

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

**Interação mutualista entre morcegos nectarívoros (Chiroptera) e a pata-de-vaca  
*Bauhinia holophylla* Steud. (Fabaceae) em uma área de cerrado: atração e  
recompensa**

Julia Ramos Estêvão

Orientadora: Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos

Co-orientador: Dr. Marco Aurelio Ribeiro Mello

São Carlos - SP

Março de 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

**Interação mutualista entre morcegos nectarívoros (Chiroptera) e a pata-de-vaca  
*Bauhinia holophylla* Steud. (Fabaceae) em uma área de cerrado: atração e  
recompensa**

Julia Ramos Estêvão

*Dissertação apresentada como  
requisito para a obtenção do título de  
mestre pelo Programa de Pós  
Graduação em Ecologia e Recursos  
Naturais da Universidade Federal de  
São Carlos.*

São Carlos - SP  
Março de 2009

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

E79im

Estêvão, Julia Ramos.

Interação mutualista entre morcegos nectarívoros (Chiroptera) e a pata-de-vaca *Bauhinia Holophylla* Steud. (Fabaceae) em uma área de cerrado: atração e recompensa / Julia Ramos Estêvão. -- São Carlos : UFSCar, 2009. 36 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Mutualismo. 2. Assimetria de dependência. 3. Glossophaginae. 4. Interação planta-animal. 5. Mutualismo facultativo. 6. Nectarivoria. I. Título.

CDD: 577.852 (21<sup>a</sup>)

**Julia Ramos Estêvão**

**Interação mutualista entre morcegos nectarívoros (Chiroptera) e a pata-de-vaca  
*Bauhinia Holophylla* Steud. (Fabaceae) em uma área de cerrado: atração e  
recompensa**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

**Aprovada** em 09 de março de 2009

**BANCA EXAMINADORA**

Presidente



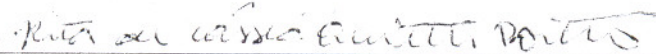
Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos  
(Orientadora)

1º Examinador



Prof. Dr. João Juarez Soares  
PPGERN/UFSCar

2º Examinador



Profa. Dra. Rita de Cássia Quitete Portela  
UERJ/Rio de Janeiro-RJ



Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos  
Coordenadora  
PPGERN/UFSCar

*Dedico a dissertação às pessoas que  
nunca duvidaram da minha  
capacidade: mãe, pai, irmão, Kakel,  
Lena, Dalva, Rei e Marco.*

## Agradecimentos

Às pessoas que me ajudaram nos dias de campo, mesmo que o trabalho que fizemos não tenha sido incluído aqui: Natália A. de Souza, Renata de L. Muylaert, Isabelle do Santos, Augusto, Maristela, Valmir e em especial Raquel Negrão Baldoni e Marcelo Boccia Leite, que vão a campo cantando, o que facilita absurdamente o trabalho.

Aos meus pais e irmão, que me ajudaram a passar pelos momentos turbulentos do meu mestrado.

Aos amigos sempre do meu lado, pela companhia, força, ajuda e ouvido: Helena, Raquel, Natália, Elizandra, Mariana, Carolina, Camila R., Ana Paula, Luciana, Patrícia, Pauline, Cíntia, Camila B., Otoniel, Vinícius.

Aos colegas do projeto Morcegos e Frutos (Flávia, Patrícia e Tiago) e do laboratório de Ecologia e Conservação, em especial Isabelle, Talita, Isabela e Rafael.

Ao Marco Mello, por ter me aceitado como co-orientanda tão prontamente e ter me ajudado taaanto (muitos “a”s necessários).

Sem todas essas pessoas o meu trabalho seria muito mais difícil e muito mais triste. No entanto, por último, agradeço às duas pessoas sem as quais eu nunca poderia terminar meu trabalho: Dalva Maria da Silva Matos, minha orientadora, que acreditou em mim desde antes de eu ser sua aluna, me deu a chance de trabalhar com ela, me deu apoio sempre que eu precisei e foi sempre muito legal e Reinaldo Chaves Teixeira, que além de ser colega de laboratório e companhia constante de campo e de sempre me ajudar com qualquer dúvida a respeito do meu trabalho, se tornou um amigo muito especial, um irmão, de quem eu nunca vou deixar de sentir saudades ou de amar.

Muito obrigada!

## Sumário

Resumo.....	página 6
Abstract.....	página 7
1. Introdução geral.....	página 8
1.1. O cerrado.....	página 8
1.2. O gênero <i>Bauhinia</i> .....	página 9
1.3 Morcegos.....	página 10
1.4 Área de estudo.....	página 10
1.5 Bibliografia.....	página 11
2. Artigo.....	página 15

**RESUMO:** (Interação mutualista entre morcegos nectarívoros (Chiroptera) e a pata-de-vaca *Bauhinia holophylla* Steud. (Fabaceae) em uma área de cerrado: atração e recompensa) Nos mutualismos facultativos, espécies competem fortemente entre si por parceiros. Portanto, espera-se que plantas simpátricas e polinizadas por uma mesma guilda de animais invistam muito na atração dos parceiros. Investigamos a interação entre a pata-de-vaca *Bauhinia holophylla* e seus polinizadores, a fim de testar se: (1) essa planta é visitada principalmente por morcegos e se ela garante a atração dos morcegos através de características florais tipicamente quiropterófilas e (2) os morcegos visitantes ajustam seu comportamento de forrageio ao padrão temporal de oferta de néctar pelas flores. Trabalhamos em uma área de cerrado no sudeste do Brasil, registrando os visitantes florais e seu padrão de forrageio. Determinamos a produção do néctar e o padrão horário de variação na sua concentração. Três espécies de morcegos foram os principais visitantes legítimos. As características florais de *Bauhinia holophylla* seguiram predições da teoria da síndrome da quiropterofilia: forma de pincel, cor branca, odor adocicado, antese crepuscular, produção de néctar noturna e exposição na folhagem. Os morcegos fizeram mais visitas ao anoitecer, havendo diferenças nos horários principais de sobrevôo, vistoria e visitação. A concentração de solutos no néctar era sempre alta no início da noite e depois diminuía. Os morcegos não concentraram suas visitas às flores nos horários de maior concentração do néctar. Concluímos que nesta interação a dependência é assimétrica, seguindo o padrão de outros mutualismos facultativos, pois *Bauhinia holophylla* depende dos morcegos para sua polinização, mas estes parecem não depender exclusivamente dela para sua alimentação.

