de encontro e coleta por parte dos animais, daí a importância da realização de estudos sobre interações ecológicas.

Palavras chave: *Banisteriopsis malifolia*, *Banisteriopsis variabilis*, abelhas, morfologia.

ABSTRACT

1. Malpighiaceae is one of the most important families of the Brazilian Cerrado, the high species richness and abundance of individuals provide several interspecific interactions. The influence of morphological floral the interaction with insects to signal the presence of resources such as oil and pollen, much sought pollinators and robbers. The analysis of phenological patterns along with the study of floral morphology enables better understand the importance of these plants for their animals interacting.
2. Thus, the present study is to compare phenological and floral morphology between congeneric species *Banisteriopsis malifolia* and *B. variabilis*, recording the possible variations in the interaction with pollinators.
3. Data collection was conducted in an area of cerrado within the Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, from April 2011 to June 2012. Shrubs *B. malifolia* and *B. variabilis* were marked and observed to record the phenology monthly gathering flowers for measurements of their structures, test the presence and intensity of perfume and collection of floral visitors through insect nets and traps dishes. The visitors were also collected in pan traps, simulating the presence of flowers after the end of flowering. We investigated the richness of bees and their preference among the flowers.
4. *Banisteriopsis malifolia* and *B. variabilis* showed flowering period between the months of May and July, the latter with little delay. Pollinators, herbivores and predators were recorded visiting flowers of both species. Flowers of *B. malifolia* the morphotype with light pink petals coloring stood out with the highest number of viable grains ($F_{2,48} = 23.217$, $P < 0.001$), larger floral ($F_{2,58} = 53.547$, $P < 0.001$), presence of soft perfume and higher diversity and abundance of pollinators. Colored traps in the result was similar, with the highest species richness of bees on flowers of *B. malifolia*, morphotype petals light pink coloring.
5. We suggest that the morphometric differences that had the greatest influence on phenology visitation rates observed. These results support the idea that the behavior of different kinds of flower visitors, which provide beneficial or antagonistic interactions may vary according to the conditions under which species are subjected locally, such as the time and type of resources and capacity offered meeting and gathering by animals, hence the importance of studies on ecological interactions.

Palavras chave: *Banisteriopsis malifolia*, *Banisteriopsis variabilis*, bees, morphology.

INTRODUÇÃO

O processo de evolução está intimamente relacionado com as inúmeras interações que ocorrem entre as espécies (Thompson 2012). Dentre elas, há interações benéficas para ambas as espécies envolvidas, as chamadas interações mutualísticas, e ainda, interações onde apenas uma espécie é beneficiada em detrimento da outra, são as interações antagônicas como, por exemplo, a herbivoria, a predação e o parasitismo. Nas interações mutualísticas, a polinização se destaca especialmente a zoofilia (Bawa 1990; Marquis 1992; Torezan-Silingardi 2012), mas há várias outras interações. Strong, Lawton & Southwood (1984) destacam a importância das interações que favorecem a proteção, alimentação e reprodução das espécies envolvidas.

Interações antagônicas, como a herbivoria, também influenciam a estrutura das comunidades. Os herbívoros podem consumir várias estruturas vegetais, desde folhas, ramos e raízes até partes reprodutivas, o que causa diversos efeitos negativos na comunidade vegetal (Janzen 1971). A facilitação da entrada de patógenos e o prejuízo na produção e armazenamento de fotossintetatos que poderiam ser usados no crescimento vegetativo (produção de ramos, folhas e raízes) ou reprodutivo (botões, flores, frutos e sementes) (Krupnick 1999; Canela & Sazima 2003), são alguns dos resultados da herbivoria. Interações mutualísticas, antagônicas ou neutras, na maioria das vezes estão conectadas. Daí a necessidade de tentar compreender os vários tipos de associações entre as espécies (Del-Claro 2012). Quando as interações entre as espécies são observadas em biomas com alto índice de endemismo e rápida degradação, elas se tornam ainda mais relevantes.

No território brasileiro o Cerrado e a Mata Atlântica são Biomas altamente ameaçados pela ação antrópica e muito ricos em espécies, especialmente as endêmicas, o que os define como “hot spots” mundiais (Myers 2000; Klink & Machado 2005). O

Cerrado está representado por formas de vegetação variadas e não uniformes (Coutinho 1990), compostas por fitofisionomias como campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão, entremeados por veredas e matas que margeiam os cursos d'água (Oliveira & Marquis 2002). Entretanto, mesmo com sua grande riqueza de espécies vegetais e animais, ele se encontra pouco protegido (Bruck, Freire & Lima 1995). O uso de áreas naturais para pecuária e o cultivo principalmente da soja, são as principais ameaças ao bioma (Felfili & Felfili 2001; Oliveira & Marquis 2002; Klink e Machado 2005). A intensa fragmentação e comprometimento da fauna e da flora são alguns dos motivos que justificam a necessidade premente de estudos que nos auxiliem na escolha de espécies chave e áreas especiais para a preservação desse bioma. Apesar da intensa perturbação antrópica, o conjunto de espécies vegetais que compõem as áreas naturais do Cerrado ainda garantem a atração e permanência de polinizadores através da oferta de recursos florais morfológicamente diferentes (Borges 2000). Os estudos que envolvem interações entre abelhas e flores ainda são insuficientes para que possamos ter a real dimensão da importância do serviço de polinização para a manutenção das espécies e para as interações interespecíficas, e o Cerrado é um ambiente que possibilita a observação dessas relações (Carvalho & Bego 1997; Torezan-Silingardi & Oliveira 2004).

O sucesso reprodutivo das comunidades vegetais depende da polinização, que pode ser realizada por meio de agentes abióticos como a água e o vento, ou bióticos como os animais. Em alguns casos esses animais podem ser dependentes das flores para sua sobrevivência (Proctor, Yeo & Lack 1996; Machado & Oliveira 2000; Torezan-Silingardi 2012). A ausência da polinização pode diminuir a diversidade da flora (Wunderlee 1997), o que é especialmente preocupante em biomas como o Cerrado, onde cerca de 75% das espécies de plantas dependem exclusivamente da polinização realizada pelas abelhas (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983).

A família Malpighiaceae tem distribuição predominantemente tropical, com hábito variado (espécies arbóreas, arbustivas, herbáceas e trepadeiras). Ela é composta por 71 gêneros pelos quais se distribuem em aproximadamente 1.250 espécies no mundo (Lombello & Forni-Martins, 2003). No Brasil, a família é representada por 528 espécies distribuídas em 44 gêneros (Mamede *et al.* 2012). Dentre as Malpighiaceae, o gênero *Banisteriopsis* se destaca por ser um dos maiores e mais difundidos, incluindo 92 espécies que podem ser encontradas no Brasil, Colômbia, Equador e Peru (Mabberley 1997). Várias dessas espécies são bastante conhecidas por produzirem compostos usados em muitas situações patológicas (Frias *et al.* 2012).

A família Malpighiaceae é considerada uma das mais ricas em espécies no Cerrado (Ratter, Ribeiro & Bridgewater 1997; Giuliatti *et al.* 2005), assim como uma das mais ricas em espécies apícolas associadas (Vieira *et al.* 2008) e com plantas capazes de fornecer recursos florais às abelhas praticamente ao longo do ano todo (Silva *et al.* 2007). Na família, há grande diversidade morfológica quanto aos frutos, pólen e número de cromossomos; no entanto, sua estrutura floral é bastante uniforme (Anderson 1979). A flor apresenta sempre cinco pétalas unguiculadas, uma delas diferenciada pela rigidez, espessura e coloração, e que é utilizada pelas abelhas como ponto de sustentação durante a coleta de óleo (Vogel 1990). Os recursos oferecidos aos polinizadores pelas flores de Malpighiaceae neotropicais são o óleo e o pólen (Vogel 1974, 1990; Anderson 1990). Entretanto várias estruturas florais, como as anteras, o pistilo e as pétalas podem ser utilizadas na alimentação de muitos herbívoros florais (Torezan-Silingardi 2007). Existe uma estreita relação entre as abelhas das tribos Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapedini e as espécies de Malpighiaceae (Vogel, 1990; Sigrist & Sazima, 2004; Alves-dos-Santos *et al.*, 2007; Torezan-Silingardi 2007). *Centris* e *Epicharis* estão entre os gêneros mais frequentes e são considerados os principais polinizadores e coletores de óleo floral dessas plantas (Anderson 1979; Vogel

1990; Gaglianone 2005, Costa, Costa & Ramalho 2006; Ribeiro Rego & Machado 2008), Essas abelhas coletoras de óleo são as principais visitantes das Malpighiaceae neotropicais, e esse recurso é utilizado principalmente na alimentação das larvas e em alguns casos, na construção e impermeabilização das paredes dos ninhos (Bezerra, Machado & Melo 2009).

As interações entre flores e seus visitantes podem ser mais bem compreendidas se a fenologia das espécies for observada, assim como o período de oferta de recursos nas diferentes espécies vegetais. O estudo da fenologia (Lieth 1974) pode evidenciar a estrutura, o funcionamento e a regeneração das comunidades (Williams *et al.* 1999). A regeneração e reprodução das plantas, a organização temporal dos recursos dentro das comunidades, as interações planta-animal e a história de vida dos animais que dependem de plantas para alimentação, como herbívoros, polinizadores e dispersores (Morellato 1991; Schaik, Terborg & Wright, 1993; Morellato & Leitão-Filho 1992, 1996; Strauss 1997; Strauss & Agrawal 1999; Torezan-Silingardi 2007) podem ser mais bem compreendidos com o auxílio do estudo da fenologia. O florescimento dos indivíduos de uma espécie ocorre de forma sincronizada (Bawa 1983), o que favorece o fluxo de pólen e a reprodução cruzada por concentrar no tempo e no espaço a oferta dos recursos florais e a atratividade aos polinizadores (Marquis 1988). Da mesma forma, a produção sincronizada de frutos atrai dispersores e predadores de sementes (Janzen 1971; Tapper 1992; Pedroni, Sanchez & Santos 2002). A floração e as interações que ela proporciona, favorece entre as espécies revelam a importância dos polinizadores, que são capazes de distinguir diferenças florais e apresentam preferências por determinadas cores, formas, tamanhos e aromas (Levin & Anderson 1970).

Assim, o objetivo deste estudo foi descrever de forma comparativa aspectos fenológicos e morfológicos das flores de duas espécies congênicas de Malpighiaceae, com floração simultânea em uma área de cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Foi utilizada uma área de cerrado *strictu sensu* dentro da Área de Reserva Legal (ARL) do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), localizado a 18° 59' S e 48° 18' W, e altitude de 863 m com área total de 127,1 hectares (Fig. 1). O clima da região segundo a classificação de Koppen, é do tipo AW, com duas estações bem definidas, sendo a seca de maio a setembro e a chuvosa de outubro a abril (Bachtold *et al.* 2012). A temperatura média anual é de 22°C e o índice pluviométrico médio anual é de 1500 mm (Rosa, Lima & Assunção 1991). A reserva apresenta fisionomias de campo limpo, campo sujo, cerrado *strictu sensu*, cerradão, vereda e uma pequena mancha de mata mesófila (Ribeiro *et al.* 1983).

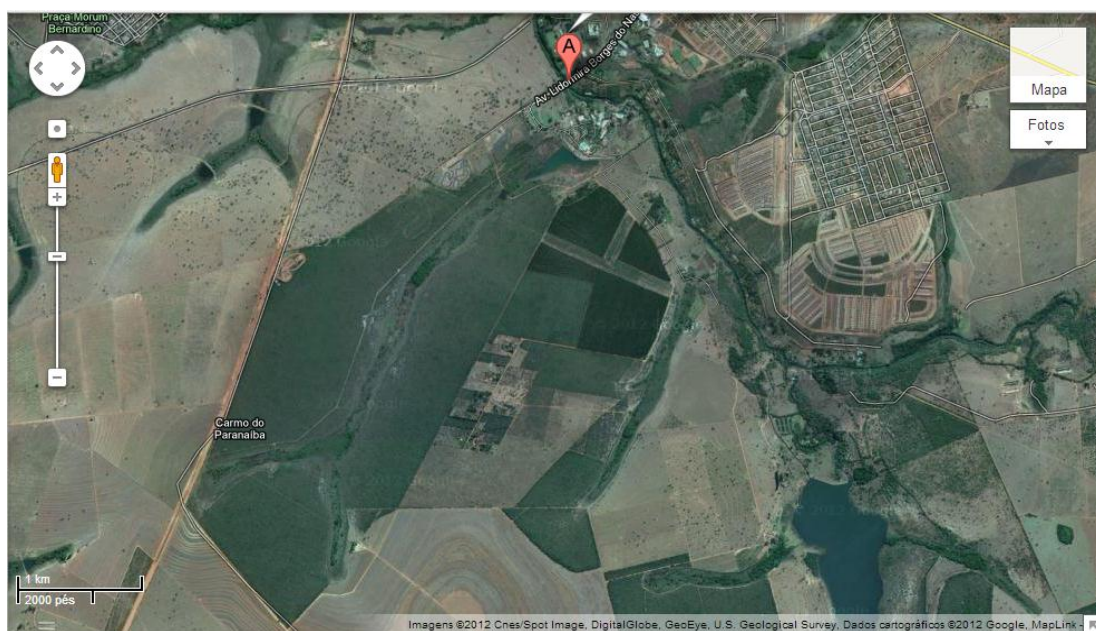


Figura 1. Imagem aérea da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Minas Gerais, obtida pelo Google Earth.

Espécies

Foram escolhidas duas espécies de Malpighiaceae, *Banisteriopsis malifolia* variedade *malifolia* (Ness & Martius) G. Gates e *Banisteriopsis variabilis* B. Gates

bastante semelhantes. As espécies apresentam porte arbustivo, folhas pilosas com disposição alternada, inflorescências paniculadas e terminais principalmente nas axilas superiores e flores completas e vistosas de simetria zigomórfica. As flores apresentam cinco pétalas unguiculadas e fimbriadas, sendo uma delas a pétala estandarte com coloração, espessura, tamanho e ângulo de inserção distinto em relação às outras quatro pétalas. O ovário é súpero, tricarpetal e trilocular, com apenas um óvulo por lóculo, dez estames circundam o pistilo, a corola apresenta cinco pétalas e o cálice é formado por cinco sépalas com geralmente dois elaióforos em cada uma (Gates 1983). As duas espécies selecionadas são encontradas facilmente na área de estudo, porém *B. malifolia* é mais abundante que *B. variabilis* (Observação pessoal). *B. malifolia* apresenta dois tipos de arbustos que variam quanto à coloração das flores, sendo um deles com flores de coloração rosa escuro (morfotipo rosa-intenso) e o outro com flores rosa claro (morfotipo rosa claro) (Observação pessoal). *B. variabilis* apresentaram apenas arbustos de flores brancas (Figura 2).



Figura 2. Flores do gênero *Banisteriopsis* no cerrado *strictu sensu* da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Minas Gerais. *B. malifolia* morfotipo rosa intenso (A) e morfotipo rosa claro (B), e *B. variabilis* (C).

Fenologia

Os dados fenológicos foram coletados mensalmente, entre os dias 14 e 18 de cada mês durante 15 meses no período de abril de 2011 a junho de 2012 ao longo de uma trilha

pré-existente (segundo metodologia usada por d'Eça-Neves & Morellato 2004 e Torezan-Silingardi, 2007). O sistema utilizado se baseia em um método de avaliação semi-quantitativa em que notas são atribuídas a cada uma das seis fases fenológicas: presença de botões florais, flores, frutos, brotação foliar, folhas maduras ou caducifolia (adaptado de Ribeiro & Castro 1986 e Fournier 1974). Cada indivíduo recebe uma nota de 0 a 3, dependendo da intensidade da fase observada. Nesta escala, zero corresponde a estrutura ausente, 1, a estrutura presente com magnitude entre 1% e 25%, 2, presente com magnitude entre 26% e 75% e 3, presente com magnitude entre 76% e 100%. A partir desses dados foram estimadas as intensidades das fases fenológicas para cada espécie e morfotipo floral. Dados fornecidos pelo Instituto de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia foram utilizados na descrição e comparação das fases fenológicas entre as espécies em estudo e ao longo dos meses de coleta.

Morfometria e caracterização das flores

Quinze flores recém-abertas de *B. variabilis*, *B. malifolia* morfotipo rosa intenso e *B. malifolia* morfotipo rosa claro foram analisadas. As flores utilizadas nas medições foram coletadas logo após a antese, no período da manhã, e foram armazenadas em frascos umedecidos e levadas para o Laboratório de Morfologia Vegetal e Imagens (LAMOVI) da Universidade Federal de Uberlândia, onde foram analisadas no mesmo dia. Cada flor teve as seguintes estruturas caracterizadas, quantificadas e medidas: o número de grãos de pólen por antera e viabilidade, número de elaióforos, a área da pétala, presença e intensidade de perfume e a taxa de reflectância. A viabilidade polínica foi avaliada com carmin acético segundo metodologia de Kearns & Inouye (1993), na qual apenas os grãos bem desenvolvidos e corados são considerados viáveis. A taxa de reflectância foi registrada

para as pétalas estandartes, com o auxílio de uma lâmpada Deutério-tungstênio (Ocean Optics) através de um espectrofotômetro (modelo USB4000, Ocean Optics).

