

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

**Francielle Paulina de Araújo**

**“A comunidade de plantas utilizadas e suas interações  
com beija-flores em uma área de Cerrado, Uberlândia -  
Minas Gerais”**

Tese apresentada ao Instituto de Biologia  
para obtenção do título de Doutor em  
Ecologia

Orientadora: Profa. Dra. Marlies Sazima

Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira

CAMPINAS  
2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP**

<b>Ar12c</b>	<p>Araújo, Francielle Paulina de A comunidade de plantas utilizadas e suas interações com beija-flores em uma área de Cerrado, Uberlândia, Minas Gerais. / Francielle Paulina de Araújo. – Campinas, SP: [s.n.], 2010.</p> <p>Orientadores: Marlies Sazima, Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.</p> <p>1. Cerrados. 2. Beija-flor. 3. Néctar. 4. Capacidade suporte ecológica. 5. Mimetismo (Biologia). I. Sazima, Marlies. II. Oliveira, Paulo Eugênio Alves Macedo de. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. IV. Título.</p> <p>(rcdt/ib)</p>
--------------	---

**Título em inglês:** The community of used plants and its interactions with hummingbirds in a Cerrado area, Uberlândia - Minas Gerais, Brazil.

**Palavras-chave em inglês:** Cerrados; Hummingbirds; Nectar; Ecological carrying capacity; Mimicry (Biology).

**Área de concentração:** Ecologia.

**Titulação:** Doutorado em Ecologia.

**Banca examinadora:** Marlies Sazima, João Semir, Andréa Cardoso Araujo, Edivani Villaron Franceschinelli, Kayna Agostini.

**Data da defesa:** 26/07/2010.

**Programa de Pós-Graduação:** Ecologia.

**Campinas, 26 de Julho de 2010**

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Dra Marlies Sazima (Orientadora)**

  
Assinatura

**Prof. Dr. João Semir**

  
Assinatura

**Profa. Dra. Andréa Cardoso Araujo**

  
Assinatura

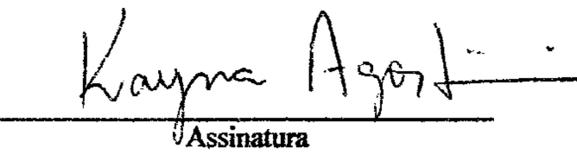
**Prof. Dr. Wesley Rodrigues Silva**

\_\_\_\_\_  
Assinatura

**Profa. Dra .Edivani Villaron Franceschinelli.**

  
Assinatura

**Profa. Dra. Kayna Agostini**

  
Assinatura

**Profa. Dra. Eliana Regina Forni-Martins**

\_\_\_\_\_  
Assinatura

**Prof. Dr. Paulo Sergio Oliveira**

\_\_\_\_\_  
Assinatura

*“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar.  
É melhor tentar, ainda que em vão que sentar-se, fazendo nada até o final.  
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias frios em casa me esconder.  
Prefiro ser feliz embora louco, que em conformidade viver”.*

(Martin Luther King)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pela ajuda divina, inspiração e proteção concedida para a realização deste doutorado. “Nunca me deixes esquecer que tudo o que tenho tudo o que sou, o que vier a ser vem de Ti, Senhor”.

Agradeço aos meus queridos pais pelo suporte emocional, carinho e compreensão que foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui. Vocês venceram comigo mais esta etapa!

Um agradecimento especial à professora Dra. Marlies Sazima primeiro, por ser fonte de inspiração para meus estudos e segundo, por ser uma excelente orientadora, dando todo suporte e motivação necessários em todos os momentos durante meu doutoramento. Também agradeço a amizade e paciência, por ter direcionado meus passos e apresentado com carinho as muitas cartas de recomendação que lhe pedi durante estes quatro anos.

Ao professor Dr. Paulo Eugênio pela co-orientação e todo incentivo, apoio e exemplo durante minha formação. Obrigada também por ter facilitado minhas pesquisas nas dependências da UFU e por ser a fonte que eu sempre recorri em busca de sugestões.

À Profa Dra. Ana Angélica a quem nunca esquecerei por ter me iniciado nesta linha de pesquisa que tanto amo. Obrigada pelos conselhos e por todo seu carinho!

Aos professores Dra. Andréa Araujo, Dra. Edivani Franceschinelli, Dra. Eliana Martins, Dr. João Semir, Kayna Agostini, Dr. Paulo Oliveira e Dr. Wesley Rodrigues por aceitarem participar da banca. Um obrigada especial à Andréa, Kayna e Wesley pelas correções e valiosas sugestões durante a pré-banca.

À Universidade Federal de Uberlândia por permanecer sempre de portas abertas mesmo sendo eu uma ex-aluna, oferecendo suporte para minha pesquisa em diversas áreas.

À Curadora do Herbário HUFU, Professora Dra. Rosana Romero e à técnica Bia por permitirem a inclusão do material testemunho da tese à coleção da UFU.

Aos Motoristas da UFU especialmente ao Sr. Wander, diretor da garagem e aos Srs. Miguel e Gerson que freqüentemente nos conduziam ao Panga, sempre com muito bom humor.

Às pessoas que me ofereceram carona durante períodos difíceis: Professores Dr. Ivan, Dr. Heraldo, Dra. Solange e colegas do ‘Laboratório de Ecologia de Insetos’.

Aos colegas que comigo dividiram o alojamento no Panga: Cauê, Renata, Alana, Laura, Adriana e tantos outros. Também à Verinha, Gisele e demais que compartilharam comigo as mesmas trilhas.

Agradeço ao Sr. José “Seu Zé do Panga” pela ajuda inicial na abertura de trilhas e por oferecer informações importantes acerca das plantas e dos beija-flores.

Um agradecimento especial aos assistentes de campo: Carol, Camila, Carlos Henrique, Rafael, Rosani, Patricia e Pietro.

Aos colegas do LAMOVÍ: Clesnan, Felipe e Pietro pela amizade e incentivo e principalmente à amiga Cláudia que me ensinou a técnica de acetólise. Ao amigo Léo por sua companhia agradável em viagens de congressos e por compartilhar idéias durante o doutorado.

À Profa. Dra. Celine que me ajudou nas idéias de como estudar e marcar os beija-flores no campo e principalmente por toda ajuda e dicas preciosas para meu estagio em Toronto.

Ao amigo Alexandre que me incentivou na prática de observação de aves, me apoiando nos primeiros estudos de interação planta-beija-flores e por ser o ornitólogo de plantão que tira minhas dúvidas em relação aos beija-flores.

À amiga Márcia Rocca pela amizade e por todas as dicas importantes para minha pesquisa e no estágio Sanduíche.

Um agradecimento especial à UNICAMP e aos professores desta instituição que fazem questão de oferecer um ensino de altíssima qualidade.

Ao Coordenador da Pós Graduação em Ecologia, Dr. André Victor Lucci, pela amizade e confiança.

À secretaria Célia pela eficiência, prestatividade e amizade que foram tão importantes em diversos momentos.

Às Amigas Christini Caselli e Gabriela Paise pelos esforços compartilhados em trabalhos acadêmicos e em cursos de campo.

À Professora Dra. Denise Braz pela identificação das espécies *Dicliptera squarrosa* e *Geissomeria longiflora*.

Ao professor Dr. Leonardo Galetto, pelo curso de polinização ministrado na UNICAMP e pela oportunidade do estágio tão produtivo na Universidade de Córdoba, Argentina.

Ao professor Dr. James D. Thomson pela inesquecível e importante experiência vivenciada na Universidade de Toronto, Canadá. Pelo suporte financeiro para participar de um curso tão surpreendente na estação 'Rocky Mountain Biological Laboratory' em Crested Butte, Estados Unidos, onde tive oportunidade de aprender e discutir ciência com diversos pesquisadores.

Um agradecimento especial à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro durante os quatro anos de doutoramento, inclusive pelo suporte financeiro nos dois estágios no exterior.

No decorrer de minha vida acadêmica vivi experiências marcantes, que me proporcionaram um grande crescimento e amadurecimento, não só profissional como também pessoal. Agradeço a todos vocês que me ajudaram nesta caminhada!

## ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUÇÃO GERAL.....	5
CAPÍTULO 1 – Espécies de plantas utilizadas por beija-flores no Cerrado da Estação Ecológica do Panga, MG.....	8
CAPÍTULO 2 - Energia do néctar disponível para beija-flores em área de Cerrado da Estação Ecológica do Panga, MG.....	50
CAPÍTULO 3 – Cargas de pólen transportadas pelo beija-flor <i>Phaethornis pretrei</i> (Phaethornithinae) na Estação Ecológica do Panga, MG.....	76
CAPÍTULO 4 – Interactions of synchronopatric plant species with hummingbirds in a Cerrado area in Central Brazil.....	104
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

## RESUMO

O estudo da interação entre flores e beija-flores oferece diversas informações a respeito da estruturação das comunidades bem como de processos coevolutivos. Para a região do Cerrado quase não há informações em nível de comunidades sob este enfoque, portanto o presente estudo teve como objetivos obter informações sobre a florística, fenologia e atributos florais das plantas visitadas por beija-flores em diversas fisionomias do Cerrado na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. Além de fornecer estimativas da disponibilidade de néctar e capacidade suporte da área, fornece dados da quantidade de energia que os beija-flores podem encontrar no Cerrado ao longo do ano. O estudo também descreve o comportamento alimentar do beija-flor *Phaethornis pretrei*, fornecendo dados a respeito do fluxo de pólen proporcionado por este beija-flor. Por fim, este estudo discute aspectos ecológicos como o mimetismo, facilitação e efeito “magnético” em plantas sincronopátricas que compartilham o mesmo polinizador. Foi registrado um total de 46 espécies de plantas que podem ser utilizadas por beija-flores. A diversidade de habitats e espécies que podem ser utilizadas por beija-flores no Cerrado é semelhante à de outros biomas como a Mata Atlântica. Mesmo não tendo grande número de espécies ornitófilas o Cerrado oferece condições propícias para a permanência destas aves. A aparente falta de recursos para beija-flores é compensada com o uso de outras plantas nectaríferas não ornitófilas. O estudo confirmou que *Phaethornis pretrei* é residente e utiliza 21 espécies de plantas ao longo do ano. Este beija-flor é o visitante exclusivo de duas espécies e o responsável por mais de 90% das visitas em outras quatro. Foi confirmado que *P. pretrei* é trapliner, retornando sempre às mesmas flores em intervalos regulares. *Phaethornis pretrei* representa alto potencial de fluxo de pólen para esta comunidade vegetal, pois além de ser vetor de pólen de muitas espécies, transporta grandes quantidades e percorre longas distâncias. Neste estudo também foi demonstrado que as espécies *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra, *Geissomeria longiflora* Lindl., *Dicliptera squarrosa* Nees, *Cuphea melvilla* Lindl e *Manettia cordifolia* Mart., são sincronopátricas (exibindo sobreposição espacial e em seus períodos de floração), apresentam atributos florais similares e são visitadas principalmente pelo beija-flor

*Phaethornis pretrei*. Análises morfológicas das flores demonstraram que estas espécies diferem na localização dos estames e estigmas, sugerindo que utilizam diferentes partes da cabeça ou bico dos beija-flores para o transporte do pólen. Análises de cargas de pólen retiradas dos beija-flores também demonstraram que há estratificação horizontal da localização do pólen no beija-flor. Este conjunto de espécies pode ser considerado um anel mimético Müllleriano, uma vez que as flores enviam sinais similares para os beija-flores e todas as espécies fornecem néctar, fato que reforça o comportamento de visitação. A floração sincronizada destas espécies é uma resposta coletiva que atrai os polinizadores para o interior da mata por um breve, porém importante período. Esta atração depende não só de uma única espécie de planta, mas da combinação das interações ecológicas como a facilitação, o mimetismo e o efeito magnético destas espécies.