Palavras-chave: assimetria de dependência; Brasil; Glossophaginae; interações planta-animal; mutualismo facultativo; nectarivoria.



**ABSTRACT:** (Attraction and reward of nectar-feeding bats (Chiroptera: Phyllostomidae) by the plant *Bauhinia holophylla* (Fabaceae) in a Brazilian savanna) In facultative mutualisms, species compete strongly with each other for partners. It is expected that sympatric plant species pollinated by the same guild of animals invest heavily in attracting partners. Thus, we investigated interactions between *Bauhinia holophylla* and bats to test whether: (1) this plant is visited mostly by bats and if it assures attraction of bats through typically chiropterophilic floral traits; and (2) bats adjust their foraging behavior to the temporal pattern of nectar production by flowers. We worked in a Cerrado area in southeastern Brazil, recording floral visitors and their foraging pattern. We determined nectar production and how its concentration varied throughout the night. Three species of bats were the main legitimate visitors. *Bauhinia holophylla* floral characteristics followed predictions of the chiropterophily syndrome: brush format, white color, sweet odor, crepuscular anthesis, nocturnal nectar production and flowers exposed on branches. Bats visited flowers more often at dusk, there were differences in the main hours of overflight, reconnaissance flight and visitation. Solute concentration in nectar was always highest at the beginning of the night and fell gradually thereafter. Bats did not visit more flowers when nectar concentration was higher. We conclude that in this interaction dependence is asymmetric, following patterns of other facultative mutualisms, because *Bauhinia holophylla* depends on bats for its pollination, but bats presumably do not depend on it for food.

Key words: asymmetry of dependence; Brazil; Glossophaginae; plant-animal interaction; facultative mutualism; nectarivory.

## 1. Introdução geral

### 1.1. O cerrado

A savana brasileira é denominada cerrado e cobre aproximadamente 23% do território central do Brasil, o que representa 2 milhões de km<sup>2</sup> (área maior que a Europa ocidental), só perdendo em tamanho para o território coberto pela floresta amazônica (Ratter *et al.* 1997). As suas diferentes fisionomias recebem nomes distintos: áreas cobertas por herbáceas sem arbustos ou árvores, são chamadas de campo limpo; áreas cobertas por herbáceas com arbustos e pequenas árvores espalhadas difusamente são denominadas campo sujo; locais onde há numerosos arbustos e árvores com grande cobertura de herbáceas são chamados campo cerrado; quando a vegetação é obviamente dominada por arbustos e árvores, mas ainda há certa cobertura por herbáceas, denomina-se cerrado *sensu stricto* e, por último, dá-se o nome de cerradão para áreas onde árvores com 12 a 15m ou mais dominam a vegetação, impedindo que haja grande cobertura de vegetação rasteira (Durigan & Ratter 2006).

O cerrado estende-se das margens da floresta amazônica até o Estado de São Paulo, ocupando 20° de latitude e uma faixa de altitude que varia do nível do mar até 1800 m (Ratter *et al.* 1997). Poucas pessoas notam que, além das florestas tropicais úmidas, o país também contém uma enorme savana de grande riqueza específica e endêmica, ainda mais ameaçada que a Amazônia (Ratter *et al.* 1997) e, portanto, está enquadrado entre os *hotspots* mundiais (Myers *et al.* 2000). Trata-se de 186 anfíbios habitando o cerrado, dos quais 28 são endêmicos, 195 mamíferos (14 endêmicos), 607 pássaros (17 endêmicos),

225 répteis, dos quais 33 são endêmicos, 800 peixes de água doce (200 endêmicos) e 10.000 plantas, das quais 4.400 são endêmicas (*Conservation International* 2007).

## 1.2. O gênero *Bauhinia*

O gênero *Bauhinia* L., de nome popular pata-de-vaca ou unha-de-boi (Silva & Lechinel Filho 2002), de acordo com *The International Plant Names Index* (2007), pertence à família Fabaceae, subfamília Caesalpinioideae. Trata-se de um gênero pantropical, com aproximadamente 300 espécies (Vaz & Tozzi 2003). No Brasil, existem mais de 200 espécies do gênero, entre arbóreas, arbustivas e lianas (Vaz & Tozzi 2005). As flores de Caesalpinioideae são abertas, em geral, com néctar disponível e pólen exposto para vetores de pólen especializados ou não (Hokche & Ramirez 1990). *Bauhinia* ocorre em fitofisionomias campestres de cerrado, em cerradão e em cerrado típico (Durigan *et al.* 2004). É também característica de floresta pluvial Atlântica (Lorenzi 1992) e de mata semidecídua de altitude, ocorrendo nesta com frequência elevada e com dispersão bastante irregular e descontínua (Lorenzi 1998). *Bauhinia holophylla* Steud. encontra-se distribuída no Paraguai e no Brasil, nos estados de Rondônia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Paraná e no Distrito Federal, habitando floresta estacional, cerradão, campo cerrado, campo e cerrado *strictu sensu* (Vaz & Tozzi 2003). A espécie apresenta flores zigomorfas, do tipo pincel, com perianto geralmente reflexo, cálice esverdeado, corola branca; muitos estames na porção inferior da flor e estigma amplo com anteras introrsas (Teixeira 2003). Suas flores, delicadas e com pedicelos pouco flexíveis, apresentam antese noturna com duração de uma noite, que se inicia em torno das 18 ou 19 horas e demora até 30 minutos para completa abertura das flores; a abertura das anteras acontece simultaneamente com a liberação de pólen e a receptividade do estigma (Teixeira, 2003). Em cinco ou seis horas, as anteras secam e

não apresentam mais pólen, o estigma continua receptivo, a produção de néctar pela flor diminui (Teixeira 2003).

