

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**O "EFEITO DE BORDA" NA VISITAÇÃO FLORAL E NA DISPERSÃO DE
SEMENTES DE UMA COMUNIDADE DE MALPIGHIACEAE NO CERRADO**

Letícia Rodrigues Novaes

Monografia apresentada à Coordenação
do Curso de Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Uberlândia - MG

Julho – 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**O "EFEITO DE BORDA" NA VISITAÇÃO FLORAL E NA DISPERSÃO DE SEMENTES
DE UMA COMUNIDADE DE MALPIGHIACEAE NO CERRADO**

Letícia Rodrigues Novaes

Helena Maura Torezan Silingardi

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia - MG

Julho – 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**O "EFEITO DE BORDA" NA VISITAÇÃO FLORAL E NA DISPERSÃO DE SEMENTES
DE UMA COMUNIDADE DE MALPIGHIACEAE NO CERRADO**

Leticia Rodrigues Novaes

Helena Maura Torezan Silingardi

Instituto de Biologia

Homologado pela coordenação do Curso

de Ciências Biológicas em __/__/__

Coordenador(a) do Curso: Celine de Melo

Uberlândia-MG

Julho - 2017

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, Alan e Natalina, pelo altruísmo, amor e carinho de sempre. Por me apoiar, incentivar e por não medir esforços em investir nos meus estudos. Por sempre ter acreditado no meu potencial e ter me ensinado que obstáculos existem, mas que desistir nunca deve ser uma opção. Obrigada por ser o meu porto seguro!

Agradeço a minha irmã, Clarinha, pelos gestos e palavras de afeto, por me motivar e estimular com a sua curiosidade, por meio de intrigantes e sábias perguntas, mesmo sendo tão pequena.

Ao meu namorado, Jaisson, pelo carinho, pela compreensão, incentivo e paciência incessante. Pela companhia em campo, pelo bom humor constante (mesmo quando o meu não estava bom), pelas palavras de apoio nos momentos de dificuldades, por todos os sacrifícios e pela preocupação com o meu bem-estar.

À minha madrinha (Cida) e ao meu padrinho (Hugo) por serem presentes. Sempre me incentivando, elogiando e aconselhando quando necessário.

Em especial à Profa. Dra. Helena Maura Torezan Silingardi pela excelente orientação, pelo carinho, cuidado, paciência, atenção e amizade. Sempre procurando ensinar da melhor forma possível e sempre estimulando o meu crescimento. Não tenho palavras para agradecer.

Ao Prof. Dr. Kleber Del Claro pela oportunidade, confiança e incentivo. Foi quem, mesmo sem me conhecer, me abriu as portas quando cheguei à UFU de Uberlândia, me ensinou a dar os primeiros passos na pesquisa e me apresentou a melhor orientadora para o desenvolvimento das minhas pesquisas. E por ter me mostrado a beleza da Ecologia. Serei eternamente grata por tudo!

Ao Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações (LECI) por fornecer os equipamentos e materiais necessários para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos gestores e funcionários do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia por permitir e facilitar a realização desse trabalho no local.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de MG (FAPEMIG) por financiar esse estudo por meio da concessão da bolsa de Iniciação Científica.

Ao Prof. Dr. Estevão Alves Silva por todo auxílio, durante a definição e escrita do projeto.

À Laíce Souza Rabelo pela identificação das abelhas. Pela sua prontidão e por compartilhar o seu conhecimento.

Ao Eduardo Calixto Soares pela ajuda com as análises estatísticas, pela disponibilidade e paciência.

Aos meus colegas Rodrigo Rossi, Camilla Marra, Maria Júlia Dias, Júlia Moraes, Ghabriel Honório, Vitor Miguel, Priscila Cardoso e Renata Bianchi pela companhia em campo.

À minha amiga Ana Flávia Pimentel (Aninha), por compreender a minha ausência devido ao pouco tempo livre e por ter me acompanhado em campo, mesmo sendo alérgica à insetos.

Agradeço também a Lara Parreira, ao Rafael Galisa (Rafa) e Maria Júlia (Maju) por todo apoio e companheirismo no meu primeiro ano de graduação. Foi crucial para chegar aqui.

Aos colegas de curso que me acolheram, em especial, à Thayná Vieira, Camilla Marra, Rodrigo Rossi e à todos os outros que fizeram da minha graduação a melhor possível.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) por possibilitar a ampliação da minha formação, o meu crescimento e aprendizado e aos petianos pelas trocas enriquecedoras e pela amizade.

À todos os professores, que compartilharam seus conhecimentos, doaram seu tempo e que se dispuseram a sanar dúvidas e a ajudar.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho e para a minha formação profissional e pessoal.

RESUMO

A fragmentação de áreas contínuas leva a criação de novos limites entre a área de vegetação original e a área recentemente aberta, alterando condições bióticas e abióticas locais e conseqüentemente as relações ecológicas observadas entre as espécies. O conjunto dessas alterações constitui o “efeito de borda”, o qual pode gerar efeitos deletérios, neutros ou positivos para as populações. O objetivo desse trabalho foi investigar o efeito de borda na visitação floral, frutificação e dispersão de sementes de uma comunidade de Malpighiaceae no Cerrado. A riqueza e abundância de visitantes florais e frutos e sementes produzidos pelas plantas de *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis* e *Heteropterys pteropetala* foram contabilizados nos dois microhabitats, borda e interior. Para comparar a dispersão das sementes entre os microambientes e entre as espécies foi realizado um experimento de dispersão com quatro espécies: *B. malifolia*, *B. variabilis*, *B. stellaris* e *H. pteropetala*. Constatamos um efeito de borda positivo para a riqueza e abundância de abelhas visitantes florais e para a dispersão de sementes, porém, o efeito foi neutro para a frutificação.

Palavras-chave: abelhas; polinização; sementes.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL

1	Interações ecológicas inseto-planta.....	1	
2	Fragmentação e o “efeito de borda”.....	2	
3	O bioma Cerrado.....	3	
4	A família Malpighiaceae.....	4	
	Objetivo geral.....	5	
	Referências Bibliográficas.....	5	
CAPÍTULO I - Efeito da fragmentação na visitação floral e na frutificação de uma comunidade de Malpighiaceae no Cerrado			11
1.	Introdução.....	12	
2.	Objetivos.....	14	
3.	Material e métodos.....	15	
3.1	Área de estudo.....	15	
3.2	Objetos de estudo.....	16	
3.3	Coleta de dados.....	17	
3.4	Testes estatísticos.....	17	
4.	Resultados.....	18	
5.	Discussão.....	25	
	Conclusão.....	28	
	Referências Bibliográficas.....	28	
CAPÍTULO II - Dispersão de sementes condicionadas aos ambientes de borda e de interior do fragmento em quatro espécies de Malpighiaceae do cerrado			34
1.	Introdução.....	35	
2.	Objetivos.....	37	
3.	Material e Métodos.....	37	
3.1.	Área de estudo.....	37	
3.2	Objeto de estudo.....	38	
3.3	Coleta de dados.....	38	
3.4	Testes estatísticos.....	40	
4.	Resultados.....	41	
5.	Discussão.....	48	
	Conclusão.....	51	
	Referências Bibliográficas.....	52	

INTRODUÇÃO GERAL

1. Interações ecológicas inseto-planta

As interações entre as plantas e os animais ocorrem desde a Era Paleozoica (ca. 300 milhões de anos atrás), mas foi a partir do surgimento das Angiospermas na Era Mesozoica (ca. 125 milhões de anos atrás), que essas interações se tornaram mais perceptíveis e complexas (DEL-CLARO *et al.*, 2009). As plantas são os maiores produtores primários, constituindo assim as principais fixadoras de energia nos ecossistemas terrestres (PRICE, 2002). Já os animais, especialmente os insetos, representam os principais organismos que utilizam as plantas como recurso, sobretudo devido à sua grande diversidade e amplitude de ocorrência (DEL-CLARO & TOREZAN-SILINGARDI, 2012).

As interações ecológicas inseto-planta são comuns em ecossistemas naturais e constituem partes estruturadoras das comunidades em todos os ambientes terrestres (MELLO & SILVA-FILHO, 2002). As plantas e os insetos apresentam diferentes interações, podendo ser antagonísticas, quando um dos organismos se beneficia e o outro é prejudicado, geralmente com benefício para os insetos (*e.g.* herbivoria e predação de sementes), neutras, em que não há prejuízos ou benefícios, ou mutualísticas, quando ambos são beneficiados (*e.g.* proteção contra herbívoros, polinização, dispersão de sementes) (DEL-CLARO & TOREZAN-SILINGARDI, 2012; FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013). Alguns insetos (*e.g.* Coleoptera e Thysanoptera) se alimentam dos tecidos vegetais (*e.g.* folha, flor ou fruto), reduzindo o valor adaptativo das plantas (*e.g.* destruição do parênquima clorofiliano causando déficit na fotossíntese, destruição de flores e botões, indução a má formação de frutos) (MOUND, 2005; BARBIERI, 2011; AOYAMA & LABINAS, 2012). Outros (*e.g.* Hymenoptera e Lepidoptera) são polinizadores e/ ou dispersores de sementes, os quais desenvolvem interações mutualísticas com as Angiospermas e, com isso, aumentam o valor adaptativo destas (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013).

2. Fragmentação e o “efeito de borda”

A fragmentação é um dos principais fatores desestruturantes das relações ecológicas e geralmente constitui uma ameaça para as populações de diversas espécies. Ela ocorre quando uma atividade antrópica ou evento natural secciona determinada área contínua em fragmentos menores, por meio do desmatamento, canalização de rios, para agropecuária e/ou construção de estradas (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; RICKLEFS, 2010). Dessa forma, os ambientes naturais são fracionados em dois ou mais fragmentos menores, levando a formação de novas bordas na vegetação (efeito de borda *sensu* FORMAN & GODRON, 1986).

O Efeito de borda é a criação de uma borda pelo processo de fragmentação, que amplia o contato e interação de áreas naturais com áreas degradadas, denominadas matriz circundante, resultando em mudanças diretas nas condições bióticas (*e.g.* alterações na abundância das espécies), indiretas (*e.g.* alterações na interação planta-polinizador) e mudanças abióticas (*e.g.* aumento da temperatura, luminosidade, vento e diminuição da umidade) (MURCIA, 1995). Essas mudanças no microclima, por sua vez, podem influenciar, por exemplo, na dispersão de sementes do tipo anemocórica (realizada pelo vento) e conseqüentemente na abundância e distribuição da nova geração de plantas no ambiente, pois cada organismo está adaptado a determinadas condições ambientais (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; SHIDA & PIVELLO, 2005). Esses efeitos são comumente deletérios para a biota nativa como mostram os trabalhos de Aizen & Feinsinger (1994), Cunningham (2000), Christianini & Oliveira (2013), Athayde & Morellato (2014) e Mendonça *et al.* (2015). Entretanto, em determinados casos os efeitos podem ser neutros, isto é, não interferir na biota, ou mesmo positivos, aumentando, por exemplo, o sucesso reprodutivo de determinadas plantas como apresenta Burgess *et al.* (2006). A fragmentação vem acontecendo

em muitas áreas brasileiras, entre elas temos a Mata Atlântica, a Floresta Amazônica e o Cerrado como as áreas mais críticas (MYERS *et al.*, 2000).

3. O bioma Cerrado

O Cerrado compõe a vegetação predominante da região central do Brasil, sendo o segundo maior bioma brasileiro em extensão, ocupando 2.036.448 km² de área, que correspondem a aproximadamente 24% do território nacional (OLIVEIRA & MARQUIS, 2002; IBGE, 2004). É a savana tropical mais diversificada quanto à fauna, flora, clima, fisiografia e solo (COUTINHO, 2002; OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2002). Apesar disso, a biodiversidade encontrada no bioma é a mais ameaçada no Brasil (MYERS *et al.*, 2000). Essa ameaça a diversidade biológica é oriunda da degradação e do desmatamento que o bioma tem sofrido nas últimas cinco décadas, que provocou a sua forte fragmentação, devido à abertura de novas rodovias, expansão de cidades e criação de novas áreas destinadas à agropecuária (KLINK & MOREIRA, 2002; KLINK & MACHADO, 2005). Dessa forma, resta inalterada pequena porção de sua área total e apenas cerca de 2% dela protegida como áreas de conservação (MACHADO *et al.*, 2004, KLINK & MACHADO, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2011).

A vegetação do bioma, considerada em seu *sensu lato*, não é homogênea, varia em sua extensão no que tange à composição florística, à densidade de espécies e a altura da cobertura vegetal (RIBEIRO & WALTER, 1998; COUTINHO, 2002). Entre as fitofisionomias podem ser encontradas desde formas campestres bem abertas (*e.g.* campo limpo e campo sujo), intermediárias (*e.g.* cerrado *sensu stricto*), formas mais densas (*e.g.* veredas, matas de galeria e matas ciliares) e até florestais (*e.g.* cerradões) (COUTINHO, 2002).

O clima na região do Cerrado é tropical quente e úmido, com a presença de duas estações bem delimitadas, sendo uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno. A pluviosidade média anual fica em torno de 1.500 mm, variando de 750 a 2.000 mm. A temperatura está em torno de 22°C. Existem diversos tipos de solo, mas em geral possuem baixo pH e pouca disponibilidade de cálcio e magnésio e alto teor de alumínio. Há ocorrência de eventos de fogo que beneficiam as espécies adaptadas e interferem negativamente nas espécies não adaptadas. (LOPES & COX, 1977; RIBEIRO & WALTER, 1998; OLIVEIRA & MARQUIS, 2002; WALTER, 2006).

Dessa forma, a ocorrência das plantas nesse bioma não é determinada apenas por fatores bióticos (*e.g.* interação inseto-planta), mas também por diversos fatores abióticos (*e.g.* temperatura, precipitação, radiação solar, composição do solo e fogo), que juntos desempenham um importante papel no ciclo de vida dos vegetais, na sucessão ecológica e na ocorrência e distribuição das espécies (RIBEIRO & WALTER, 1998; DEL-CLARO, 2004; MUNHOZ & FELFILI, 2005; ALVES-SILVA, 2014). O cerrado possui uma grande diversidade florística, com mais de 6.000 espécies e 150 famílias, dentre estas encontra-se a família Malpighiaceae (MENDONÇA *et al.*, 2008).