Análise de perfume e localização dos osmóforos

Para a análise de perfume foram realizados dois testes, ambos com flores previamente ensacadas e recém abertas. O primeiro deles foi realizado no campo com 10 flores por espécie e morfotipo, as flores tiveram suas partes (pistilo, estames, pétalas, sépalas e receptáculo) separadas com o auxílio de pinça fina e armazenadas em frascos fechados por aproximadamente 15 min. Cada frasco foi aberto para que cinco pessoas opinassem sobre qual das partes florais apresentava algum odor e qual a intensidade do perfume emitido (Kearns & Inouye 1993). O segundo teste baseou-se em um experimento de coloração das partes florais com solução vermelho neutro. Neste método, 10 flores de cada espécie e morfotipo foram armazenadas em frascos e levadas até o laboratório, sendo posteriormente mergulhadas no corante. O tempo de imersão variou de 15 min. até três horas. A cada intervalo de 15 min. as flores foram retiradas, lavadas com água destilada e analisadas. Após a lavagem, foi possível identificar as partes coradas que evidenciaram a presença de intensa atividade metabólica característica dos osmóforos, e também o tempo necessário para a absorção do corante (Macior 1983).

Polinizadores e outros visitantes florais

A coleta de visitantes florais foi feita de duas formas: por meio de rede entomológica e através de pratos armadilha. Na coleta com rede entomológica, as abelhas foram capturadas em flores de três indivíduos de *B. variabilis* e em três indivíduos de cada morfotipo de *B. malifolia*, das 07:00 h às 18:00 h, por 45 min. de cada hora, com intervalos de 15 min. para organização das abelhas coletadas, num esforço amostral total de 99 h. O

método de coleta de visitantes por pratos armadilha complementou os resultados obtidos nas flores, quanto à preferência de coloração das abelhas. Os pratos armadilha dispostos no campo logo após a queda das últimas flores das espécies estudadas simularam um período de floração especial, com um tipo de display onde a única diferença visual foi a cor. A coleta se deu pela disposição de 30 recipientes coloridos aprovisionados com água e gotas de detergente, distribuídos ao longo da mesma trilha nos arbustos de *B. variabilis* e *B. malifolia* encontrados, e cerca de 10 metros distantes entre si. Pratos plásticos de diâmetro de 12 cm foram pintados com tinta a óleo nas cores rosa escuro (10), rosa claro (10) e branco (10). O horário de disposição e retirada das armadilhas foi às 07:00 h e 18:00 h respectivamente, durante o período natural de visitação às flores de Malpighiaceae. As armadilhas foram disponibilizados durante cinco dias; a solução de detergente foi colocada às 7:00 h e substituída às 12:00 h, os insetos foram recolhidos às 12:00h e 17:00h, sendo acondicionados em frascos etiquetados. Os insetos foram posteriormente montados e as abelhas foram levadas ao laboratório de Sistemática e Ecologia de Abelhas na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) onde sua identificação foi realizada.

Análises estatísticas

A análise da fenologia foi baseada na aplicação do teste de Rayleigh, realizado no programa Oriana 4, no objetivo de verificar a presença de sazonalidade para as fases fenológicas. Para testar se houve diferença entre as médias do total de grãos de pólen, do número de grãos viáveis e da área floral entre as espécies e entre os morfotipos de *B. malifolia*, foram realizados análises de variância para 1 fator, através do programa estatístico SYSTAT versão 10.2. Tabelas e gráficos foram elaborados no programa Excel 2010.

RESULTADOS

Ambas as espécies de *Banisteriopsis* apresentaram flores disponíveis ao longo de várias semanas, o que atraiu diferentes grupos de visitantes florais. As fases de botões e de flores abertas foram marcadas pela presença de herbívoros florais e seus predadores. Após a abertura das primeiras flores foi registrada intensa atividade das abelhas, sendo encontradas durante todo o período de floração. *Banisteriopsis variabilis* apresentou um menor número de indivíduos na área e elevada perda de botões quando comparado a *B. malifolia* (observação pessoal).

Os resultados para a análise da fenologia (Figura 3 e 4) demonstraram sazonalidade para a presença de brotação foliar, botões, flores e frutos nas espécies de Malpighiaceae aqui estudadas ($P < 0,001$ teste de Rayleigh). As espécies apresentaram características fenológicas e período de ocorrência bastante semelhante. *Banisteriopsis malifolia* e *B. variabilis* floresceram quase simultaneamente, com pequenos atrasos registrados para *B. variabilis*. Nas duas espécies os botões apresentaram pico de desenvolvimento no mês de maio, juntamente com o pico de floração, e o número de frutos foi maior em julho. As duas espécies apresentaram maior brotação foliar nos meses de maio - junho e novembro - dezembro. A presença de folhas maduras foi registrada ao longo de todo o período de estudo, entretanto, a intensidade foi maior no período de abril a junho para *B. malifolia* e maio a junho para *B. variabilis*, coincidindo com a maior brotação foliar. A caducifolia também foi registrada ao longo do ano, em intensidade acentuada na época seca de maio a junho.

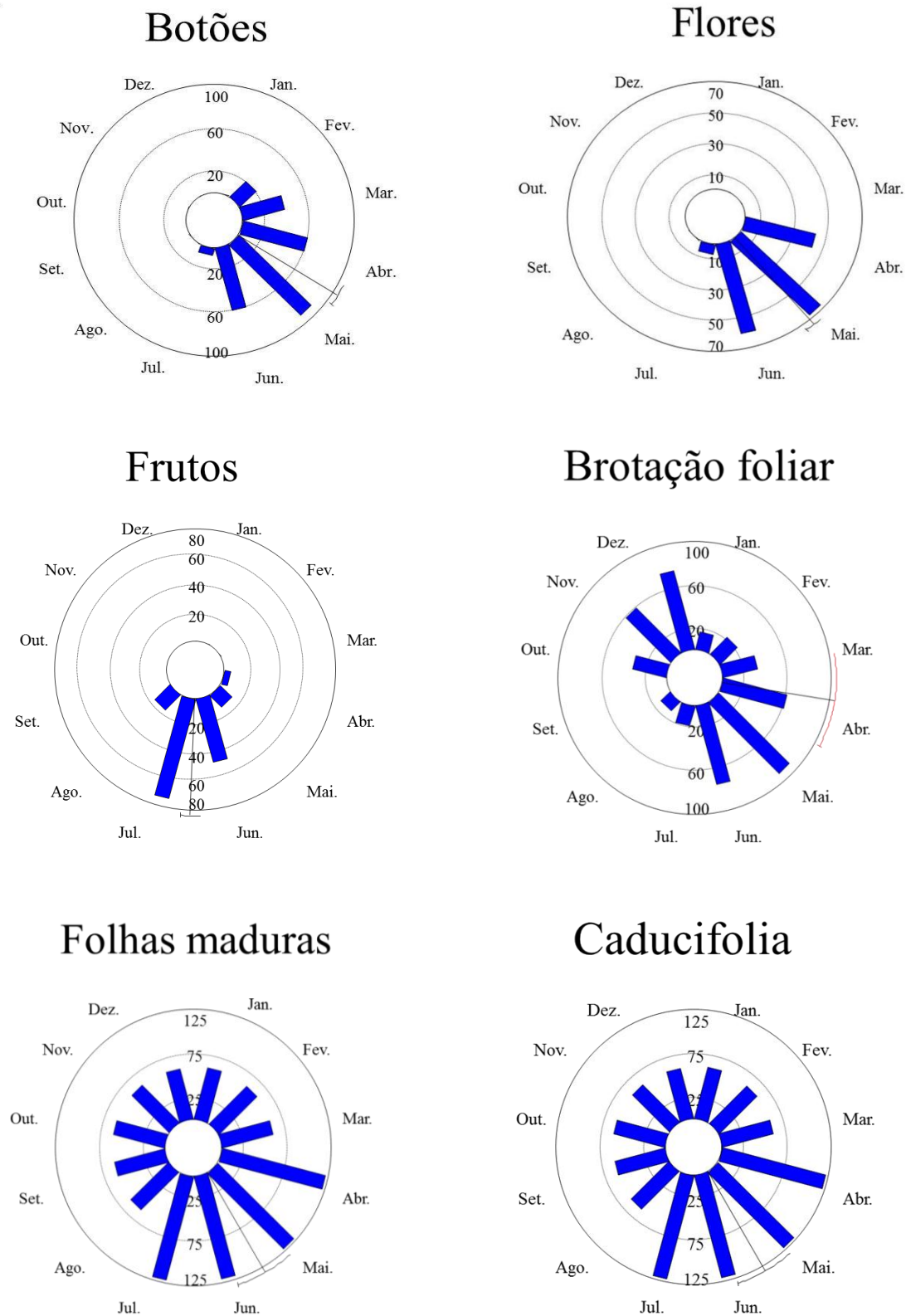


Figura 3. Fenologia das espécies *Banisteriopsis malifolia* entre os meses de abril de 2011 e julho de 2012 no cerrado *sensu stricto* da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Minas Gerais.

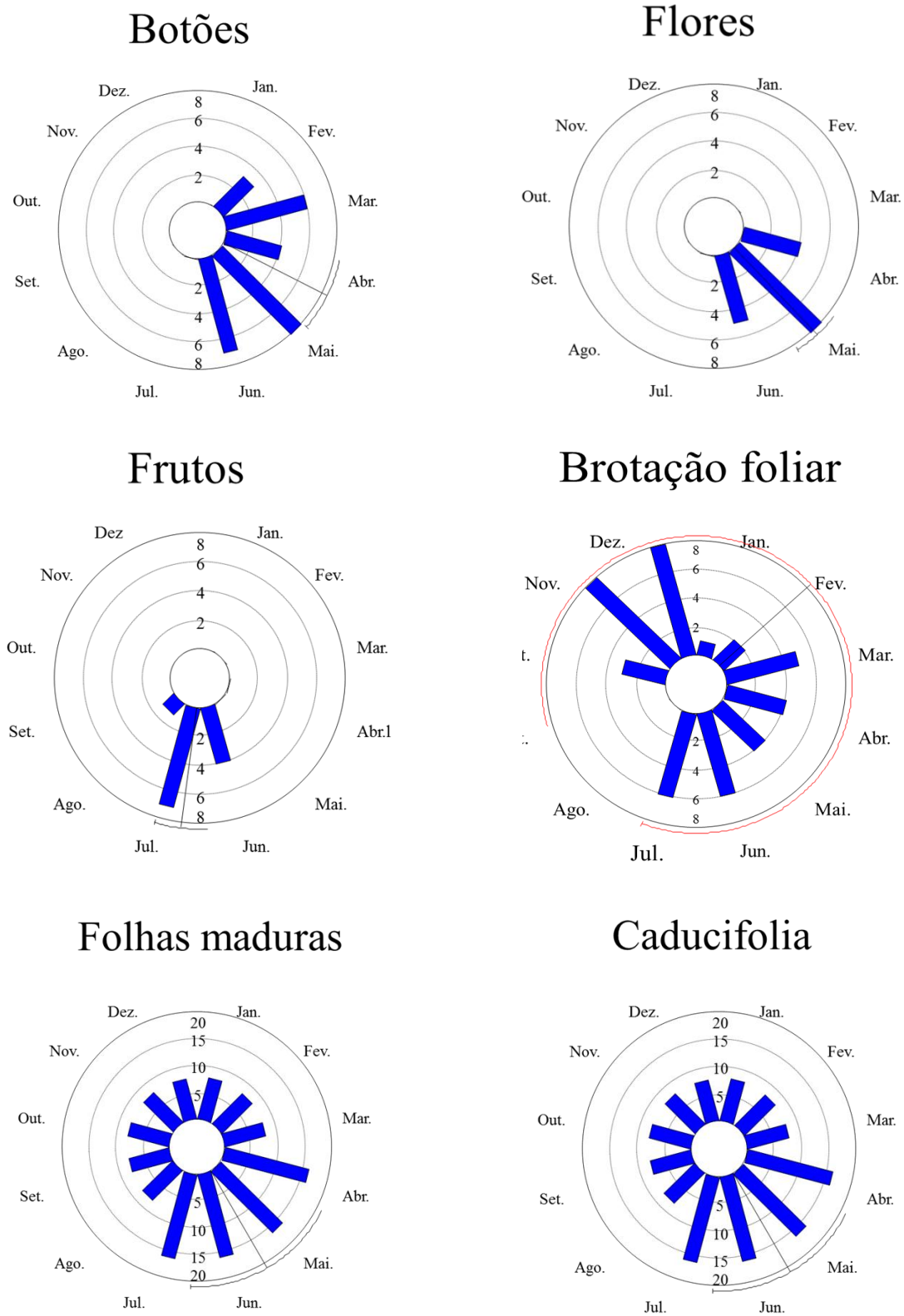


Figura 4. Fenologia das espécies *Banisteriopsis variabilis* entre os meses de abril de 2011 e julho de 2012 no cerrado *sensu stricto* da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Minas Gerais.

Banisteriopsis malifolia e *B. variabilis* iniciaram a floração no final do período chuvoso nos dois anos de estudo, após a queda inicial da temperatura e da precipitação e durou até próximo da queda máxima da temperatura. Quanto a precipitação nesse período (Figura 5), podemos observar que, em 2011, as chuvas ocorreram até o mês de junho, com as menores taxas de precipitação em maio (4,8 mm) e junho (16 mm) e ausência de chuvas de julho a setembro. Já em 2012, as chuvas foram até o mês de julho e a precipitação em maio (53 mm) e junho (42 mm) foi superior à dos mesmos períodos do ano anterior. *Banisteriopsis variabilis* encerrou o período de floração um mês antes de *B. malifolia* nos dois anos de observação. No primeiro ano, as últimas flores de *B. variabilis* foram registradas no mês de maio, enquanto no segundo, a floração encerrou-se no mês de junho. *Banisteriopsis malifolia* teve as últimas flores registradas no mês de junho para o ano de 2011 e em 2012 as flores foram encontradas ainda no mês de julho. A temperatura média registrada ao longo do período de estudo apresentou uma variação de apenas 10,2 °C, com o menor valor de 19,9 °C em junho de 2011 e o maior valor de 30,1 °C em fevereiro de 2012 (Figura 5).

Os horários de antese floral e de chegada das abelhas parecem ser influenciados pelas condições atmosféricas como luminosidade e temperatura. Em dias ensolarados, flores de ambas as espécies iniciaram o processo de antese ocorreu entre 06:10 h e 10:20 h e as primeiras abelhas foram registradas a partir das 07:00 h. Em dias nublados e/ou chuvosos a antese das duas espécies atrasava por cerca de 60 a 90 min. As flores de ambas as espécies gastaram entre 15 e 18 minutos para completarem o processo de antese.

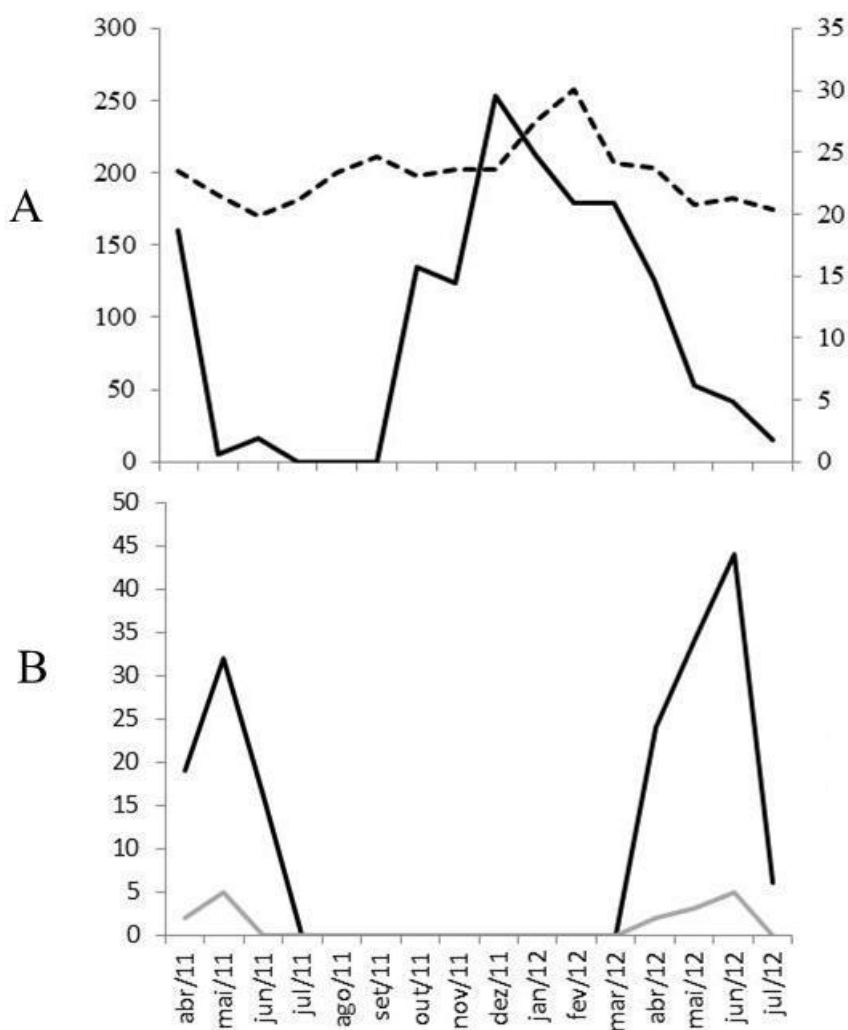


Figura 5. Os gráficos ilustram as médias de precipitação (linha inteira) e temperatura (linha pontilhada) (A) e as floradas de *Banisteriopsis malifolia* (em preto) e *B. variabilis* (em cinza) (B) registradas entre os meses de abril de 2011 a julho de 2012 na Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia - MG.