Estudos do gênero *Bauhinia* são raros, muitos tratam de seus usos medicinais (Azevedo *et al.* 2006, Menezes *et al.* 2007). No entanto, o gênero vem sendo tratado em relação a aspectos da sua ecologia: biologia floral e sistema reprodutivo (Ramirez *et al.* 1984), biologia floral e polinização (Bergallo 1990) e ainda, no que diz respeito à interação do gênero com animais na produção de sementes (Heithaus *et al.* 1982) e interação com morcegos nectarívoros (Heithaus *et al.* 1974, Fisher 1992, Silva *et al.* 1997). Algumas síndromes de polinização aparecem no gênero *Bauhinia*: quiropterofilia (Heithaus *et al.* 1974, Fisher 1992, Silva *et al.* 1997, Teixeira 2003), esfingofilia (Munin *et al.* 2008) e ornitofilia (Ferreira *et al.* 2005).

### 1.3. Morcegos

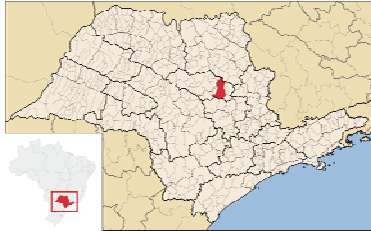
A síndrome da quiropterofilia (polinização por morcegos) foi descrita por Faegri & van der Pijl (1982) e plantas que a apresentam possuem morfologia e fisiologia compatíveis com o comportamento dos morcegos nectarívoros que visitam suas flores e, geralmente, as polinizam (Helversen 1993). Os Microchiroptera ocorrem em toda a extensão do território nacional, habitando os pampas gaúchos, a mata atlântica, o pantanal, o cerrado, o nordeste, floresta amazônica e áreas urbanas (Reis *et al.* 2007). Na família Phyllostomidae encontram-se muitas espécies consideradas nectarívoras, já que apresentam dieta baseada em recursos florais tais como pólen e néctar, como as espécies da subfamília Glossophaginae. (Tschapka & Dressler 2002). Os morcegos Glossophaginea apresentam adaptações comportamentais para garantir eficiência e economia durante o forrageio (Helversen 1993).

Algumas espécies muito conhecidas polinizadas por morcegos são pequi, abacateiro, goiabeira, mangueira e bananeira (Reis *et al.* 2007).

#### 1.4. Área de Estudo

Fizemos as observações em área não urbanizada do *campus* de São Carlos da Universidade Federal de São Carlos, no Estado de São Paulo (21° 58' e 22° 00' S e 47° 51' e 47° 52' L) (figura 1). A área constitui-se de aproximadamente 222,73 ha de silvicultura de *Eucalyptus sp*, 128,4 ha de cerrado, 93,84 ha de eucaliptais com sub-bosque de cerrado, 83,67 ha compostos por represas, trilhas e campos alterados e 3,6 ha de matas ciliares; sua altitude varia de 815 m a 895 m (Santos *et al.* 1996). O clima da região é caracterizado, de acordo com o sistema de Koeppen, como Cwa.i—Awi, ou seja, clima com inverno seco e quente, com transição para clima tropical com inverno seco e verão úmido (Tolentino 2007). O local onde realizamos as observações é área de cerrado *sensu strictu*.

Figura 1: A cidade de São Carlos (foto pequena) e o *campus* da UFSCar com a localização da área de estudo demarcada (foto grande e círculo branco, respectivamente).





## 1.5 Bibliografia

Azevedo, C. R., Maciel, F. M., Silva, L. B., Ferreira A. T. S., Cunha, M. da, Machado, O.

L. T., Fernandes, K. V. S., Oliveira, A. E. A, Xavier-Filho, J. 2006. “Isolation and intracellular localization of insulin-like proteins from leaves of *Bauhinia variegata*.”

*Med. Biol. Res.* 39:1435-1444.

Bergallo, H. de G. 1990. “Biologia floral e polinização de *Bauhinia bongardii* Steud na

Serra dos Carajás, Pará.” *Ver. Brasil. Biol.*, 50(2): 401-405.

Durigan, G., Baitello, J. B., Franco, G. A. D. C., Siqueira, M. F. de. 2004. “Plantas do

cerrado paulista - Imagens de uma paisagem ameaçada”. *Páginas e Letras Editora e Gráfica*, São Paulo, SP.

Durigan, G. & Ratter J. A. 2006. Sucescional changes in cerrado and cerrado/forest

ecotonal vegetation in western São Paulo state, Brazil, 1962—2000. *Edinburgh Journal of Botany* 63 (1): 119-130.

Ferreira, R. C., Machado, A. A., Caxambu, M. G., Ide, A. L. 2005. Levantamento de

espécies de aves e das espécies vegetais forrageadas na estação ecológica do cerrado em Campo Mourão—PR. *Atualidades Ornitológicas* 127: 28-42.

Fischer, E. A. 1992. "Foraging of nectarivorous bats on *Bauhinia unguolata*". *Biotropica* 24(4): 579-582.

Heithaus, E. R., Opler, P. A., Backer, H. G. 1974. "Bat activity and pollination of *Bauhinia pauletia*: plant – pollinator coevolution". *Ecology* 55: 412-419.

Heithaus, E. R., Stachko, E., Anderson, P. K. 1982. "Cumulative effects of plant-animal interactions on seed production by *Bauhinia unguolata*, a neotropical legume". *Ecology*, 63(5): 1294-1302.