4. A família Malpighiaceae

A família Malpighiaceae é um componente de suma relevância nas florestas e savanas de todo o planeta Terra (VOGEL, 1990). Já foram descritos aproximadamente 77 gêneros e 1.300 espécies em todo o mundo (DAVIS & ANDERSON, 2010). No Brasil, existem 45 gêneros e 570 espécies, sendo estas nativas, algumas endêmicas e encontradas em todos os domínios fitogeográficos, especialmente no bioma Cerrado, onde 28 gêneros e 237 espécies são estimadas (MAMEDE *et al.*, 2015). As plantas da família Malpighiaceae são caracterizadas por apresentarem folhas perenes e simples, opostas ou alternadas, de margem

inteira, pelos malpighiáceos em forma de T, Y, V ou adpressos e muitas apresentam nectários extraflorais na base das folhas ou nas brácteas. As flores são hermafroditas, pentâmeras unguiculadas e com pétalas e sépalas separadas entre si, há glândulas de óleo nas sépalas (elaióforos) na base da face abaxial, uma pétala diferenciada denominada estandarte, simetria zigomorfa e estames diplostêmones (ANDERSON, 1979; VOGEL, 1990). Possui ovário súpero ou semi-ífero, tricarpelar, sincárpico, placentação axial, três estiletos geralmente livres; estigmas heteromórficos e um óvulo por lóculo (ANDERSON, 1979). A família é subdividida em: subfamília Byrsonimoideae, a qual possui fruto do tipo esquizocarpo ou drupa que são dispersos pela água ou por animais, e subfamília Malpighioideae, que possui fruto do tipo sâmara que é disperso pelo vento, ou seja, apresenta síndrome de dispersão do tipo anemocórica (ANDERSON, 1977; TAKAHASI & FINA, 2004).

Objetivo geral

O objetivo geral desse estudo foi investigar se a relação entre a riqueza e a abundância de abelhas visitantes florais de uma comunidade de Malpighiaceae está relacionada positivamente com a abundância de frutos e sementes nos microhabitats de borda e de interior em um fragmento preservado de Cerrado. Adicionalmente, comparamos a dispersão de diásporos do tipo samarídios dessa comunidade, em área de borda e interior desse mesmo fragmento de Cerrado.

Referências Bibliográficas

- AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. **Ecology**, v. 75, n. 2, p. 330-351, Mar. 1994.
- ALVES-SILVA, E. **Interações multitróficas no cerrado**: Resultados condicionais nas relações entre plantas, herbívoros e predadores. 2014. 148 f. Tese (Doutorado em

- Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- ANDERSON, W. R. Byrsonimoideae, a new sub-family of Malpighiaceae. **Biotropica**, Leandra, ano 4-7, n. 7, p. 5-18, Dec. 1977.
- ANDERSON, W. R. Floral conservatism in Neotropical Malpighiaceae. **Biotropica**, v. 11, n. 3, p. 219-223, Sep. 1979.
- AOYAMA, E. M.; LABINAS, A. M. Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos. In: ENCICLOPÉDIA Biosfera, Goiânia: Centro Científico Conhecer, v. 8, n. 15, p. 365-386, 2012.
- ATHAYDE, E. A.; MORELLATO, L. P. C. Anthropogenic edges, isolation and the flowering time and fruit set of *Anadenanthera peregrina*, a cerrado savanna tree. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 4, p. 443–454, May 2014.
- BARBIERI, R. F. Ordem Thysanoptera (Linnaeus, 1758) (thysanos = franja; ptera = asa). In: FUJIHARA, R. T. et al. **Insetos de importância econômica**: guia ilustrado para identificação de famílias. Botucatu: Editora FEPAF, 2011. p. 177-185.
- BURGESS, V. J. et al. Positive effects of forest edges on plant reproduction: literature review and a case study of bee visitation flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). **New Zealand Journal of Ecology**, n. 30, n. 2, p. 179–190, Dec. 2006.
- CHRISTIANINI, A. V.; OLIVEIRA, P. S. Edge effects decrease ant-derived benefits to seedlings in a neotropical savanna. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 7, p. 191–199, 2013.
- COUTINHO, L. M. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro**: um século depois. São Paulo: Editora UNESP, 2002. p. 77-91.

- CUNNINGHAM, S. A. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 267, n. 1448, p. 1149–1152, Jun. 2000.
- DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. *American Journal of Botany*, v. 97, n. 12, p. 2031–2048, Dec. 2010.
- DEL-CLARO, K. Multitrophic Relationships, Conditional Mutualisms, and the Study of Interaction Biodiversity in Tropical Savanna. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 33, n. 6, p. 665-672, Nov./Dec. 2004.
- DEL-CLARO, K. et al. Ecologia comportamental: uma ferramenta para a compreensão das relações animais-plantas. *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, n. 1, p. 16-26, Jun. 2009.
- DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das Interações Plantas-Animais**: uma abordagem ecológico evolutiva. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.
- FERREIRA, C. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Implications of the Floral herbivory on Malpighiaceae Plant Fitness: Visual aspect of the Flower affects the attractiveness to Pollinators. *Sociobiology*, v. 60, n. 3, p. 323-328, Aug. 2013.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. Patches and Structural Components For A Landscape Ecology. *BioScience*, v. 31, n. 10, p. 733-740, Nov. 1981.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas do Brasil** – Primeira aproximação. 2004.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 147-175, 2005.
- KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. 2002. Past and current human occupation and land-use. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural**

- history of a neotropical savanna.** p. 69-88. Columbia University Press, New York, 2002.
- MACHADO, R. B. et al. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Conservation International do Brasil, Brasília, 2004.
- LOPES, A. S.; COX, F. R. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 5, p. 828-831, Oct. 1977.
- MAMEDE, M. C. H. et al. Malpighiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, **Flora do Brasil**, Rio de Janeiro, 2015.
- MELLO, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 71-81, May/Aug. 2002.
- MENDONÇA, A. H. et al. Edge effects in savanna fragments: a case study in the cerrado. **Plant Ecology & Diversity**, v. 8, n. 4, p. 493-503, 2015.
- MENDONÇA, R. C. et al. Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. Pp. 423-1279. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. & RIBEIRO, J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora.** v. 2. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008.
- MOUND, L. A. Thysanoptera: diversity and interactions. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 247-269, July 2005.
- MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 979-988, Oct./Dec. 2005.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented Forest: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v.10, n.2, p. 58-62, Feb. 1995.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hot spots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, Feb. 2000.

- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p.91-120.
- OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002.
- PRICE, P. W. Species interactions and the evolution of biodiversity. In: HERRERA, C. M.; PELLMYR, O. **Plant-animal interactions: An evolutionary approach**. Oxford: Blackwell Science, 2002. p. 3-25.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 89-166. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1998.
- RIBEIRO, S. C. et al. Above-and below ground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, n. 3, p. 491–499, Aug. 2011.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- SHIDA, C. N.; PIVELLO, V. R. O desafio da conservação dos recursos naturais na região: o contexto do Cerrado Pé-de-Gigante como um fragmento: conseqüências. In: GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO- Secretaria do Meio Ambiente. **O cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação- Parque Estadual de Vassununga**. São Paulo: SMA, 2005. p. 269-272.
- TAKAHASI, A.; FINA, B. G. Síndromes de dispersão de sementes de uma área do Morro do Paxixi, Aquidauana, MS, Brasil. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio-

econômicos do Pantanal Corumbá/MS, 4., 2004, Corumbá. **Resumos...** Corumbá, MS: SIMPAN, 2004. p. 1-4.

VOGEL, S. History of the Malpighiaceae in the Light of Pollination Ecology. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 55, p. 130-142, Feb. 1990.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. 2006. 386 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006.

CAPÍTULO I

Efeito da fragmentação na visitação floral e na frutificação de uma comunidade de Malpighiaceae no Cerrado

1. Introdução

A polinização constitui uma interação mutualística fundamental para manutenção dos organismos. Estima-se que 87,5% das plantas necessitam da polinização biótica, ou seja, da visitação floral, realizada principalmente por insetos, para formar suas sementes (OLLERTON *et al.*, 2011, TOREZAN-SILINGARDI, 2012). A polinização biótica ocorre através do contato entre as flores e os visitantes florais, o qual é estabelecido por intermédio de um recurso que a flor oferece. Esse recurso é utilizado pelo animal para alimentação, reprodução e/ou construção de ninho. A maioria das visitas às flores é realizada para obtenção de alimento. Os recursos florais podem ser classificados como: nutritivos (*e.g.* pólen, néctar e tecidos florais) e não nutritivos (resinas e fragrâncias) (TOREZAN-SILINGARDI, 2012; AGOSTINI *et al.*, 2014).

Para os visitantes encontrarem esses recursos florais e ocorrer a polinização biótica, ou seja, um animal realizar a transferência intraespecífica de pólen, as plantas sinalizam a presença desse recurso por meio dos atrativos florais e/ou dos “guias de néctar”. Os atrativos florais podem ser desde as cores, os perfumes das flores, até a simetria delas (VARASSIN & AMARAL-NETO, 2014). Os “guias de néctar” são padrões nas estruturas das flores, que as abelhas reconhecem e utilizam para guiá-las até o néctar ou outro recurso (RAVEN *et al.*, 2007). A atratividade da planta, por sua vez, é determinada pelo período de antese e pelo número de flores disponíveis (OTÁROLA & ROCCA, 2014).

Os visitantes florais atraídos por esses sinais podem ser polinizadores efetivos ou eventuais, dependendo de seu comportamento especialista ou generalista e sua taxa de visitação. Mas há também pilhadores de recursos florais, que utilizam os recursos, mas não mediam a frutificação por não entrar em contato com as estruturas reprodutivas, e herbívoros da flor, que se alimentam de partes de sua estrutura (TOREZAN-SILINGARDI, 2012; RECH *et al.*, 2014; ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016).

Apesar dos custos que a planta possui para produzir os recursos e atrativos florais, a interação planta-polinizador é vantajosa para o vegetal, visto que possibilita elevar as taxas de frutificação, assim como aumentar a variabilidade genética (PROCTOR *et al.*, 1996). Para possibilitar essa relação, as plantas ao longo da evolução adquiriram adaptações morfológicas e fisiológicas. Muitas espécies de plantas possuem flores que são polinizadas por determinado grupo ou fator abiótico, caracterizando uma síndrome floral. Exemplos de síndromes florais são anemofilia (flores polinizadas pelo vento), psicofilia (polinização por borboletas), cantarofilia (polinização por besouros), ornitofilia (por aves), quiropterofilia (morcegos) e melitofilia (polinização por abelhas) (TOREZAN-SILINGARDI 2012; RECH *et al.*, 2014). Entretanto, algumas espécies de plantas possuem sistema de polinização misto, o qual possibilita que a polinização ocorra por meio de diversos vetores (SILVA *et al.*, 2012).

Diversas plantas apresentam a síndrome floral de melitofilia, visto que as abelhas são os visitantes florais mais comuns em todo Planeta Terra e por utilizarem os recursos oferecidos pelas plantas para sobrevivência e possuírem características que viabilizam a coleta, armazenagem e transferência do pólen para outras flores (*e.g.* corpo coberto de pelos e escopas) (RAVEN *et al.*, 2007; PINHEIRO *et al.*, 2014; ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016). Trabalhos como Buchmann (1987), Albuquerque & Mendonça (1996), Andena *et al.* (2005), Vieira *et al.* (2008) e Mello *et al.* (2013) mostram a importância das abelhas para a produção de frutos e sementes, em especial no Cerrado brasileiro, no qual 75% das espécies vegetais são polinizadas por vários tipos de abelhas, seja de forma primária, secundária ou exclusiva.

A partir da polinização pode ocorrer a fecundação e posteriormente a formação de frutos e sementes. A quantidade de frutos e sementes formada pode ser variável de uma florada para outra, entre as espécies e até mesmo de indivíduo para indivíduo (IOB, 2007).

Além disso, os frutos podem ser de diversos tipos: simples, agregados ou múltiplos. Os frutos simples apresentam a maior diversidade, podendo ser carnosos (*e.g.* bagas, drupas) ou secos (*e.g.* legumes, cápsulas, sâmaras e cariopses) (RAVEN *et al.*, 2007).

As plantas neotropicais da família Malpighiaceae, em geral, possuem arquitetura floral semelhante e oferecem aos visitantes o óleo e o pólen, como recurso floral. Suas flores são coloridas e atraem visitantes especializados principalmente na coleta de óleo, em especial, abelhas da tribo Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapediini, possuindo síndrome floral do tipo melitofilia. Para facilitar essa coleta, as flores de Malpighiaceae possuem a pétala estandarte que guia os visitantes até o óleo e o pólen (ANDERSON, 1979; VOGEL, 1990; CAPPELLARI *et al.*, 2012; DAVIS *et al.*, 2014). Os frutos podem ser de dois tipos, carnosos tipo drupa, ou secos tipo sâmara (com sementes denominadas samarídios) (*sensu* BARROSO *et al.*, 1999).

Apesar da dependência da interação planta-polinizador por parte desses organismos, existem fatores que podem influenciar essa relação e consequentemente a frutificação, como as mudanças bióticas e abióticas geradas a partir da fragmentação e do efeito de borda. Dessa forma, conhecer as interações inseto-plantas, em especial a polinização, e a relação desses organismos com o ambiente e suas variações é essencial para compreender a dinâmica das populações pertencentes a determinada comunidade biológica.

2. Objetivos

O objetivo do estudo foi investigar se a relação entre a riqueza e a abundância de abelhas visitantes florais em uma comunidade de Malpighiaceae está relacionada positivamente com a abundância dos frutos e sementes nos microhabitats de borda e de interior em um fragmento preservado de Cerrado. Nossa hipótese é que a riqueza e abundância de abelhas visitantes florais altera a quantidade de frutos e sementes produzidas.

Pressupomos que plantas de borda produzem mais frutos e sementes do que as plantas do interior do fragmento, pois a riqueza e abundância de visitantes florais deve ser maior no ambiente de borda, decorrente da fragmentação ambiental. Dessa forma, as flores na borda podem receber mais polinizadores por estar numa área mais aberta onde seu encontro pelo visitante floral é facilitado.