As principais características morfológicas das flores de *B. malifolia* e *B. variabilis* estão apresentadas na Tabela 1. Flores de *B. malifolia* de coloração rosa claro apresentaram maior área floral quando comparadas ao morfotipo rosa intenso e a *B. variabilis* ($F_{2\ 58} = 53.547$; $P < 0.001$), entretanto *B. variabilis* e *B. malifolia* de coloração rosa intenso não diferiram significativamente. O número total de grãos de pólen não diferiu significativamente entre as espécies e entre os morfotipos ($F_{2\ 48} = 1.492$; $P = 0.235$), mas a análise polínica mostrou diferença

no tamanho e na presença de citoplasma viável nos grãos de pólen ($F_{2\ 48} = 23.217$; $P < 0.001$). *Banisteriopsis malifolia* rosa intenso apresentou menor número de grãos viáveis quando comparado a *B. variabilis* e *B. malifolia* rosa claro. Estes dois últimos, quando comparados entre si, não diferiram significativamente.

Tabela 1. Características quantitativas e qualitativas de *Banisteriopsis malifolia* e *B. variabilis*.

Caráter morfológico/Espécie	<i>B. malifolia</i>		<i>B. variabilis</i>
Coloração da pétala	Rosa intenso	Rosa claro	Branco
Área da pétala (cm ² , $X \pm SD$)	2.85 \pm 0,584	3.67 \pm 0,735*	2.42 \pm 0,464
N. total de grãos de pólen ($X \pm SD$)	1.353 \pm 224	1.495 \pm 300	1.436 \pm 238
Viabilidade polínica ($X \pm SD$)	843 \pm 271* (69,7%)	1395 \pm 273 (93,5%)	1294 \pm 245 (90,1%)
Número de elaióforos ($X \pm SD$)	8 \pm 0.5	8	8
Flores danificadas (%)	32	36	20
Perfume	Intenso	Suave	Ausente
Cor dos elaióforos	Marron/Roxo	Verde claro	Verde claro
Localização principal dos osmóforos	Borda e centro	Borda	Borda

O teste de reflectância (Figura 6) mostrou que pétalas estandartes de *B. malifolia* coloração rosa claro refletem mais do que *B. malifolia* de cor rosa intenso e do que *B. variabilis* quando nos referimos a região entre 450 e 800 nm.

Houve diferença quanto ao perfume produzido pelas flores, principalmente pelas pétalas. *Banisteriopsis malifolia* apresentou perfume adocicado e evidente em ambos os morfotipos, porém o odor foi mais forte em flores rosa intenso, enquanto que *B. variabilis* não apresentou fragrância perceptível. O teste de coloração das flores para observação dos osmóforos mostrou que após 15 min. várias partes da flor foram coradas, principalmente a borda das pétalas, indicando a presença das glândulas de perfume. A maior quantidade de glândulas foi observada nas flores de *B. malifolia* morfotipo rosa intenso, produtora do odor

mais forte e a baixa quantidade de osmóforos no morfotipo rosa claro justifica o perfume suave observado. A quantidade de glândulas de odor encontradas em *B. variabilis* foi intermediária entre os morfotipos de *B. malifolia*, o que sugere que as glândulas de *B. variabilis* possam produzir compostos pouco perceptíveis a humanos.

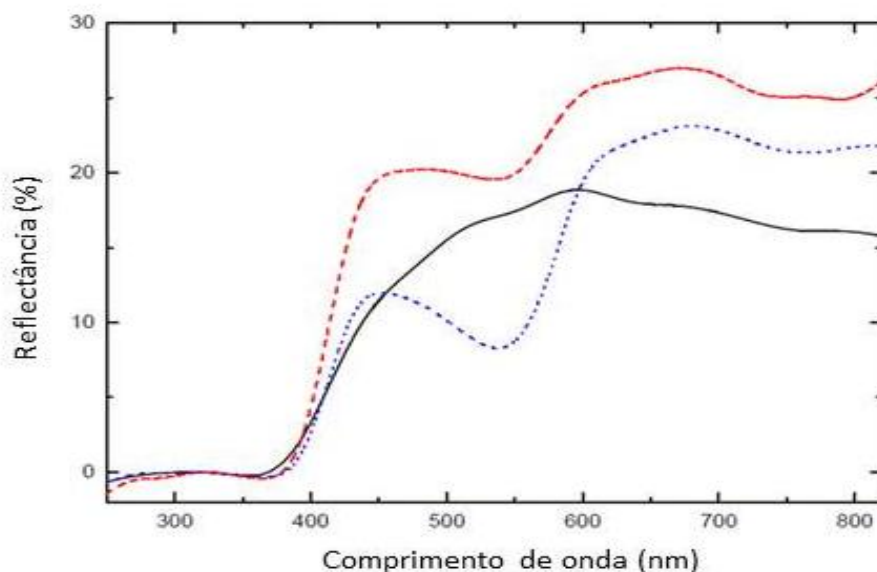


Figura 6. Reflectância obtida a partir das pétalas estandarte das espécies de *Banisteriopsis*. A cor identifica a espécie, sendo Azul: *B. malifolia* morfotipo rosa intenso, Vermelho: *B. malifolia* morfotipo rosa claro e Preto: *B. variabilis*.

As flores também apresentaram diferenças na coloração das glândulas de óleo (Tabela 1). Ambas as espécies apresentaram elaióforos de coloração verde claro na fase de botão, cor que é mantida após a antese em *B. variabilis* e em algumas flores de *B. malifolia* de pétalas rosa claro. Em outras flores de *B. malifolia* de pétalas rosa claro e nas flores de pétalas rosa intenso, a cor dos elaióforos mudou para arroxeado após a antese.

No segundo dia após a antese floral foi observada perda de brilho, início de murchamento e empalidecimento nas pétalas; o perfume de *B. malifolia* diminui e as glândulas de óleo escurecem nas duas espécies. Apesar dessas características que diferenciam as flores

recém-abertas das flores com mais de 24 horas após a antese, abelhas de menor porte como *Trigona spinipes* foram vistas em flores de segundo dia a procura de recurso.

As abelhas capturadas com puçá (Tabela 2) pertencem a 42 espécies, principalmente das tribos Augochlorini, Centridini e Tapinotaspidini, sendo 12 espécies coletoras de óleo. O comportamento de coleta de óleo consistiu na chegada da abelha pela frente das estruturas reprodutivas, com pouso sobre a corola, fechamento das mandíbulas em torno da base da pétala estandarte, posicionamento do primeiro e segundo pares de pernas entre os vãos existentes entre a base das pétalas e raspagem dos elaióforos, dois a dois, com movimentos rápidos. Dessa forma oito glândulas de óleo eram raspadas simultaneamente e, caso houvesse a nona glândula ela não seria tocada pelas abelhas maiores com esse tipo de coleta. No momento em que as abelhas coletavam o óleo era possível identificar a olho nu a área raspada nas glândulas, diferenciada pela presença de óleo exposto sobre a superfície manipulada, que perde a turgidez máxima.

As abelhas *Trigona spinipes* foram encontradas em flores de primeiro, segundo e terceiro dia, enquanto abelhas maiores visitaram preferencialmente flores recém-abertas. As abelhas coletoras de pólen totalizaram 27 espécies. A coleta era realizada por vibração, raspagem ou catação, dependendo da espécie. A coleta de pólen por vibração foi realizada por abelhas maiores caracterizou-se pela distensão e elevação das pernas posteriores e após este movimento as abelhas recolhem o pólen do ventre e das pernas, armazenando esse material juntamente com o óleo, na escopa, partindo em busca de outras flores. A coleta por raspagem foi realizado por abelhas de porte médio e pequeno. Essas abelhas raspam as anteras com o auxílio do primeiro e segundo pares de pernas e depositam o pólen na corbícula, repetindo esse comportamento em mais de uma flor. Algumas espécies foram observadas coletando grãos de pólen sobre as pétalas, processo denominado catação. Espécies de tamanho pequeno como *Dialictus sp*, por exemplo, permaneceram muito tempo coletando os grãos nas flores. Algumas

abelhas do gênero *Trigona* foram vistas antes da abertura completa dos botões florais, forçando a abertura das pétalas semiabertas, para chegarem até as anteras e rasparem o pólen.

Espécies da tribo Tetrapediini apresentaram comportamento caracterizado pela raspagem dos elaióforos pela parte abaxial da flor, sem entrar em contato com as anteras e estigmas, entretanto, durante a coleta de pólen, elas podem eventualmente realizar a polinização. Essas abelhas foram consideradas ladrões de óleo em algumas visitas tanto na fase de botão quanto de flores e polinizadores eventuais quando coletaram pólen.

Banisteriopsis malifolia apresentou maior diversidade de abelhas visitantes (42 espécies) que *B. variabilis* (9 espécies) (Figura 7). Houve diferença na riqueza de espécies encontradas nos dois morfotipos de *B. malifolia*. As flores dos arbustos da variedade rosa claro foram visitadas por 36 espécies de abelhas enquanto flores do morfotipo rosa intenso foram visitadas por 20 espécies, sendo que 14 espécies foram comuns aos dois morfotipos e 5 espécies foram exclusivas das flores rosa intenso. Das nove espécies de abelhas que visitaram *B. variabilis*, cinco espécies foram registradas em ambos os morfotipos de *B. malifolia*, duas foram registradas no morfotipo rosa intenso e outras duas foram registradas no morfotipo rosa claro, ou seja, nenhuma espécie de abelha foi exclusiva de *B. variabilis* (Figura 14).

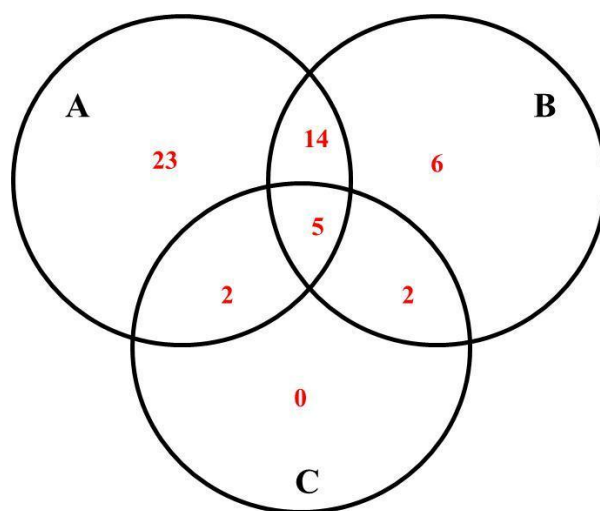


Figura 7. Diversidade e sobreposição de espécies de abelhas registrada para nas diferentes espécies e morfotipos de *Banisteriopsis*. Em A, *Banisteriopsis malifolia* rosa claro; em B, *Banisteriopsis malifolia* rosa intenso e em C, *Banisteriopsis variabilis*.

Tabela 3. Abelhas coletadas com puçá nas flores pertencentes às espécies de *Banisteriopsis variabilis* e *B. malifolia* e seus respectivos morfotipos e recurso procurado durante a coleta, na Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, Brasil.

Tribo	Espécie	Recurso procurado	<i>Banisteriopsis malifolia</i>		<i>B. variabilis</i>	Abundância
			Rosa intenso	Rosa claro		
Apini	<i>Bombus pauloensis</i> Friese, 1913	Pólen	X	X		2
Augochlorini	<i>Augochloropsis patens</i> Vachal, 1903	Pólen		X		3
	<i>Augochloropsis smithiana</i> Cockerell, 1900	Pólen	X			2
	<i>Augochloropsis</i> sp. 01	Pólen		X		2
	<i>Augochloropsis</i> sp. 02	Pólen		X		3
	<i>Augochloropsis</i> sp. 03	Pólen	X			3
	<i>Ceratalictus</i> sp. 01	Pólen		X		2
	<i>Ceratalictus</i> sp. 02	Pólen	X	X		3
	<i>Ceratalictus</i> sp. 03	Pólen	X	X		3
	<i>Ceratalictus</i> sp. 04	Pólen	X	X		2
	<i>Ceratina</i> (Crewella) sp1.	Pólen	X	X		2
	<i>Rhectomia</i> sp	Pólen		X		2
	<i>Thectochloraalaris</i> Vachal, 1904	Pólen		X		2
Centridini	<i>Centris</i> (<i>Centris</i>) <i>aenea</i> Lepeletier, 1841	Óleo	X	X	X	5
	<i>Centris</i> (<i>Centris</i>) <i>spilopoda</i> Moure, 1969	Óleo		X		4
	<i>Centris</i> (<i>Melacentris</i>) sp. 01	Óleo		X		5
	<i>Centris</i> (<i>Melacentris</i>) <i>violacea</i> Lepeletier, 1841	Óleo	X	X	X	3
	<i>Centris</i> (<i>Trachina</i>) <i>fuscata</i> Lepeletier, 1841	Óleo	X	X		4
	<i>Epicharis</i> (<i>Epicharana</i>) <i>flava</i> Friese, 1900	Óleo		X		4
	<i>Epicharis</i> (<i>Epicharis</i>) <i>bicolor</i> Smith, 1874	Óleo	X		X	5

Tribo	Espécie	Recurso procurado	<i>Banisteriopsis malifolia</i>		<i>B. variabilis</i>	Abundância
			Rosa intenso	Rosa claro		
	<i>Epicharis (Epicharitides) cockerelli</i> Friese, 1900	Óleo		X		1
	<i>Epicharis (Triepicharis) analis</i> Lepeletier, 1841	Óleo	X			1
Euglossini	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	Pólen	X			1
Exomalopsini	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciculata</i> , Smith, 1879	Pólen		X		19
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> , Spinola, 1853	Pólen		X		14
Halictini	<i>Dialictus sp. 01</i>	Pólen		X	X	2
	<i>Dialictus sp. 02</i>	Pólen		X		2
	<i>Dialictus sp. 03</i>	Pólen		X	X	2
	<i>Dialictus sp. 04</i>	Pólen	X	X	X	3
	<i>Dialictus sp. 05</i>	Pólen	X		X	3
Meliponini	<i>Paratrigona lineata</i> , Lepetelieir 1836	Pólen		X		2
	<i>Scaptotrigona tubiba</i> Smith, 1863	Pólen		X		11
	<i>Trigona spinipes</i>	Pólen	X	X	X	78
Tapinotaspidini	<i>Monoeca sp</i>	Pólen		X		3
	<i>Monoeca sp 01</i>	Pólen	X	X		2
	<i>Monoeca sp. 02</i>	Pólen	X	X		2
	<i>Paratetrapedia connexa</i> Vachal, 1909	Óleo		X		4
	<i>Paratetrapedia punctata</i> Aguiar & Melo, 2011	Óleo		X		2
	<i>Tetrapedia sp. 01</i>	Pólen	X	X		9
	<i>Tropidopedia flavolineata</i> Aguiar & Melo, 2007	Óleo		X		6
	<i>Tropidopedia punctifrons</i> Smith, 1879	Óleo		X		3
Xylocopini	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) hirsutissima</i> Maidl, 1912	Óleo	X	X	X	3
TOTAL DE ESPÉCIES		42	20	36	9	

O maior número de indivíduos foi registrado nas flores entre 10:00 h e 15:00 h, numa distribuição aparentemente unimodal para as espécies e morfotipos de *Banisteriopsis* (Figura 8). Esse período foi marcado pela presença de abelhas de maior tamanho corporal como *Epicharis* spp., *Centris* spp. e *Xylocopa* spp. Abelhas menores como Meliponini *Trigona* sp., foram registradas ao longo de todos os intervalos de observação, porém sua maior abundância foi das 07:00 h às 10:00 h (Figura 9). Neste intervalo abelhas do gênero *Trigona* e demais espécies de Meliponini predominavam sobre as demais (Figura 9), apresentando comportamento territorialista e agonístico contra as outras espécies. Após esse horário, sua presença diminuía sensivelmente ocorrendo visitas rápidas e esporádicas, passando a ser observado o predomínio das abelhas maiores, entre elas as Centridini, nos horários mais quentes do dia (Figura 9).