## ABSTRACT

The study of the interactions between flowers and hummingbirds offers diverse information regarding the structure of the communities as well as information of coevolutionary processes. For the Cerrado region, there is a lack of information on interactions at community level, thus the purpose of this study is to obtain information on floristic composition, phenology and floral attributes of the species visited by hummingbirds in diverse physiognomies of the Cerrado at 'Estação Ecológica do Panga', Uberlândia, MG. Besides providing estimates of nectar availability and carrying capacity of the area, it also gives quantitative data of the amount of energy hummingbirds can find in the Cerrado throughout the year. The study also describes the foraging behaviour of the hummingbird *Phaethornis pretrei*, and gives information about the pollen flow provided by this hummingbird. Finally, the study discusses ecological aspects such as mimicry, facilitation and "magnet" effect in synchronopatric plants that share the same pollinator. A total of 46 plant species that can be used by hummingbirds was recorded. The diversity of habitats and species that can be used by hummingbirds in the Cerrado is similar to other biomes as the Atlantic Forest. Despite having a low number of ornithophilous species, the Cerrado offers appropriate conditions for the permanence of these birds. The apparent lack of resources for hummingbirds is counterbalanced by the use of other non-ornithophilous nectariferous species. The results of this study confirmed that *Phaethornis pretrei* is resident and uses 21 plant species throughout the year. This hummingbird species is the exclusive visitor of two species and is responsible for more than 90% of the visits of other four species. It was confirmed that *P. pretrei* is a trapliner, returning to the same flowers at regular intervals. *P. pretrei* represents a high potential of pollen transport for this plant community, not only because it carries pollen from many species, but also carries high amounts of it and travels great distances. This study also demonstrated that the species *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra, *Geissomeria longiflora* Lindl., *Dicliptera squarrosa* Nees, *Cuphea melvilla* Lindl and *Manettia cordifolia* Mart. are synchronopatric (spatial and flowering overlap), they present similar floral attributes, and they are visited mainly or almost exclusively by the hummingbird

*Phaethornis pretrei*. Morphological analysis of the flowers showed that they differ in the location of the stamens and stiles suggesting that they might use different parts of the hummingbirds' bill or head for pollen transportation, avoiding overlap of pollen placement. The analysis of pollen loads from the hummingbirds also demonstrate a horizontal stratification of pollen placement on the hummingbirds, although some overlap occurred. This group of species can be considered a Mullerian mimicry "ring" as their similar colors send uniform signals to the hummingbirds, and their tubular corollas require similar handling techniques. The synchronized flowering of the studied species is a collective response that attracts pollinators into the forest for a brief but important period. This shift into the forest depends not only on the characteristics of a single plant host species, but rather on a combination of ecological interactions as facilitation, mimicry, and magnet-species effects associated to these species.

## INTRODUÇÃO GERAL

O estudo da interação entre flores e beija-flores oferece diversas informações a respeito da estruturação das comunidades bem como de processos coevolutivos (Kodric-Brown *et al.* 1984). Muitos estudos enfocando esta interação têm sido direcionados principalmente para comunidades tropicais tanto no Brasil como em outros países da America Central e do Sul (Toledo 1975, Stiles 1978, 1985, Murcia & Feinsinger 1996, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Borgella Jr. *et al.* 2001, Araujo & Sazima 2003, Lasprilla & Sazima 2004, Rocca & Sazima 2008). No Brasil diversos biomas têm sido avaliados neste sentido, porém são mais frequentemente realizados na Mata Atlântica (Araujo 1996, Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Lopes 2002, Canela 2006, Rocca-Andrade 2006). Existem dados disponíveis para outros ambientes como os capões do pantanal (Araujo & Sazima 2003), os campos rupestres (Machado *et al.* 2007) e a Caatinga (Leal *et al.* 2006, Machado 2009). No entanto, para a região do Cerrado quase não há informações em nível de comunidades com este enfoque, mas apenas estudos de pares de interações como os de Castro & Oliveira (2001), Coelho & Barbosa (2004), Consolaro *et al.* (2005) e Araújo & Oliveira (2007), ou abordando apenas uma fisionomia como ilha de mata de galeria (Araújo 2003) e um estudo contrastando áreas abertas e áreas fechadas (Oliveira 1998). No Brasil existem 83 espécies de beija-flores, sendo que destas 36 ocorrem na região do Cerrado (Macedo 2002). Para a flora do Cerrado existe uma estimativa de que apenas 7,5 % das espécies sejam ornitófilas (Gottsberger & Gottsberger 2006). Apesar desta baixa porcentagem de plantas ornitófilas muitas espécies de beija-flores ocorrem nesta região.

Os beija-flores são animais nectarívoros de alta demanda energética e, portanto, precisam consumir o néctar de muitas flores para satisfazerem suas necessidades energéticas (Suarez & Gass 2002). O néctar, por sua vez, é o recurso floral mais importante em termos energéticos, pois constitui nutrição para diversos animais (Heinrich 1975, Galetto & Bernadello 2005). Existem diversos estudos sobre a disponibilidade de recursos florais para beija-flores (Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Araujo & Sazima 2003, Rocca & Sazima 2008), no entanto, poucos autores como, Montgomerie & Gass (1981) e Araújo (2003) exploram o aspecto da energia disponível no néctar floral ou fornecem informações acerca da capacidade suporte de determinada área como é apresentado por Tschapka (2004).

Os beija-flores, família Trochilidae, são subdivididos em duas subfamílias: Phaethornithinae e Trochilinae (Kenneth 2000). A subfamília Phaethornithinae é composta por beija-flores que geralmente possuem bico longo e curvado e realizam visitas às flores em rondas de alto ganho energético (Feinsinger & Colwell 1978; Kay & Schemske 2003). *Phaethornis pretrei* (Lesson & DeLattre) (Phaethornithinae) é uma espécie de beija-flor que consegue explorar fontes de néctar de acesso difícil para outros beija-flores por possuir bico longo e ligeiramente curvo (Piratelli 1997). Apesar de existirem diversos registros desta espécie como polinizador (Piratelli 1997; Sazima & Machado 1983; Castro & Oliveira 2001; Siqueira Filho & Machado 2001) não há estudo sobre seu comportamento alimentar e sobre sua contribuição para a manutenção de fluxo polínico numa dada comunidade.

O presente estudo, composto por quatro capítulos, procurou preencher as lacunas de informações levantadas aqui. Desta forma, o primeiro capítulo fornece informações

sobre a florística, fenologia e atributos florais das plantas visitadas por beija-flores em diversas fisionomias do Cerrado na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. O segundo capítulo envolve estimativas da disponibilidade de néctar e capacidade suporte da área, fornecendo dados quantitativos da disponibilidade de energia que os beija-flores podem encontrar no Cerrado ao longo do ano. O terceiro capítulo descreve o comportamento alimentar do beija-flor *Phaethornis pretrei*, bem como fornece dados a respeito das cargas de pólen transportadas por este beija-flor. O quarto e último capítulo trata de aspectos ecológicos como o mimetismo, facilitação e efeito “magnético” em plantas sincronopátricas que compartilham o mesmo polinizador.

# **Capítulo I**

## **Espécies de plantas utilizadas por beija-flores no Cerrado da Estação Ecológica do Panga, MG**

## RESUMO

Para o Cerrado há estimativas de que apenas 7,5% da flora tenham flores adaptadas à polinização por beija-flores, no entanto até o momento não há informações mais precisas sobre quais são as espécies utilizadas por beija-flores em uma dada comunidade, nem tampouco quais são as suas características morfológicas e se estas diferem das espécies das demais regiões. Portanto, o presente estudo teve como objetivo registrar o conjunto de plantas utilizadas por beija-flores em uma área de Cerrado, bem como determinar o modo como os recursos florais estão distribuídos no tempo e espaço em diferentes fisionomias deste bioma. O estudo foi realizado entre março de 2007 e dezembro de 2008 na Estação Ecológica do Panga, no Triângulo Mineiro. Foram coletados mensalmente dados de fenologia floral, morfologia floral e visitação às flores em espécies nectaríferas que poderiam ser visitadas por beija-flores em ca. 3 ha de trilhas, localizadas em diferentes fisionomias do Cerrado. Na área de estudo, foi registrado, um total de 46 espécies de plantas que podem ser utilizadas por beija-flores, distribuídas em 39 gêneros e 18 famílias. As famílias, Fabaceae, Bignoniaceae, Vochysiaceae, Bromeliaceae, Rubiaceae e Malvaceae apresentaram mais de três espécies cada, sendo Fabaceae a família mais representativa com sete espécies. Do total de espécies, apenas 21 apresentaram características ornitófilas e as demais apresentavam outras síndromes tais como melitofilia, quiropterofilia e em menor proporção as síndromes de psicofilia e esfingofilia. Quanto ao hábito, ocorreram desde espécies arbóreas, a lianas e epífitas. A maioria das espécies ocorreu no campo sujo, seguida da mata de galeria e borda da mata de galeria. Grande parte das espécies apresentou padrão de floração anual e duração da floração intermediária, de um a cinco meses. O número de espécies florescendo por mês ao longo dos anos de estudo variou de seis a 16 espécies. Quanto à morfologia floral a maioria das espécies visitadas por beija-flores apresentou flores tubulosas, sendo que as demais apresentaram diversas morfologias como calcar, pincel e estandarte. As flores visitadas por beija-flores apresentaram espectro de cores que variou desde o branco até o azul, porém, entre as flores ornitófilas, predominou o vermelho. Foram registradas oito espécies de beija-flores na área visitando um total de 36 espécies de plantas. A área de Cerrado estudada, quando avaliada em relação ao número de espécies ornitófilas, pode

ser considerada relativamente pobre em recursos. No entanto, a diversidade de habitats e espécies que podem ser utilizadas por beija-flores neste bioma é semelhante à de outros como a Mata Atlântica. Mesmo não tendo um grande número de espécies ornitófilas típicas, o Cerrado oferece condições propícias para a permanência destas aves.

**Palavras-chave:** Cerrado, Estação Ecológica do Panga, flora ornitófila, fenologia floral, morfologia floral, beija-flores.

## INTRODUÇÃO

A interação plantas/beija-flores em nível de comunidades tem sido alvo de pesquisas em diversas regiões das Américas (Toledo 1975, Brown & Bowers 1985, Grant 1994, Buzato *et al.* 2000, Lasprilla & Sazima 2004). Muitos estudos abordam características da flora ornitófila como a morfologia floral (ver Montgomerie 1984, Smith 1996, Temeles *et al.* 2002, Kay & Schemske 2003, Rodríguez-Flores & Stiles 2005, Temeles *et al.* 2009, Dalsgaard *et al.* 2009), fenologia (Stiles 1978, Stiles 1985), características do néctar (Hainsworth & Wolf 1976, Stiles & Freeman 1993, McDade & Weeks 2004) e outros abordam a organização das comunidades ornitófilas e dos beija-flores (Arizmendi & Ornelas 1990, Sazima *et al.* 1996, Araujo & Sazima 2003, Abreu & Vieira 2004, Machado *et al.* 2007, Machado 2009).

No Brasil, estudos sobre a interação plantas/beija-flores foram feitos para a Mata Atlântica (Sazima *et al.* 1996, Araujo 1996, Buzato *et al.* 2000, Lopes 2002, Canela 2006, Rocca-Andrade 2006). Recentemente outras formações vegetais brasileiras têm sido contempladas em pesquisas abordando esta interação (Araujo & Sazima 2003 para