3. Material e métodos

3.1 Área de estudo

O estudo de campo foi realizado em uma área de Cerrado (*sensu stricto* OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2002) pertencente à Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), possuindo as seguintes coordenadas 18°59'S e 48°18'W e área total de 640 ha (ver Fig.1) (TOREZAN-SILINGARDI, 2007). A vegetação é bem preservada e apresenta várias fisionomias típicas do cerrado *sensu lato*, como campo limpo e campo sujo, cerrado *sensu stricto*, cerradão e vereda (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013). O clima na região é sazonal, com um inverno seco (maio a setembro) e um verão chuvoso (outubro a abril) (ALVES-SILVA *et al.*, 2013).



Figura 1. Vista aérea obtida pelo satélite Google Earth da RPPN do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, ao sul do centro urbano da cidade, no estado de Minas Gerais.

3.2 Objetos de estudo

Os modelos de estudo foram espécies da Família Malpighiaceae (sub-família Malpighioideae): sendo duas espécies do gênero *Banisteriopsis* e uma do gênero *Heteropterys*, que estão entre os mais representativos da família. O primeiro gênero compreende cerca de 37 espécies e o segundo 97 espécies (MAMEDE *et al.*, 2015). Foram estudadas as espécies *Banisteriopsis malifolia* (Nees & Martius) B. Gates, *B. variabilis* B. Gates e *Heteropterys pteropetala* A. Juss. (HBK), todas são espécies simpátricas na reserva (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013; ASSUNÇÃO *et al.*, 2014)

Todas as espécies são arbustivas e facilmente encontradas na área de estudo (TOREZAN-SILINGARDI, 2007). Possuem inflorescências paniculadas e terminais, flores completas, com cinco pétalas unguiculadas sendo a pétala estandarte com coloração, espessura, tamanho e ângulo diferente das outras pétalas. As espécies de *Banisteriopsis* apresentam oito glândulas de óleo distribuídas aos pares em quatro sépalas, e *Heteropterys pteropetala* possui de oito a dez glândulas de óleo distribuídas em quatro a cinco sépalas (REU JR, 2005; ALVES-SILVA *et al.*, 2013; FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013; ASSUNÇÃO *et al.*, 2014). As três espécies também possuem um par de nectários extraflorais na base das folhas, próximo ao pecíolo (ASSUNÇÃO *et al.*, 2014; ALVES-SILVA & DEL-CLARO, 2015; PIRES, 2015). Os polinizadores são atraídos principalmente pelo óleo, mas o pólen também é intensamente coletado (VOGEL, 1990).

B. malifolia e *H. pteropetala* apresentam flores cor de rosa e *B. variabilis* apresenta flores brancas (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013; ASSUNÇÃO *et al.*, 2014). As flores de *Banisteriopsis malifolia* e *B. variabilis* são produzidas de março até maio, com picos em meados de abril. O pico da produção de frutos ocorre em maio (ALVES-SILVA *et al.*, 2013). *Heteropterys pteropetala* possui flores que começam a ser produzidas em janeiro e continuam até início de março e o pico da frutificação ocorre em março (REU JR, 2005;

ASSUNÇÃO *et al.*; 2014). As três espécies possuem frutos simples, secos e indeiscentes, apresentando de um a três sementes do tipo samarídios (*sensu* BARROSO *et al.*, 1999).

3.3 Coleta de dados

Para realização do estudo foi considerado como vegetação de borda as plantas localizadas a até no máximo 10 m da trilha, e como vegetação de interior as plantas distantes mais de 30 m da trilha para dentro do fragmento da reserva. O intervalo entre 10 e 30 m não foi utilizado. Para observar e quantificar os visitantes florais e contabilizar a frutificação foram marcados 30 indivíduos de cada espécie, sendo 15 em cada microhabitat (borda e interior), totalizando 90 plantas. Para localização e marcação desses indivíduos foram estabelecidos cinco transectos com 100 metros de comprimento cada, de forma perpendicular a trilha da reserva e com distância mínima de 250 metros entre um transecto e outro. Foram marcadas plantas que apresentavam estado de desenvolvimento semelhante: altura e volume aproximados, com folhas jovens e maduras, nectários extraflorais ativos e inflorescências em fase inicial de desenvolvimento e com no mínimo cinco metros de distância entre si. Em cada indivíduo foram selecionadas cinco flores próximas e marcadas com linha de algodão. Os visitantes florais foram observados igualmente nas plantas de borda e de interior nos períodos da manhã (7-12 h) e da tarde (12-17 h), sendo 20 h em cada ambiente para cada espécie, totalizando 120 h de observação. A riqueza e abundância das espécies de abelhas visitantes das flores foram registradas. Os frutos e sementes oriundos das flores marcadas foram contabilizados.

3.4 Testes estatísticos

Para estimar a diversidade de abelhas entre as espécies vegetais e entre os microhabitats foi utilizado Shannon-Wiener diversity index (H') (ver HEIP *et al.*, 1998).

Para comparar a visitação das abelhas, a frequência relativa de cada abelha em cada espécie de planta foi estimada. Para comparar a abundância de abelhas entre os microambientes e as espécies foi utilizado Análise de Variância (ANOVA) com dois fatores após transformação com “*Aligned rank*” (ver HIGGINS *et al.*, 1990; WOBROCK *et al.*, 2011). O Índice de Similaridade de Jaccard (ISJ) foi utilizado para avaliar a similaridade de espécies de abelhas entre os microhabitats e as espécies de planta, pois mostra o quão semelhante dois ambientes são, em termos de espécies comuns (ver PILLAR, 1996). Para verificar se a riqueza e abundância de abelhas influenciam na produção de frutos e sementes e se há diferença entre os microhabitats foi utilizado um modelo linear generalizado com fatores fixos usando distribuição de Poisson. Para identificar as diferenças na produção de frutos e sementes entre as espécies foram utilizadas comparações planejadas. Todas as análises foram realizadas no Software Estatístico Livre R.

4. Resultados

As abelhas encontradas e as frequências relativas de visitação (%) foram listadas na Tabela 1. Além das abelhas, outros insetos foram observados nas flores, mas sem a função de polinização, como vespas (Hymenoptera), gafanhotos (Orthoptera), percevejos e afídeos (Hemiptera), moscas (Diptera), bichos-pau (Phasmatodea), besouros (Coleoptera) e trips (Thysanoptera) (Figuras 2, 3 e 4). Os resultados mostraram que a diversidade de abelhas nas flores variou entre as espécies de planta e entre os microhabitats. *Heteropterys pteropetala* ($H'_{[borda]}=2.16$, $H'_{[interior]}= 1.44$) apresentou a maior diversidade de espécies de abelhas visitantes florais em ambos os microhabitats. *Banisteriopsis variabilis* apresentou diversidade intermediária ($H'_{[borda]}= 1.72$, $H'_{[interior]}= 1.32$) e *B. malifolia* apresentou a menor diversidade de espécies ($H'_{[borda]}= 1.42$, $H'_{[interior]}= 0.64$). O ambiente de borda exibiu maior diversidade e riqueza de abelhas para toda comunidade vegetal estudada (Tabela 1.). Não

houve diferença na abundância desses insetos entre as espécies de plantas ($F_{2,12}=0.331$, $p=0.7189$), entretanto ao considerar os microhabitats, o ambiente de borda apresentou a maior abundância ($F_{2,12}=5.163$, $p=0.0255$).

Tabela 1. Riqueza e frequência relativa (%) de abelhas nas flores de *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis* e *Heteropterys pteropetala* na borda (B) ou no interior (I) do fragmento na reserva de cerrado do CCPIU.

Espécies de abelhas	<i>B. malifolia</i>		<i>B. variabilis</i>		<i>H. pteropetala</i>	
	(%)	Área	(%)	Área	(%)	Área
<i>Augochlora</i> sp.	9,5	B	4,2	B	5,1	B
<i>Centris (Aphemisia) mocsaryi</i>	0,0	-	0,0	-	15,3	B e I
<i>Centris (Xanthemisia) bicolor</i>	57,1	B e I	39,6	B	0,0	-
<i>Centris</i> sp.1	0,0	-	6,3	B e I	5,1	B e I
<i>Centris</i> sp.2	0,0	-	2,1	B	0,0	-
<i>Centris</i> sp.3	0,0	-	4,2	B	0,0	-
<i>Epicharis (Epicharana) flava</i>	2,4	B	4,2	B e I	23,7	B e I
<i>Paratrigona lineata</i>	4,8	B	4,2	B	0,0	-
<i>Tapinotaspidini</i> sp.1	2,4	I	0,0	-	8,5	B e I
<i>Tapinotaspidini</i> sp.2	0,0	-	0,0	-	3,4	B
<i>Tapinotaspidini</i> sp.3	9,5	B	0,0	-	3,4	B
<i>Tetrapedia</i> sp.1	0,0	-	0,0	-	5,1	B
<i>Tetrapedia</i> sp.2	4,8	B	16,7	B e I	0,0	-
<i>Trigona spinipes</i>	9,5	B	16,7	B e I	28,8	B e I
<i>Tropidopedia flavolineata</i>	0,0	-	2,1	B	0,0	-
<i>Tropidopedia</i> sp.	0,0	-	0,0	-	1,7	B
TOTAL	100		100		100	

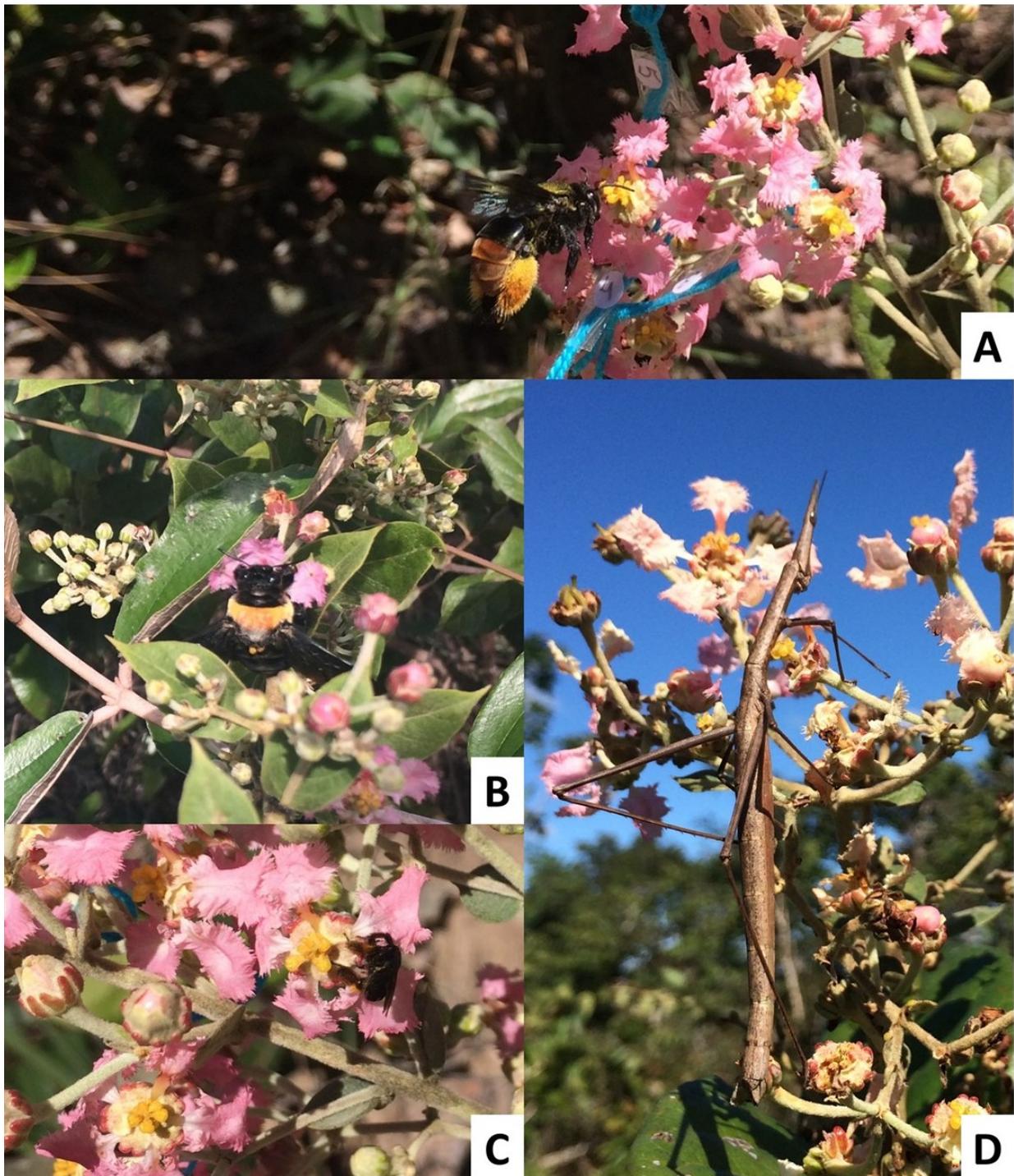


Figura 2. Visitantes florais de *Banisteriopsis malifolia*: (A) *Centris* sp.; (B) *Centris (Xanthemisia) bicolor*; (C) Pilhadora; (D) Phasmatodea.