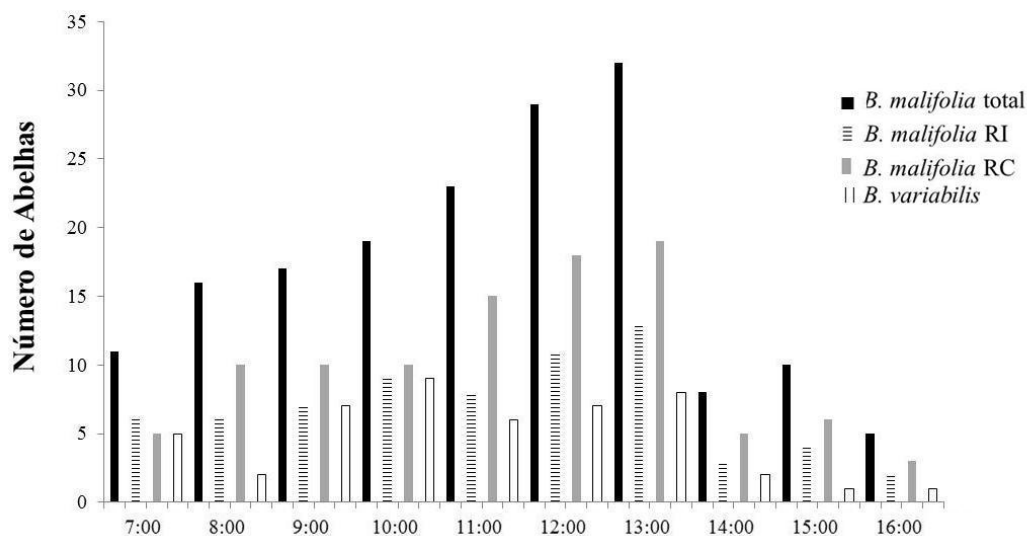


Figura 8. Abundância de abelhas ao longo do dia em flores de *Banisteriopsis variabilis*, *B. malifolia* e seus dois morfotipos, rosa intenso e rosa claro, na Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia - MG.

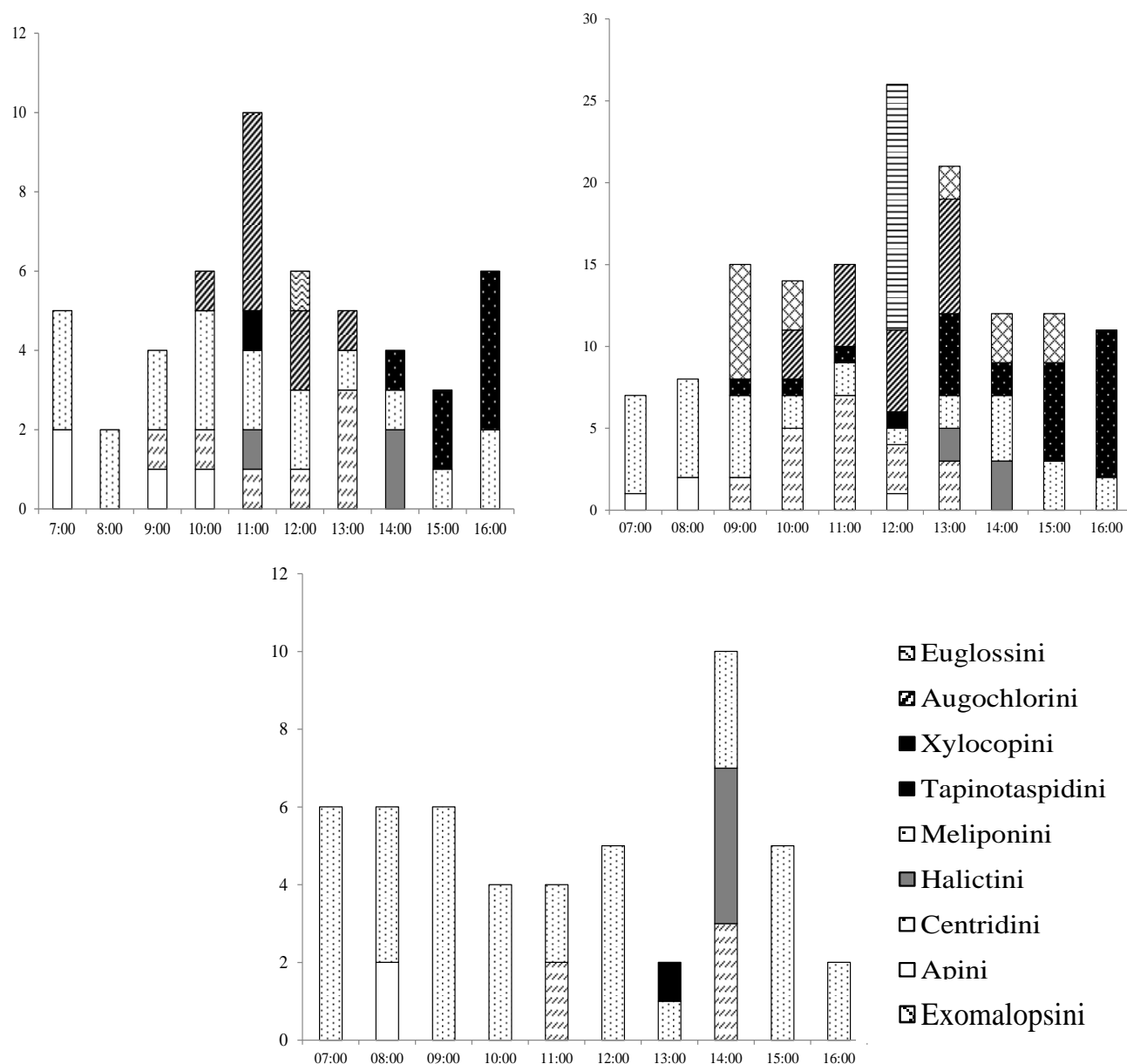


Figura 9. Abundância de abelhas ao longo do dia em flores de *Banisteriopsis* na Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia - MG. *Banisteriopsis malifolia* morfotipo rosa intenso (A), morfotipo rosa claro (B) e *B. variabilis* (C).

Um total de 167 indivíduos de artrópodes diversos foram coletados nos pratos-armadilhas; porém, apenas 55 espécies de abelhas foram capturadas nessas armadilhas. *Trigona spinipes* (15 indivíduos), *Eulaema nigrita* (1 indivíduo), *Centris* (*Centris*) *aenea* (5 indivíduos) e *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) *analis* (34 indivíduos), totalizando 55 abelhas (Figura 10). As armadilhas de cor rosa claro foram as que obtiveram o maior número de indivíduos coletados, com 69 % do total de abelhas. A espécie *Exomalopsis*

(*Exomalopsis*) *analis*, foi a mais abundante nos pratos, mas não foi capturada em pratos de cor branca. Apenas um indivíduo de *Eulaema nigrita* foi capturado e em armadilha branca. Das espécies que buscaram recurso na cor rosa, *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) *analis* foi a mais abundante e nenhuma espécie de *Centris* ou *Exomalopsis* foi registrada em pratos brancos.

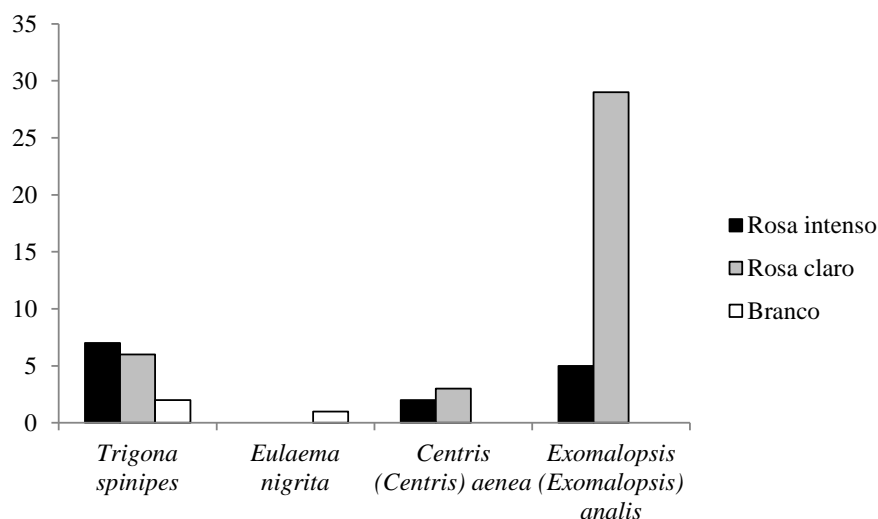


Figura 10. Abundância de abelhas capturadas nas armadilhas de pratos coloridos dispostas no cerrado *sensu stricto* da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesse estudo reforçam a ideia de que aspectos fenológicos semelhantes e características morfológicas florais distintas podem indicar variações na quantidade e na qualidade de recursos disponibilizados. Essas características quando reconhecidas por polinizadores podem influenciar na escolha das espécies vegetais a serem visitadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Krupnick *et al.* (1999), Sanchez-Lafuente (2007) e Pereira *et al.* (2011), quanto à preferência dos polinizadores. Esses trabalhos evidenciam que a preferência dos polinizadores é dependente da atratividade floral e da qualidade de seus recursos. Por outro lado, os resultados

encontrados aqui quanto à discriminação de espécies e morfotipos por abelhas são opostos aos obtidos no estudo de Barros (1991), onde as abelhas aparentemente não discriminaram flores de coloração amarela e róseas de seis espécies de *Byrsonima*.

A ocorrência de floração no final do período chuvoso pode favorecer os polinizadores quanto à obtenção dos recursos ofertados, de acordo com Janzen (1980). A atividade dos insetos polinizadores seria favorecida durante esse período devido à ausência de chuvas fortes que danificariam as flores e à queda das folhas que tornaria as flores mais visíveis. Além disso, a dispersão durante a estação seca torna a espécie importante fonte de recurso para diversos grupos de animais silvestres (Almeida et al. 1998), em um período em que geralmente há menor proporção de espécies zoocóricas dispersando (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988, Batalha & Mantovani 2000).

A sobreposição no período de floração registrada para *B. variabilis* e *B. malifolia* pode servir como uma estratégia para aumentar a atratividade da guilda de abelhas polinizadoras, já que seus arbustos estão próximos na vegetação e a morfologia floral e atrativos como o perfume adocicado e recursos florais são similares. Assim como a oferta de flores favorece a manutenção e sobrevivência das abelhas coletoras de óleo (Buchmann 1987, Vinson et al. 1997) para *B. variabilis*, um incremento na quantidade de polinizadores se faz importante, sua população reduzida na área e sua menor quantidade de flores seriam beneficiadas pela atração de polinizadores simultânea dos arbustos de *B. malifolia*.

Costa, Costa & Ramalho (2006) discute um fenômeno que pode estar ocorrendo entre as espécies em estudo, a troca de pólen entre as espécies, ocasionada principalmente pela sobreposição de polinizadores e de período de floração, além da morfologia floral semelhante. É possível que este fenômeno ocorra em várias flores durante a coleta de recurso. Isso poderia influenciar negativamente a população de *B.*

variabilis pela redução no tamanho da sua população. Abelhas coletoras de óleo, por exemplo, foram visualizadas raspando as anteras com o auxílio do primeiro e segundo pares de pernas e depositando-o na corbícula, repetindo esse comportamento em mais de uma flor. À medida que essas abelhas visitam outras flores próximas o pólen localizado no abdômen vai sendo transferido para as flores. Os resultados de Ribeiro, Rego & Machado (2008) demonstram que a maioria das espécies de abelhas visitantes de *Byrsonima chrysophylla*, mistura os recursos polínicos com o de outras espécies vegetais ao longo do período de floração. Apesar disso, através da identificação do pólen armazenado no corpo desses insetos no período de pico de floração, os autores constataram que algumas espécies de *Centris* apresentaram fidelidade às flores desta espécie de Malpighiaceae, o que, segundo Alves dos Santos (2007), é uma das características de polinizadores efetivos. A maior diversidade de abelhas registrada aqui para *B. malifolia* morfotipo rosa claro pode indicar algum tipo de preferência semelhante, onde a maior disponibilidade de recurso no pico de florada poderia favorecer esta preferência.

Espécies como *Banisteriopsis malifolia* que apresentam polimorfismo floral são encontradas em muitas famílias vegetais, ocupando diferentes ambientes no mundo todo (Arruda 2008; Majetic, Raguso & Ashman 2009). No presente estudo as duas espécies apresentaram variação de estruturas facilmente visíveis e chamativas, como a cor das pétalas, ou em variações mais discretas como o número de glândulas de óleo, os elaióforos. Carvalho, Borba & Luchese (2005) observaram que a diferença na quantidade de elaióforos, fato comum na maioria das espécies de Malpighiaceae, pode não influenciar na quantidade de óleo oferecida. A ausência de glândulas, geralmente em posição oposta à pétala guia, esta intimamente relacionada com a não utilização da

glândula no processo de coleta de óleo, indicando que a existência ou não da estrutura sofre os efeitos da interação com as abelhas coletoras de óleo.

Dentre as diferenças morfométricas *B. malifolia* rosa claro se destacou com maior viabilidade polínica, o que pode favorecer a manutenção desse morfotipo na área de estudo. Segundo Biondo & Battistin (2001) essa taxa reflete na potencialidade do gameta masculino na eficiência da fecundação e posterior fertilização, dessa forma, quanto mais alta for a viabilidade maior será o índice de fertilização (Souza et al. 2002). Essas e outras diferenças morfométricas registradas para as espécies em estudo foram associadas à diferença na guilda de abelhas visitantes. Apesar disso, a maior quantidade de osmóforos e o odor mais forte foram encontrados nas flores de *B. malifolia* morfotipo rosa intenso, que teve a segunda maior riqueza e abundância de abelhas visitantes. Como a atratividade é influenciada por diversos fatores além do odor, os quais atuam em conjunto, sugerimos que o odor mais pronunciado de *B. malifolia* a beneficia quando a comparamos a *B. variabilis*. Se considerarmos os dois morfotipos de *B. malifolia*, apenas o odor não explica a preferência das abelhas pelo morfotipo mais claro.

Várias abelhas da tribo Centridini reconheceram a pétala estandarte como guia de orientação para pouso e apoio durante a coleta de óleo, onde a abelha se prende com a mandíbula (Anderson 1979, Sazima & Sazima 1989, Vogel 1990), esses resultados corroboram com os obtidos no estudo da fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Nordeste do Brasil realizado por Mendes, Rêgo e Albuquerque (2011). Entretanto, contraria resultados obtidos por Costa et al. (2006) em espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, em que na maioria das visitas as abelhas não se prenderam à pétala modificada durante a coleta de óleo.

A maior riqueza e abundância de abelhas em *B. malifolia* rosa claro associada ao investimento dessas flores em aspectos morfológicos atrativos, podem favorecer a interação com polinizadores e incrementar a adaptação desse morfotipo na área. Fatores como a maior quantidade de grãos de pólen e sua alta viabilidade, proporcionam um recurso proteico muito importante e intensamente procurado pelas abelhas. Pinheiro Lima & Correa (2003) estudando estigma de Malpighiaceae em ambiente de restinga, descrevem espécies de abelhas similares às registradas no presente estudo e sua importância na polinização, na ruptura da cutícula estigmática durante a primeira visita as flores. Dessa forma, espécies da família Malpighiaceae se mostram capazes de manter relações interespecíficas com diversas guildas de animais, o que as torna um grupo chave para estudos de diversidade no Cerrado.

Os resultados obtidos aqui quanto ao horário de visitação das abelhas em flores de *Banisteriopsis* se assemelham aos de Taura e Lauroca (2004) em *Vassobia breviflora* (Solanaceae), onde a atividade máxima ocorreu por volta das 11:00 h as 14:00 h e a frequência de visitas foi reduzida nas primeiras horas da manhã, assim como no final da tarde. Outros autores registraram horários de visitação semelhantes dos aqui observados, como Costa, Costa & Ramalho (2006) e Benezar & Pessoni (2006) que registraram pico de visitação das abelhas às flores de Malpighiaceae no período da manhã, principalmente entre 7:00 e 13:30 h. Aguiar e Almeida (2002) discutem alguns fatores que podem contribuir para a redução ou interrupção das atividades das abelhas em certos períodos do dia, como a quantidade necessária de recursos a serem obtidos, a redução na oferta de recursos por parte das plantas a partir de determinada hora do dia ou dependente de coletas anteriores, o deslocamento das abelhas para outro ponto de oferta de recurso ou ainda atividades internas nos ninhos. Esses fatores podem explicar

os resultados obtidos por nós no presente estudo, justificando a ausência das abelhas em determinados períodos do dia.