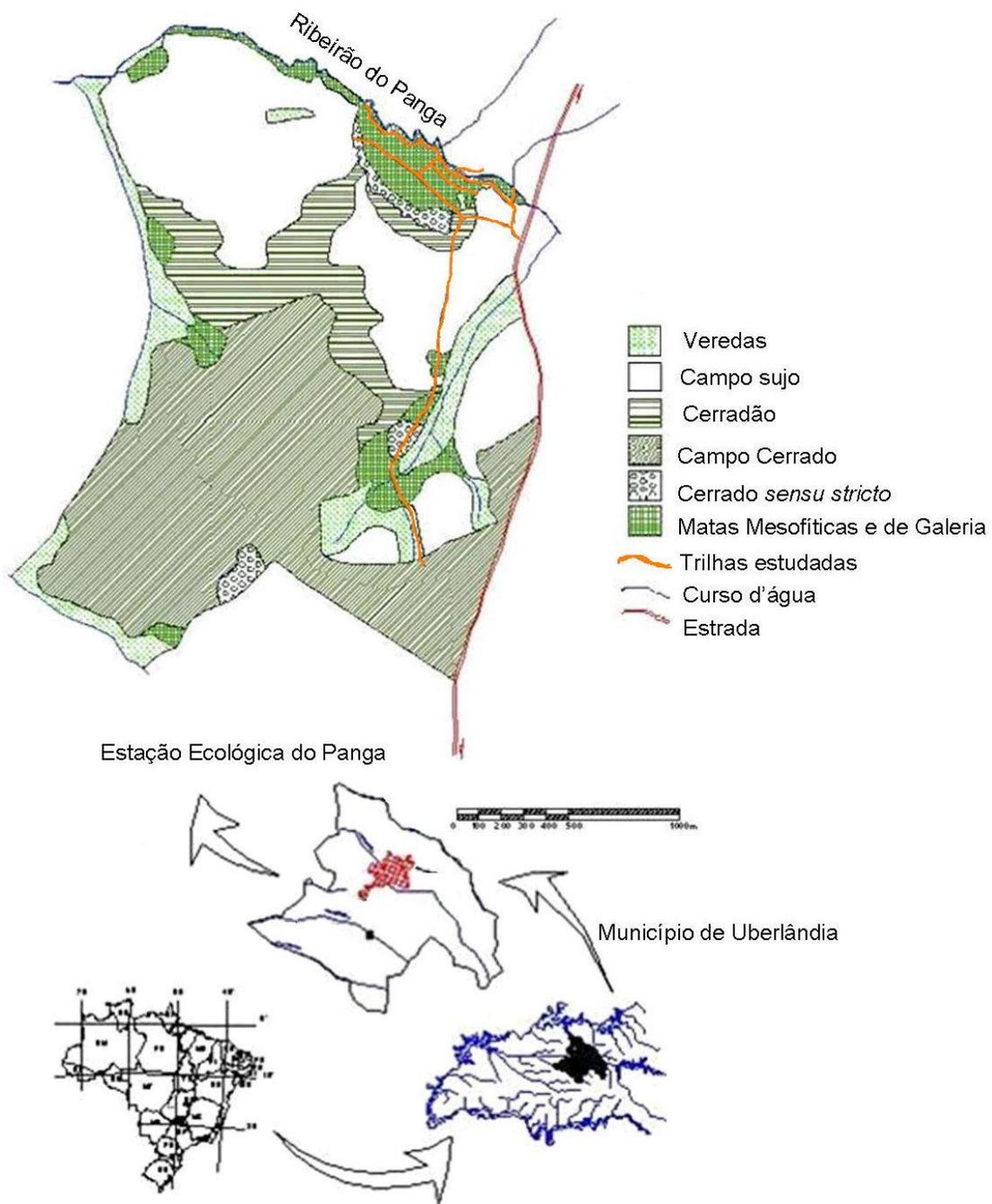
capões do Pantanal, Machado *et al.* 2007 para campos rupestres, Machado 2009 e Leal *et al.* 2006 para Caatinga). Para a região do Cerrado quase não há informações em nível de comunidades com este enfoque, mas apenas estudos de pares de interações como os de Araújo & Oliveira (2007), Coelho & Barbosa (2004), Consolaro *et al.* (2005), Castro & Oliveira (2001) ou abordando apenas uma fisionomia como ilha de mata de galeria (Araújo *et al.* em preparação) e ou contrastando duas fisionomias de áreas abertas e áreas fechadas (Oliveira 1998).

Para o Cerrado há estimativas de que apenas 7,5% da flora seja composta de espécies com flores ornitófilas (Gottsberger & Gottsberger 2006). No entanto, até o momento não há informações mais precisas sobre quais são as espécies visitadas por beija-flores em uma dada comunidade, nem tampouco quais são as características da morfologia floral das espécies. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar quais espécies de plantas são utilizadas como recurso por beija-flores em uma área de Cerrado no Triângulo Mineiro, bem como determinar o modo como os recursos florais estão distribuídos no tempo e espaço em diferentes fisionomias deste bioma. As características abordadas aqui foram a composição florística, a fenologia de floração e os atributos florais das plantas utilizadas pelos beija-flores. Além disso, este estudo apresenta quais são as espécies de beija-flores que visitam a comunidade de plantas e testa se existe correlação entre características da morfologia floral (comprimento e diâmetro de abertura da corola) das espécies visitadas com o comprimento do bico dos beija-flores que as visitam.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

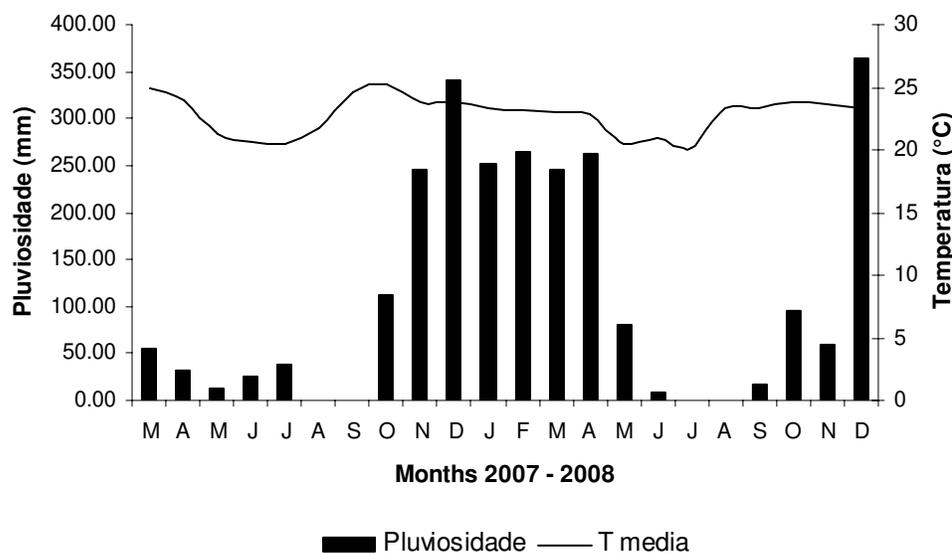
### **Área de estudo**

O presente estudo foi realizado na Estação Ecológica do Panga (EEP), uma área de 409,5 ha pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. A EEP está situada a cerca de 35 Km do centro de Uberlândia-MG (19°09'20" – 19°11'10" S e 48°23'20" – 48°24'35" W, altitude  $\approx$  800m). Na área ocorrem diversos tipos fitofisionômicos encontrados na Região dos Cerrados do Brasil Central (Schiavini & Araújo 1989) (Figura 1).



**Figura 1.** Principais fitofisionomias presentes na Estação Ecológica do Panga (EEP) e localização da EEP no Município de Uberlândia, região do Triângulo Mineiro, MG. Fonte: Schiavini & Araújo (1989), Carta Topográfica Ribeirão do Panga (1982), Ministério do Exército, Folha SE22-Z-D 111- 1-SO M-2488/1- SO, Escala 125000. Digitalização: Edivani Cardoso da Silva.

O clima da região apresenta duas estações bem definidas: uma fria e seca entre maio e setembro e outra quente e chuvosa de outubro a abril. Os dados climáticos de precipitação e temperatura durante o período de estudo (Figura 2) foram obtidos na estação meteorológica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.



**Figura 2.** Diagrama climático de Uberlândia, para o período de março de 2007 a dezembro de 2008, segundo dados da estação meteorológica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

Na EEP ocorrem formações florestais como, a mata mesofítica semidecídua, a mata de galeria e o cerradão, que juntas correspondem a 7% da área total da EEP (Schiavini & Araújo 1989). Além de áreas florestais na EEP ocorrem formações abertas como, o campo sujo, o cerrado sentido restrito e a vereda. O campo sujo é caracterizado por apresentar estrato herbáceo-graminoso denso e arbustos esparsos, enquanto o cerrado sentido restrito é uma vegetação dominada por árvores e arbustos com dossel menor que

7 metros de altura e cobertura menor que 40%. A vereda é encontrada em vales e caracteriza-se por apresentar estrato herbáceo contínuo e curso de água acompanhado por buritis (Gottsberger & Gottsberger 2006).

### **Coleta de dados**

Para a obtenção de dados da fenologia de floração as espécies de plantas foram monitoradas mensalmente no período de março de 2007 a dezembro de 2008 em diferentes trilhas na EEP (Figura 1). As trilhas amostradas incluíram áreas florestais: mata mesofítica semidecídua, mata de galeria, borda da mata de galeria e uma área de mata de galeria isolada das anteriormente mencionadas. Formações abertas como: campo sujo, cerrado sentido restrito e vereda também foram amostradas. Foram utilizadas trilhas de tamanhos diferentes sendo amostrados 1360m<sup>2</sup> na borda da mata de galeria, 7462m<sup>2</sup> no interior da mata de galeria, 6213,6 m<sup>2</sup> na mata mesofítica semidecídua, 9728m<sup>2</sup> no campo sujo, 4128 m<sup>2</sup> no cerrado sentido restrito, 2160m<sup>2</sup> no interior da outra mata de galeria isolada das demais áreas florestais e 640m<sup>2</sup> na vereda. O total de área amostrada foi: 31691,6 m<sup>2</sup>.

Dentro de cada trilha foi feito o censo de flores (de espécies visitadas por beija-flores ou espécies nectaríferas cujas flores não apresentassem barreiras para serem visitadas por beija-flores) disponíveis no dia de cada amostragem. Plantas de fácil acesso tiveram todas as flores contadas, enquanto as de difícil acesso, como árvores e lianas, tiveram o número de flores estimadas baseando-se no número de inflorescências multiplicado pelo número de flores contadas em cerca de duas a três inflorescências no

dia amostrado. As plantas foram classificadas quanto ao padrão de floração: contínuo, anual ou sub-anual e quanto à duração da floração: breve (até 1 mês), intermediária (2-4 meses) ou estendida ( $\geq 5$  meses) (ver Newstrom *et al.* 1994). De cada espécie observada em floração foi coletado um ramo florido para herborização utilizando técnicas usuais (Fidalgo & Bononi 1984), o qual foi identificado e incorporado ao acervo do *Herbarium Uberlandense* (HUFU) do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia e ao Herbário da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

### **Morfologia e biologia floral**

Para caracterização das espécies foram registrados dados sobre o hábito, bem como a morfologia, comprimento da corola e cor predominante das flores. Flores de todas as espécies foram coletadas e fixadas em álcool 70% para posterior análise em laboratório. As flores fixadas tiveram suas medidas tomadas quanto ao diâmetro de abertura e comprimento da corola (da base até a entrada excluindo lobos livres), além do comprimento das estruturas reprodutivas, da base ao ápice. Foram calculadas as médias e o desvio padrão para as medidas de cada espécie, em seguida classificou-se o comprimento da corola de cada espécie como: curto ( $< 2$  cm), médio (2 – 4 cm) ou longo ( $> 4$  cm) e a abertura da corola em: estreita ( $< 1$  cm) e larga ( $> 1$  cm) (Canela 2006). As demais características foram avaliadas em flores ainda frescas ou por meio de fotografias.

O volume do néctar foi medido em flores ensacadas previamente ao período da antese usando seringas (Hamilton<sup>®</sup> 50 e 100  $\mu$ L) e a concentração de açúcares foi obtida usando refratômetro de bolso Atago N-1 $\alpha$  Brix 0~32%. Se a concentração de açúcar

encontrada excedesse o limite do refratômetro, o néctar era diluído com um volume conhecido de água destilada para se obter o valor original da amostra (ver Galetto & Bernadello 2005). Os dados de néctar foram amostrados por volta das 10h00 utilizando de uma a 15 flores, procurando tomar medidas em indivíduos diferentes.

A análise de correlação de Spearman foi feita para verificar se existe correlação entre o comprimento e diâmetro de abertura da corola e o volume de néctar das espécies estudadas (Arizmendi & Ornelas 1990), utilizando Bio-Estat 5.0.

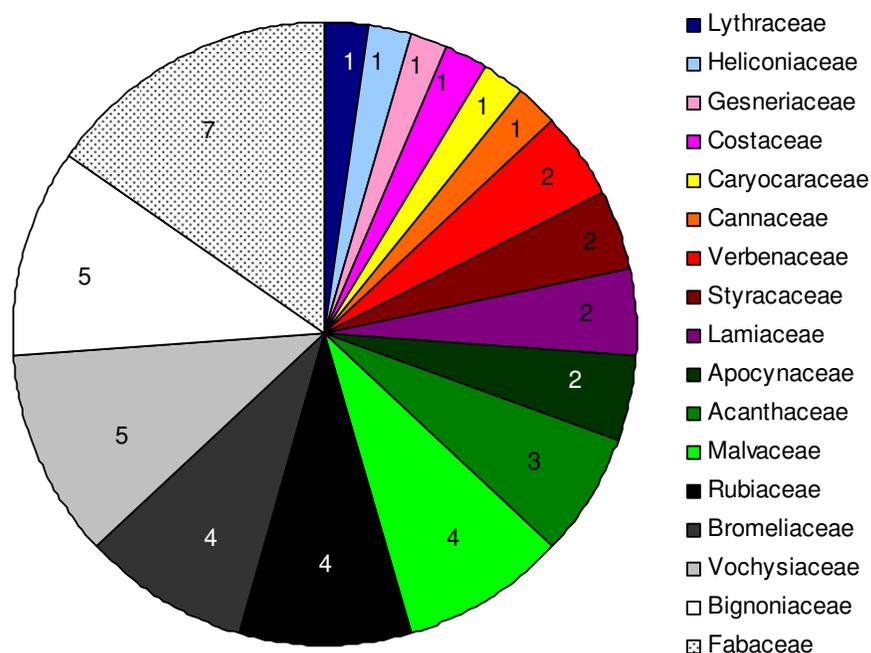
A comunidade de beija-flores foi estudada através de observações focais em diferentes plantas entre 07h00 e 16h00. Cada espécie de planta foi observada por, no mínimo, duas horas e no total foram realizadas 96h33min de observações no ano de 2007 e 162h25min em 2008. Dados da morfologia dos beija-flores baseados em Grantsau (1988) foram utilizados para testar se há correlação positiva do comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento e diâmetro de abertura da corola das flores.