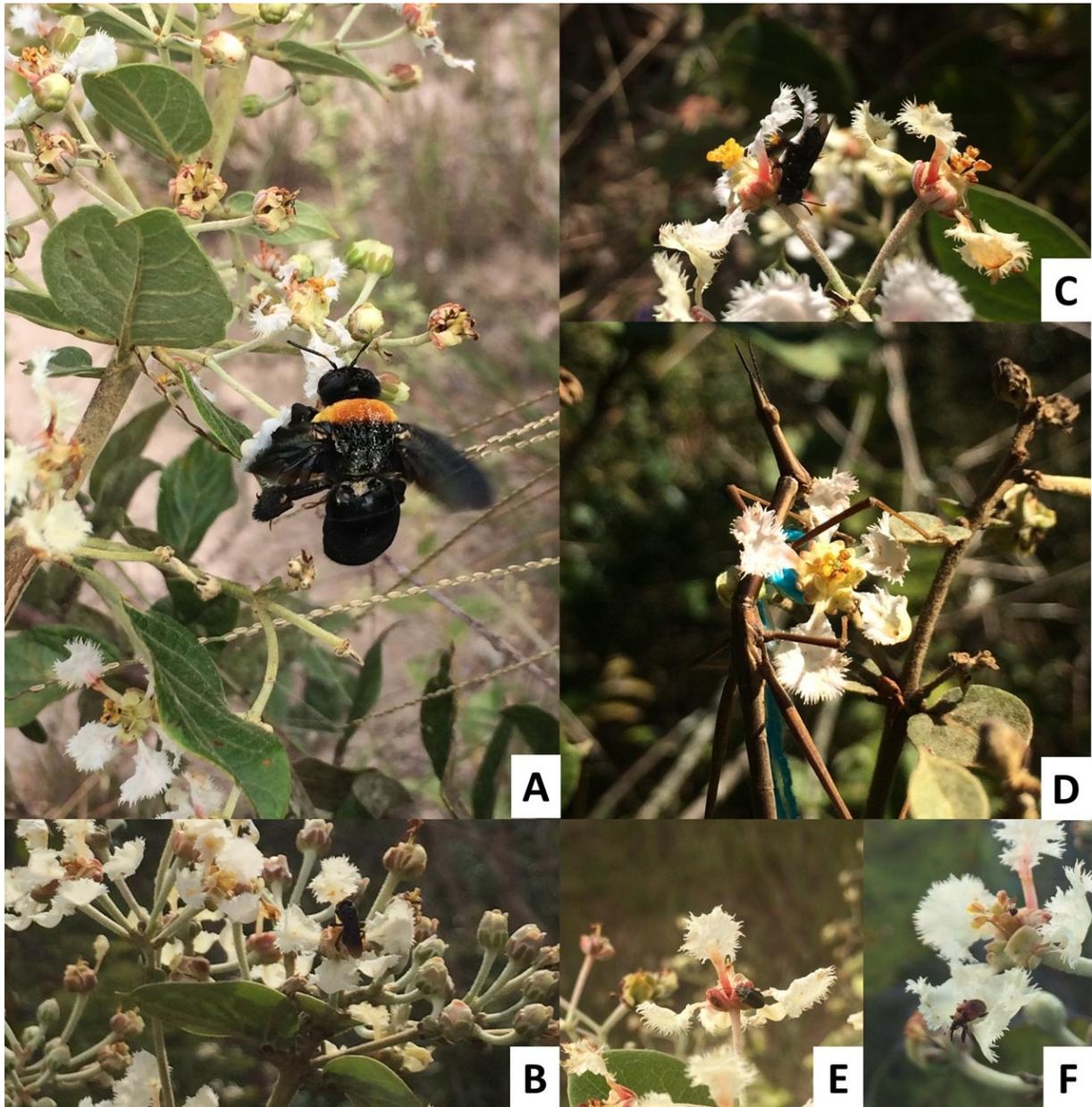


Figura 3. Visitantes florais de *Banisteriopsis variabilis*: (A) *Centris (Xanthemisia) bicolor*; (B) e (C) Abelha pilhadora; (D) Phasmatodea; (E) e (F) Coleoptera.

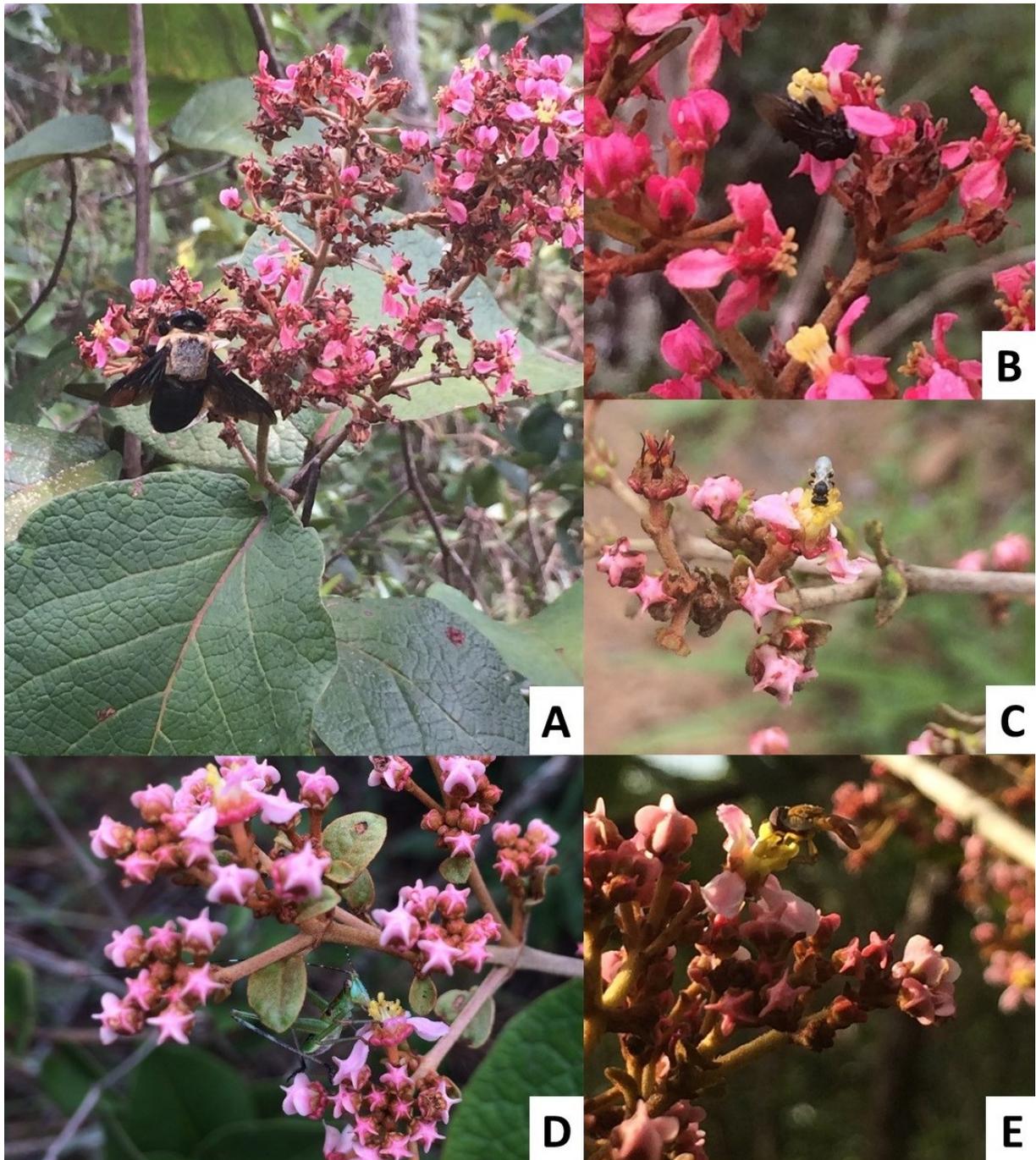


Figura 4. Visitantes florais de *Heteropterys pteropetala*; (A) *Epicharis (Epicharana) flava*; (B) Pilhadora; (C) *Augochlora sp.*; (D) Orthoptera; (E) Diptera

O Índice de Similaridade de Jaccard (Fig. 5) mostrou que as abelhas visitantes das flores de *B. malifolia* e *B. variabilis* na borda foram mais similares entre si e esses visitantes florais são mais próximos aos de *B. malifolia* seguido por *B. variabilis* ambos no interior. A comunidade de abelhas visitantes florais de *H. pteropetala* de borda e interior é similar entre si, mas são mais distintas da observada nas espécies de *Banisteriopsis*.

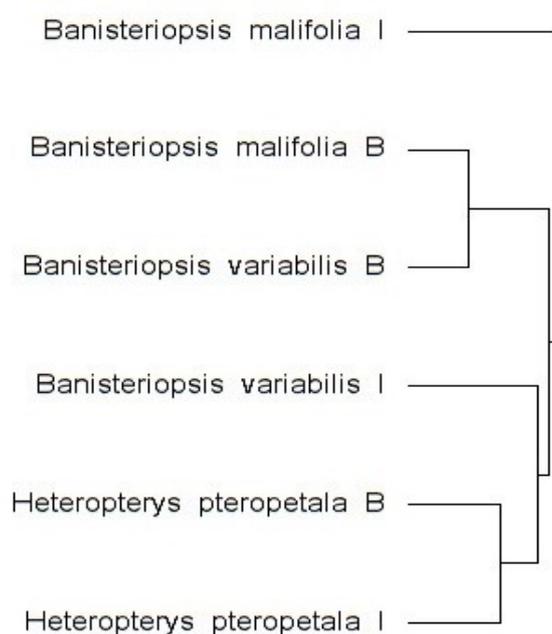


Figura 5. Índice de Similaridade de Jaccard para as abelhas observadas nas flores de *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis* e *Heteropterys pteropetala* na borda (B) ou no interior (I) do fragmento na reserva de cerrado do CCPIU.

O modelo linear generalizado indica que a produção de frutos da comunidade estudada não foi influenciada pelos microhabitats (borda e interior), espécies de planta e riqueza e abundância de abelhas visitantes (Tabela 2).

Tabela 2. Modelo linear generalizado mostrando a interferência dos microhabitats e da riqueza e abundância de abelhas sobre a produção de frutos de *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis* e *Heteropterys pteropetala* na reserva de cerrado do CCPIU.

Variáveis	χ^2	g.l.	P
Microhabitat	0.556	1	0.4559
Espécie de planta	3.645	2	0.1617
Riqueza de abelhas	1.662	1	0.1974
Abundância de abelhas	0.285	1	0.5935

Ao utilizar o modelo linear generalizado para analisar a produção de sementes, pode-se inferir que assim como na produção de frutos, os microhabitats de borda e de interior e a abundância de abelhas visitantes florais não influenciaram na produção de sementes. Entretanto, a riqueza de abelhas interferiu na produção de samarídios e as espécies apresentaram diferenças nessa produção (Tabela 3.). As comparações mostraram que *B. malifolia* foi a espécie que produziu a maior quantidade de samarídios, obtendo 1,4 vezes mais samarídios que *B. variabilis* e 2,4 vezes mais que *H. pteropetala*.

Tabela 3. Modelo linear generalizado mostrando a interferência dos microhabitats e da riqueza e abundância de abelhas sobre a produção de samarídios de *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis* e *Heteropterys pteropetala* na reserva de cerrado do CCPIU.

Variáveis	χ^2	g.l.	P
Microhabitat	0.701	1	0.40229
Espécie de planta	51.762	2	0,000000005756***
Riqueza de abelhas	5.713	1	0.01684 *
Abundância de abelhas	0.526	1	0.46846

A Figura 6 mostra a variação na produção de frutos e sementes por cada espécie de planta em cada microhabitat (borda e interior).

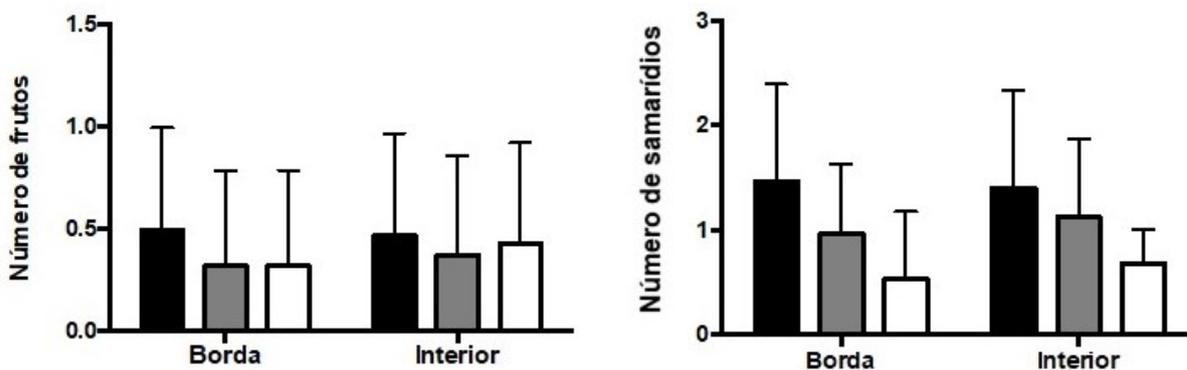


Figura 6. Número de frutos e samarídios produzidos por *B. malifolia*, *B. variabilis* e *H. pteropetala* em cada microhabitat.

5. Discussão

A maior diversidade, riqueza e abundância de abelhas foram encontradas no ambiente de borda em detrimento do interior do fragmento, o que sugere que a fragmentação esteja influenciando o movimento das abelhas no local. As áreas abertas da borda podem facilitar a circulação das abelhas e a localização mais rápida das plantas floridas. Como o trabalho de Cranmer *et al.* (2012) mostra, esses insetos podem utilizar visualmente a estrutura da paisagem para se movimentar. Provavelmente, as abelhas estão usando a trilha que fragmenta a reserva como um facilitador para sua orientação e circulação no ambiente. Assim, o movimento das abelhas no interior do fragmento é menor. Dessa forma, a maior riqueza de abelhas nas flores das plantas de borda (Tabela 1) é benéfico para a visitação floral, ou seja, o efeito de borda apresenta um ponto positivo. No entanto, não houve diferença estatística no sucesso reprodutivo de cada espécie quando consideramos os dois microhabitats.

O maior número de espécies de abelhas encontrado nas flores de *H. pteropetala* comparado à *B. malifolia* e *B. variabilis* pode ter ocorrido devido à assincronia de floração entre a primeira e as duas últimas (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013;

ASSUNÇÃO *et al.*, 2014), evitando a competição por polinizadores (OLLERTON & LACK, 1992). Em *B. malifolia* e *B. variabilis* essa competição por polinizadores pode existir, visto que compartilham vários visitantes florais e as duas espécies florescem sincronizadamente (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013). Além disso, a morfologia (formato e tamanho) das corolas é muito semelhante entre as duas espécies de *Banisteriopsis*, e mais distinta que a morfologia da corola de *H. pteropetala*. Dessa forma, a maior riqueza de visitantes florais encontrada em *H. pteropetala* pode ser explicada pela ausência de competição por abelhas durante sua florada.