Todas as quatro espécies de abelhas capturadas nas armadilhas foram coletadas também nas flores observadas, indicando que continuavam ativas no local, e sendo atraídas pelas cores das flores exploradas anteriormente. Cerca de cinco vezes mais abelhas *Trigona spinipes* estavam presentes nas flores do que nas armadilhas, e as três cores foram visitadas tanto nas flores quanto nos pratos. Todas as abelhas *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* foram encontradas somente em flores rosa claro, e mais que o dobro delas foram capturado em armadilhas de cor rosa, principalmente rosa claro. As abelhas *Centris (Centris) aenea* foram coletadas em baixa quantidade, tanto em flores das três cores quanto em armadilhas rosa intenso e rosa claro. A espécie *Eulaema nigrita* foi considerada rara nas coletas e apresentou preferência por cores distintas nos dois tipos de substrato, sendo capturada em flor rosa intenso e em armadilha branca, mas essa diferença pode ter sido registrada pela raridade da espécie. Os resultados não mostraram diferença quanto à coloração das armadilhas, entretanto, como parte dos experimentos com as armadilhas ocorreu em duas tardes com tempo parcialmente nublado e com alguns momentos de chuva fina, é possível que a coleta tenha sido levemente prejudicada, visto que abelhas preferem dias mais claros e quentes, especialmente devido à sua condição corporal (Taura e Lauroca 2004).

Stephen & Rao (2005) utilizando armadilhas coloridas para atração de insetos visitantes nas cores azul e amarela, registraram a ausência de abelhas *Apis mellifera* nas armadilhas, apesar da presença desses insetos próximos aos pratos. Esses resultados corroboram com os obtidos nesse estudo. Da mesma forma, as abelhas de algumas espécies, inclusive *Apis mellifera* não se mostraram atraídas pela coloração das armadilhas, apesar de terem sido avistadas no local, o que pode indicar que para essas

espécies a coloração, de maneira isolada, não representa atratividade garantida. Dessa forma o odor pode ser o atrativo que juntamente com a coloração garantem a visitação por parte das abelhas.

Apesar de nenhuma espécie de abelha capturada em pratos armadilhas ter sido registrada exclusivamente nesse método, a utilização dessa metodologia vem complementar o levantamento das espécies de abelhas que podem ser atraídas pela cor. Krug & Alves dos Santos (2008), ressaltam a variação entre os diferentes métodos de amostragem na atratividade de abelhas, e registraram a presença de espécies exclusivas capturadas em pratos armadilhas coloridos, o equivalente a 15% do total de espécies registradas. Esses resultados diferem dos registrados nesse estudo, entretanto, a coloração das armadilhas utilizadas por eles difere do aplicado aqui, assim como maioria dos estudos os autores utilizaram pratos de coloração amarela, azul, e branca. Essa metodologia é comumente utilizada porque a visão de cores das abelhas é tricromática, e influenciada pelos comprimentos de onda curtos de luz, esses insetos percebem a radiação ultravioleta como uma cor distinta, enquanto os comprimentos de ondas maiores não são percebidos. As cores mais atraentes às abelhas são aquelas percebidas por humanos como branco, amarelo e violeta azulado (Roubik, 1992). Não foram encontrados estudos com a utilização de pratos armadilhas de coloração rosa para comparações.

Embora a densidade populacional e a taxa de perda de botões não terem sido quantificadas aqui para nenhuma das espécies, *B. variabilis* apresentou menor número de indivíduos, arbustos com menor quantidade de inflorescências e flores e elevada taxa de botões abortados comparados a *B. malifolia* (Observação pessoal). A perda desses botões associada ao menor número de flores disponíveis, menor tamanho da flor e menor qualidade dos recursos disponíveis podem ser resultados da herbivoria floral

elevada e possivelmente influenciariam a densidade populacional da espécie na área. Apesar de vários fatores influenciarem na densidade de espécies vegetais como, fatores climáticos ou edáficos, o menor número de indivíduos da espécie na área pode também ser dependente da herbivoria. Efeitos negativos semelhantes são descritos por Kaminski (2011) e podem influenciar na preferência das abelhas que procuram por uma maior quantidade e qualidade de flores ofertadas. A influência desta seleção na taxa de visitação e polinização é amplamente discutida por Roubik & Buchmann (1984) e Gumbert (2000). A baixa quantidade de inflorescências, e, portanto, de flores, é conhecida por desestimular a visitação de polinizadores (Kawarasaki & Hori 1999), o que seria uma explicação a mais para a menor visitação de abelhas observada nas flores de *B. variabilis*.

É possível que algumas espécies de abelhas possam visitar *B. variabilis* na tentativa de evitar a presença de outras espécies de abelhas presentes em *B. malifolia*. Além disso, diferenças na quantidade ou qualidade dos compostos secundários emitidos contra danos causados por herbívoros podem estar repelindo parte dos polinizadores em *B. variabilis*. Não foram encontrados estudos comparativos entre *B. variabilis* e *B. malifolia* quanto à diferença nos compostos secundários que possam justificar os resultados obtidos.

A conservação do cerrado vem sendo muito discutida, e atualmente a preservação desse bioma é considerada relevante também para a conservação dos outros biomas brasileiros (Malhado Pires & Costa 2010). A necessidade de estudos sobre a preservação deste bioma existe e é importante destacar as interações que ocorrem entre plantas e animais e que ainda não foram e podem ser estudadas, revelando a riqueza das relações multitróficas (Thompson 2005). O presente estudo vem contribuir para a conservação do Cerrado de forma que descreve aspectos fenológicos e morfológicas de

duas espécies do gênero *Banisteriopsis* associados à preferência de abelhas visitantes. As espécies de *Banisteriopsis* estudadas são importantes por atraírem grande diversidade de abelhas, que visitam suas flores à procura de recursos essenciais, e por outro lado, a presença de abelhas polinizadoras é fundamental na reprodução e manutenção das populações de *Banisteriopsis*, e outras espécies vegetais da área.

CONCLUSÃO

O estudo realizado mostra que a fenologia e a morfologia floral devem ser consideradas atentamente quando se considera a associação entre a flor e seus visitantes, principalmente os polinizadores. As espécies *B. malifolia* e *B. variabilis* apresentaram características fenológicas muito semelhantes, porém diferiram quanto à morfologia floral, incluindo tamanho, cor, viabilidade polínica, odor e reflectância das pétalas, o que teve como consequência a observação de conjuntos de polinizadores e visitantes florais com riqueza e abundância variadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar C.M.L. & Almeida G.F. (2002). Atividade diária de coleta de óleo por espécies de Centris (Hymenoptera: Apidae) em *Mcvaughia bahiana* W.R. Anderson Malpighiaceae na Caatinga. *Acta Biológica Leopoldensia* **24**:131-140.
- Alves dos Santos I., Machado I.C. & Gaglianone, M.C. (2007). História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis* **11**: 242-255.
- Anderson, W.R. (1979). Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica* **11**:219-223.
- Anderson, W.R. (1990). The origin of the Malpighiaceae - the evidence from morphology. *Memoirs of the New York Botanical Garden* **64**:210-224.
- Arruda R.S. (2008). Distribuição geográfica e variabilidade genética em *Heliconia acuminata* na Amazônia Central Tese de doutorado INPA/UFAM, Manaus.
- Bachtold A., Del Claro K., Kaminski L.A., Freitas A.V.L. & Oliveira P.S. (2012). Natural history of an ant-plant butterfly interaction in a neotropical savanna. *Journal of natural history*. **46**: 15-16.
- Barros, M.A.G. (1991). Fenologia de floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas do gênero *Byrsonima* Rich (Malpighiaceae). Herbário, Departamento de Botânica, Universidade de Brasília.
- Bawa KS. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. **21**:399–422
- Bawa, K.S. 1983. Patterns of flowering in tropical plants. *Handbook of experimental pollination biology* (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). Scientific and Academic Editions, New York, pp.394-410.
- Benezar, R.M.C. & Pessoni, L.A. (2006). Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. *Acta Amazônica* **36**: 159-168.
- Bezerra, E. L. S., Machado, I. C. & Mello, M. A. R. (2009) Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds. *Journal of Animal Ecology* **78**: 1096–1101.
- Borges H.B.N. (2000). Biologia reprodutiva e conservação do estrato lenhoso numa comunidade do cerrado. Ph.D. Thesis – Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Bruck, E.C.; Freire, M.V. & Lima, M.F. (1995). *Unidades de conservação no Brasil, cadastramento e vegetação 1991-1994*. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF.

- Canela, M.B.F. & Sazima, M. (2003). Florivory by the crab *Armases angustipes* (Grapsidae) influences hummingbird visits to *Aechmea pectinata* (Bromeliaceae). *Biotropica*, **35**: 289–294.
- Carvalho P.D., Borba E.L. & Luchese A.M. (2005). Variação no número de glândulas e produção de óleo em flores de *Stigmaphyllon paralias* A. Juss (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasileira* **19**:209-214.
- Carvalho, A.M.C. & Bego, L.R. (1997). Exploitation of available resources by bee fauna (Apoidea- Hymenoptera) in the Reserva Ecológica do Panda, Uberlândia, State of Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* **41**: 101-107.
- 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**:103-114.
- Coutinho, L. M., 1990, Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. *Fire in the tropical biota*, (eds. Goldammer J. G.), pp. 82-105, Springer, Berlin.
- D'Eça-Neves, F.F. & D'Morellato, L.P.C. (2004). Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botânica Brasílica* **18**:99-108.
- Del Claro K. (2012). Origens e importância das relações plantas-animais para a ecologia da conservação. *Ecologia das interações Plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds Del-Claro & Torezan-Silingardi), pp 307-318. Technical books, Rio de Janeiro.
- Eickwort G.C. & Ginberg H.S. (1980). Foraging and mating behavior in Apoidea. *Annual Review Entomological* **25**: 421-446.
- Felfili, M.C. & Felfili, J.M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* **15**: 243-254.
- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* **24**: 422-423.
- Frias U.A, Costa M.C.M.,Takahashi J.A. & Oki Y. (2012). Banisteriopsis species: A source of bioactive of potential medical applications. *International journal of biotechnology for wellness industries* **1**: 163-171.
- Gaglianone, M.C. (2005). Abelhas coletoras de óleos e flores de Malpighiaceae. *O Cerrado Pé-de-Gigante: Ecologia e Conservação*. (eds. V.R. Pivello & E.M. Varanda) Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. pp 246-254.
- Gates, B. (1983). *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). *Flora Neotropica. Monographs* **30**:1-236.

Giulietti, A.M., Harley, R.M., Queiroz, L.P., Wanderley, M.G. & Van Den Berg, C. (2005). Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade* **1**:52-61.

Glover, B. J. & Martin, C. (1998). The role of petal cell shape and pigmentation in pollination success in *Antirrhinum majus*. *Heredity* **80**, 778-784.

Gottsberger, G. & Silberbauer-Gottsberger, I.(1983). Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. *Sonderbd. Naturwiss. Ver. Hamburg* **7**: 315-52.

Gumbert A (2000). Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. *Behav Ecol Sociobiol* **48**:36–43.

Heinrich B. (1975) Energetics of pollination. *Annual Review of Ecology and systematics* **6**: 139-170.

Janzen, D. H. (1971). Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* **2**:465–492.

Kaminski L.A. (2011). Interações simbióticas entre borboletas e formigas: oportunidades para estudos de ecologia comportamental. *Etologia 2011: Temas atuais em Etologia e Anais do XXIX Encontro Anual de Etologia* (eds. Torezan-Silingardi H.M. & Stefani V.) pp.93-98. UFU, Uberlândia.

Kearns, C.A. & Inouye D.W. (1993). *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, Niwot.

Klink, C. A., & R. Machado. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* **19**: 707–713.

Köppen, W. (1948). *Climatologia*. Fondo Cultura Económica, Ciudad de México.

Krug C. & Alves dos Santos I. (2008). Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neotropical Entomology* **37**:265-27.

Krupnick, G.A. & Weis, A.E. (1999). The effect of floral herbivory on male and female reproductive success in *Isomeris arborea*. *Ecology*, **80**: 135–1149.

Levin D.A. & Anderson W.W. (1970). Competition for pollinators between simultaneously flowering species. *American Naturalist* **104**: 939-950.

Lieth, H. (1974). Introduction to phenology and the modeling of seasonality. *Phenology and seasonality modeling*.(eds. H. Lieth). Ecological Studies Springer- Verlag, Berlin. pp. 3-19.

Lombello, R.A. & Forni-Martins, E.R. (2003). Malpighiaceae: correlations between habit, fruit type and basic chromosome number. *Acta Botânica Brasileira* **17**:171-178.

- Mabberley, D. J. (1997). *The plant-book*. Cambridge Univ. Press, Bath, U.K.
- Mabberley, D. J. 1993. *The Plant-Book*. A portable dictionary of the higher plants. Cambridge University Press. New York.
- Machado, A. O. & Oliveira, P. E. (2000). Biologia floral e reprodutiva de *Casearia grandiflora* Camb. (Flacourtiaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, **23**: 283-290.
- Macior LW (1983) The pollination dynamics of sympatric species of *Pedicularis* (Scrophulariaceae). *American Journal of Botany* **70**:844–853.
- Majetic C.J., Raguso R.A., Tonsor S.J. Ashman T.L. (2007). Flower color-flower scent associations in polymorphic *Hesperis matronalis* (Brassicaceae). *Phytochemistry*, **68**, 865–874.
- Majetic C.J.; Raguso R.A. & Ashman T.L. (2009). The sweet smell of success: floral scent affects pollinator attraction and seed fitness in *Hesperis matronalis*. *Functional Ecology* **23**: 480-487.
- Malhado A.C.M., Pires G.F. & Costa M.H. (2010). Cerrado conservation is essential to protect the amazona rainforest. *AMBIO* 39: 580-584.
- Mamede, M.C.H., Amorim, A.M.A., Sebastiani, R. (2012). Malpighiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000155>).
- Mantovani, A., Morellato, L.P.C. & Reis, M.S. (2004). Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Revista Brasileira de Botânica* **27**:787-796.
- Marquis, R. J. (1992). The selective impact of herbivores. *Plant resistance to herbivores and pathogens: ecology, evolution, and genetics*. (eds. Fritz R. S. & Simms E. L.). University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. pp 301–325.
- Marquis, R.J. (1988). Phenological variation in the Neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes and consequences. *Ecology* **69**:1552-1565.
- Morellato, L. P. C. & Leitão Filho, H. F. (1996). Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista brasileira de Biologia* **50**: 163-173.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil* (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, p. 112-140.

- Morellato, L.P.C. (1991). Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.
- Myers, N., Mittermeyer, R.A., Mittermeyer, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**:853-858.
- Neff J, Simpson B (1981). Oil-collecting structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): morphology, function, and use in systematics. *Journal of the Kansas Entomological Society*. **54**: 95-123.
- Oguro M & Sakai S. (2009). Floral herbivory at different stages of flower development changes reproduction in *Iris gracilipes* (Iridaceae) *Plant Ecology* 202:221-234.
- Oliveira, P. S., & Marquis R. J. (2002). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York, Columbia University Press.
- Pedroni, F.; Sanchez, M.; Santos, F. A. M. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **25**: 177-182.
- Pereira A.C.; Silva J.B.; Goldenberg R. Melo G.A.R.; Varassin I.G. (2011). Flower color change accelerated by bee pollination in *Tibouchina* (Melastomataceae). *Flora* **206**: 491-497.
- Pichersky E, Gershenzon J (2002) The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Current Opinion in Plant Biology* **5**:237–243.
- Pinheiro M.C.B., Lima H.A & Correa M.C.R. (2003). Malpighiaceae: pollen/stigma interaction. *Boletim do museu nacional* **124**:1-11.
- Pombal, E.C.P. & Morellato, L.P.C. (2000). Differentiation of floral color and odor in two fly pollinated species of *Metrodorea* (Rutaceae) from Brazil. *Plant Systematics and Evolution* **221**:141-156.
- Proctor, M.; Yeo, P. & Lack, A. (1996). *The natural history of pollination*. Portland, Timber Press. 479p.
- Raguso R.A. (2008). Wake up and smell the roses: The ecology and evolution of floral scent. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **39**: 549-569.
- Ratter, J. A., J. F. Ribeiro, and S. Bridgewater (1997). The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.