## **RESULTADOS**

### **Composição da flora visitada por beija-flores**

Na área de estudo foi registrado um total de 46 espécies de plantas que podem ser visitadas por beija-flores, distribuídas em 39 gêneros e 18 famílias (Apêndice I). As famílias, Fabaceae, Bignoniaceae, Vochysiaceae, Bromeliaceae, Rubiaceae e Malvaceae apresentaram mais de três espécies cada, sendo Fabaceae a família mais representativa com sete espécies e as famílias menos representativas na área apresentaram de três a uma

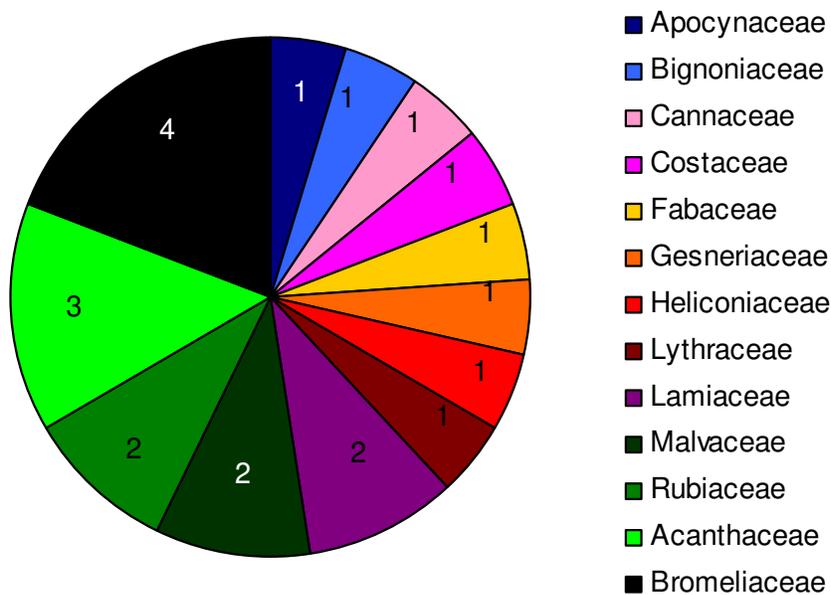
espécie cada (Figura 3). Dentre as espécies de plantas incluídas no estudo, foram registradas visitas por beija-flores em 36 (Apêndice II). Apenas 21 das espécies estudadas apresentam características ornitófilas. As não-ornitófilas pertencem às seguintes síndromes: melitófilas (15) quiropterófilas (seis), psicófilas (duas) e esfingófilas (duas) (Apêndice I).



**Figura 3.** Número de espécies utilizadas pelos beija-flores, por família, encontradas na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia – MG.

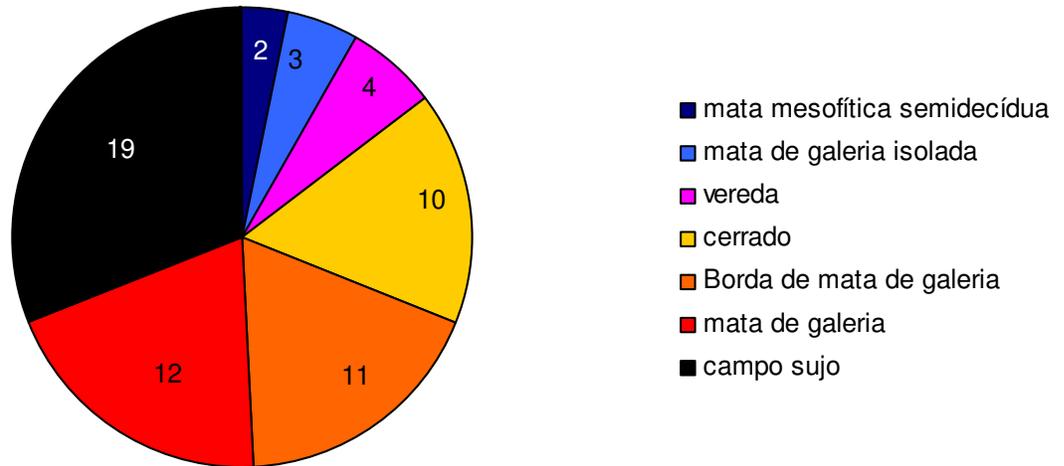
Avaliando-se apenas as espécies ornitófilas, verifica-se que estão divididas em 13 famílias e dentre estas, Bromeliaceae e Acanthaceae foram as mais diversas, com quatro e três espécies respectivamente. Rubiaceae, Malvaceae e Lamiaceae foram representadas

por duas espécies cada uma e cada uma das demais famílias foram representadas por apenas uma espécie (figura 4).

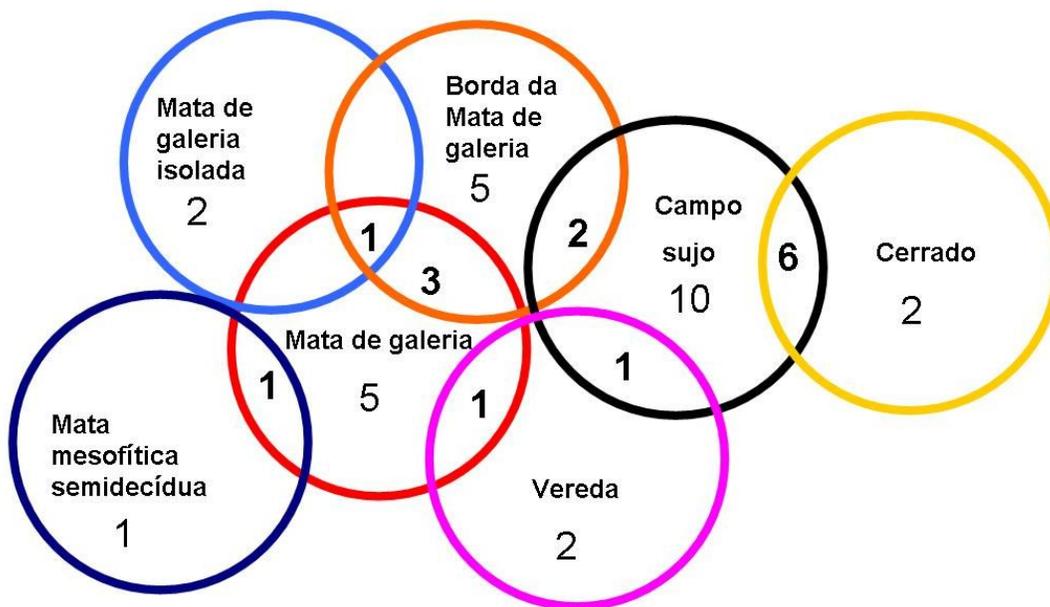


**Figura 4.** Número de espécies ornitófilas, por família, encontradas na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Quanto ao hábito, ocorreram 17 espécies arbóreas, 12 ervas, sete arbustos, quatro sub-arbustos, quatro lianas e duas epífitas (Apêndice I). A maioria das espécies ocorreu no campo sujo (19 espécies), seguida da mata de galeria (12 espécies) e borda da mata de galeria (11 espécies) (figura 5). Muitas espécies ocorreram facultativamente em mais de uma fisionomia. A mata de galeria apresentou seis espécies que ocorrem também em outras quatro fisionomias. As fisionomias que mais compartilharam espécies foram o campo sujo e o cerrado sentido restrito (seis espécies, figura 6). Por outro lado, as fisionomias que apresentaram mais espécies exclusivas foram: campo sujo (10 espécies) seguido da mata de galeria e borda da mata de galeria (cinco espécies cada), (figura 6).

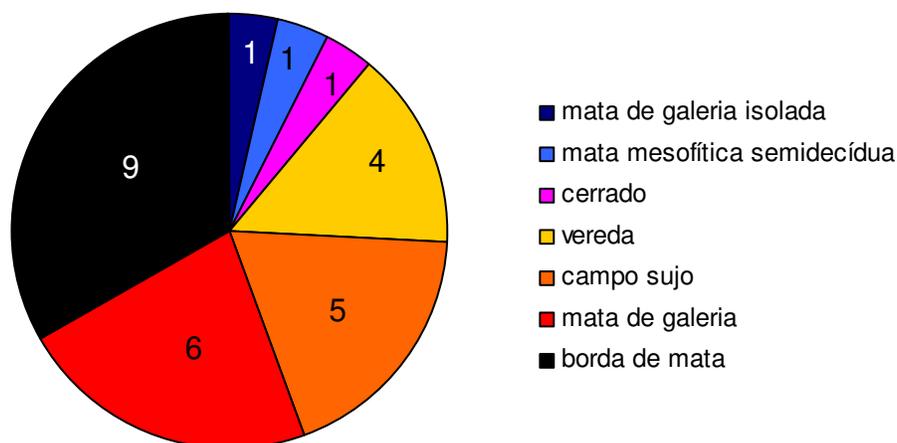


**Figura 5.** Número de espécies utilizadas por beija-flores que ocorreram nas diferentes fisionomias do Cerrado na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia -MG.



**Figura 6.** Número de espécies que podem ser utilizadas por beija-flores e que são compartilhadas pelas diferentes fisionomias do Cerrado (em negrito nas intercessões), e número de espécies com ocorrência exclusiva nas diferentes fisionomias do Cerrado na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia -MG.

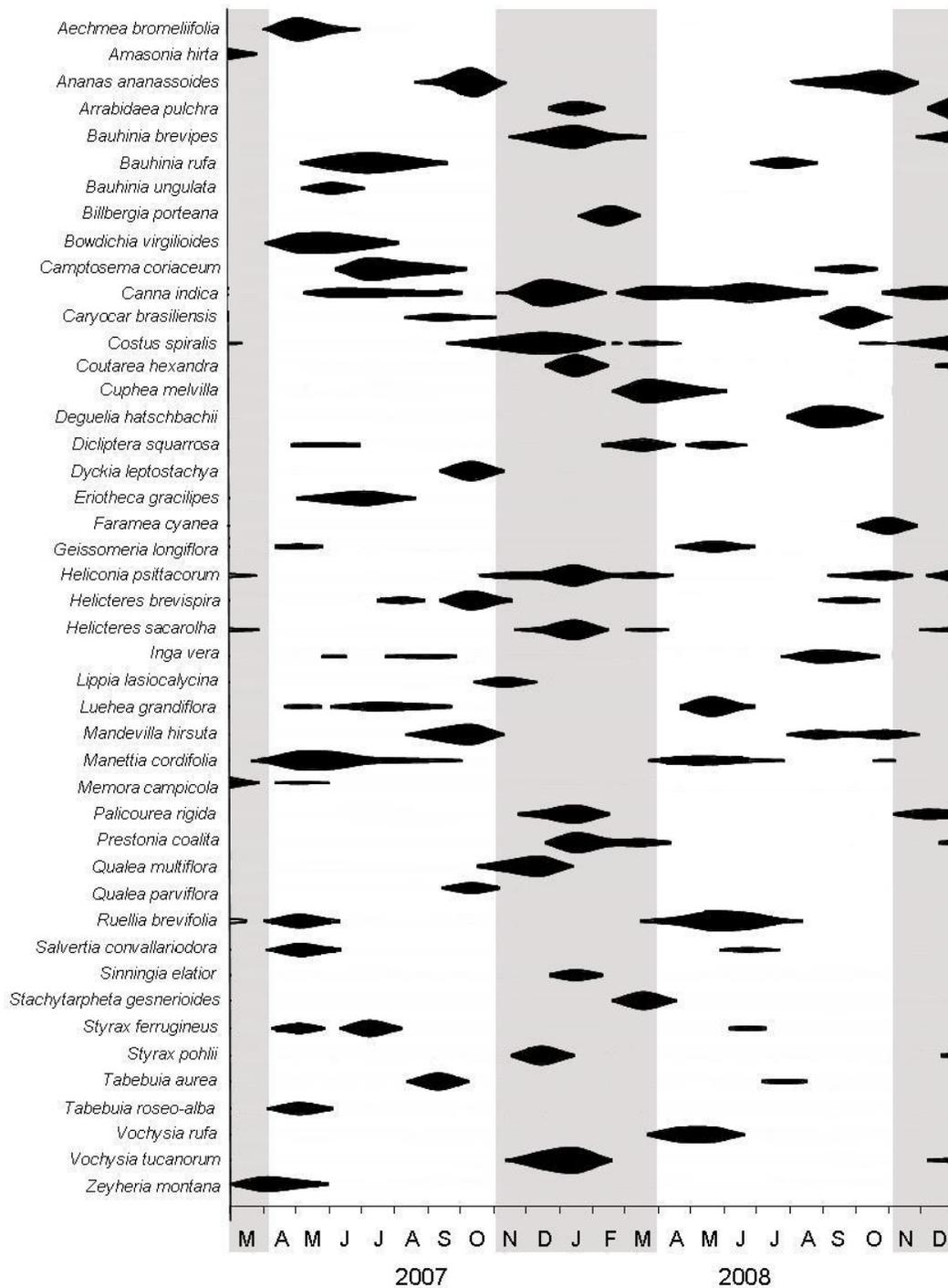
As fisionomias que mais apresentaram espécies ornitófilas foram a borda da mata com nove espécies, seguida da mata de galeria e o campo sujo com seis e cinco espécies, respectivamente (figura 7).