No entanto, a menor quantidade de frutos produzidos por *H. pteropetala* pode ser explicada devido à maior frequência de *Trigona spinipes* (28,8%) dentre os visitantes florais. *Trigona spinipes* é considerada pilhadora em diversas outras espécies da família Malpighiaceae e de outras famílias (ver SILVA *et al.*, 1997; CARVALHO *et al.*, 2007; BEZERRA *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2010; ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016) e foi observada pilhando pólen nessa espécie. Essas abelhas coletam os recursos florais das flores de Malpighiaceae sem tocar as estruturas reprodutivas, portanto não levando à frutificação (SILVA *et al.*, 1997). Dessa forma, podem prejudicar indiretamente o sucesso reprodutivo da planta ao desestimular a visita dos polinizadores efetivos e diminuir a quantidade de recursos oferecidos aos polinizadores, resultando assim em menores taxas de visita por polinizadores efetivos e menor número de flores com óvulos fecundados. Além disso, as flores de *H. pteropetala* são menores e mais frágeis que as flores das outras espécies, apresentando maior probabilidade de as flores caírem devido ao movimento das abelhas durante a polinização, ou após, por fatores abióticos (*e.g.* vento e chuvas) ou agentes bióticos (herbívoros). Assim, as flores de *H. pteropetala* podem apresentar menor frutificação mesmo quando polinizadas adequadamente.

Outro fator que pode ter influenciado nos resultados obtidos, foi que apesar de *B. malifolia* e *B. variabilis* apresentarem menor riqueza de visitantes florais, elas foram mais visitadas por abelhas da tribo Centridini (e.g. *Centris (Xanthemisia) bicolor*) do que *H. pteropetala* (respectivamente 59,5%; 56,4% e 44,1% do total de abelhas era da tribo Centridini). As abelhas da tribo Centridini são consideradas as principais polinizadoras da família por apresentar maior probabilidade de realizar visitas legítimas durante as coletas de óleo e também de pólen (VOGEL, 1990).

A similaridade de visitantes florais entre *B. malifolia* e *B. variabilis* pode ser explicada pela hipótese de imagem de procura proposta inicialmente por Tibergen (1960) como explicação para os padrões de escolha de presas pelos predadores, que posteriormente foi aplicado para os polinizadores por Dukas & Ellner (1993). Assim como os predadores, as abelhas possuem atenção limitada, então geralmente elas se dedicam a coletar recursos em flores de uma única espécie (GOULSON, 2000). Entretanto, flores semelhantes de espécies diferentes que ocorrem simultaneamente e num mesmo ambiente podem intrinsecamente esse processo (HEINRICH, 1975). Mesmo com cor diferente, as flores de *B. malifolia* e *B. variabilis* apresentam morfologia (tamanho e forma) similar, floração sincronizada e ocorrem na mesma área. Esses fatores podem diminuir a diferenciação das flores por parte das abelhas, fazendo com que ambas as espécies possam ter seus recursos florais coletados simultaneamente. É possível que essa situação leve, em alguns casos, a uma troca de pólen entre as espécies, o que acarretaria em queda nas taxas de fecundação por incompatibilidade polínica, e em um conseqüente decréscimo indireto na frutificação. Estudos futuros podem esclarecer essa situação das espécies de Malpighiaceae do Cerrado, assim como de outras famílias e em outros domínios de vegetação.

Conclusão

Concluimos que o efeito de borda foi positivo para a riqueza e abundância de visitantes, beneficiando mais as plantas de borda, expostas no limite entre a vegetação e a trilha. Porém o efeito de borda foi neutro para a frutificação, já que ambos os microhabitats apresentaram quantidades de frutos e sementes semelhantes. Dessa forma, não houve relação entre a riqueza e abundância de abelhas visitantes florais e os frutos e sementes produzidos na comunidade estudada.

Referências Bibliográficas

- AGOSTINI, K. et al. Recursos florais. In: RECH, A. R. et al. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto cultural, 2014. 527 p.
- ALBUQUERQUE, P. M. C.; MENDONÇA, J. A. C. Anthophoridae (Hymenoptera; Apoidea) e flora associada em uma formação de cerrado no município de Barreirinhas, MA, Brasil. **Acta amazônica**, v. 26, n. 1-2, p. 45-54, 1996.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. et al. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 295-307, 2016.
- ALVES, G. R.; PERUCHI, A.; AGOSTINI, K. Polinização em área urbana: o estudo de caso de *Jacaranda mimosifolia* D. Don (Bignoniaceae). **Bioikos**, v. 24, n. 1, p. 31-41, 2010.
- ALVES-SILVA, E. et al. Influence of *Camponotus blandus* (Formicinae) and flower buds on the occurrence of *Parrhasius polibetes* (Lepidoptera: Lycaenidae) in *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae). **Sociobiology**, v. 60, n. 1, p. 30-34, Feb. 2013.
- ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. On the inability of ants to protect their plant partners and the effect of herbivores on different stages of plant reproduction. **Austral Ecology**, v. 41, n. 3, p. 263–272, July 2015.

- ANDENA, S. R.; BEGO, L. R.; MECCHI, M. R. A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. **Revista Brasileira Zoociências**, v. 7, n. 1, p. 47-54, 2005.
- ANDERSON, W. R. Floral conservatism in Neotropical Malpighiaceae. **Biotropica**, v. 11, n. 3, p. 219-223, Sep. 1979.
- ASSUNÇÃO, M. A, TOREZAN-SILINGARDI, H.M., DEL-CLARO, K. Do ant visitors to extrafloral nectaries of plants repel pollinators and cause an indirect cost of mutualism? **Flora: Morphol Distrib Funct Ecol Plants**, v. 209, p. 244–249, Mar. 2014.
- BARROSO, G. B. et al. Frutos e Sementes. Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 1999. 443p.
- BEZERRA, E. S.; LOPES, A. V.; Machado, I. C. Biologia reprodutiva de *Byrsonima gardnerana* A. Juss. (Malpighiaceae) e interações com abelhas *Centris* (Centridini) no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 1, p. 95-108, 2009.
- BUCHMANN, S. L. The ecology of oil flowers and their bees. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, n. 1, p. 343-69, 1987.
- CAPPELLARI, S. C. et al. Floral oil collection by male *Tetrapedia* bees (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini). **Apidologie**, Versailles, v. 43, n. 1, p. 3-11, Jan. 2012.
- CARVALHO, A. T.; SANTOS-ANDRADE, F. G.; SCHLINDWEIN, C. Baixo sucesso reprodutivo em *Anemopaegma laeve* (Bignoniaceae) no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 102-104, 2007.
- CRANMER, L.; MCCOLLIN, D.; OLLERTON, J. Landscape structure influences pollinator movements and directly affects plant reproductive success. **Oikos**, v. 121, n. 4, p. 562–568, 2012.

- DAVIS, C. C. et al. Long-term morphological stasis maintained by a plant–pollinator mutualism. **PNAS**, Washington, v. 111, n. 16, p. 5914–5919, Apr. 2014.
- DUKAS, R.; ELLNER, S. Information processing and prey detection. **Ecology**, v. 74, n. 5, p. 1337–1346, 1993.
- FERREIRA, C. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Implications of the Floral herbivory on Malpighiaceae Plant Fitness: Visual aspect of the Flower affects the attractiveness to Pollinators. **Sociobiology**, v. 60, n. 3, p. 323-328, Aug. 2013.
- GOULSON, D. Are insects flower constant because they use search images to find flowers? **Oikos**, v. 88, n. 3, p. 547–552, 2000.
- HEINRICH, B. Bee flowers: a hypothesis on flower variety and blooming times. **Evolution**, v. 29, n. 2, p. 325-334, 1975.
- HEIP, C. H. R.; HERMAN, P. M. J.; SOETAERT, K. Indices of diversity and evenness. **Océanis**, v. 24, n. 4, p. 61-87, 1998.
- HIGGINS, J. J.; BLAIR, R. C.; TASHTOUSH, S. The aligned rank transform procedure. **Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture**, 1990.
- INVENTÁRIO DE PROTEÇÃO DO ACERVO CULTURAL-MINAS GERAIS. Sítios e bens naturais. 2005.
- IOB, G. **Influência de frutos e sementes na abundância de pequenos mamíferos e a relação com a predação e dispersão de sementes da Araucária (*Araucaria angustifolia*)**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2007.
- MAMEDE, M. C. H. et al. Malpighiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, **Flora do Brasil**, Rio de Janeiro, 2015.

- MELLO, M. A. R.; BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C. Functional Roles of Centridini Oil Bees and Malpighiaceae Oil Flowers in Biome-wide Pollination Networks. **Biotropica**, v. 45, n. 1, p. 45–53, 2013.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p.91-120.
- OLLERTON, J., LACK, A. Flowering phenology: An example of relaxation of natural selection? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 7, n. 8, p. 274-276, 1992.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, Feb. 2011.
- OTÁROLA, M. F.; ROCCA, M. A. Flores no tempo: a floração como uma fase da fenologia reprodutiva. In: RECH, A.R. et al. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto cultural, 2014. 527 p.
- PILLAR, V. P. Variações espaciais e temporais na vegetação; métodos analíticos. UFRGS, Departamento de Botânica. 1996. Disponível em <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>.
- PINHEIRO, M. et al. Polinização por abelhas. In: A.R., Rech, K., Agostini, P. E., Oliveira & I. C., Machado (Eds.). **Biologia da polinização**. pp. 206-236. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014.
- PIRES, M. S. **A comunidade de plantas com nectários extraflorais em uma savana brasileira: morfologia, fenologia e a fauna associada**. 2015. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.
- PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The natural history of pollination**. London: Harper Collins New Naturalist, 1996. 244 p.

- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2007. 830 p.
- RECH, A. R. et al. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: RECH, A.R. et al. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto cultural, 2014. 527 p.
- REU JR, W. F. **Interações formigas-Malpighiaceae, *Byrsonima intermedia* (A. Juss.) e *Heteropterys pteropetala* (H.B.K.), no cerrado: atratividade ligada aos nectários extraflorais e defesa biológica à planta**. 2005. 66 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto- SP, 2005.
- SILVA, C. I.; ARAÚJO, G.; OLIVEIRA, P. E. A. Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 26, n. 4, p. 748-760, Oct./Dec. 2012.
- SILVA, M. M. et al. Influência de *Trigona spinipes* Fabr. (Hymenoptera: Apidae) na polinização do maracujazeiro amarelo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 217-221, 1997.
- TINBERGEN, L. The natural control of insects in pine woods. 1. Factors influencing the intensity of predation by songbirds. **Archives néerlandaises de zoologie**, v. 13, n. 1, p. 265–336, 1960.
- TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **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**. 2007. 181 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto- SP, 2007.
- TOREZAN-SILINGARDI, H. M. 2012. Flores e animais, uma introdução à história natural da polinização. In: Del-Claro, K., & Torezan-Silingardi, H. M. 2012. **Ecologia das**

Interações Plantas-Animais: uma abordagem ecológico-evolutiva. Rio de Janeiro: Technical Books.

VARASSIN, I. G.; AMARAL-NETO, L. P. Atrativos. In: RECH, A.R. et al. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto cultural, 2014. 527 p.

VIEIRA, G. H. C. et al. Floral sources used by bees (Hymenoptera, Apoidea) in a savannah area of Cassilândia county, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1454-1460, 2008.

VOGEL, S. History of the Malpighiaceae in the Light of Pollination Ecology. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 55, p. 130-142, Feb. 1990.

WOBBROCK, J. O. et al. **The Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial Analyses Using Only ANOVA Procedures**. CHI 2011, May 7–12, 2011, Vancouver, BC, Canada.

CAPÍTULO II

**Dispersão de sementes condicionadas aos ambientes de
borda e de interior do fragmento em quatro espécies de
Malpighiaceae do cerrado**

1. Introdução

A dispersão de sementes é o deslocamento dos diásporos para locais distantes da planta-mãe (BEGON *et al.*, 2007). Para explicar esse deslocamento algumas hipóteses já foram propostas (e.g. hipótese de escape e hipótese de colonização). A hipótese de escape sugere que a dispersão ocorre para evitar a mortalidade pelos fatores dependentes de densidade como competição intra-específica e por outros fatores como predação e patógenos. A hipótese de colonização defende que os habitats mudam no tempo e no espaço, sendo necessária a dispersão em busca de um local e de condições adequadas para o estabelecimento e crescimento, visando aumentar a probabilidade das sementes germinarem, conseqüentemente elevando o sucesso reprodutivo da planta (HOWE & SMALLWOOD, 1982; SARAVY *et al.*, 2003; RICKLEFS, 2010). Dessa forma, a dispersão influencia na distribuição geográfica e indiretamente no fluxo gênico da população (CONTRERAS-SOTO *et al.*, 2017).

As plantas podem apresentar diferentes modos de dispersão, denominados síndromes de dispersão (VAN DER PIJL, 1982). Dentre as síndromes encontra-se a autocoria (frutos dispersos por mecanismos da própria planta), hidrocoria (dispersos pela água), anemocoria (frutos dispersos pelo vento) e zoocoria (dispersos por animais) (RAVEN *et al.*, 2007). A proporção de espécies anemocóricas ou zoocóricas variam de acordo com a fisionomia do ambiente. A maioria das espécies são zoocóricas. Entretanto, na estação seca e onde há ausência de um dossel contínuo, ou seja, a fisionomia é mais aberta, a maioria das espécies é anemocórica (HOWE & SMALLWOOD, 1982; BATALHA & MANTOVANI, 2000).

A morfologia do fruto comumente indica a forma como esse diásporo é disperso, ou seja, o tipo de síndrome que apresenta (HOWE & SMALLWOOD, 1982). Além disso, a forma das sementes, o tamanho e a massa podem intervir na dispersão, ou seja, na distância

que as sementes irão alcançar, assim como na germinação, longevidade e resistência as condições do meio (HENSEN & MÜLLER, 1997, JONGEJANS & TELENIUS, 2001, BHATT *et al.*, 2017). A variação dessas características das sementes geralmente é determinada pela disponibilidade de nutrientes, umidade do solo, temperatura do local em que a planta mãe se encontra e pela capacidade de captação destes pela planta durante sua fase reprodutiva (BHATT *et al.*, 2017).

As sementes dispersas pelo vento possuem tamanho e peso reduzidos e elevada razão entre área e volume, o que geralmente confere maior vagilidade, isto é, maior capacidade de dispersão (HOWE & SMALLWOOD, 1982). Além disso, o Índice de Carga Alar (ICA) (massa/área) em vários casos, constitui um bom indicador do potencial de dispersão, visto que espécies com ICA reduzido podem alcançar maiores distâncias (AUGSPURGER, 1986).