- Ribeiro E.K. M. D., Rêgo M. M. C. & Machado I. C. S (2008). Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. *Acta botânica brasileira* **22**: 165-171.
- Ribeiro, J.F. & Castro, L.H.R. (1986). Método quantitativo para avaliar características fenológicas de árvores. *Revista Brasileira de Botânica* **9**:7-11.
- Ribeiro, J.F., Sano, S.M., Macedo, J. & Silva, J.A. (1983). *Os principais tipos fisionômicos da vegetação da região dos cerrados*. Embrapa/CPAC, Planaltina. (Boletim de Pesquisa 21).
- Rosa, R., Lima, S.C. & Assunção, W.L. (1991). Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia, MG. *Sociedade e Natureza* **3**:91-108.
- Roubik, D.W. & Buchmann, S.L. (1984) Nectar selection by *Melipona* and *Apis mellifera* (Hymenoptera) and the ecology of nectar intake by bee colonies in a tropical forest. *Oecologia* **61**, 1–10.
- Roubik, D.W. (1992). *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press. NY.
- Sánchez-Lafuente AM (2007). Sex allocation under simulated herbivory in the generalist perennial herb *Paeonia broteroi* (Paeoniaceae). *Plant Systematics and Evolution* **265**:59-70.
- Schaik, C.P., Terborg, J.W. & Wright, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* **24**:353-377.
- 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**:33-41.
- Silva C. I., Augusto S.C., Sofia S.H. & Mosqueta I.S. (2007). Diversidade de abelhas em *Tecoma stans* (L.) Kunth (Bignoniaceae): Importância na polinização e produção de frutos. *Ecology, Behavior and Bionomics* **36**: 331-341.
- Simoni I. C., Manha A.P.S, Sciessere L., Hoe V. M. H., Takinami V. H. & Fernandes M.J.B. (2007). Evaluation of the antiviral activity of brazilian cerrado plants against animal viroes. *Vírus Reviews & Research* **12**: 123-138.
- Simpson, B.B. & Neff, J.L. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **68**:301-322.
- Stephen W.P. & Rao S. (2005). Unscented Color Traps for Non-*Apis* Bees (Hymenoptera: Apiformes). *Journal of the Kansas Entomological Society* **78**: 373-380.

- Strauss SY, AA Agrawal (1999). Ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends Ecology and Evolution* **14**:179–185.
- Strauss, S.Y. (1997). Floral characters link herbivores, pollinators, and plant fitness. *Ecology* **78**:1640-1645.
- Strong. D. R., J. H. Lawton, and R. Southwood. (1984). *Insects on plants: community patterns and mechanisms*. Blackwell Scientific. Oxford. England.
- Tapper, P.G. (1992). Irregular fruiting in *Fraxinus excelsior*. *Journal of Vegetation Science* **3**:41-46
- Taura, H. M.; Laroca, S. (2004). Biologia da Polinização: interações entre as abelhas (Hymenoptera Apoidea) e as flores de *Vassobia breviflora* (Solanaceae). *Acta Biologica Paranaense* **33**: 143-162.
- Teixeira L.A.G. & Machado I.C. (2000). Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* dc (Malpighiaceae). *Acta botanica Brasileira* **14**: 347-357.
- Thompson J.N (2012). O Futuro dos estudos em interações plantas-animais. *Ecologia das interações Plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds Del-Claro & Torezan-Silingardi), pp 307-318. Technical books, Rio de Janeiro.
- Thompson JN (2005). *The geographic mosaic of coevolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Torezan-Silingardi H M, Del-Claro K (1998) Behavior of visitors and reproductive biology of *Campomanesia pubescens* (Myrtaceae) in cerrado vegetation. *Revista Ciência e Cultura* **50**: 280-283.
- Torezan-Silingardi H M, Oliveira P E A M (2004). Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in central Brazil. *Phyton Horn Austria* **44**: 23-43.
- Torezan-Silingardi H M, Oliveira P E A M (2004). Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in central Brazil. *Phyton Horn Austria* **44**: 23-43.
- Torezan-Silingardi H.M.(2012). Flores e animais: uma introdução a historia natural da polinização. *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds K. Del-Claro & H. M. Torezan-Silingardi), pp 113-139..Technical books, Rio de Janeiro.
- Torezan-Silingardi HM. (2007). A influência dos herbívoros florais, dos polinizadores e das características fenológicas sobre a frutificação de espécies da família Malpighiaceae

em um cerrado de Minas Gerais. PhD thesis. Ribeirão Preto (Brazil): Universidade Estadual de São Paulo.

Vieira R. E, Kotaka C. S., Mitsui M.H., Taniguchi A. P., Toledo V.A. A., Takasusuki M. C. C. R., Terada Y., Sofia S. H. & Costa F. M. (2008). Biologia floral e polinização por abelhas em siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) *Acta Scientiarum*, **24**: 857-861.

Vogel, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Tropische und subtropische Pflanzenwelt 7. Franz. Steiner Verlag. Wiesbaden.

Vogel, S. 1990. History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 55: 130-142.

Williams, R.J., Myers, B.A., Eamus, D. & Duff, G.A. (1999). Reproductive phenology of woody species in a North Australian Tropical savanna. *Biotropica* **31**: 626-636.

Wunderlee, J. M., (1997), The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, **99**: 223-235.

Yang C. & Guo Y. (2005). Floral evolution: Beyond traditional viewpoint of pollinator mediated floral design. *Chinese Science Bulletin* **21**: 2413-2417.

EFEITOS DA HERBIVORIA FLORAL NO SUCESSO REPRODUTIVO DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Banisteriopsis* (MALPIGHIACEAE) NO CERRADO BRASILEIRO

Ferreira, C. A.^{1,2} & Torezan-Silingardi, H. M.^{2*}

¹ Mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais

² Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

* torezan@inbio.ufu.br

RESUMO

1. A família Malpighiaceae é uma das mais ricas em espécies e mais abundantes no Brasil, inclusive no bioma Cerrado. Suas flores oferecem óleo e pólen que atraem as abelhas polinizadoras, porém, herbívoros também procuram as estruturas florais, danificando-as e prejudicando a frutificação.

2. O presente estudo investigou o efeito dos danos causados por herbívoros florais (florívoros), sobre a atuação dos polinizadores e seu efeito sobre a frutificação de duas espécies do gênero *Banisteriopsis* (Malpighiaceae).

3. O estudo foi realizado em uma área de vegetação de cerrado sentido restrito em Uberlândia, MG, Brasil, de abril a junho de 2011. A intensidade dos danos causados por insetos florívoros foi observada em arbustos de *B. variabilis* e nos diferentes morfotipos de *B. malifolia* (N=30). O efeito da florivoria sobre a atividade de polinizadores e sua consequência na frutificação foi investigado em outros 30 indivíduos de *B. malifolia* de flores rosa claro, através de manipulação experimental simulando diferentes níveis de dano às flores. No grupo controle as flores permaneceram intactas, no grupo Estandarte apenas a pétala estandarte foi mantida na flor, e no Grupo Sem Estandarte apenas as pétalas comuns foram mantidas. As taxas de frutificação foram determinadas através da contagem dos frutos produzidos 20 dias após as manipulações.

4. A proporção de danos naturais nas flores variou entre as espécies ($U=393,5$; $N_1=30$; $N_2=15$; $P<0,005$), mas não entre os dois morfotipos de *B. malifolia*. O experimento de florivoria simulada demonstrou que o grupo de flores intactas apresentou taxa de frutificação significativamente maior quando comparado aos demais ($F_{2,27}=35,413$; $P<0,001$).

5. Os resultados reforçam a ideia de que a menor frutificação em flores altamente danificadas é consequência da atratividade reduzida, ou seja, devido à preferência dos polinizadores durante a seleção pela qualidade da fonte de recurso. Entender as interações que ocorrem entre os organismos, mutualísticas ou antagônicas, facilita a compreensão da estrutura da comunidade e valoriza as interações entre as espécies, reforçando a importância de estudos como este.

Palavras-chave: Florivoria, frutificação, manipulação experimental, Brasil.

ABSTRACT

1. The family Malpighiaceae is one of the most species rich and abundant in Brazil, including the Cerrado biome. Its flowers provide oil and pollen to attract pollinating bees, but also herbivores seek the floral structures, damaging them and damaging the fruiting.
2. The present study investigated the effect of damage by herbivores floral or florivores on the role of pollinators and their effect on fruiting of two species of the genus *Banisteriopsis* (Malpighiaceae).
3. The study was conducted in an area of cerrado vegetation in Uberlândia, MG, Brazil, from April to June 2011. The severity of insect damage was observed in florívoros bushes *B. variabilis* and different morphotypes *B. malifolia* (N = 30). The effect of florivoria on pollinator activity and its consequence on other fruiting was investigated in 30 individuals of *B. malifolia* of light pink flowers, through experimental manipulation simulating different levels of damage to flowers. In the control group the flowers remained intact, the only group banner petal standard was maintained in bloom, and in group no banner only common petals were kept. Fruiting rates were determined by counting the fruits produced 20 days after the manipulations.
4. The percentage of damage on flowers natural variation between species ($U = 393.5$; $N_1 = 30$, $N_2 = 15$, $P < 0.005$), but not between two morphotypes *B. malifolia*. Larvae of Lepidoptera families Pyralidae, Lycaenidae, Arctiidae, Nymphalidae, Hesperidae, Riodinidae and Geometridae were the main herbivores floral buttons found inside and on the petals. The experiment showed that the simulated florivoria bunch of flowers presented intact fruiting rate significantly higher when compared to other ($F_{2,27} = 35.413$, $P < 0.001$).
5. The results reinforce the idea that the smaller flowers on fruiting is highly damaged consequence of reduced attractiveness, ie, due to the preference of pollinators during source selection feature. Understanding the interactions that occur between organisms, mutualistic or antagonistic, favor the understanding of community structure and enhances the interactions between species, reinforcing the importance of studies like this.

Keywords: Florivoria, fruiting, experimental manipulation, Brazil.

INTRODUÇÃO

As interações entre os organismos ocorrem desde o surgimento da vida na Terra e todas as espécies estão envolvidas nesse processo de vários modos (Thompson 2010). Por exemplo, a manutenção das populações vegetais depende do sucesso da frutificação, uma consequência do processo que se inicia com o desenvolvimento dos meristemas reprodutivos durante a formação dos botões florais e vai até a dispersão dos propágulos (Raven, Evert & Eichhorn 2001). Esse desenvolvimento é dependente de fatores abióticos como as condições do solo, umidade, temperatura e radiação solar, e de fatores bióticos como as interações com polinizadores, herbívoros, predadores e parasitoides. Também temos que considerar que tudo isso depende da formação adequada da semente, do estabelecimento das plântulas e do bom desenvolvimento do indivíduo até a maturidade.

As diversas relações existentes entre plantas e animais influenciam as espécies de diferentes formas e com intensidade variável. Por exemplo, a principal relação mutualística entre angiospermas e animais é a polinização, que aumenta o valor adaptativo das plantas ao ambiente, fornece recursos aos animais ocorre em 87,5% das angiospermas (Ollerton *et al.* 2011). Já a herbivoria é considerada uma das mais importantes relações antagônicas por prejudicar as plantas ao reduzir sua aptidão (Strauss, Conner & Rush 1996; Ricklefs 2010). Os insetos podem consumir tecidos fotossintetizantes, órgãos de reservas e estruturas reprodutivas (Romero & Vasconcellos-Neto, 2007), podendo comprometer o crescimento, a reprodução e a sobrevivência das plantas (Pinto-Coelho, 2000; Raven, Evert & Eichhorn 2001; Townsend & Harper 2007), influenciando assim a manutenção da espécie vegetal no ambiente.

As plantas apresentam vários mecanismos de adaptação à herbivoria (Pilson & Decker 2002), como a resistência ou capacidade de reduzir a ocorrência do dano, e a tolerância ou capacidade de se manter funcional após a lesão (Strauss & Agrawal 1999). A herbivoria floral, ou florivoria, causa danos nas estruturas presentes no botão ou na flor, tanto logo após a antese quanto após a polinização, considerada a fase inicial da formação dos frutos (Torezan-Silingardi 2011). O consumo de botões, pétalas, órgãos reprodutivos, flores ou da inflorescência como um todo, influencia diretamente a queda da atratividade floral, conseqüentemente há uma redução indireta dos serviços de polinização e da frutificação posterior (Krupnick, Weis & Cambell 1999; McCall & Irwin 2006). A investigação dos agentes mutualísticos e antagônicos que influenciam o sucesso reprodutivo das espécies vegetais aumenta nossa compreensão sobre os processos ecológicos envolvidos, especialmente quando o estudo aborda uma família representativa de um ecossistema.

O Cerrado é o segundo maior Bioma brasileiro, com aproximadamente 2.031.990 km², clima tropical quente e úmido e duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco (Coutinho 2002). É caracterizado como a savana tropical mais diversificada do mundo, com aproximadamente 44% de flora endêmica (Klink e Machado, 2005) e grande número de espécies e áreas ameaçadas, o que o torna um hot spot segundo as definições de Myers *et al.* (2000) e Myers (2005).

A família Malpighiaceae é composta por aproximadamente 1.250 espécies distribuídas em 71 gêneros no mundo (Lombello & Forni-Martins, 2003), com 44 gêneros e 528 espécies presentes no Brasil (Mamede *et al.* 2012). No Bioma Cerrado a família Malpighiaceae esta entre as mais comuns, sendo considerada a segunda maior em número de espécies em várias áreas (Ratter, Ribeiro & Gaterwater 1997; Giulietti *et al.* 2005). O gênero *Banisteriopsis* C.B.Rob. ex Small possui 92 espécies e é um dos

maiores da família, com cerca de metade das suas espécies encontradas no Cerrado (Mabberley, 1997). As flores de Malpighiaceae são hermafroditas, melitófilas, com antese diurna e viabilidade polínica variável (Anderson 1979; Vogel 1974). Apesar da grande diversidade morfológica para hábito, frutos, pólen e número de cromossomos, as flores são relativamente semelhantes quanto à morfologia geral, especialmente na atratividade, orientação e recompensa aos polinizadores (Anderson, 1990). Elas possuem sempre cinco pétalas unguiculadas, uma delas é a pétala estandarte que se diferencia pela espessura da unha, ângulo de apresentação e coloração, funcionando como pétala guia de orientação e suporte para as abelhas polinizadoras (Anderson 1979 e 1990; Vogel 1990). As Malpighiaceae oferecem dois principais recursos florais, o óleo produzido pelos elaióforos e coletado principalmente pelas abelhas polinizadoras, e o pólen utilizado também por outros visitantes (Anderson, 1990; Vogel, 1974 e 1990). Porém, suas flores (Torezan-Silingardi, 2007), frutos e folhas (Oki 2005; Diniz, Morais & Hay 2000) são muito procurados por animais de diferentes táxons para alimentação.

A produção e oferta dos recursos florais podem ser sinalizadas de diversas maneiras: através da coloração, tamanho, perfume, forma e/ou textura (Gumbert, 2000; Miller, Owens & Rorslett 2011), servindo de indicadores para os animais. Os polinizadores respondem a essas sinalizações visitando preferencialmente flores que oferecem recompensas melhores e mais atrativas. Por exemplo, abelhas visitam preferencialmente flores com grande quantidade de pólen, néctar, perfume, ou ainda aquelas que apresentam inflorescências mais vistosas, maiores ou em maior número (Waser & Price, 1981; Krupnick, Weis & Campbell 1999; Irwin & Strauss, 2005).

Geralmente os polinizadores das flores de Malpighiaceae fazem parte da guilda de abelhas coletoras de óleo, formada por espécies das tribos Centridini (*Centris* e *Epicharis*), Tapinotaspidini (e.g., *Monoeca* e *Paratetrapedia*) e Tetrapedini

(*Tetrapedia*) (Vogel, 1990; Sigrist e Sazima, 2004; Alves-dos-Santos, Machado & Gaglianone 2007; Torezan-Silingardi 2007; Barônio e Torezan-Silingardi, em preparação). *Centris* e *Epicharis* estão entre os gêneros mais frequentes e são considerados os principais polinizadores e coletores de óleo floral (Anderson, 1979; Vogel, 1990; Gaglianone, 2005). A coleta de óleo pelas abelhas ocorre através de estruturas especializadas localizadas nas pernas desses insetos, que possibilitam coletar por raspagem, manusear e transportar o óleo retirado das glândulas (Simpson & Neff 1981; Buchmann 1987). A presença de cerdas simples ou ramificadas e pelos nas pernas possibilitam a raspagem e o acúmulo desse óleo durante o seu transporte até o ninho. O comportamento de pouso sobre as estruturas reprodutivas e os movimentos de raspagem do óleo é determinante para a ruptura da cutícula estigmática, favorecendo a hidratação e aderência dos grãos de pólen e conseqüentemente a polinização, o que ilustra a estreita relação entre as abelhas e as espécies de Malpighiaceae (Anderson, 1990). O volume de óleo secretado varia de acordo com a quantidade produzida (Buchmann 1987) e com a espécie. A utilização do óleo como alimento das larvas se dá pelo ao alto teor energético (Vogel 1974), e seu uso na impermeabilização das paredes das células dos ninhos de espécies de alguns gêneros (Anderson 1979; Simpson & Neff 1983; Buchmann 1987; Vogel 1990; Vinson *et al.* 1997) dificulta a entrada de patógenos e parasitóides (Aguiar & Garófalo, 2004).