Helversen, O. 1993. Adaptations of flowers to the pollination by Glossophagine bats. In: W. Barthlott, C. M. Naumann, K. Schmidt-Loske, & K. L. Schuchmann (eds.), Animal-plant Interactions in Tropical Environment. Pp.41-59, Annual Meeting of German Society for Tropical Ecology held at Bonn, Zoologisches Forschungsinstitut and Museum Alexander Koenig, Bonn.

Hokche, O., Ramirez, N. 1990. "Pollination ecology of seven species of *Bauhinia* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae)." *Ann. Missouri Bot. Gard.* 77: 559-572.

Lorenzi, H. 1992. "Árvores Brasileiras". Vol. 1 *Ed. Plantarum Ltda.* Nova Odessa, SP.

Lorenzi, H. 1998. "Árvores Brasileiras". Vol. 2 *Ed. Plantarum Ltda.* Nova Odessa, SP.

Menezes, F. S., Mintu A. B. M., Ruela, H. S., Kurtes, R. M., Sheridan, H., Frankish, N. 2007. "Hypoglycemic activity of two Brazilian *Bauhinia* species: *B. fortificata* L. and *B. monandra* Kurz." *Revista Brasileira de Farmacognosia* 17(1): 08-13.

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

Ramirez, N., Sobrevila, C. Enrich, N. X. de, Ruiz-Zapata, T. 1984. "Floral biology and breeding system of *Bauhinia benthamiana* Taub. (Leguminosae), a bat-pollinated tree in Venezuelan 'llanos'". *Amer. J. Bot.* 71(2): 273-280.

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

Reis, N. R. dos, Shibatta, O. A., Peracchi A. L., Pedro W. A., Lima, I. P. de. 2007. Morcegos do Brasil. Londrina.

Santos, J. E.; Paese, A.; Pires, J. S. R. 1996. Unidades da Paisagem (Biótopos) do campus da USFCar. [www.lapa.ufscar.br](http://www.lapa.ufscar.br)

Silva, K. L. da, Lechinel Filho, V. 2002. "Plantas do gênero *Bauhinia*: composição química e farmacológica." *Quim. Nova* 25(3): 449-454.

Silva, S. S. P. da, Peracchi, A. L., Aragão, A. O. 1997. “Visita de *Glossophaga soricina* (Pallas 1766) às flores de *Bauhinia cupulata* Benth (Leguminosae, Caesalpinoideae)”. *Rev. Brasil. Biol.*, 57(1): 89-92.

Teixeira, R. C. 2003. Forrageamento de morcegos Phyllostomidae em espécies quiropterófilas de remanescente urbano de cerrado, Mato Grosso do Sul. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

Tschapka, M. & Dressler, S., 2002, Chiropterophily: on bat-flowers and flowers bats. Royal Botanical Garden **Kew**: 114-125.

Vaz, A. M. S. F., Tozzi, A. M. G. A. 2003. “*Bauhinia* ser. *Canseria* (Leguminosae: Caesalpinoideae no Brasil).” *Rodriguésia* 54: 55-143.

Vaz, A. M. S. F., Tozzi, A. M. G. A. 2005. “Sinopse de *Bauhinia* sect. *Pauletia* (Cav.) DC. (Leguminosae: Caesalpinoideae: Cercidae) no Brasil.” *Revista Brasileira de Botânica* 28 (3): 477-491.

[www.ipni.org](http://www.ipni.org) The International Plant Names Index. Acesso em 27 de setembro de 2007.

[www.biodiversityhotspot.org](http://www.biodiversityhotspot.org) Conservation International. Acesso em 1 de outubro de 2007.

**Atração e Recompensa de Morcegos Nectarívoros (Chiroptera: Phyllostomidae)  
pela pata-de-vaca *Bauhinia holophylla* (Fabaceae) em uma Área de Cerrado**

Julia Ramos Estêvão<sup>1,2</sup>, Reinaldo Chaves Teixeira<sup>1</sup>, Marco Aurelio Ribeiro Mello<sup>1</sup>, Dalva  
Maria da Silva Matos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botânica, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington  
Luís, km 235, São Carlos, São Paulo, Brasil. CNPq.

<sup>2</sup> [juliraes@yahoo.com](mailto:juliraes@yahoo.com)

## 2.1. Introdução

O mutualismo é uma interação entre organismos de espécies diferentes, na qual ambos se beneficiam (Boucher *et al.* 1982). Nos mutualismos facultativos entre plantas e animais, normalmente há assimetria de dependência, ou seja, quando um parceiro depende de outro, normalmente o outro não depende do primeiro (Bascompte *et al.* 2006). Além disso, a maior parte das espécies pode interagir com múltiplos parceiros potenciais, o que aumenta a competição entre espécies com nichos similares (Bascompte & Jordano 2006), por exemplo, no caso de plantas que dependem de um mesmo grupo de polinizadores (*e.g.* malpigiáceas e abelhas coletoras de óleo, Bezerra *et al.*, in press).

Dentro desse contexto de competição por um mesmo polinizador, algumas espécies do gênero *Bauhinia* (Fabaceae: Caesalpinoideae) têm sido enquadradas no modelo da “síndrome da quiropterofilia” (Faegri & van der Pijl 1982), ou seja, possuem características morfológicas e fenológicas típicas de flores que são polinizadas principalmente por morcegos (Munin *et al.* 2008). Esse parece ser também o caso da pata-de-vaca *Bauhinia holophylla* (Bicalho *et al.* 2005, Teixeira 2003) que ocorre do Paraguai ao Brasil, principalmente no Centro-Oeste e Sudeste, habitando florestas estacionais e cerrados (Vaz & Tozzi 2003).