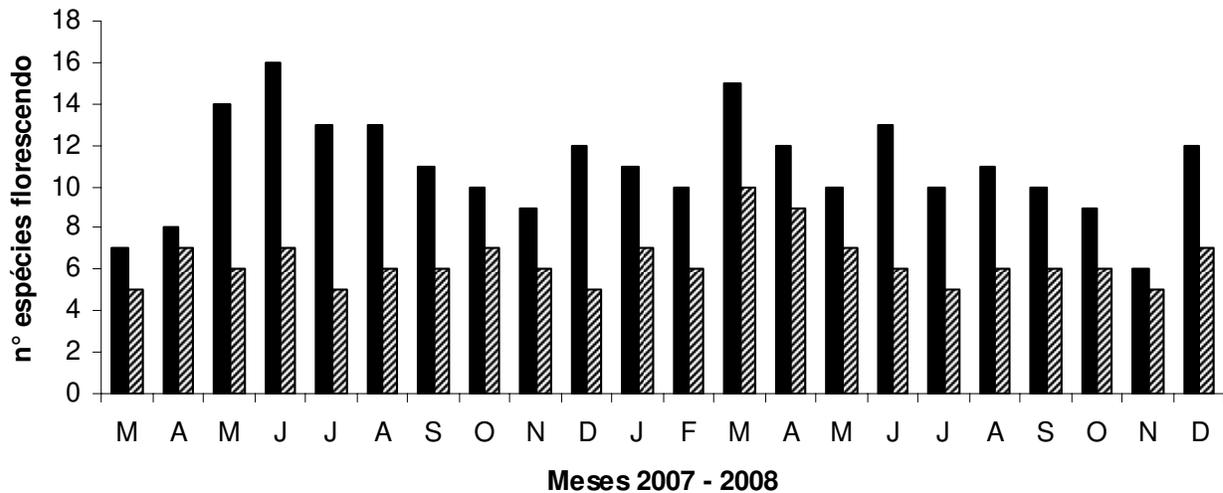
**Figura 7.** Número de espécies ornitófilas que ocorrem nas diferentes fisionomias da Estação Ecológica do Panga - Uberlândia - MG.

A maior parte das espécies (95,9%) apresentou padrão de floração anual, com apenas um ciclo por ano, as exceções foram: *Ruellia brevifolia* que apresentou padrão sub-anual com mais de um ciclo por ano e *Canna indica* que apresentou padrão contínuo florescendo o ano todo com pequenas pausas esporádicas (Figura 8). Em relação à duração da floração, a maioria das espécies (54,3%) apresentou floração intermediária com duração de dois a quatro meses, seguida de floração estendida (23,9%), com duração igual ou superior a cinco meses e floração breve de até um mês (21,7%), (Apêndice I).

O número de espécies florescendo ao longo dos dois anos de estudo variou de seis, em novembro de 2008 (estação chuvosa), a 16 espécies, em junho de 2007 (estação seca) (figura 9). Considerando apenas as espécies ornitófilas o número de espécies em flor variou de cinco, (em cinco meses diferentes na estação seca e chuvosa), a 10 espécies em março de 2008 na estação chuvosa (Figura 9).



**Figura 8.** Perfil de floração de 45 espécies com potencial de serem utilizadas pelos beija-flores na Estação Ecológica do Panga, março 2007 a dezembro de 2008, abrangendo as diferentes fisionomias do Cerrado. A porcentagem de indivíduos florescendo é dada pela espessura da linha e meses em cinza representam época chuvosa.



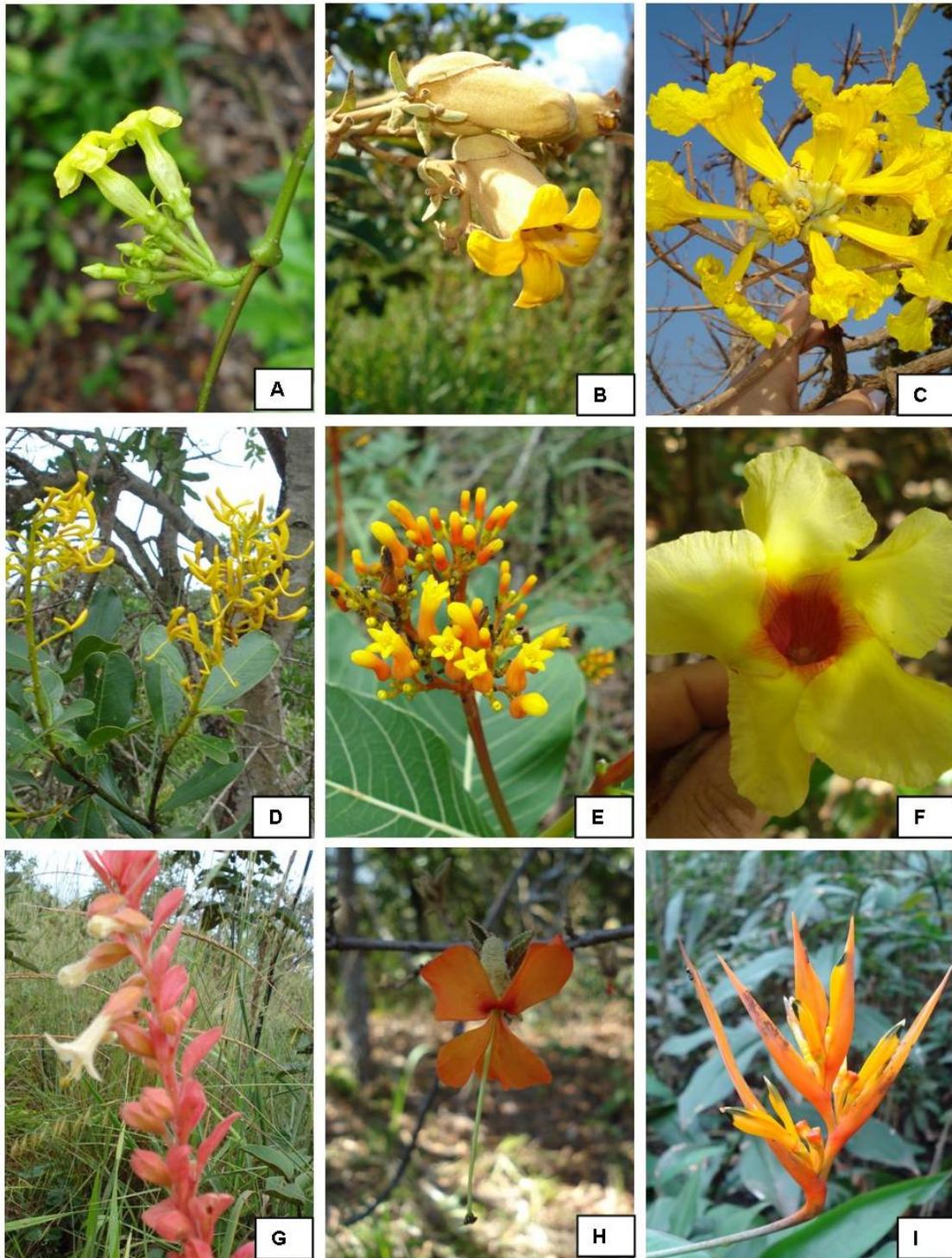
**Figura 9.** Número de espécies utilizadas por beija-flores (barras pretas) e espécies ornitófilas (barras hachuradas) florescendo por mês, março de 2007 a dezembro de 2008, na Estação Ecológica do Panga – Uberlândia - MG.

Quanto à morfologia floral, a maioria das espécies (66,9%) apresentou flores tubulosas, enquanto as demais apresentaram flores com calcar (10,9%), ou dos tipos pincel (10,9), estandarte (8,7%), goela (4,4%) e aberto (4,4%) (Apêndice I). A maioria das espécies apresentou comprimento da corola curto (46,5%) ou médio (41,9%), seguidas por aquelas de comprimento longo (11,6%). A média do comprimento da corola para a comunidade foi de  $2,5 \pm 2,4$ cm (n= 43 espécies) sendo os menores valores encontrados em *Styrax pohlii* (0,8cm, n=5) e os maiores em *Canna indica* (7,1cm, n=10). As médias de comprimento da corola foram maiores para as flores ornitófilas ( $3,0 \pm 1,4$ cm; n=21) que para as não ornitófilas ( $2,0 \pm 1,2$ cm; n=22) ( $t = -2,38$ ,  $p < 0,05$ ).

Em relação ao diâmetro de abertura da corola, 81,4% das espécies tiveram diâmetro estreito e o restante 18,6%, apresentou diâmetro largo. A média do diâmetro de abertura da corola para a comunidade foi de  $0,75 \pm 0,63$ cm (n=43 espécies) sendo os

menores valores encontrados em *Lippia lasiocalycina* (0,18cm; n=10) e os maiores valores em *Caryocar brasiliensis* (3,66cm; n=10) (Apêndice I). As médias do diâmetro de abertura da corola de flores não-ornitófilas ( $0,9 \pm 0,8$ ; n=22) foram significativamente maiores que das ornitófilas ( $0,6 \pm 0,2$ ; n=21) ( $t= 1,97$ ,  $p < 0,05$ ).