Outros animais além dos polinizadores também são atraídos pela flor e podem influir no processo que leva à frutificação (Torezan-Silingardi 2007). Por exemplo, pilhadores deplecionam os recursos interessantes aos polinizadores e podem alterar seu padrão de visitaçao, prejudicando a produção de frutos. Florívoros, ou herbívoros florais, danificam as estruturas da flor diminuindo sua atratividade ou mesmo eliminando a possibilidade de frutificação. Predadores e parasitoides presentes nas

inflorescências podem influir na quantidade de visitantes, tanto polinizadores quanto pilhadores e florívoros, assim as interações observadas nas flores têm consequências diretas e indiretas na manutenção das plantas no ambiente (Torezan-Silingardi 2007, 2011). Logo, entender as interações entre as flores e todos os seus visitantes é de grande importância, especialmente quando consideramos que a maioria dos estudos relaciona somente a evolução dos caracteres florais com os polinizadores (Stebbins, 1970; Herrera, 1995; Johnson & Steiner, 2000), enquanto a herbivoria floral é muito pouco observada (Mccall & Irwin, 2006). Portanto, fica evidente a necessidade de estudos que ressaltem as interações entre a evolução dos caracteres florais, polinizadores e herbívoros (Strauss, 1997). Dessa forma, o objetivo geral do presente estudo foi investigar a relação entre flores de espécies da família Malpighiaceae, seus herbívoros e polinizadores, estimando o efeito dos diferentes níveis de danos florais sobre a frutificação. Os objetivos específicos foram (1) determinar a taxa de dano por herbivoria floral natural para duas espécies de *Banisteriopsis* e (2) descrever o efeito da herbivoria floral sobre a atratividade e o sucesso reprodutivo de *B. malifolia*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Foi utilizada uma área de cerrado *strictu senso* dentro da Área de Reserva Legal (ARL) do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), localizado a 18° 59' S e 48° 18' W, com altitude de 863m e área total de 127 ha. O clima da região segundo a classificação de Koppen é do tipo AW, com duas estações bem definidas, sendo a seca de maio a setembro e a chuvosa de outubro a abril (Bachtold *et al.* 2012). A temperatura média anual é de 22°C e o índice pluviométrico médio anual é de 1.500 mm (Rosa *et al.*

1991). A reserva apresenta fisionomias de campo limpo, campo sujo, cerrado *strictu sensu*, cerradão, veredas e pequenas manchas de mata mesófila (Ribeiro *et al.* 1983).

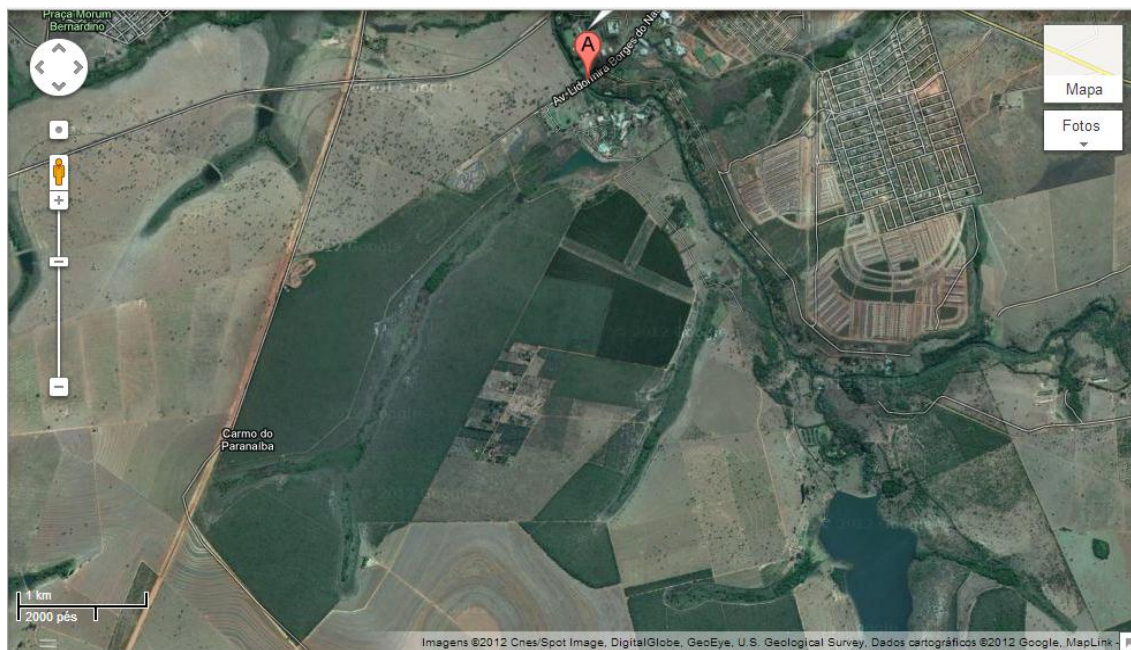


Figura 1. Imagem aérea da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Minas Gerais, obtida pelo satélite Google Earth.

Espécies

Foram escolhidas duas espécies facilmente encontradas no cerrado *stricto sensu* da ARL do CCPIU, ambas do gênero *Banisteriopsis* (Malpighiaceae), *B. malifolia* variedade *malifolia* (Ness&Martius) G. Gates e *B. variabilis* B. Gates. *B. malifolia*, é mais abundante na área e representada por indivíduos ligeiramente mais altos (1,5-3m) que *B. variabilis* (1,5-2,3m). Ambas as espécies são bastante semelhantes quanto ao hábito lenhoso, porte arbustivo e folhas pilosas com disposição alternada e inflorescências paniculadas terminais, principalmente nas axilas superiores. As flores das duas espécies são completas e vistosas, de simetria levemente zigomorfa, com cinco pétalas fimbriadas, sendo uma delas a pétala estandarte com tamanho e ângulo de inserção diferente em relação às demais quatro pétalas. *B. malifolia* e *B. variabilis* apresentam ovário súpero, tricarpetal e trilocular, com apenas um óvulo por lóculo, dez

estames que circundam o pistilo e cálice formado por cinco sépalas com geralmente dois elaióforos em cada uma (Gates, 1983). *B. malifolia* apresenta dois tipos de arbustos que variam quanto à coloração das flores no momento da antese e intensidade de perfume, sendo um deles com todas as flores de coloração rosa intenso e perfume evidente (morfotipo1), e o outro com todas as flores rosa claro e perfume suave (morfotipo 2). *B. variabilis* apresenta apenas arbustos de flores brancas e ausência de perfume.

Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu na florada de 2012, quando arbustos de porte e estado fenológico semelhante foram acompanhados durante a floração para a realização dos experimentos.

A quantificação da herbivoria floral natural foi realizada em arbustos de *B. malifolia* morfotipo rosa claro, *B. malifolia* morfotipo rosa intenso e *B. variabilis*. De cada tipo de planta 10 indivíduos tiveram 15 flores recém-abertas coletadas. Estas flores foram levadas ao laboratório, fotografadas e analisadas quanto à presença e taxa de dano natural. As medições nessas flores foram realizadas através do programa Photoshop CS6.

O experimento de florivoria simulada avaliou os efeitos da herbivoria floral sobre a frutificação. Para isso foram selecionados 30 arbustos de *Banisteriopsis malifolia* apenas do morfotipo com flores rosa claro, de tamanho e desenvolvimento fenológico semelhantes. As plantas foram divididas em três grupos, cada um deles composto por 10 indivíduos, e suas inflorescências foram isoladas dos visitantes com sacos de Voal branco no período pré-antese. Para a realização das manipulações experimentais, foram usadas apenas inflorescências que apresentavam pelo menos cinco

flores recém-abertas. Estas flores foram manipuladas sempre antes das 07:00 h para evitar o horário de início de atividade dos polinizadores. Cada arbusto recebeu apenas um tipo de tratamento que foi identificado posteriormente pela cor da linha de algodão utilizada na marcação das flores. As plantas foram aleatoriamente submetidas a um dos seguintes tratamentos: (1) controle, sem simulação de herbivoria, flores intactas; (2) herbivoria simulada com retirada da pétala estandarte, pétalas comuns intactas; (3) herbivoria simulada com retirada das quatro pétalas comuns, pétala estandarte intacta (Figura 1). Com o auxílio de luvas plásticas e pinça de ponta fina todas as flores abertas tiveram as pétalas manipuladas de acordo com cada tratamento, porém, somente cinco delas foram marcadas e contabilizadas, dessa forma evitamos alterar o odor das inflorescências com substâncias como o suor das mãos ou produzidas como consequência da retirada de flores inteiras.

Análises Estatísticas: Para testar se a proporção de danos entre variou entre as espécies e os morfotipos foi realizada o teste de Kruskal-Wallis. Para verificar se houve diferença na taxa de frutificação entre os tratamentos foi aplicado o teste de análise de variância para 1 fator. Ambos os testes foram aplicados utilizando o programa Systat 10.1.

RESULTADOS

O período de floração ocorreu entre os meses de abril a junho de 2012. *B. malifolia* foi a primeira espécie a exibir suas flores, logo seguida por *B. variabilis* com sobreposição de floração de aproximadamente 20 dias. O processo de antese ocorreu entre 06:15 h e 10:00 h da manhã, com pequena variação e com um pequeno atraso em dias nublados e/ou chuvosos. Ao longo desse período, polinizadores e outros grupos como herbívoros, predadores e parasitoides foram vistos explorando os recursos

oferecidos pelas duas espécies. Ambas as espécies apresentaram elevado número de flores disponíveis ao longo de várias semanas (Ferreira & Torezan-Silingardi em preparação ou Capítulo 1), o que atraiu diferentes grupos de visitantes florais. Foi possível observar sinais de herbivoria floral desde a fase de botão até a de flores abertas, sendo os herbívoros encontrados em maior abundância no início da floração, enquanto que as abelhas apresentaram intensa atividade durante todo o período de floração, dessa forma florívoros e polinizadores foram registrados disputando pelos recursos ofertados.

Herbívoros pertencentes às ordens Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera, Hymenoptera, e Thysanoptera foram registrados em flores das duas espécies estudadas. Em ambas as espécies e morfotipos Curculionídeos, Tisanópteros e Lícenídeos foram registrados, o primeiro grupo esteve presente principalmente na fase de botões, enquanto os outros dois foram registrados tanto em botões quanto na fase de flor.

Flores de *Banisteriopsis malifolia* morfotipo rosa claro apresentaram maior porcentagem de dano nas pétalas, enquanto que *B. malifolia* rosa intenso apresentou sutilmente, maior valor de área floral danificada. Em *B. malifolia* 45% das flores analisadas independente do morfotipo estudado apresentaram algum sinal de dano. *B. malifolia* rosa intenso e rosa claro apresentaram cerca de 40 e 51%, das flores com pétalas danificadas, respectivamente. Já *B. variabilis* apresentaram flores de com uma menor taxa de danos nas pétalas (20 %) (Tabela 1).

Tabela 1. Número de flores analisadas, área total das pétalas e porcentagem de danos para *B. variabilis* e os diferentes morfotipos de *B. malifolia*.

Planta/dano	N flores		Área das pétalas de 15 flores cm ²	
	total	danificadas (%)	total	danificada (%)
<i>B. malifolia</i> RI	80	32 (40%)	42,75	2,8 (6,5%)
<i>B. malifolia</i> RC	70	36 (51%)	53,90	2,08 (3,7%)
<i>B. variabilis</i>	15	3 (20%)	36,42	0,24 (0,6%)

A proporção de danos nas flores em relação à área da flor diferiu entre as espécies ($K = 18.828$; $df = 2$; $P < 0.001$). *Banisteriopsis variabilis* apresentou a menor proporção de dano nas pétalas comparado aos dois morfotipos de *B. malifolia* e seus dois morfotipos.

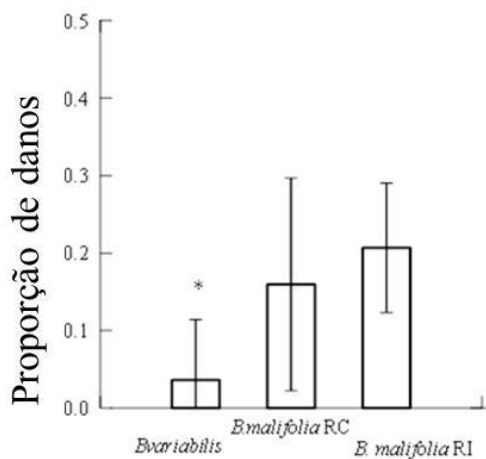


Figura 3. Proporção de dano observado nas pétalas de *B. variabilis*, *B. malifolia* morfotipo rosa intenso e rosa claro da Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Minas Gerais. O asterisco indica diferença significativa entre a proporção de danos nas flores.

As flores danificadas de *B. variabilis* e de *B. malifolia* apresentaram sinais de florivoria na área central das pétalas (53%), na borda (37%) e em ambas as partes (10%) (Figura 3 e 4).

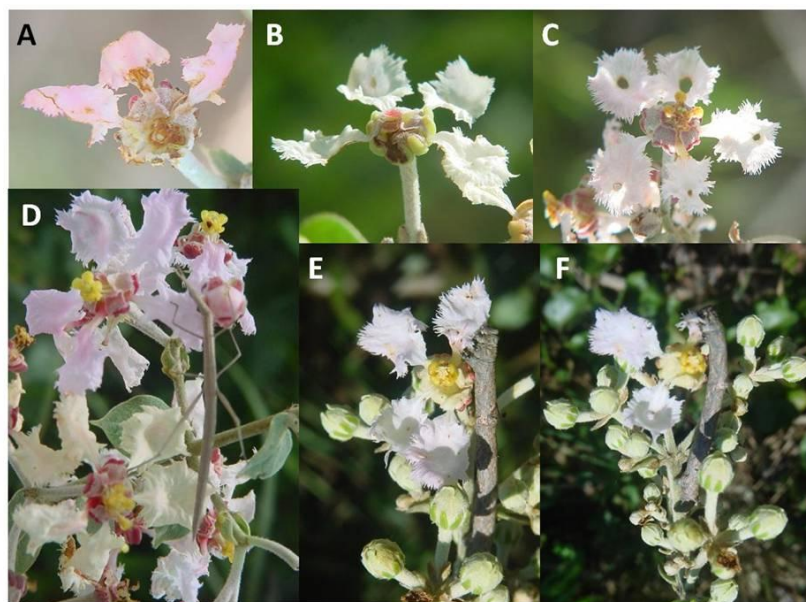


Figura 4. Herbivoria floral natural encontrada na Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia em flores de *Banisteriopsis malifolia* variedade rosa intenso (A), rosa claro (C, D) e *B. variabilis* (B, E, F). Note o florívoro ortóptero Proscopidae em D, e o lepidóptero Geometridae em E e F. (Fotos de H. M. Torezan-Silingardi).

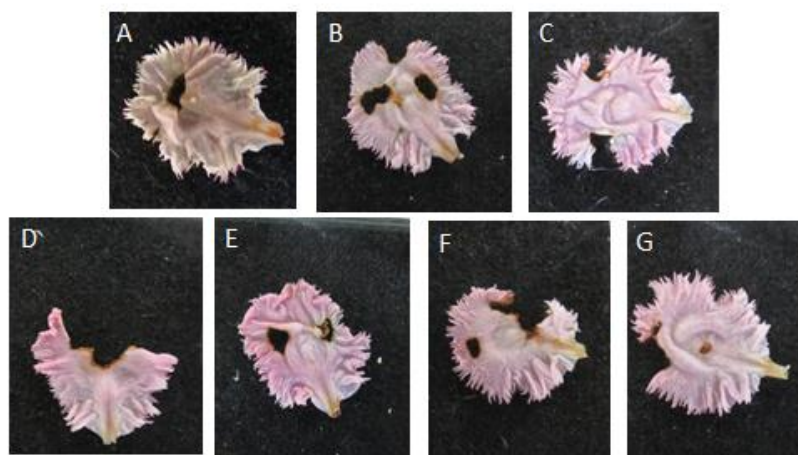


Figura 5- Tipos de herbivoria floral natural encontrada em flores de *Banisteriopsis malifolia* morfotipo rosa claro na Área de Reserva Legal do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia - MG.