No presente trabalho, nosso objetivo foi investigar a estrutura da interação de polinização entre *B. holophylla* e morcegos nectarívoros. Testamos as seguintes hipóteses: (1) durante a noite, *B. holophylla* é visitada principalmente por morcegos e, portanto, essa planta investe na atração desses animais através de flores com características quiropterófilas, supondo que é vantajoso para a planta recompensar esses

visitantes; e (2) os morcegos adéquam seu comportamento de forrageio ao padrão de oferta de néctar pelas flores, partindo da premissa de que ela é seu principal alimento.

## 2.2. Métodos

O local de estudo foi uma área de cerrado que se encontra no *campus* da Universidade Federal de São Carlos, município de São Carlos, SP, sudeste do Brasil (21°57'30"-21°59'00" S; 47°53'30"-47°51'35" W). Trata-se de uma área com 124,68 ha de vegetação predominantemente de cerrado, incluindo também plantações de *Pinus*, *Eucalyptus* e áreas de reflorestamento (Santos *et al.* 1996). Coletamos os dados entre novembro de 2007 e janeiro de 2008 (verão). O clima da região é caracterizado, de acordo com o sistema de Koeppen, como Cwa.i—Awí, ou seja, clima com inverno seco e quente, com transição para clima tropical com inverno seco e verão úmido (Tolentino 2007). Esperávamos que morcegos visitassem freqüentemente *B. holophylla*, uma vez que a visitação da espécie por morcegos já foi observada em Campo Grande (Teixeira 2003). Para testarmos essa previsão, armamos duas redes de neblina (6x2 m) antes do por-do-sol em frente a dois indivíduos diferentes de *B. holophylla* com flores abertas por uma noite e identificamos todos os visitantes capturados nas redes, que desmontamos após o amanhecer. Refizemos capturas por três noites, nunca repetindo os mesmos indivíduos de *B. holophylla*, totalizando seis indivíduos cujos visitantes foram capturados. Os morcegos capturados foram identificados<sup>1</sup> e libertados após a identificação; não sacrificamos os animais.

---

<sup>1</sup> A identificação dos morcegos foi realizada por Reinaldo Chaves Teixeira. Seu nome não aparece no corpo do texto, uma vez que ele é também co-autor do artigo enviado à revista.

Descrevemos as características das flores de *B. holophylla* para testarmos se ela realmente se enquadra na síndrome da quiropterofilia. Supondo que *B. holophylla* fosse visitada principalmente por morcegos, esperávamos características florais típicas da síndrome de quiropterofilia (de acordo com Faegri & van der Pijl 1982): (1) produção de néctar, que representa a melhor recompensa para os morcegos; (2) abertura das flores depois do crepúsculo, evitando assim que animais diurnos entrem em competição com os noturnos; (3) produção noturna de néctar, pelo mesmo motivo anterior. Além disso, as flores deveriam ter características que permitissem o acesso de certos morcegos e restringissem o acesso de outros organismos, tais como: (4) pétalas delicadas, evitando assim predadores de tecido floral e grandes morcegos; (5) com coloração branca ou verde pálido, evitando organismos que sejam atraídos por coloração conspícua; (6) estames em forma de pincel e expostos na folhagem, facilitando a aproximação de morcegos e o contato com o pólen durante o vôo; (7) odor adocicado, facilitando a localização por morcegos.

Supusemos que cada flor de *B. holophylla* oferecia uma quantidade de néctar muito pequena para satisfazer as necessidades nutricionais de um morcego nectarívoro, que necessita, por dia, de aproximadamente 15,5 ml de néctar com concentração de soluto em torno de 20 por cento (von Helversen & Reyer 1984). Portanto, hipotetizamos que os morcegos deveriam otimizar seu forrageio em *B. holophylla* de alguma forma, caso essas flores fossem o único ou um dos poucos recursos consumidos por eles durante o período de observação. Desta forma, previmos que deveria ocorrer um maior número de visitas de morcegos às flores de *B. holophylla* nos horários em que a concentração de solutos no néctar fosse maior. Para testarmos essa previsão, observamos sete indivíduos distintos de



*B. holophylla* do crepúsculo vespertino ao crepúsculo matutino por uma noite cada um, totalizando 77 h de observação. Os indivíduos foram escolhidos de acordo com a presença de botões em pré-antese antes do anoitecer. Nunca repetimos os indivíduos observados. Todas as flores abertas naquela noite foram observadas. O número máximo de flores abertas por indivíduo em noite de observação foi de quatro. Para realizarmos as observações, nos posicionamos a dois metros do indivíduo fazendo observações sem iluminação artificial e nos sentamos de modo que as flores abertas ficassem contra o céu (para facilitar a visualização dos morcegos). Registramos os diferentes comportamentos efetuados em cada interação dos morcegos com as flores utilizando um gravador digital. Classificamos as interações em: sobrevôo, quando o morcego sobrevoou a árvore, sem se aproximar das flores; vistoria, quando o morcego se aproximou da flor, sem, no entanto, utilizar-se dos recursos dela; e visita, quando o morcego se aproximou da flor e fez contato com ela, utilizando-se de seus recursos. Os indivíduos de morcegos que interagiram com as plantas não tiveram sua espécie identificada, uma vez que as interações ocorreram muito rapidamente e que a captura de indivíduos afetaria o seu comportamento ao longo da noite. O comportamento dos morcegos em relação à planta foi fotografado, como forma de ajudar na descrição da interação, por Rodrigo Z. Damiano. Utilizamos estatísticas circulares, no caso o teste de Rayleigh (Zar 1996) para testar se os diferentes comportamentos tinham concentração em um determinado horário da noite.

Para determinarmos a variação na concentração de solutos no néctar das flores ao longo da noite, ensacamos flores de 15 indivíduos de *B. holophylla* antes da sua antese e coletamos o néctar utilizando uma seringa de insulina, de duas em duas horas, por uma

noite. Determinamos a concentração de solutos no néctar a cada duas horas usando um refratômetro de bolso; medimos o volume de acordo com o quanto da seringa o néctar coletado preenchia. Calculamos também a correlação entre a concentração de solutos no néctar e o número de sobrevôos, vistorias ou visitas realizadas por morcegos às flores.