Além disso, as condições ambientais também podem influenciar nessa capacidade, como o efeito de borda oriundo da fragmentação (RICKLEFS, 2010). O efeito de borda pode interferir principalmente na dispersão de plantas que utilizam o vento como mecanismo dispersor de seus propágulos, visto que a criação de uma borda altera o microclima daquele ambiente, em especial, o vento, o qual geralmente possui incidência aumentada no microambiente de borda (MURCIA, 1995).

Os trabalhos de Svenning e Skov (2002) e Arantes *et al.* (2014), ressaltam que estudos que consideram a heterogeneidade de habitat juntamente com os processos de dispersão podem explicar melhor a distribuição, a colonização e coexistência das espécies, assim como a composição das comunidades biológicas.

2. Objetivos

Comparar a dispersão anemocórica de frutos secos de uma comunidade de Malpighiaceae em dois microhabitats de Cerrado. Para isso foram elaboradas as seguintes questões:

2.1. Há diferença na dispersão de sementes entre as espécies e entre os dois microhabitats (borda e interior do fragmento)?

2.2. Diásporos mais leves são dispersos a distâncias maiores, já que o vento pode levá-los por mais tempo?

2.3. Na borda o vento mais intenso distribui as sementes por distâncias mais longas do que no interior?

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

Foi utilizada uma área de Cerrado *sensu stricto* dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), nas coordenadas 18°59'S e 48°18'W. A reserva possui área total de 640 ha (ver Fig.1) (TOREZAN-SILINGARDI, 2007), com vegetação preservada e várias fisionomias típicas do cerrado *sensu lato*, como o campo limpo, campo sujo, cerrado *sensu stricto*, cerradão e vereda (FERREIRA & TOREZAN-SILINGARDI, 2013). A região possui clima sazonal, com inverno seco de maio a setembro e verão chuvoso de outubro a abril (ALVES-SILVA *et al.*, 2013).



Figura 1. Vista aérea obtida pelo satélite Google Earth da RPPN do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, ao sul do centro urbano da cidade, em Minas Gerais.

3.2 Objeto de estudo

Os modelos de estudo foram quatro espécies de Malpighiaceae, subfamília Malpighioideae: *Banisteriopsis malifolia* (Nees & Martius) B. Gates, *B. variabilis* B. Gates, *B. stellaris* (Griseb.) B. Gates, e *Heteropterys pteropetala* A. Juss. (HBK). *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis* e *H. pteropetala* possuem hábito arbustivo e *B. stellaris* é uma trepadeira. Todas as espécies são lenhosas e possuem sementes do tipo samarídios (*sensu* BARROSO *et al.*, 1999) e apresentam síndrome de dispersão anemocórica. Na área de estudo os frutos de *B. malifolia* e *B. variabilis* são produzidos em abril e maio, *B. stellaris* em março e abril e de *H. pteropetala* em fevereiro e março.

3.3 Coleta de dados

Para comparar a dispersão anemocórica entre as espécies e entre os microambientes foi realizado um experimento de dispersão em campo. Para esse experimento foram coletados dez samarídios maduros e naturalmente secos no campo, oriundos de um

indivíduo de cada espécie, totalizando 40 diásporos (Fig. 2.). No Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações (LECI), as dimensões (largura e comprimento) e a massa dos samarídios foram tomados por meio de paquímetro digital e balança semi-analítica com precisão de três casas decimais. Os diásporos foram fotografados (Fig. 2.) e numerados de 1-10. Posteriormente, em campo, foram liberados de cinco em cinco em queda livre de aproximadamente 1,80 m de altura, simulando a queda natural do samarídio do ramo da planta. Os diásporos foram dispersos na trilha e no interior do fragmento três vezes ao dia, por volta das 08h, 12h e 16h. Para todas as espécies esses horários foram repetidos três vezes, totalizando 270 solturas dos samarídios. A cada soltura foi medida a velocidade do vento (m/s^1) com anemômetro de mão digital. Para delimitar a distância em que os diásporos se dispersaram foi utilizado uma trena.

Para comparar a massa, o comprimento e a largura dos samarídios das quatro espécies estudadas, foram selecionadas 20 plantas na borda do fragmento (distanto até dez metros da trilha), e 20 plantas no interior do fragmento (distanto acima de 30 metros), sendo cinco plantas de cada espécie em ambos os microhabitats. Em cada indivíduo foram coletados dez diásporos maduros do ramo mais apical, armazenados, identificados individualmente em sacos de papel 15x10 cm e levados ao Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações para tomada de medidas.

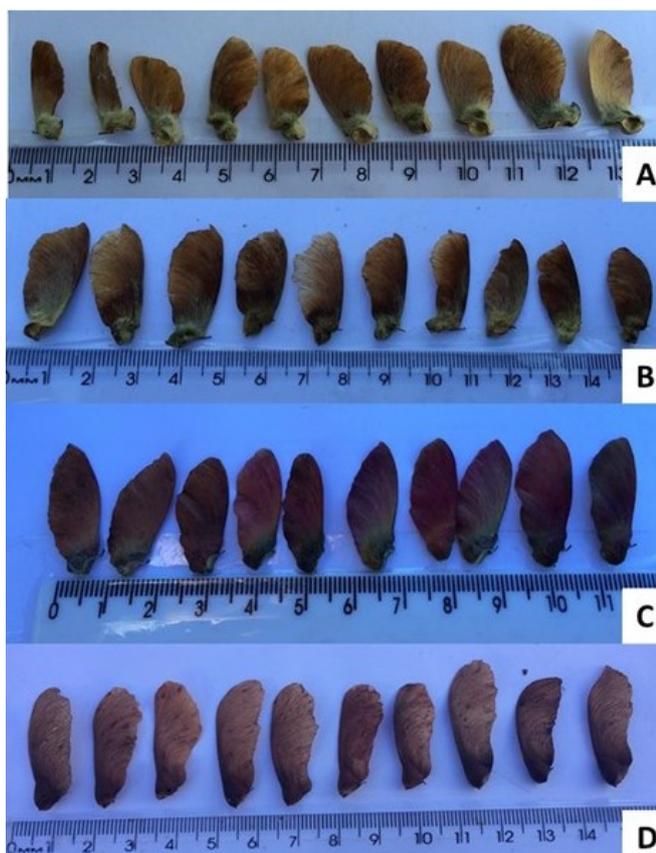


Figura 2. Fotos dos samarídios de (a) *Banisteriopsis malifolia*, (b) *B. variabilis*, (c) *B. stellaris* e (d) *Heteropterys pteropetala*, utilizadas no experimento de dispersão.

3.4 Testes estatísticos

Foram calculadas as médias das medidas de velocidade do vento e da distância de dispersão dos diásporos nos três horários (08h, 12h e 16h) para realização das regressões lineares e correlações. Foram realizadas regressões entre a velocidade do vento e a distância alcançada para todas as espécies e para ambos microhabitats (borda e interior). A largura e o comprimento dos diásporos foram utilizados para calcular a área. Foram realizadas correlações entre a massa dos samarídios e a distância alcançada. O cálculo de área utilizado foi de elipse ($A = \pi ab$; $\pi = 3,14$, a = comprimento, b = largura). A massa e a área foram usadas para calcular o Índice de Carga Alar, cujo cálculo é realizado pela razão entre massa e área (segundo AUGSPURGER, 1986). O Índice de Carga Alar foi calculado para os diásporos utilizados no experimento de dispersão e para os coletados nos dois microhabitats

e foram realizadas comparações planejadas para verificar se há diferença de carga alar entre as espécies. Para averiguar se há relação entre o índice e a distância de dispersão alcançada também foram realizadas regressões.

4. Resultados

A distância de dispersão dos diásporos diferiu entre as espécies e entre os dois microhabitats, assim como o vento. Encontramos distâncias e velocidade do vento maiores para todas as espécies na borda do fragmento de Cerrado. As regressões realizadas (Fig. 3) mostraram que houve relação entre a velocidade do vento e a distância percorrida pelos diásporos da comunidade vegetal estudada, em ambos os microhabitats (*B. malifolia* [borda] = $r^2 = 0.5909$, $y = 0.06431x + 39.85$, *B. malifolia* [interior] = $r^2 = 0.1817$, $y = 0.02695x + 34.37$; *B. variabilis* [borda] = $r^2 = 0.6163$, $y = 0.08099x + 34.35$, *B. variabilis* [interior] = $r^2 = 0.8108$, $y = 0.06847x + 22.56$; *B. stellaris* [borda] = $r^2 = 0.02729$, $y = 0.01906x + 78.47$, *B. stellaris* [interior] = $r^2 = 0.7454$, $y = 0.1058x + 27.02$; *H. pteropetala* [borda] = $r^2 = 0.7007$, $y = 0.05041x + 37.14$, *H. pteropetala* [interior] = $r^2 = 0.6129$, $y = 0.06406x + 23.24$). A espécie cujos samarídios percorreram as maiores distâncias na borda e no interior foi *B. variabilis* e as menores distâncias foi *H. pteropetala*. (Fig. 3).

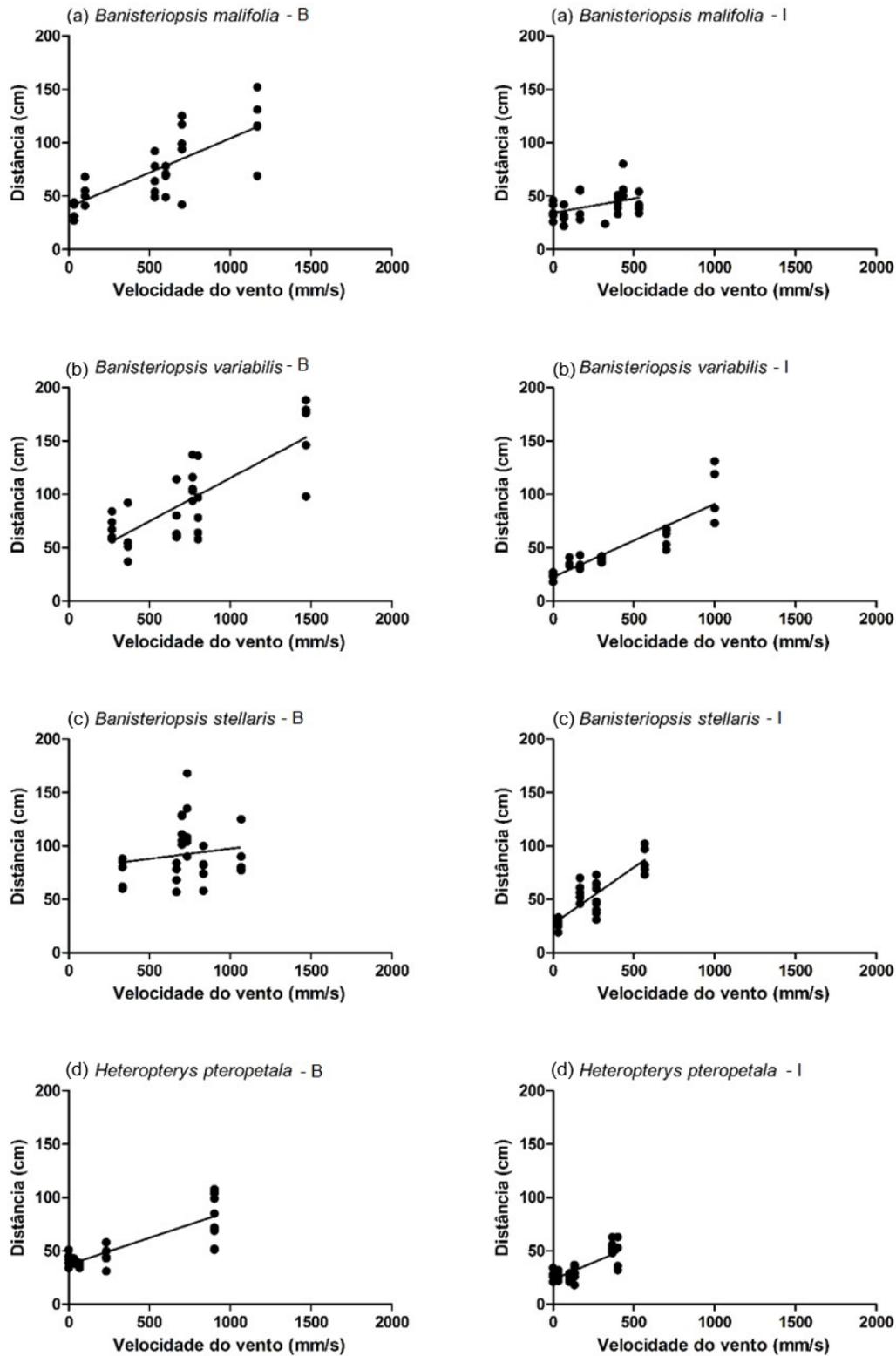


Figura 3. Distâncias de dispersão alcançadas pelos samarídios de (a) *Banisteriopsis malifolia*, (b) *B. variabilis*, (c) *B. stellaris* e (d) *Heteropterys pteropetala*, na Borda e no Interior, respectivamente.

Houve também variação na distância de dispersão entre os horários de soltura (Fig. 4 e 5). Na borda, no primeiro horário de soltura (8h), *B. variabilis* e *B. stellaris* foram as espécies que obtiveram as maiores distâncias de dispersão. Já no segundo horário (12h) as distâncias atingidas foram maiores que às 8 h, porém foram similares entre as espécies de *Banisteriopsis* (*H. pteropetala* teve valores bem inferiores). No terceiro horário (16h) *B. variabilis* apresentou as maiores distâncias de dispersão entre todas as espécies, com maiores distâncias que às 12 h, e as outras três espécies apresentaram uma distância ligeiramente menor que às 12 h (Fig. 4). No interior, as variações em distância e também no vento foram menores que na borda. Porém, entre os três horários observados, o vento foi mais intenso às 12 h do que no início da manhã e no final da tarde no interior do fragmento. *Banisteriopsis stellaris* também alcançou as maiores distâncias no primeiro horário (8h), já no segundo (12h) foi *B. variabilis* e no terceiro (16h) *B. malifolia*. (Fig. 5).