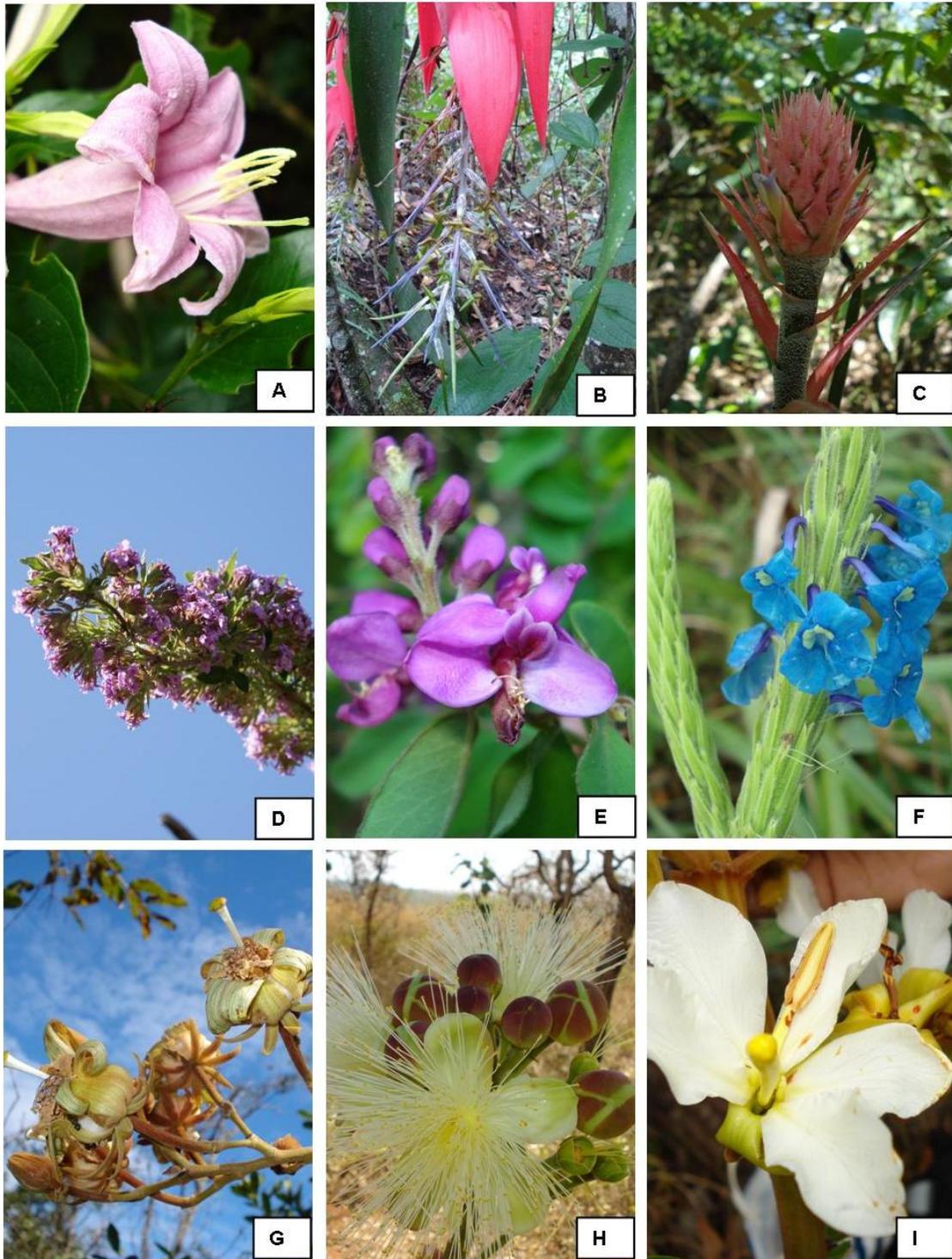
As espécies que poderiam ser utilizadas pelos beija-flores apresentaram variação em tamanho e posição das estruturas reprodutivas, sendo que a grande maioria (81,58%) apresentou algum grau de hercogamia (Apêndice I). As espécies incluídas no estudo apresentaram flores com espectro de cores que variou desde o branco, amarelo, laranja, vermelho até o azul (Figuras 10, 11, 12 e Apêndice I), no entanto, as cores que predominaram foram o amarelo (26,1%), seguido do branco (21,7%), sendo a cor vermelha presente em apenas 19,6% do total das espécies analisadas. Entre as flores ornitófilas, no entanto, predominou o vermelho com 52,9% das espécies seguido da cor laranja com 23,5%.



**Figura 10.** Espécies com flores cuja cor principal variou do amarelo ao laranja. A- *Prestonia coalita*, B- *Zeyheria montana*, C- *Tabebuia aurea*, D- *Vochysia tucanorum*, E- *Palicourea rigida*, F- *Mandevilla hirsuta*, G- *Amasonia hirta*, H- *Helicteres brevispira*, I- *Heliconia psittacorum*, na Estação Ecológica do Panga – Uberlândia - MG.

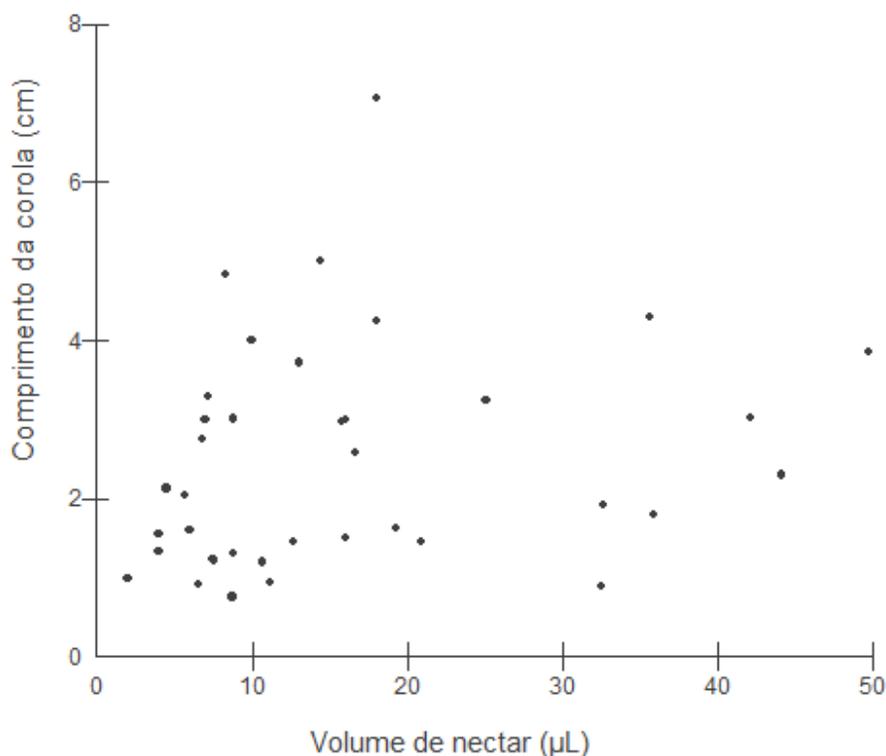


**Figura 11.** Espécies com flores que variaram em cores do laranja ao vermelho A- *Helicteres sacarolha*, B- *Dyckia leptostachya*, C- *Cuphea melvilla*, D- *Ruellia brevifolia*, E- *Dicliptera squarrosa*, F- *Salvia scabrida*, G- *Geissomeria longiflora*, H- *Camptosema coriaceum* I- *Costus spiralis*, na Estação Ecológica do Panga – Uberlândia - MG.

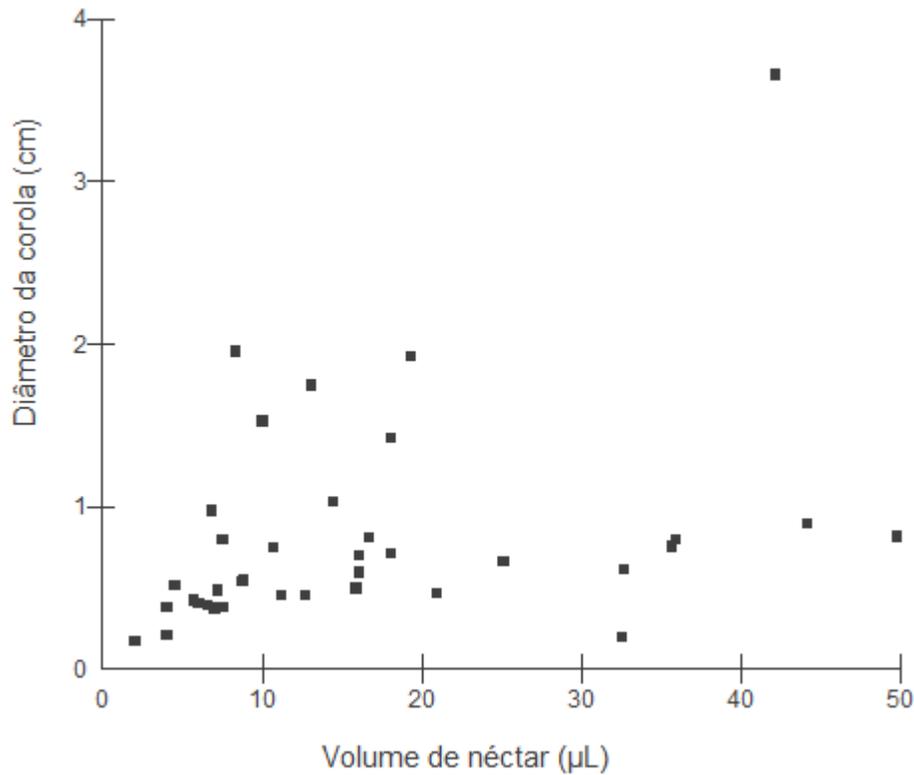


**Figura 12.** Espécies com flores e/ou brácteas cuja cor principal variou do rosa ao branco  
 A- *Coutarea hexandra*, B- *Billbergia portearna*, C- *Ananas ananassoides*, D- *Lippia lasiocalycina*, E- *Deguelia hatschbachii*, F- *Stachytarpheta gesnerioides*, G- *Luehea grandiflora*, H- *Caryocar brasiliensis*, I- *Salvertia convallariodora*, na Estação Ecológica do Panga – Uberlândia - MG.

O volume do néctar/flor para a comunidade variou de 1,95 $\mu$ L (*Eriotheca gracilipes*) a 49,7 $\mu$ L (*Sinningia elatior*), sendo a média para a comunidade de 15,30  $\pm$  11,65  $\mu$ L (n=40). A concentração de açúcares variou de 12,95% (*Bauhinia brevipes*) a 34,33% (*Mandevilla hirsuta*), sendo a média para a comunidade de 21,60  $\pm$  5,13% (n=40). O comprimento da corola e o volume de néctar das flores de 38 das espécies estudadas, bem como o diâmetro de abertura da corola e o volume de néctar produzido por essas flores foram positivamente correlacionados, tendo sido o coeficiente de correlação para o comprimento da corola mais baixo ( $r_s= 0,32$ ,  $p<0,05$ ) (Figura 13) que o registrado para o diâmetro de abertura da corola ( $r_s= 0,52$ ,  $p<0,001$ ) (Figura 14).



**Figura 13.** Relação entre o comprimento da corola e o volume de néctar de 38 espécies utilizadas por beija-flores na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia -MG. ( $r_s=0,32$ ;  $p<0,05$ ).



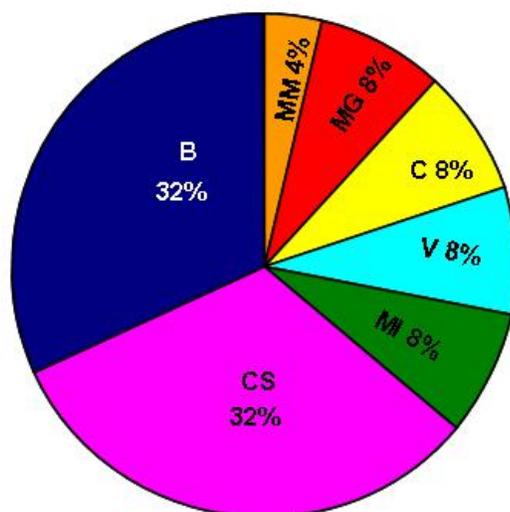
**Figura 14.** Relação entre o diâmetro de abertura da corola e o volume de néctar de 38 espécies utilizadas por beija-flores na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia -MG. ( $r_s = 0,52$ ,  $p < 0,001$ ).

### **Beija-flores**

As observações focais e registros de visitas foram feitas em todas as fisionomias, mas principalmente na borda da mata, onde ocorreu o maior número de plantas ornitófilas. No total foram registradas oito espécies de beija-flores: *Phaethornis pretrei* (Phaethornithinae), *Amazilia fimbriata*, *Chlorostilbon lucidus*, *Colibri serrirostris*, *Eupetomena macroura*, *Heliomaster squamosus*, *Lophornis magnificus* e *Thalurania furcata* (Trochilinae). Houve pequena segregação na ocupação de habitats, sendo que somente *P. pretrei* e *T. furcata* exploraram o interior da mata de galeria, porém estas duas

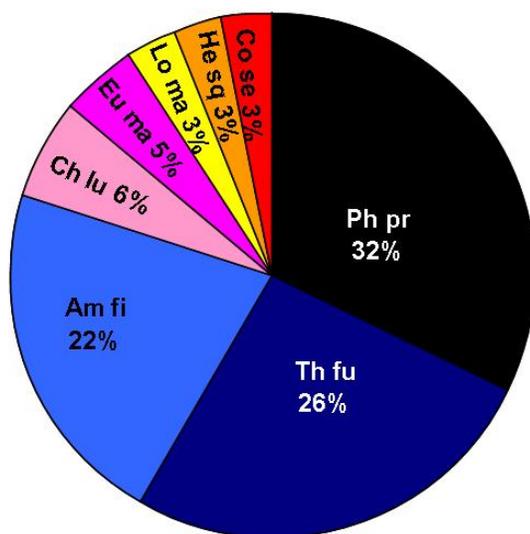
espécies também foram observadas em outras fisionomias. As demais espécies ocorreram principalmente na borda da mata de galeria.