### 2.3. Resultados

No que diz respeito aos visitantes de *B. holophylla*, capturamos oito indivíduos de *Glossophaga soricina* Pallas 1766, três indivíduos de *Phyllostomus discolor* Wagner 1843, um indivíduo de *Anoura caudifer* E. Geoffroy 1818 e dois indivíduos de mariposas da família Sphingidae, que foram coletadas e congeladas. Não foram identificadas além da família, uma vez que o grupo não fazia parte do estudo. Além disso, observamos gafanhotos alimentando-se de botões fechados da espécie e visitas por formigas em alguns botões.

Observando as características florais que poderiam determinar a síndrome de polinização de *B. holophylla*, vimos que suas flores apresentaram antese crepuscular, produção noturna de néctar, odor adocicado intenso, pétalas delicadas e brancas, estames em forma de pincel (figura 2). Suas inflorescências são expostas na folhagem.

FIGURA 2

Flor de *Bauhinia holophylla*. Características morfológicas indicam quiropterofilia: pétalas delicadas de coloração branca, estames em forma de pincel expostos na folhagem. Fotografia de Natália Allenspach de Souza. Repare que na foto, o estigma é menor do que os estames, a flor é masculina.



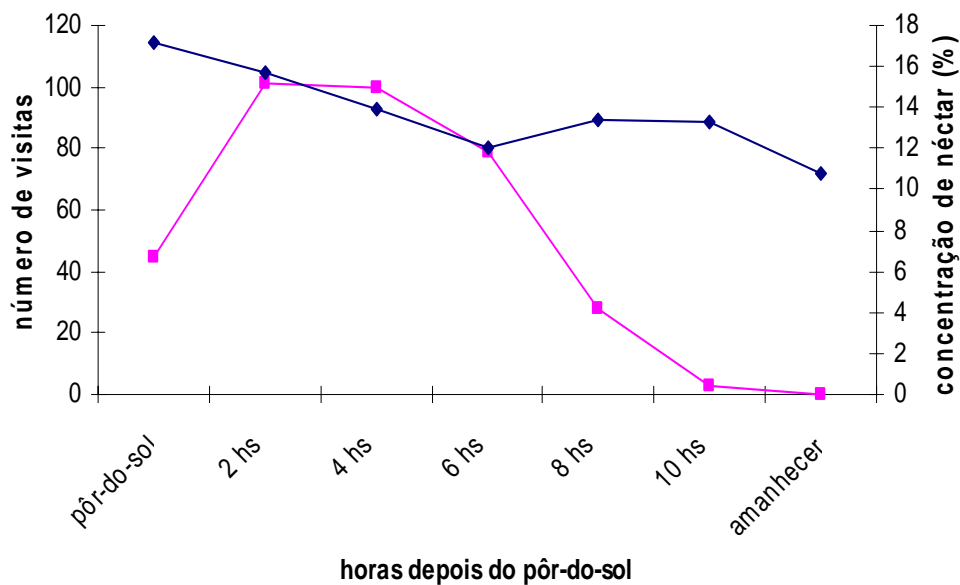
O volume de néctar produzido pelas flores foi de 23  $\mu$ l aproximadamente no momento da antese da flor e decaiu constantemente durante a noite, chegando a 0,5  $\mu$ l no amanhecer. A média de produção de néctar durante a noite foi de  $16,7 \pm 4,6$   $\mu$ l. A concentração de solutos no néctar iniciou-se em torno de 17 por cento no momento da

antese e terminou em 11 por cento no amanhecer do dia, sua média de concentração foi de  $16,1 \pm 2,5$  por cento de desvio padrão (figura 3).

As visitas dos morcegos às flores começaram após o pôr-do-sol, quando ocorreu a antese floral. A frequência da interação aumentou conforme a noite foi passando, chegando ao seu pico em torno das duas horas da madrugada e diminuindo conforme a noite foi terminando, chegando à zero interação perto das sete horas da manhã, quando o dia começou a raiar (figura 3). Todos os morcegos observados eram da mesma família.

FIGURA 3

Variação na concentração de solutos no néctar de *Bauhinia holophylla* durante a noite (linha azul) e variação no número de visitas efetuadas por morcegos em flores de *Bauhinia holophylla* (linha rosa).



Não houve correlação entre o número de interações e a concentração do néctar ( $r^2=0,22$ ,  $p=0,3$ ). Em duas noites (22 h) não ocorreu nenhuma visita de morcego aos indivíduos observados. Foram observadas 716 interações entre morcego e *B. holophylla*, 57 interações feitas por mariposas Sphingidae e duas, feitas por mariposas Noctuidae. As mariposas Sphingidae interagem com a planta pairando frente às flores ou pousando no hipanto, enquanto os morcegos as tocavam enquanto sugavam néctar em vôo adejado, colocando seu abdômen em contato com os estames e o estigma da flor (Figura 1). Das 716 interações observadas dos morcegos com as plantas, os comportamentos observados foram 225 sobrevôos (figura 4), 135 vistorias (figura 5) e 356 visitas (figura 6). O pico de sobrevôos ocorreu em torno das 22 hs, e um segundo pico, menor que o primeiro, próximo das 2 hs da manhã. Já as vistorias ocorreram em sua maioria entre as 22 e 24 hs e diminuiu depois disso. A única categoria de comportamento observada depois das 4 hs da manhã foi a visita, que teve sua concentração de ocorrência entre as 22 e 24 hs.

FIGURA 4

Sobrevôos efetuados por morcegos em indivíduos de *Bauhinia holophylla* durante a noite.  $Z = 4,781$ .  $P = 0,007$ .  $r = 0,44$ . Variância circular = 0,56. Concentração = 0,97.