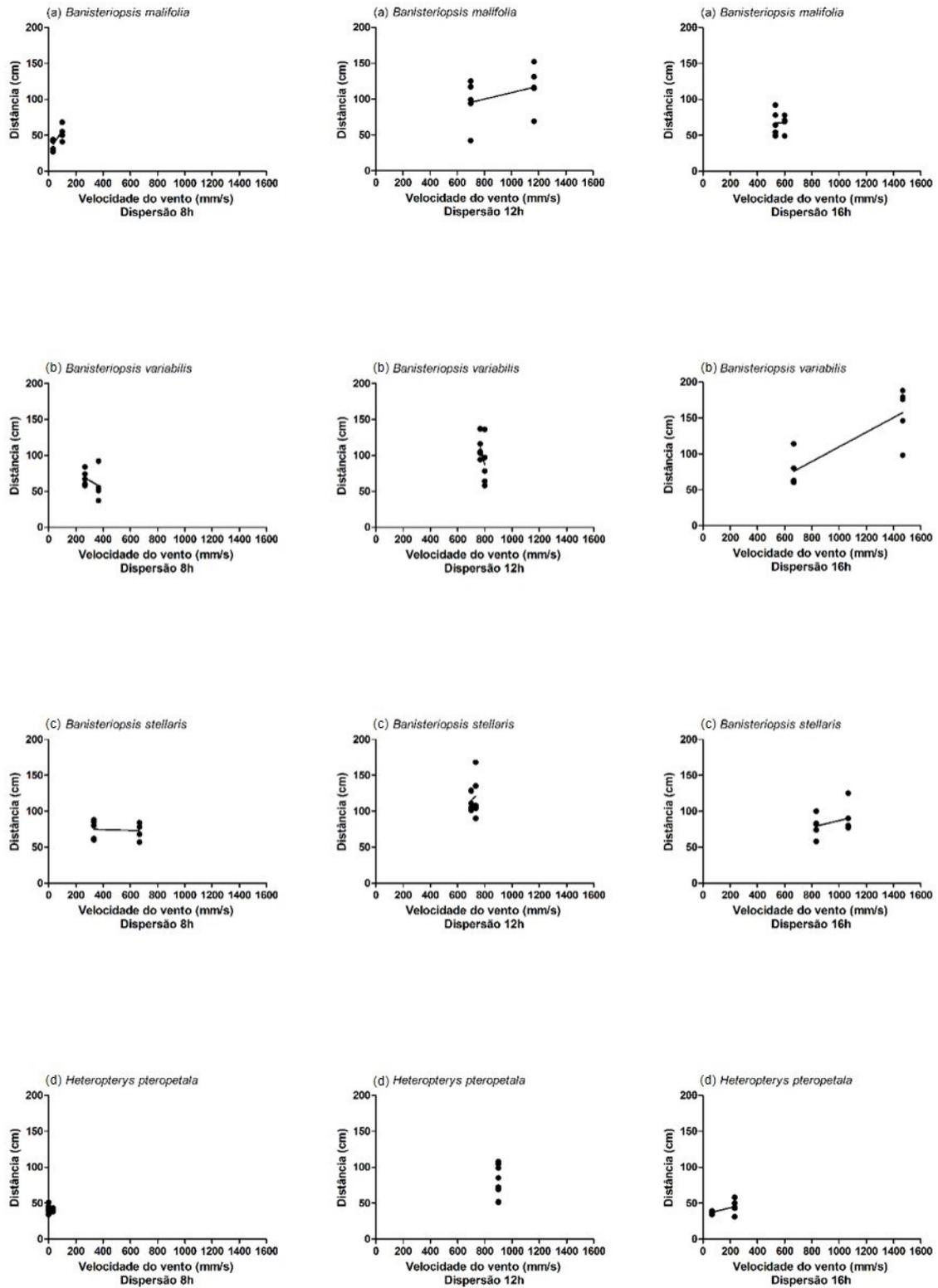


Figura 4. Distâncias de dispersão alcançadas pelos samarídios de (a) *Banisteriopsis malifolia*, (b) *B. variabilis*, (c) *B. stellaris* e (d) *Heteropterys pteropetala* na Borda do fragmento, em três horários (8h, 12h e 16h).

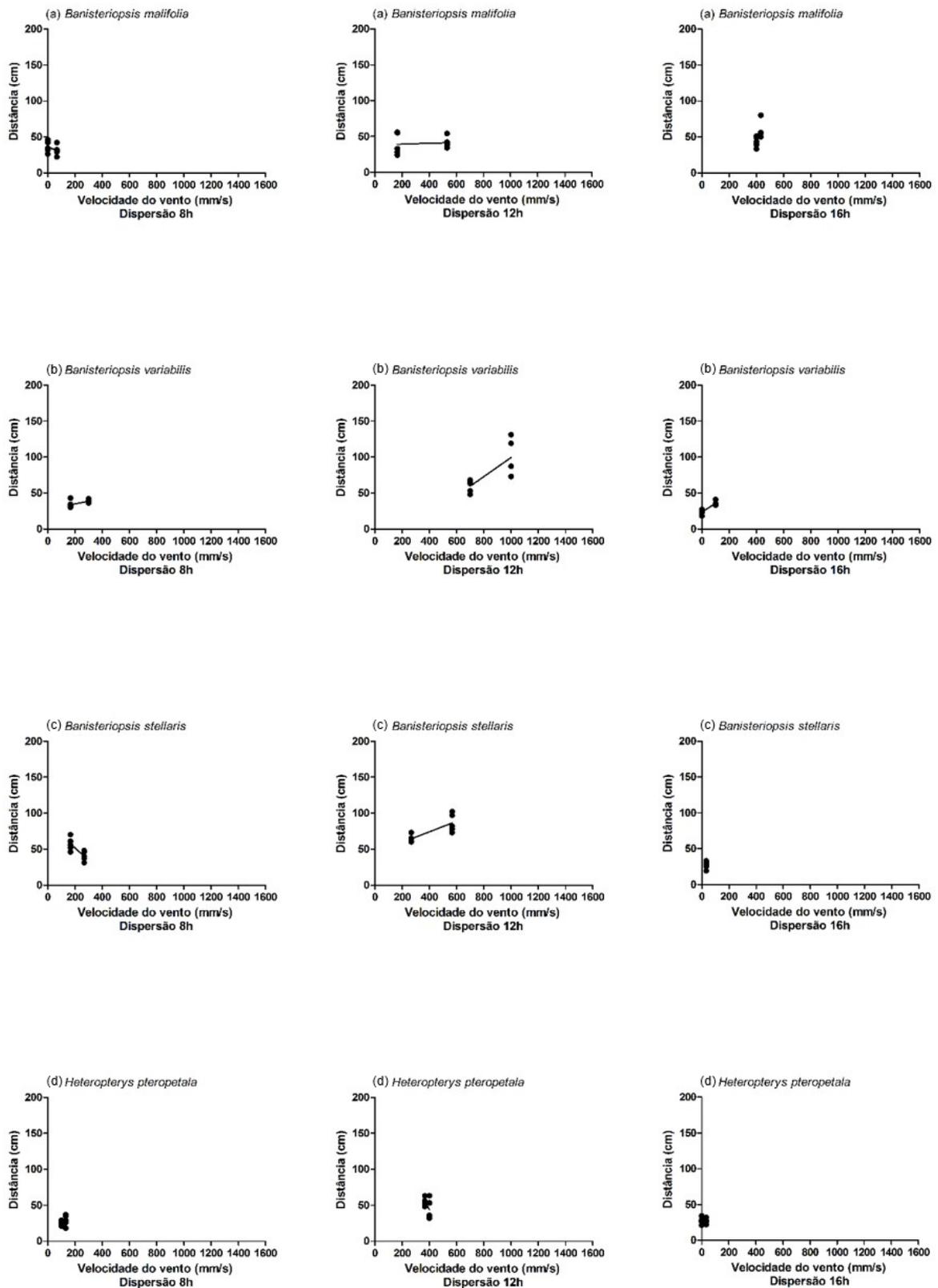


Figura 5. Distâncias de dispersão alcançadas pelos samarídios de (a) *Banisteriopsis malifolia*, (b) *B. variabilis*, (c) *B. stellaris* e (d) *Heteropterys pteropetala* no Interior do fragmento, em três horários (8h, 12h e 16h).

As médias das massas dos samarídios utilizados no experimento foram maiores em *B. stellaris* e menores em *B. variabilis* (*B. malifolia* = 0.0471 ± 0.005877 ; média \pm desvio padrão; *B. variabilis* = 0.0459 ± 0.008399 ; *B. stellaris* = 0.0567 ± 0.01235 ; *H. pteropetala* = 0.0546 ± 0.01111) (Fig. 6A). Não houve diferença entre massa dos diásporos na borda e no interior, pois foram utilizados os mesmos. Houve correlação entre a massa do samarídio e distância percorrida apenas em *B. malifolia* (*B. malifolia* $r_{s[borda]} = 0.0032$, $p \leq 0,01$, *B. malifolia* $r_{s[interior]} = 0.0032$, $p \leq 0,01$; *B. variabilis* $r_{s[borda]} = 0.2342$, $p \geq 0,01$, *B. variabilis* $r_{s[interior]} = 0.2010$, $p \geq 0,01$; *B. stellaris* $r_{s[borda]} = 0.6142$, $p \geq 0,01$, *B. stellaris* $r_{s[interior]} = 0.3407$, $p \geq 0,01$; *H. pteropetala* $r_{s[borda]} = 0.6528$, $p \geq 0,01$, *H. pteropetala* $r_{s[interior]} = 0.4242$, $p \geq 0,01$).

A média das áreas alares dos diásporos (Fig. 6B) utilizados no experimento foi maior em *H. pteropetala* e menor em *B. malifolia* (*B. malifolia* = 8.001 ± 0.9441 ; média \pm desvio padrão; *B. variabilis* = 10.83 ± 1.572 ; *B. stellaris* = 9.294 ± 1.106 ; *H. pteropetala* = 11.93 ± 2.038).

A espécie que apresentou maior Índice de Carga Alar foi *B. malifolia* e a que teve o menor foi *B. variabilis* (Fig. 6C). Ao realizar comparações planejadas para verificar as diferenças do Índice de Carga Alar entre as espécies, verificou-se que houve diferença apenas entre *B. malifolia* e *B. variabilis*, e entre *B. malifolia* e *H. pteropetala*. *Banisteriopsis malifolia* apresentou Índice de Carga Alar 1,4 vezes maior que *B. variabilis* e 1,3 vezes maior que *H. pteropetala*.

As regressões realizadas entre o Índice de Carga Alar e distância alcançada pelos diásporos dispersados em cada microhabitat mostraram que há relação negativa entre esses dois fatores apenas em *B. malifolia* e *B. variabilis* na borda (*B. malifolia* $_{[borda]} = r^2 = 0.1700$, $y = -11180x + 140.6$, *B. malifolia* $_{[interior]} = r^2 = 0.1743$, $y = -4449x + 68.43$; *B. variabilis* $_{[borda]} = r^2 = 0.2211$, $y = -20.100x + 179.8$, *B. variabilis* $_{[interior]} = r^2 = 0.01733$, $y = 3815x + 31.93$;

B. stellaris [borda] = $r^2 = 0.04867$, $y = -5527x + 126;0$, *B. stellaris* [interior] = $r^2 = 0.02960$, $y = -3803x + 73.74$; *H. pteropetala* [borda] = $r^2 = 0.00583$, $y = -1671x + 62.83$, *H. pteropetala* [interior] = $r^2 = 0.005865$, $y = 960.1x + 29.8$).

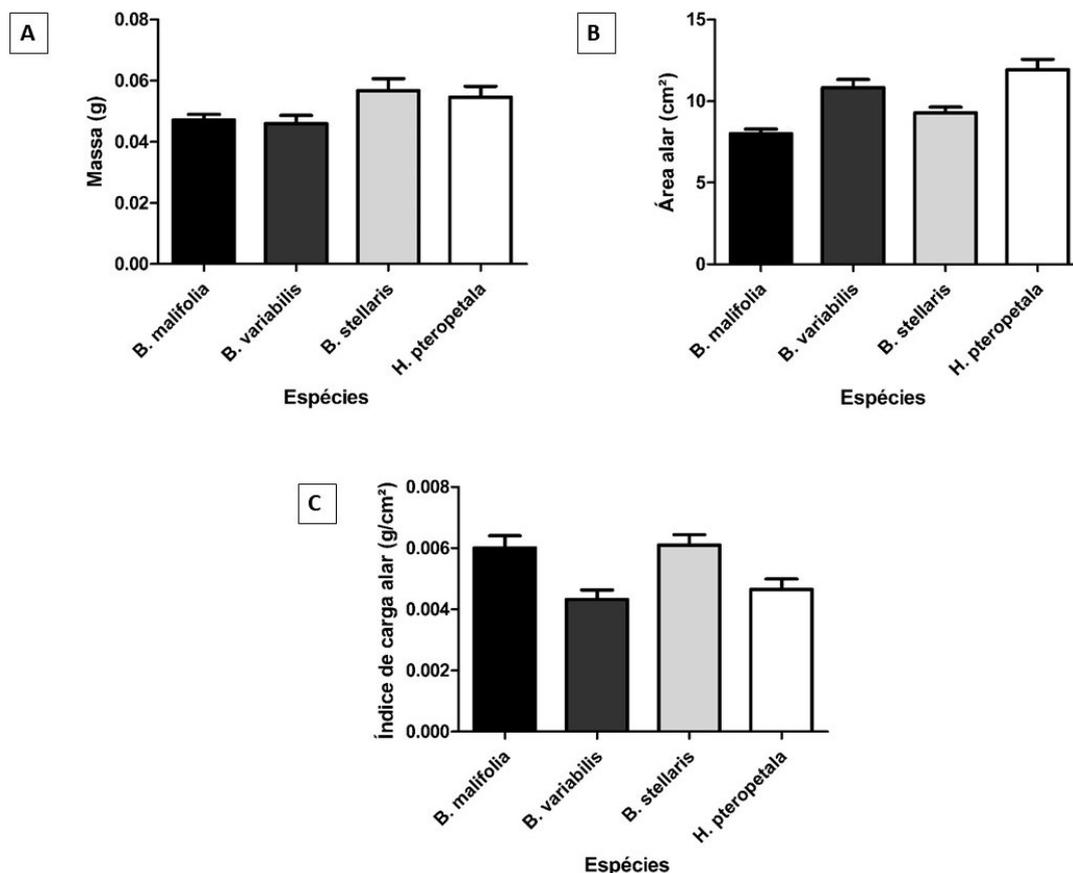


Figura 6. Características influenciando a dispersão: (A) Massa, (B) Área alar e (C) Índice de Carga Alar dos diásporos de *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis*, *B. stellaris* e *Heteropterys pteropetala*.