*Phaethornis pretrei* ocorreu principalmente na borda e interior da mata de galeria, geralmente em áreas próximas ao ribeirão do Panga, além da vereda próxima a cursos de água e poucas vezes no campo sujo, onde ocorria em áreas próximas à mata de galeria. *Thalurania furcata* também foi visto principalmente no interior e borda da mata de galeria, porém quando no interior quase não utilizava os mesmos recursos que *P. pretrei*. As demais espécies não foram avistadas no interior da mata, sendo mais frequentes em ambientes abertos. A figura 15 mostra a proporção de espécies que ocorreu em cada fisionomia.



**Figura 15.** Proporção de espécies de beija-flores que ocorreu em cada fisionomia na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. B= Borda, CS= Campo sujo, MI= Mata de galeria isolada, V= vereda, C= cerrado, MG= Mata de galeria, MM= Mata mesofítica semidecídua.

As espécies de plantas que tiveram maior riqueza de visitas de beija-flores foram: *Inga vera*, *Helicteres brevispira*, *Bauhinia unguolata* e *Vochysia tucanorum* (Apêndice II). *Phaethornis pretrei* visitou o maior número de plantas, perfazendo 21 espécies (32% do total) (Figura 16), sendo o visitante exclusivo ou principal de seis espécies ornitófilas. *Thalurania furcata* e *Amazilia fimbriata* visitaram 17 espécies (26% do total) e 14 espécies (22% do total), respectivamente. As demais espécies de beija-flores foram registradas visitando de duas a três espécies de plantas.



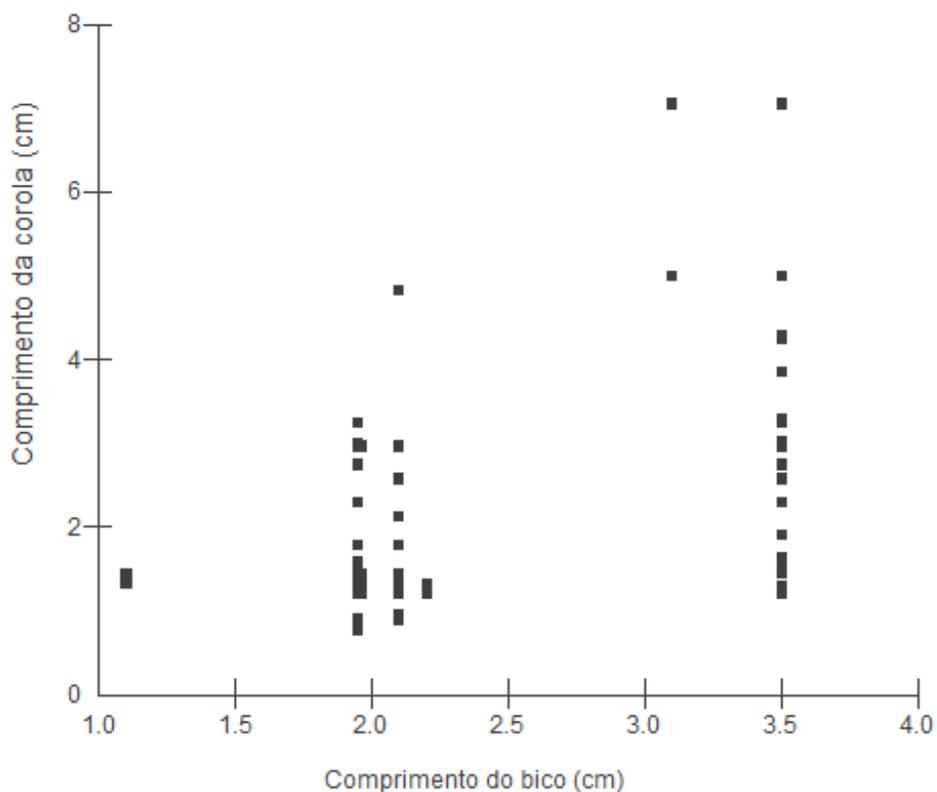
**Figura 16-** Porcentagem de espécies de plantas visitadas pelas oito espécies de beija-flores na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. Abreviações Ph pr = *Phaethornis pretrei*, Th fu = *Thalurania furcata*, Am fi = *Amazilia fimbriata*, Ch lu = *Chlorostilbon lucidus*, Eu ma = *Eupetomena macroura*, Lo ma = *Lophornis magnificus*, He sq = *Heliomaster squamosus*, Co se = *Colibri serrirostris*.

*Phaethornis pretrei* visitou o maior número de espécies e, dentre estas, visitou flores com comprimentos de corola que variaram de 1,2 cm (*Bauhinia unguolata*) a 7,06cm (*Canna indica*) e diâmetros de abertura de 0,27cm (*Geissomeria longiflora*) a 3,66cm (*Caryocar brasiliensis*). O limite de comprimento e o diâmetro de abertura das corolas das flores utilizadas pelas outras espécies de beija-flores estão na tabela 1.

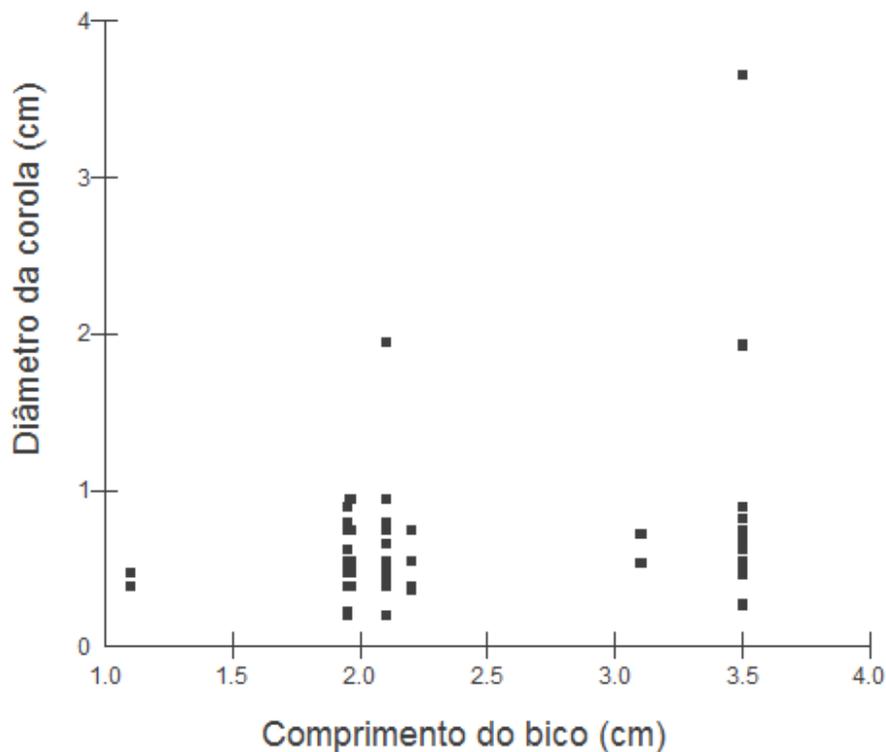
**Tabela 1.** Comprimento do bico dos beija-flores e dados de comprimento e diâmetro de abertura da corola das flores visitadas por beija-flores no Cerrado da Estação Ecológica do Panga, - Uberlândia, MG

Espécies de beija-flores	Comprimento do bico (cm)	Varição do comprimento da corola das espécies visitadas (cm)	Varição do diâmetro de abertura da corola das flores visitadas (cm)
<i>Phaethornis pretrei</i>	3,5	1,2 – 7,1 (n=20)	0,27 – 3,66 (n=20)
<i>Eupetomena macroura</i>	2,1-2,3	1,2 – 1,3 (n=3)	0,36 – 0,75 (n=3)
<i>Heliomaster squamosus</i>	3,1	5,01 – 7,06 (n=2)	0,54 – 0,72 (n=2)
<i>Colibri serrirostris</i>	2,2	1,31 – 1,33 (n=2)	0,39 – 0,55 (n=2)
<i>Amazilia fimbriata</i>	2,1	0,9 – 4,84 (n=14)	0,2 – 1,95 (n=14)
<i>Thalurania furcata</i>	1,9-2,0	0,76 – 3,24 (n=15)	0,2 – 0,9 (n=15)
<i>Chlorostilbon lucidus</i>	1,93–2,0	1,2 – 2,97 (n=6)	0,39 – 0,95 (n=6)
<i>Lophornis magnificus</i>	1,1	1,33 -1,45 (n=2)	0,39 - 0,47 (n=2)

A correlação entre o comprimento dos bicos dos beija-flores e o comprimento da corola das flores que visitaram foi positiva ( $r_s = 0,39$ ;  $p = 0,0016$ ,  $n = 64$  pares de interação) (Figura 17). No entanto, a figura 17 demonstrou que beija-flores de bicos longos visitaram tanto flores de corola longa como curta, ao passo que beija-flores de bico curto se limitaram a flores de corola curta. Não houve correlação entre o diâmetro de abertura da corola e comprimento do bico ( $r_s = 0,24$ ;  $p > 0,05$ ,  $n = 64$ ) (Figura 18).



**Figura 17.** Relação entre o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento da corola de flores utilizadas na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia - MG. ( $r_s = 0,39$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 64$ ).



**Figura 18.** Relação entre o comprimento do bico dos beija-flores e o diâmetro de abertura da corola de flores utilizadas na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia -MG. ( $r_s = 0,24$  ;  $p > 0,05$   $n = 64$ ).

## DISCUSSÃO

O número de espécies (46) que pode ser utilizadas por beija-flores na EEP é comparável ao de outras áreas tropicais como a Mata Atlântica (Buzato *et al.* 2000), a Amazônia Colombiana (Lasprilla & Sazima 2004) e a Floresta tropical úmida na Costa Rica (Stiles 1978). No entanto, quando considerado apenas o número de espécies ornitófilas (21), a riqueza se compara a de áreas como a Floresta Montana no sudeste

brasileiro (Sazima *et al.* 1996), ou a Selva tropical úmida no México (Toledo 1975). Ainda foram reportadas outras áreas com riqueza inferior à da EEP como os Capões do Pantanal (Araujo & Sazima 2003) e a Floresta seca no México (Arizmendi & Ornelas 1990).

Aparentemente a baixa riqueza de plantas ornitófilas resulta em maior uso de plantas pertencentes a outras síndromes, como a entomofilia, por parte dos beija-flores. Este aspecto está relacionado ao fato da dependência mutualística dos beija-flores em relação às espécies ornitófilas não ser absoluta (Grant 1994). Diversos estudos reportam grande utilização de espécies de diferentes síndromes de polinização por parte dos beija-flores quando a riqueza de espécies ornitófilas encontradas na área é baixa (Arizmendi & Ornelas 1990, Araujo 1996, Araujo & Sazima 2003, Machado *et al.* 2007, Dalsgaard *et al.* 2009, Machado 2009).

No presente estudo a família Fabaceae foi a mais representativa tendo o maior número de espécies que podem ser utilizadas pelos beija-flores. Espécies de Bignoniaceae e de Vochysiaceae também foram bem representadas, sendo este resultado semelhante ao encontrado em capões do Pantanal (Araujo & Sazima 2003). Outros estudos de comunidades tropicais que reportam espécies visitadas por beija-flores mencionam as famílias Ericaceae, Rubiaceae, Bignoniaceae, Acanthaceae e Cactaceae como as mais importantes (Stiles 1985, Lasprilla & Sazima 2004, Abreu & Vieira 2004, Leal *et al.* 2006, Dalsgaard, *et al.* 2009,) assim como Scrophulariaceae na América do Norte (Grant 1994). Porém a característica mais comum observada nos estudos de comunidades é o fato de as demais famílias serem representada por uma ou duas espécies

apenas (ver Toledo 1975, Arizmendi & Ornelas 1990, Araujo 1996, Araujo & Sazima 2003, Canela 2006, Machado *et al.* 2007, Dalsgaard *et al.* 2009, Machado 2009).