1: 20:00 hs; 2: 22:00 hs; 3: 24:00 hs; 4: 02:00 hs; 5: 04:00 hs; 6: 06:00 hs.

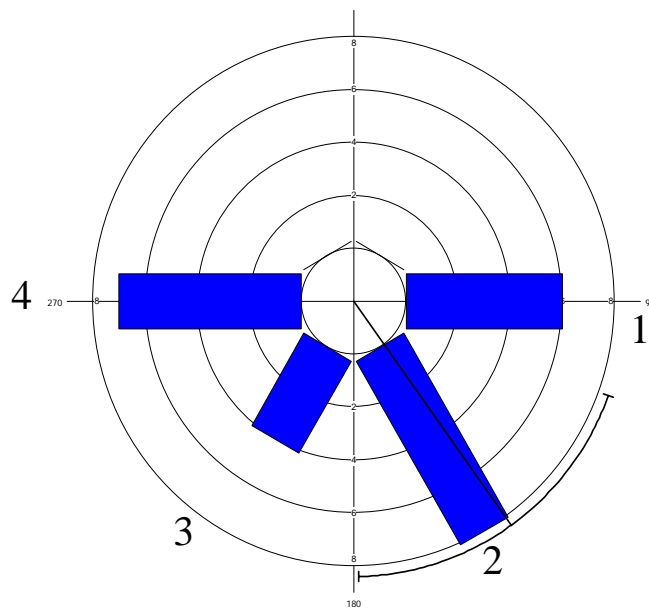


FIGURA 5

Vistorias efetuadas por morcegos em indivíduos de *Bauhinia holophylla* durante a noite.

$Z = 9,626$ .  $p < 0,001$ .  $r = 0,597$ . Variância circular = 0,403. Concentração = 1.497.

1: 20:00 hs; 2: 22:00 hs; 3: 24:00 hs; 4: 02:00 hs; 5: 04:00 hs; 6: 06:00 hs.

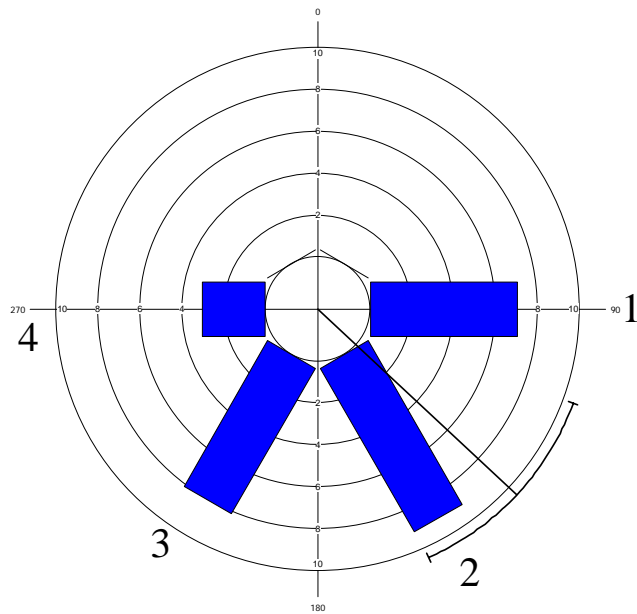
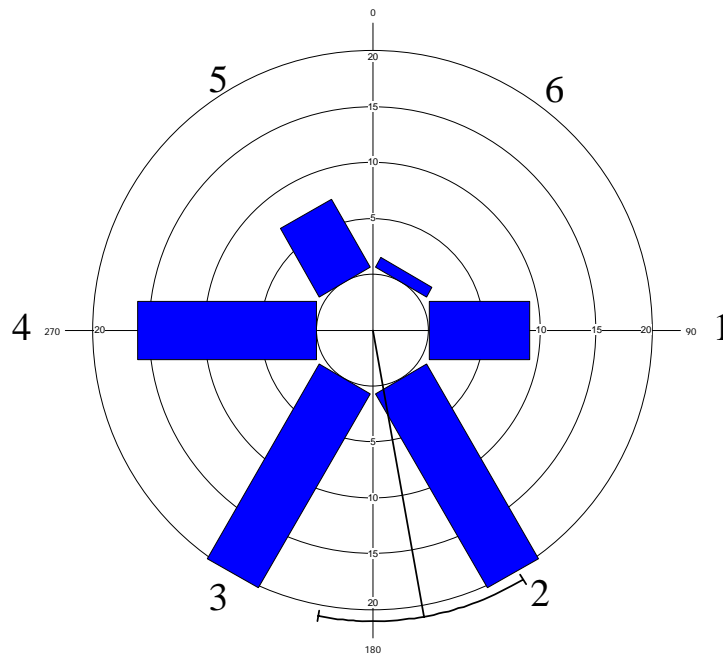


FIGURA 6

Visitas efetuadas por morcegos em indivíduos de *Bauhinia holophylla* durante a noite.  $Z$

= 13,039.  $p < 0,001$ .  $r = 0,423$ . Variância circular = 0,577. Concentração = 0,932.

1: 20:00 hs; 2: 22:00 hs; 3: 24:00 hs; 4: 02:00 hs; 5: 04:00 hs; 6: 06:00 hs.





## 2.4. Discussão

Investigando a relação entre *Bauhinia holophylla* e seus polinizadores, vimos que a dependência entre os organismos em questão pode ser assimétrica. A relação segue o padrão de outros mutualismos facultativos (Bascompte *et al.* 2003), uma vez que observamos que na área de estudo *B. holophylla* depende dos morcegos para sua polinização, mas estes aparentemente não dependem exclusivamente dela para sua alimentação (como já sugerido por Zortéa 2003).