Ao comparar as médias dos Índices de Carga Alar dos diásporos das quatro espécies coletados na borda e no interior (Fig. 7), pode-se perceber que há diferença entre as espécies na borda ($F_{3,19} = 10,83$, $p < 0,001$), e no interior ($F_{3,19} = 3,98$, $p < 0,001$). Ao realizar as comparações planejadas verificou-se que os índices de todas as espécies diferiram na borda, mas poucas apresentaram índices discrepantes no interior, e que *B. malifolia* foi a espécie com maior média de Índice de Carga Alar na borda, com índice 1,3 vezes maior que *B. variabilis*, que foi a espécie com menor média.

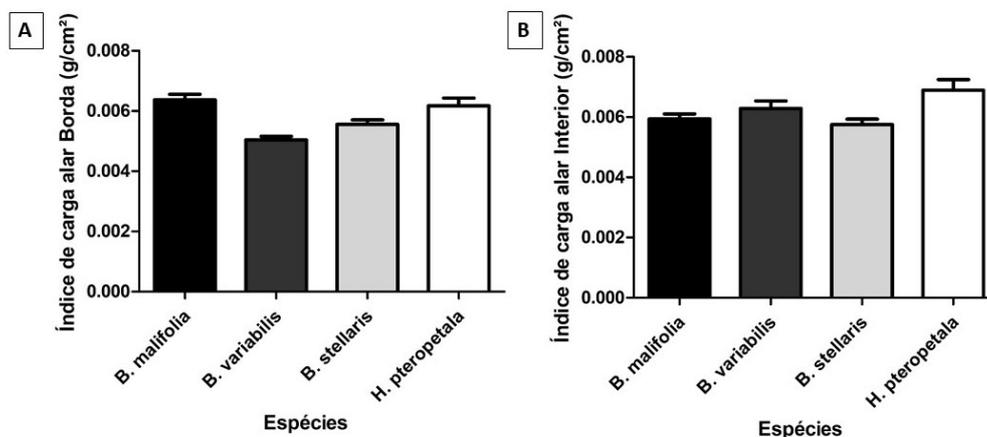


Figura 7. Índice de carga alar dos diásporos de *Banisteriopsis malifolia*, *B. variabilis*, *B. stellaris* e *Heteropterys pteropetala* coletados (A) na borda, e (B) no interior do fragmento.

5. Discussão

A relação entre distância alcançada e velocidade do vento corroborou o descrito por Jongejans & Telenius (2001), sobre o aumento da distância percorrida com o aumento da velocidade. Isso então explica a maior distância alcançada pelos diásporos em todos os horários na borda, assim como no horário das 12h em ambos microhabitats. A justificativa é que o vento na borda e nesse horário são comumente maiores, devido a área mais aberta da borda facilitar a circulação e a distribuição das correntes de ar no decorrer do dia serem geralmente mais rápidas no horário mais quente, respectivamente.

Ao considerar a massa, verificou-se que em todas as espécies (exceto em *B. malifolia*) não houve correlação entre massa dos diásporos e distância percorrida, o que concorda com o encontrado por Augspurger & Hogan (1983) para outra família que também possui sementes dispersas pelo vento. Dessa forma, na maioria dos casos não existe essa relação entre massa ou área e capacidade de dispersão, como mostra o modelo de Sakai *et al.* (1998). Ou seja, *B. malifolia* pode ser considerada uma exceção.

Entretanto, ao considerar o incremento da massa no Índice de Carga Alar (considerando área e massa juntas) ocorre um aumento deste, podendo resultar em uma diminuição na capacidade de dispersão e vice-versa (SAKAI *et al.*, 1998). Como mostra Wall (2003) em sementes dispersas pelo vento, geralmente quanto menor o índice de carga alar, maior é a distância que o diásporo alcança. Isso pode ser visto nos resultados obtidos nesse trabalho, nos quais os samarídios de *B. variabilis* utilizados no experimento apresentaram os menores Índices de Carga Alar e a maior capacidade de dispersão, já *B. malifolia* apresentou maior Índice de Carga Alar e um menor potencial de dispersão comparado a *B. variabilis*. Entretanto, essa não é uma relação obrigatória para uma dispersão eficiente, como pode ser verificado no caso dos diásporos de *B. stellaris* que apresentaram altos Índices de Carga Alar, mas também exibiram uma considerável vagilidade.

A dispersão, segundo a hipótese de escape, proposta por Jazen (1970) e Connell (1971) ocorre para escapar das altas taxas de mortalidade que ocorrem próximas a planta-mãe, causadas, por exemplo, por competição intra-específica e predação. A partir disso e dos resultados obtidos pressupõe-se que essas espécies apresentam elevada capacidade de dispersão para escapar desses fatores. Além disso, sugere-se que os resultados também corroboram a hipótese de colonização de novos ambientes (HOWE & SMALLWOOD, 1982), podendo assim a espécie *B. variabilis* estar aumentando a sua amplitude de ocorrência na reserva em busca de locais adequados para seu estabelecimento e crescimento, visto que apresentou vagilidade consideravelmente maior que as outras espécies. A baixa capacidade de dispersão dos samarídios de *H. pteropetala*, considerada juntamente com sua abundância e distribuição agregada observadas no local, por sua vez, sugere que essa espécie esteja utilizando do efeito de diluição, ou seja, as sementes das outras espécies, em especial de *B. stellaris* que são dispersadas concomitantemente, devem estar diminuindo a

chance de suas sementes sofrerem predação, como acontece em diversos outros organismos em vários estágios de vida (WRONA & DIXON, 1991; MOORING & HART, 1992), não necessitando assim de alcançar longas distâncias.

Vale ressaltar que alcançar maiores distâncias de dispersão não significa obrigatoriamente obter sucesso reprodutivo, visto que os locais seguros para o estabelecimento dessas sementes estão distribuídos aleatoriamente no ambiente. Entretanto, em alguns casos diminui a possibilidade de concorrência para colonização de determinado local, pois a densidade de sementes diminui conforme se distancia da planta-mãe (HARPER, 1978; WILLSON, 1993; SAKAI, et al. 1998).

A presença de diferença nos Índices de Carga Alar entre as espécies no ambiente de borda e ausência dessa diferença no interior podem ser explicadas pela discrepância na velocidade do vento entre os dois microhabitats. No interior a velocidade do vento é mínima e, portanto é provável que todos os samarídios caiam próximos a planta-mãe, não sendo necessário investir em carga alar diferente das outras espécies que convivem no mesmo local para ampliar a sua dispersão, pois a redução da carga alar só é eficiente em sinergismo com aumento do vento. Com base nas hipóteses de dispersão já elencadas, espera-se que essa agregação de sementes seja desvantajosa, por avultar a probabilidade de as sementes competirem para estabelecer suas plântulas (se não apresentarem uma alternativa para suprimir os possíveis efeitos deletérios), mas não se sabe se isso está afetando negativamente a comunidade. Pela distribuição dos indivíduos na reserva, acredita-se que as espécies possam estar estreitando seu local de ocorrência (ou nicho realizado) no interior do fragmento, para que diminua a agregação das sementes e possa suprimir essa possível competição. Entretanto, essas últimas considerações são apenas hipóteses a serem testadas.

Estudos que considerem a dispersão e as taxas de germinação, predação e competição dos diásporos pós-dispersão e distribuição dos indivíduos no espaço podem

possibilitar um melhor entendimento dos padrões de dispersão das populações dessa e de outras comunidades biológicas.

Por fim, os resultados sugerem que as espécies estão apresentando diferentes *trade offs* entre elas e entre os microambientes, para sobrevivência das suas sementes e coexistência na reserva, pois como mostra Ganeshiah & Uma Shaanker (1991), a seleção pode atuar em mais de uma direção. E apesar da dispersão pelo vento poder ser uma estratégia de dispersão mais vantajosa para as espécies, em determinados ambientes, por ocorrer independente de um agente forético e diminuir o risco de as sementes serem depositadas de forma agrupada (HOLLANDER *et al.*, 2010), como visto anteriormente e nos resultados obtidos, existem fatores determinantes na sua eficiência. Esses fatores são as condições do meio, tanto diretas, do próprio vento, quanto em alguns casos, indiretas como a influência da composição do solo e temperatura nas características das sementes. Assim, a criação de uma borda pode influenciar nessas condições, conseqüentemente na vagilidade das sementes que apresentam dispersão do tipo anemocórica. E ao contrário do que Jardim & Batalha (2009) descreve, os resultados desse trabalho mostraram que existem alterações no microclima da borda, ou seja, um efeito de borda na dispersão de sementes em áreas de Cerrado *sensu stricto*.

Conclusão

A criação da borda está alterando o microclima da área estudada e essas mudanças estão influenciando de forma direta, a dispersão de sementes da comunidade investigada. Conclui-se assim que há um efeito de borda positivo na dispersão desses diásporos, pois o incremento na velocidade do vento, aumentou a capacidade de dispersão dos diásporos possibilitando uma maior probabilidade de escapar de fatores dependentes de densidade e colonizar novos ambientes, e com isso aumentar o sucesso reprodutivo dessas espécies.

Referências Bibliográficas

- ALVES-SILVA, E. et al. Influence of *Camponotus blandus* (Formicinae) and flower buds on the occurrence of *Parrhasius polibetes* (Lepidoptera: Lycaenidae) in *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae). **Sociobiology**, v. 60, n. 1, p. 30-34, Feb. 2013.
- ARANTES, C. S. et al. Forest species colonizing cerrado open areas: distance and área effects on the nucleation process. **Brazilian Journal of Botany**, v. 37, n. 2, p. 143–150, June 2014.
- AUGSPURGER, C. K.; HOGAN, K. P. Wind dispersal of fruits with variable seed number in a tropical tree (*Lonchocarpus pentaphyllus*: Leguminosae). **Am. J. Bot.**, v. 70, p. 1031-1037, 1983.
- AUGSPURGER, C. K. Morphology and Dispersal Potential of Wind-Dispersed Diaspores of Neotropical Trees. **American Journal of Botany**, v. 73, n. 3, p. 353-363, Mar. 1986.
- BARROSO, G. B. et al. Frutos e Sementes. Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 1999. 443p.
- BATALHA, M. A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 60, n. 1, p. 129-145, Feb. 2000.
- BHATT, A.; PHARTYAL, S. S.; NICHOLAS, A. Ecological role of distinct fruit-wing perianth color in synchronization of seed germination in *Haloxylon salicornicum*. **Plant Species Biology**, v. 32, n. 2, p. 121–133, May 2017.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. Ecologia De Indivíduos a Ecosystemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed: 2007.
- CONNELL, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: **Dynamics of Number in**

- Populations** (P.J. den Boer & G.R. Gradwell, Eds.), Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1971.
- CONTRERAS-SOTO, R. I. et al. Population structure, genetic relatedness and linkage disequilibrium blocks in cultivars of tropical soybean (*Glycine max*). **Euphytica**, v. 213 n. 173, Jul. 2017.
- FERREIRA, C. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Implications of the Floral herbivory on Malpighiaceae Plant Fitness: Visual aspect of the Flower affects the attractiveness to Pollinators. **Sociobiology**, v. 60, n. 3, p. 323-328, Aug. 2013.
- GANESHAIAH, K. N.; UMA SHAANKER, R. Seed size optimization in a wind-dispersed tree *Butea monosperma*: A tradeo between seedling establishment and pod dispersal eciency. **Oikos**, v. 60, p. 3-6. 1991.
- HARPER, J. L. Population biology of plants. **Annals of Botany**. London: Academic Press, v. 42, n. 181, Sep. 1978.h
- HENSEN, I.; MÜLLER, C. Experimental and structural investigations of anemochorous dispersal. **Plant Ecology**, v. 133, n. 2, p. 169–180, Dec. 1997.
- HOLLANDER, J. L.; WALL, S. B. V.; BAGULEY, J. G. Evolution of seed dispersal in North American Ephedra. **Evolutionary Ecology**, v. 24, n. 2, p. 333-345, Mar. 2010.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, p. 201-228, Nov. 1982.
- JARDIM, A. V. F.; BATALHA, M. A. Dispersal Syndromes Related to Edge Distance in Cerrado Senu Stricto Fragments of Central-Western Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 5, p. 1167-1177, Sep./Oct. 2009.
- JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. **American Naturalist**, v. 104, p. 501-528, 1970.

- JONGEJANS, E.; TELENUS, A. Field experiments on seed dispersal by wind in ten umbelliferous species (Apiaceae). **Plant Ecology**, v. 152, n. 1, p. 67–78, Jan. 2001.
- MOORING, M. S.; HART, B. L. Animal Grouping for Protection from Parasites: Selfish Herd and Encounter-Dilution Effects. **Behaviour**, v. 123, n. 3/4, p. 173-193, Dec. 1992.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented Forest: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v.10, n.2, p. 58-62, Feb. 1995.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2007. 830 p.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- SAKAI, S.; KIKUZAWA, K.; UMEKI, K. Evolutionarily stable resource allocation for production of wind-dispersed seeds. **Evolutionary Ecology**, v. 12, n. 4, p. 477-485, 1998.
- SARAVY, F. P. et al. Síndrome de dispersão em estratos arbóreos em um fragmento de floresta ombrófila aberta e densa em Alta Floresta – MT. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2003.
- SVENNING, J. C.; SKOV, S. Mesoscale distribution of understorey plants in temperate forest (Kalo, Denmark): the importance of environment and dispersal. **Plant Ecology**, v. 160, n. 2, p. 169-185, June 2002.
- TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **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**. 2007. 181 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto- SP, 2007.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3 ed. New York: Springer Verlag, 1982.

WALL, S. B. V. Effects of seed size of wind-dispersed pines (*Pinus*) on secondary seed dispersal and the caching behavior of rodents. **Oikos**, v. 100, n. 1, p. 25-34, Jan. 2003.

WILLSON, M. F. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. **Vegetation**, v. 15, p.261-280, 1993.

WRONA, F. J.; DIXON, R. W. J. Group Size and Predation Risk: A Field Analysis of Encounter and Dilution Effects. **The American Naturalist**, v. 137, n. 2, Feb. 1991.