Os resultados de florivoria simulada demonstraram diferença significativa entre as taxas de frutificação dos diferentes tratamentos ($F_{2,27} = 35,413$; $P < 0,001$). O grupo de

flores intactas (controle) apresentou maior taxa de frutificação quando comparado aos outros dois tratamentos (Figura 5).

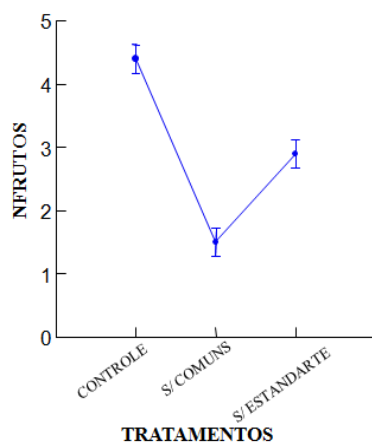


Figura 6. Produtividade média de frutos formados nos diferentes tratamentos de florivoria simulada em *Banisteriopsis malifolia* morfolipo rosa claro.

DISCUSSÃO

As características registradas quanto à herbivoria em *B. malifolia* foram relacionadas com a utilização dos botões para postura de ovos de florívoros endofíticos ou para o uso principalmente das pétalas para a alimentação de herbívoros exofíticos, tanto na fase juvenil quanto adulta. A herbivoria nas pétalas é responsável pela queda na atratividade aos polinizadores e consequente decréscimo na frutificação (Leavitt & Robertson 2006). Nesse período vespas foram registradas patrulhando as flores em comportamento de busca de presas e em atividade de alimentação sobre os botões. Jonsson, Lindkvist & Anderson (2005) estudando *Brassicnapus* L. (Brassicaceae) no norte da Europa, descrevem comportamento semelhante de reconhecimento de parasitóides através do odor liberado pelos botões herbivorados, e afirmam que os odores podem ser pistas confiáveis que possibilitam alguns insetos diferenciar as fases

de botão e floração. Alves-Silva *et al.* (2012) registraram a presença da espécie *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera:Vespidae) em flores de *B. malifolia* em atividade de consumo de néctar extrafloral e predando herbívoros florais, e discutem a importância de *B. malifolia* que pode beneficiar a hospedeira.

A presença de herbívoros registrada em flores de *B. malifolia* causam mudanças nos traços florais incluindo mudança do odor liberado, tamanho, forma e a quantidade de pólen e tecidos florais. O investimento dessas plantas para sobreviver no ambiente, e atrair os polinizadores é um dos aspectos que favorecem a manutenção da espécie. Lucas-Barbosa, Van Loon & Dicke, (2011) discutem como as defesas contra herbivoria podem influenciar nas interações entre flores e insetos e a necessidade das plantas em se manter no ambiente investindo em defesa e crescimento e reprodução. Essas interações que ocorrem entre os organismos são de grande importância para sobrevivência e reprodução das espécies envolvidas, e as diferentes formas que elas ocorrem geram diversidade ecológica e possibilitam a formação de ecossistemas ricos, compostos por espécies que coevoluíram (Thompson 2012). A vida na Terra teria sido fundamentalmente diferente sem essa capacidade dos organismos de evoluir e a reprodução das plantas é um bom exemplo, porque o ato de troca de material genético muitas vezes exige a presença de outras espécies. Não existe uma direção única da coevolução, e desse modo, parcerias formadas em quase toda parte da terra tornam possível a exploração de novos ambientes e uma maior diversificação de vida.

Flores de *B. malifolia* de morfotipo rosa claro foram mais herbivoradas do que flores de coloração rosa intenso, entretanto o dano causado nesta última parece ser maior. Talvez esse resultado seja aleatório e um maior número de flores deveria ser analisado para verificar tais diferenças. Apesar disso, é importante ressaltar que aspectos de atratividade floral registrados para de *B. malifolia* rosa claro (ver Cap. 1)

podem ser reconhecidos também pelos herbívoros florais e essas vantagens atrativas de *B. malifolia* rosa claro sejam a principal justificativa a preferencia deste morfo pelos herbívoros. Irwin & Strauss (2005) Frey (2004) e Salomão *et al.* (2006) discutem resultados semelhantes onde os atrativos reconhecidos pelos polinizadores podem ser identificados também pelos herbívoros florais.

Os resultados obtidos no experimento de florivoria simulada reforçam a importância da atratividade floral. A redução do número de pétalas parece explicar a redução na produção de frutos, o que reforça a importância do investimento da planta em caracteres atrativos. Salomão *et al.* (2006) estudaram os efeitos do tamanho da área e da herbivoria floral para *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae) e registraram que muitas grandes e flores não atacadas por herbivoria apresentaram maior proporção de sementes produzidas. Os autores discutem ainda que assim como os polinizadores preferem visitar muitas maiores, os herbívoros também podem responder da mesma forma e podem causar maiores danos em flores maiores, reduzindo a atratividade destas quanto ao polinizador. E apesar da frequência dos capítulos florais atacados terem sido semelhantes entre as plantas em manchas grandes e pequenas, as maiores tiveram maior sucesso reprodutivo. Os resultados obtidos por Sober, Teder & Moora (2010) se assemelham aos obtidos nesse estudo. Os autores estudaram a herbivoria floral em *Verbascum nigrum* e registraram que a taxa de visitação esteve negativamente relacionada com a florivoria em populações da espécie em estudo e que o nível de visitação diminuiu com a intensidade de florivoria.

A redução do número de frutos produzidos registradas no presente estudo pode ser o primeiro sinal de redução de fitness, visto que a maioria das interações com herbívoros resultam em alguma perda semelhante. Hendrix & Trapp (1989) descrevem como as plantas podem desenvolver respostas compensatórias à herbivoria e testaram a

hipótese de que respostas a herbivoria floral em *Pastinaca sativa* L. (Apiaceae) podem compensar ou até mesmo aumentar a aptidão de indivíduos atacados. Os resultados obtidos registraram que apesar das respostas compensatórias desenvolvidas, a redução de fitness ocorre e é resultado do dano por herbivoria, e que a espécie não compensa a redução na aptidão. Hendrix (1984) já havia registrado resultados semelhantes em *Heracleum lanatum*, onde a espécie reagiu à destruição causada por herbívoros com um aumento na proporção de flores hermafroditas desenvolvidas em um período tardio e um subsequente aumento no número de sementes. No entanto, essas reações não foram suficientes para compensar completamente os danos sofridos, porque as plantas sem danos produziram 40% de sementes a mais do que as plantas danificadas e a biomassa destas sementes foi 53% maior. A biomassa dos frutos produzidos por *B. malifolia* não foi analisada aqui, estudos futuros são necessários para descrição de como a espécie responde aos danos florais registrados ao longo do tempo e nas fases de crescimento e reprodução.

CONCLUSÃO

O estudo realizado mostra que as espécies *B. malifolia* e *B. variabilis* visitadas por herbívoros florais podem causar danos em diferentes proporções, e que a presença desse fenômeno influencia diretamente na atratividade floral, resultando na menor produção de frutos. A simulação de dano em flores em diferentes níveis revelou que quanto maior o dano causado, menor a taxa de visitação e sucesso reprodutivo. O estudo de efeitos das interações entre polinizadores e herbívoros florais possibilita a melhor compreensão de como essas espécies se relacionam no ambiente e favorecem a conservação da biodiversidade local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C.M.L. & Garófalo, C.A. (2004). Nesting biology of *Centris* (Hemisiella) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia*, **21**: 477-486.
- Alves dos Santos I., Machado I.C. & Gaglianone, M.C. (2007). História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis* **11**: 242-255.
- Alves-Silva E., Barônio, G., Torezan-Silingardi & Del Claro. Foraging behavior of *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae) on *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae): Extrafloral nectar consumption and herbivore predation in a
- Anderson, W.R. (1979). Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica* **11**:219-223.
- Anderson, W.R. (1990). The origin of the Malpighiaceae - the evidence from morphology. *Memoirs of the New York Botanical Garden* **64**:210-224.
- Bachtold A., Del Claro K., Kaminski L.A., Freitas A.V.L. & Oliveira P.S. (2012). Natural history of an ant-plant butterfly interaction in a neotropical savanna. *Journal of natural history*. **46**: 15-16.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. (2007). *Ecologia de indivíduos a ecossistemas*. Artmed, Porto Alegre.
- Buchmann S. (1987) The ecology of oil flowers and their bees. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**: 343-369.
- Coutinho, L. M. (2002). *O bioma do cerrado*. Eugen Warming e o Cerrado Brasileiro: um Século Depois. (eds. A. L. Klein) pp 77-91. Editora Unesp, São Paulo.
- Diniz, I. R.; H. C. Morais & J. D. Hay. (2000). Natural history of herbivores feeding on *Byrsonima* species. *Brazilian Journal of Ecology* **2**: 49–54.
- Frey F.M. (2004). Opposing natural selection from herbivores and pathogens may maintain floral-color variation in *Claytonia virginica* (Portulacaceae). *Evolution* **58**: 2426-2437.
- Gaglianone, M.C. (2005). Abelhas coletoras de óleos e flores de Malpighiaceae. O Cerrado Pé-de-Gigante: Ecologia e Conservação. (eds. V.R. Pivello & E.M. Varanda) Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. pp 246-254.
- Gates, B. (1983). *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). *Flora Neotropica. Monographs* **30**:1-236.
- Giulietti, A.M., Harley, R.M., Queiroz, L.P., Wanderley, M.G. & Van Den Berg, C. (2005). Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade* **1**:52-61.

- Gumbert A. (2000). Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. *Behavior Ecology Sociobiology* **48**: 36–43.
- Hendrix S.D. (1984). Reactions of *Heracleum Lanatum* to floral herbivory by *Depressaria Pastinacella*. *Ecological Society of America* **65**: 191–197.
- Hendrix S.D. & Trapp E.J. (1989). Floral herbivory in *Pastinaca sativa*: do compensatory responses offset reductions in fitness? *Notes and Comments Evolution*, **43**: 891–895.
- Herrera C.M. (1995) Microclimate and individual variation in pollinators: flowering plants are more than their flowers. *Ecology* **76**: 1516–1524.
- Irwin, R. E., & Strauss, S. Y. (2005). Flower color microevolution in wild radish: Evolutionary response to pollinator-mediated selection. *American Naturalist*, **165**: 225–237.
- Johnson, S.D. & Steiner, E. (2000). Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution* **15**: 140–143.
- Jönsson M., Lindkvist A. & Anderson P. (2005). Behavioural responses in three ichneumonid pollen beetle parasitoids to volatiles emitted from different phenological stages of oilseed rape. *Entomologia experimentalis Applicata* **115**: 363–369.
- Klink, C. A., & Machado R. (2005). Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* **19**: 707–713.
- Krupnick, G. A., A. E. Weis, and D. R. Campbell. (1999). The consequences of floral herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*. *Ecology* **80**: 125–134.
- Leavitt H. & Robertson I.C (2006). Petal herbivory by chrysomelid beetles (*Phyllotreta* sp.) is detrimental to pollination and seed production in *Lepidium papilliferum* (Brassicaceae). *Ecological Entomology* **31**: 657– 660.
- Lombello, R.A. & Forni-Martins, E.R. (2003). Malpighiaceae: correlations between habit, fruit type and basic chromosome number. *Acta Botânica Brasileira* **17**: 171–178.
- Lucas-Barbosa, D., Van Loon, J.A. & Dicke, M. (2011). The effect of herbivore-induced plant volatiles on interactions between plants and flower-visiting insects. *Phytochemistry*, **72**: 1647–1654.
- Mabberley, D. J. (1997). *The plant-book*. Cambridge Univ. Press, Bath, U.K.
- Mamede, M.C.H., Amorim, A.M.A., Sebastiani, R. (2012). Malpighiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000155>).
- Mccall, A. C. & Irwin, R. E. (2006). Florivory: The intersection of pollination and herbivory. *Ecology Letters*, **9**: 1351–1365.

- Miller R., Owens S.J. & Rorslett B. (2011) Plants and colours: Flowers and pollination. *Optics & Laser technology* **43**: 282-294.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2005). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**:853-858.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**:853-858.
- Oki Y. (2005). Interações entre larvas de Lepidoptera e as espécies de Malpighiaceae em dois fragmentos de Cerrado do Estado de São Paulo. Tese de doutorado Universidade de São Paulo Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto.
- Ollerton J., Winfree R. & Tarrant S. (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* **120**: 321–326.
- Pilson D. & Decker K.L. (2002). Compensation for herbivory in wild sunflower: response to simulated damage by the head-clipping weevil. *Ecology* **83**: 3097–3107.
- Pinto-Coelho, R.M. (2000). Fundamentos em Ecologia. Porto Alegre. Artes Médicas.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. (1997). The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* **80**:223-230.
- Raven P.H., Evert R.F. & Eichhorn S.E. (2001) Regulando o crescimento e o desenvolvimento: *Os hormônios vegetais*. *Biologia Vegetal* (eds Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E.) pp. 649 – 674 Guanabara, Kogan S.A.
- Ribeiro, J.F., Sano, S.M., Macedo, J. & Silva, J.A. (1983). Os principais tipos fisionômicos da vegetação da região dos cerrados. Embrapa/CPAC, Planaltina. (Boletim de Pesquisa 21).
- Ricklefs, R. E. A. (2010). *A Economia da Natureza*. Guanabara Koogan, pp.546. Rio de Janeiro.
- Romero, G.Q. & Vasconcellos-Neto, J. (2007). Aranhas sobre plantas: dos comportamentos de forrageamento às associações específicas. *Ecologia e comportamento de aranhas* (eds. Gonzaga, M.O.; A.J. Santos & H.F. Japyassú,). pp. 68-87. Interciência, Rio de Janeiro.
- Rosa, R.; S. C. Lima; L. W. Assunção (1991). Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *Sociedade e Natureza* **3**: 91-108.
- Salomão, A. T., Martins, L. F., Ribeiro, R. S. & Romero, G.Q. (2006). Effects of patch size and floral herbivory on seed in *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae) in Southeastern Brazil. *Biotropica*, **38**: 272-275.

- 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**:33-41.
- Simpson, B.B. & Neff, J.L. (1983). Evolution and diversity of floral rewards. *Handbook of experimental pollination biology* (eds. C.E. Jones & R.J. Little). Scientific and Academic Editions, New York, pp.142-159.
- Sober V., Teder T. & Moora M. (2010). Contrasting effects of plant population size on florivory and pollination. *Basic and Applied Ecology* **10**: 737-744.
- Stebbins GL. (1970). Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms: I. Pollination mechanisms. *Annual Review of Ecology and Systematics* **1**: 307–326
- Strauss S.Y. & Agrawal A.A. (1999). Ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology and Evolution* **14**:179–185.
- Strauss, S. Y., Conner, J. K. & Rush. S. L. (1996). Foliar herbivory affects floral characters and plant attractiveness to pollinators: implications for male and female plant fitness. *American Naturalist* **147**:1098–1107.
- Strauss, S.Y. (1997). Floral characters link herbivores, pollinators, and plant fitness. *Ecology* **78**:1640-1645.
- 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.
- Thompson J.N (2012). O Futuro dos estudos em interações plantas-animais. *Ecologia das interações Plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva* (eds Del-Claro & Torezan-Silingardi), pp 307-318. Technical books, Rio de Janeiro.
- Torezan-Silingardi H.M. (2007). A influência dos herbívoros florais, dos polinizadores e das características fenológicas sobre a frutificação de espécies da família Malpighiaceae em um cerrado de Minas Gerais. PhD thesis, Universidade Estadual de São Paulo, Ribeirão Preto, Brazil.
- Torezan-Silingardi H.M. (2011). Uma introdução ao estudo dos herbívoros florais. *Etologia 2011: Temas atuais em Etologia e Anais do XXIX Encontro Anual de Etologia* (eds. Torezan-Silingardi H.M. & Stefani V.) pp.35-41. UFU, Uberlândia.
- Vieira R. E, Kotaka C. S., Mitsui M.H., Taniguchi A. P., Toledo V.A. A., Takasusuki M. C. C. R., Terada Y., Sofia S. H. & Costa F. M. (2008). Biologia floral e polinização por abelhas em siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) *Acta Scientiarum*, **24**: 857-861.

Vinson S.B., Williams H.J., Frankie G W. Shrum G. (1997) Floral lipid biochemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a use of floral lipids by *Centris* bees (Hymenoptera, Apidae). *Biotropica* **29**: 76-83.

Vogel, S. (1974). Ölblumen und ölsammelnde Bienen. Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Tropische und subtropische Pflanzenwelt 7. Franz. Steiner Verlag. Wiesbaden.

Vogel, S. (1990). History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Memoirs of the New York Botanical Garden* **55**: 130-142.

Waser, N. M., & M. V. Price. (1981). Pollinator choice and stabilizing selection for flower color in *Delphinium nelsonii*. *Evolution* **35**:376–390.