As características florais apresentadas pelas flores de *B. holophylla* são típicas de plantas que apresentam a síndrome de quiropterofilia (Faegri & van der Pijl 1982). Restringem sua polinização a organismos noturnos que sejam atraídos pelo odor do néctar, o que é coerente com os organismos capturados pelas redes de neblina e confirma a sugestão feita por Bicalho *et al.* (2005). *Bauhinia holophylla* apresenta morfologia floral compatível com morcegos especializados no consumo de néctar: flores pequenas e delicadas, não apropriadas para exploração por morcegos que necessitem pousar e secreção de pequena quantidade de néctar (von Helversen 1993), o que garante visitação constante por morcegos, que acabam carregando pólen entre flores de indivíduos diferentes.

Uma vez que as mariposas não entraram em contato com os estames ou estigma das flores, não foram consideradas polinizadoras de *B. holophylla*. A produção de néctar durante toda a noite, mesmo que em concentrações e volumes variáveis, pode ser um recurso energético importante para morcegos. Morcegos nectarívoros, em geral, diferem dos demais consumidores de néctar (com exceção dos beija-flores) por não precisarem

pousar na flor, coletando o néctar em um vôo breve e adejado (Tschapka & Dressler 2002). Alguns morcegos predominantemente nectarívoros podem se alimentar de outros itens além dos recursos florais (Zortéa 2003, Tschapka 2005), o que poderia explicar o fato de as visitas de morcegos a *B. holophylla* não terem acontecido sincronizadas com o horário de produção do néctar.

Concluimos que a interação entre morcegos e *B. holophylla* parece apresentar dependência assimétrica, seguindo o padrão geral dos mutualismos facultativos, pois *B. holophylla* parece depender dos morcegos para sua polinização, mas estes não parecem depender exclusivamente dela para sua alimentação. *B. holophylla* investe muito na atração de morcegos, mas estes por sua vez possuem outras fontes de alimento, inclusive frutos. Esperamos o mesmo padrão para outras espécies de *Bauhinia* na área, devendo haver mecanismos que permitam sua coexistência mesmo com essa competição por polinizadores. Estudos futuros na área, como por exemplo, verificação da existência de outros recursos ofertados para morcegos nectarívoros no mesmo período é interessante, assim como a verificação do comportamento diurno da planta e sua relação com insetos e ou aves.

FIGURA 7

Morcego Glossophaginea (provavelmente do gênero *Glossophaga*) visitando flor de *Bauhinia holophylla*. Fotografia de Rodrigo Z. Damiano. Repare que, na foto, o estigma da flor é maior que os estames. A flor é feminina.



## 2.6. Bibliografia

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIAN, C. J. & OLESEN, J. M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **100** (16): 9383-9387.

BASCOMPTE J., JORDANO P. 2006. The structure of plant-animal mutualistic networks. In: Pascual M, Dunne J, editors. **Ecological networks. Oxford: Oxford University Press.** Pp. 143-159.

BASCOMPTE J., JORDANO P., OLESEN J. M. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. **Science** **312**(5772):431-433.

BEZERRA E. L. S., MACHADO I. C., MELLO M. A. R. A tiny world within the smallest of all worlds: pollination networks of oil-flowers. *Journal of Animal Ecology*, aceito.

BICALHO, G. O. D.; CARDOSO, M. G.; SILVA, V. F.; MUNIZ, F. R.; CASTRO, E. M. & GAVILANES, M. L. 2005. Estudo morfológico das folhas de *Bauhinia holophylla* Steud. **Caderno de Pesquisa Série Biologia** **17** (1): 13-19.

BOUCHER, D. H.; JAMES, S. & KEELER, K. H. 1982. The Ecology of Mutualism. **Annual Review of Ecology and Systematics** **13**: 315-347.

FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L., 1982, The Principles of Pollination Ecology. **Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford, England, 3º Revised Edition.** 244 p.

MUNIN, R. L.; TEIXEIRA, R. C., SIGRIST, M. R. 2008. Esfingofilia e sistema de reprodução de *Bauhinia curvula* Benth. (Leguminosae: Caesalpinioideae) em cerrado no Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica** 31(1): 15-25.

SANTOS, J. E.; PAESE, A.; PIRES, J. S. R. 1996. Unidades da Paisagem: Biótopos do *campus* da USFCar.

TEIXEIRA, R. C. 2003. Forrageamento de morcegos Phyllostomidae em espécies quiropterófilas de remanescente urbano de cerrado, Mato Grosso do Sul. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

TOLENTINO, M. 2007. Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos. EDUFSCar, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Carlos, 76 p.

TSCHAPKA, M. & DRESSLER, S., 2002, Chiropterophily: on bat-flowers and flowers bats. **Royal Botanical Garden Kew:** 114-125.

TSCHAPKA M. 2005. Reproduction of the bat *Glossophaga commissarisi* (Phyllostomidae: Glossophaginae) in the Costa Rican rain forest during frugivorous and nectarivorous periods. *Biotropica* 37(3): 408–414.

VAZ, A. M. S. F., TOZZI, A. M. G. A. 2003. “*Bauhinia* ser. *Canseria* (Leguminosae: Caesalpinioideae no Brasil).” *Rodriguésia* 54: 55-143.

VON HELVERSEN, O. & REYER, H. U. 1984. Nectar intake and energy expenditure in a flower visiting bat. **Oecologia** 63: 178-184.

VON HELVERSEN, O. 1993. Adaptations of flowers to the pollination by Glossophagine bats. In: W. Barthlott, C. M. Naumann, K. Schmidt-Loske, & K. L. Schuchmann (eds.), **Animal-plant Interactions in Tropical Environment**. Pp.41-59, Annual Meeting of German Society for Tropical Ecology held at Bonn, Zoologisches Forschungsinstitut and Museum Alexander Koenig, Bonn.

ZAR, J. H. 1996. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice-Hall.

ZORTÉA, M. 2003. Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian cerrado. **Brazilian Journal of Biology** 63 (1): 159-168.