A família Bromeliaceae foi uma das que apresentou mais espécies ornitófilas na área de estudo, entretanto as espécies apresentaram baixa densidade local quando comparadas com as espécies de outras famílias (ver capítulo 2). Este aspecto difere da grande maioria dos estudos de comunidades realizados na mata atlântica que reportam Bromeliaceae como sendo a família mais importante na manutenção dos beija-flores quando somente flores ornitófilas são focadas (Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Canela 2006, Rocca-de-Andrade 2006, Machado *et al.* 2007).

Dentre as espécies não-ornitófilas utilizadas por beija-flores na EEP, predominaram as melitófilas (Apêndice I). Os demais estudos que reportam espécies de outras síndromes sendo visitadas por beija-flores também citam as entomófilas/melitófilas como um recurso alternativo bastante procurado por estas aves (ver Araujo & Sazima 2003, Arizmendi & Ornelas 1990). O maior número de espécies melitófilas utilizadas, provavelmente, decorre do fato de serem mais comuns nas áreas estudadas e também por serem espécies diurnas com produção de néctar coincidindo com o período de forrageamento dos beija-flores (Araujo 1996).

A maioria das espécies estudadas apresentou hábito arbóreo, no entanto considerando apenas as ornitófilas o hábito predominante foi o herbáceo (Apêndice I) e esta característica difere da maioria das comunidades ornitófilas nas quais geralmente domina o hábito epífita (ver Canela 2006, Rocca-de-Andrade 2006, Buzato *et al.* 2000, Sazima *et al.* 1996). O hábito herbáceo, entretanto, também é freqüente para espécies ornitófilas em outras comunidades tropicais como na Caatinga (Leal *et al.* 2006), nos

capões no Pantanal (Araujo & Sazima 2003) e em fragmentos florestais no sudeste brasileiro (Abreu & Vieira 2004).

Grande parte das espécies que podem ser visitadas pelos beija-flores (incluindo ornitófilas e não ornitófilas) ocorreu no campo sujo, no entanto a área que apresentou a maior riqueza de espécies ornitófilas típicas foi a borda da mata de galeria. Geralmente plantas ornitófilas apresentam morfologia especializada que favorece a exclusão de polinizadores menos adaptados (Castellanos *et al.* 2004), além disso, a coloração das flores em tons avermelhados é outro fator considerado desfavorável para a atração de insetos (Raven 1972). Sendo assim, neste local os recursos devem estar menos disponíveis para outros polinizadores que não os beija-flores favorecendo assim estas aves. Ao contrário disso, nas demais fisionomias os beija-flores devem utilizar mais freqüentemente o néctar residual de plantas onde ocorrem mais espécies melitófilas e quiropterófilas.

O padrão de floração anual, registrado para a maior parte das espécies estudadas é freqüentemente encontrado para espécies ornitófilas (Sazima *et al.* 1996 Buzato *et al.* 2000). Esta característica resulta em maior previsibilidade em relação ao período de floração (Newstrom *et al.* 1994, Buzato 1995). Quanto à duração da floração, o fato da maioria das espécies apresentar floração intermediária e a comunidade apresentar floração seqüencial e contínua é favorável à manutenção dos beija-flores, principalmente dos residentes, devido à estabilidade na oferta de recursos (Feinsinger *et al.* 1985). Do ponto de vista das espécies de plantas, a floração seqüencial pode ser considerada como um mecanismo de mutualismo que é vantajoso uma vez que garante a manutenção de

seus polinizadores ao longo do ano (Waser & Real, 1979, Sittles 1985, Araujo *et al.* 1994, Newstrom *et al.* 1994).

Entre as espécies utilizadas pelos beija-flores a maioria apresentou flores tubulosas, de comprimento da corola curto e diâmetro estreito, no entanto estas características variaram muito para a comunidade no geral. Flor tubulosa é uma das características esperadas para espécies polinizadas por beija-flores (Sazima *et al.* 1996). Dentre as espécies ornitófilas, todas apresentaram características habituais da síndrome (Faegri & Van der Pijl, 1980).

Quanto ao posicionamento das estruturas reprodutivas, a maioria das espécies apresentou algum grau de hercogamia, característica que previne o contato do pólen com o estigma da mesma flor, que é uma característica bastante comum e difundida em diversas famílias (ver Webb & Lloyd 1986). Do ponto de vista da comunidade esta característica ajudaria a favorecer a polinização cruzada e conseqüente variabilidade genética, prevenindo uma possível depleção endogâmica (ver Araújo & Oliveira 2007).

As cores das flores utilizadas por beija-flores que mais predominaram na EEP foram o amarelo e o branco, resultado influenciado pelo alto número de espécies não-ornitófilas. Araujo & Sazima (2003) também encontraram predominância da cor branca nas flores não-ornitófilas utilizadas por beija-flores. No entanto, avaliando apenas as espécies ornitófilas da comunidade estudada, o vermelho predominou assim como em outros estudos, (ver Buzato 1995, Canela 2006, Toledo 1975, Sazima *et al.* 1996). Habitualmente os beija-flores visitam flores de diversas cores e, portanto não demonstram preferência por nenhum tipo de cor (Raven 1972). No entanto, os beija-

flores podem associar cores com fontes de alimento, o que pode reforçar uma imagem de busca (Brown & Kodric-Brown 1979).

As médias de volume e concentração de açúcares no néctar para a comunidade estudada foram menores que as encontradas em outras comunidades (ver Lopes 2002, Sazima et al. 1996, Buzato et al. 2000). Ao contrário do observado por Arizmendi & Ornelas (1990), no presente estudo observou-se baixa correlação positiva entre o comprimento da corola e o volume de néctar. No entanto, foi encontrada correlação mais forte entre o diâmetro de abertura da corola e o volume de néctar. Conforme sugerido por Buzato (1995), o diâmetro da flor também é um fator importante em relação à produção de néctar, uma vez que flores de grande diâmetro podem acumular volumes comparáveis aos de flores de corolas de tubo longo. Provavelmente os resultados do presente estudo foram influenciados por terem sido incluídas nas análises as espécies quíropterófilas, como *Caryocar brasiliensis* e *Luehea grandiflora*, que geralmente apresentam grande diâmetro e produzem grandes volumes de néctar.

A correlação entre o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento da corola das flores foi positiva. No entanto, beija-flores de bicos longos visitaram tanto flores de corola longa como curta, ao passo que beija-flores de bico curto se limitaram a flores de corola curta. Outros estudos também demonstraram haver correlação positiva entre o tamanho do tubo e o comprimento do bico dos beija-flores visitantes (Arizmendi & Ornelas 1990, Vasconcelos & Lombardi 2001, Machado et al. 2007, Machado 2009). *Phaethornis pretrei* foi a espécie que mais influenciou no resultado, uma vez que, dentre as oito espécies de beija-flores registradas na área de estudo, foi o beija-flor que visitou o maior número de espécies de flores de diferentes comprimentos. Em outros estudos,

beija-flores desse gênero costumam visitar preferencialmente flores de tubos longos e que produzem maior valor energético de néctar (Buzato 1995). No entanto, na EEP *P. pretrei* utiliza as flores de maneira mais generalista, provavelmente porque é uma espécie residente e precisa aproveitar ao máximo os recursos disponíveis. Esta espécie foi registrada em outras áreas apresentando comportamento generalista semelhante quanto às espécies e quanto à morfologia das flores visitadas (Machado *et al.* 2007).

O número de espécies de beija-flores registrado no presente estudo, oito espécies, foi menor que o registrado para outras áreas tropicais como a mata atlântica, 15 espécies (Buzato *et al.* 2000) e a Colômbia, com 13 espécies (Lasprilla & Sazima 2004). Porém foi maior que o número registrado na floresta seca do México, seis espécies (Arizmendi & Ornelas 1990), na caatinga de Alagoinha-PE, cinco espécies (Machado & Lopes 2003) e nos capões do Pantanal, quatro espécies (Araujo & Sazima 2003). Desta forma, o Cerrado apresenta uma riqueza intermediária se comparado com áreas ricas, como a Mata Atlântica, e pobres como a Caatinga.

As espécies de beija-flores que foram registradas visitando o maior número de espécies da comunidade estudada, *Phaethornis pretrei* e *Thalurania furcata*, também foram as que exploraram o maior número de fisionomias do Cerrado. Provavelmente este aspecto está relacionado ao comportamento de forrageamento e ao fato de serem espécies residentes que precisam explorar o maior número de recursos para permanecerem na área (ver Capítulo 3).

Como a comunidade de beija-flores é pequena não foi detectada divisão no uso de recursos como ocorre em certas comunidades tropicais (ver Buzato *et al.* 2000), mas sim generalização no uso dos mesmos. Entretanto, *Phaethornis pretrei* que consegue

explorar melhor os recursos na área, pelo menos no interior da mata de galeria não utilizou as mesmas espécies que *Thalurania furcata*. As demais espécies utilizavam recursos de forma oportunística e sazonal de acordo com a disponibilidade de néctar.

O Cerrado quando avaliado em relação ao número de espécies ornitófilas, pode ser considerado relativamente pobre em recursos. No entanto, levando em consideração a diversidade de habitats e espécies que podem ser utilizados por beija-flores neste bioma, é provável que se assemelhe a outros biomas como a Mata Atlântica. Mesmo não tendo um grande número de espécies ornitófilas, o Cerrado oferece condições propícias para a permanência destas aves.

**Apêndice I.** Atributos florais das espécies utilizadas como recurso por beija-flores na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia – MG. Phpr= *Phaethornis pretrei*, Amfi = *Amazilia fimbriata*, Euma = *Eupetomena macroura*, Thfu = *Thalurania furcata*, Chlu = *Chlorostilbon lucidus*, Hesq = *Heliothra squamosus*, Cose = *Colibri serrirostris*, Loma = *Lophornis magnificus*, Est = estendida, Int = intermediária, sind = síndrome de polinização.

Espécie/família	Comprimento da corola (cm)	Diâmetro de abertura da corola (cm)	Altura do estigma (cm) <sup>a</sup>	Altura das anteras (cm) <sup>b</sup>	Volume do néctar (µL)	Concentração de açúcares no néctar (%)	Cor principal da corola ou bráctea/ Sínd. Pol <sup>c</sup>	Formato da corola	Hábito	Padrão e duração da floração <sup>e</sup>	No. registro no HUFU
ACANTHACEAE											
<i>Dicliptera squarrosa</i>	3,0 ± 0,3 (n=10)	0,6 ± 0,1 (n=10)	3,1 ± 0,3 (n=10)	2,9 ± 0,3 (n=10)	8,8 ± 1,8 (n=11)	6,4 ± 1,5 (n=11)	Vermelho/ Ornitófila	Goela	Sub-arbusto	Anual/ est	51866
<i>Geissomeria longiflora</i>	3,0 ± 0,2 (n=10)	0,3 ± 0,1 (n=10)	2,9 ± 0,2 (n=10)	2,8 ± 0,2 (n=10)	7,0 ± 2,6 (n=18)	7,3 ± 2,5 (n=18)	Vermelho/ Ornitófila	Tubo	Sub-arbusto	Anual/ int	47812
<i>Ruellia brevifolia</i>	2,8 ± 0,2 (n=8)	0,6 ± 0,2 (n=8)	3,1 ± 0,2 (n=8)	2,9 ± 0,2 (n=8)	6,8 ± 3,3 (n=17)	6,7 ± 3,6 (=17)	Vermelho/ Ornitófila	Goela	Sub-arbusto	Subanual/ est	47806
APOCYNACEAE											
<i>Mandevilla hirsuta</i>	4,2 ± 0,4 (n=7)	0,5 ± 0,1 (n=7)	3,0 ± 0,2 (n=7)	3,1 ± 0,1 (n=7)	18,0 ± 9,5 (n=6)	28,8 ± 15,8 (n=6)	Amarelo/ Ornitófila	Tubo	Liana	Anual/ int	51983
<i>Prestonia coalita</i>	1,60 ± 0,1 (n=10)	0,2 ± 0,1 (n=10)	1,1 ± 0,1 (n=10)	1,3 ± 0,1 (n=10)	6,0 ± 0,0 (n=2)	4,4 ± 0,2 (n=2)	Amarelo/ Melitófila	Tubo	Liana	Anual/ int	51877
BIGNONIACEAE											
<i>Arrabidaea pulchra</i>	3,4 ± 0,2 (n=10)	1,2 ± 0,2 (n=10)	2,9 ± 0,2 (n=10)	2,9 ± 0,2 (n=10)	-	-	Rosa/ Melitófila	Tubo	Arbusto	Anual/ breve	47815
<i>Memora campicola</i>	3,7 ± 0,38 (n=10)	1,8 ± 1,1 (n=10)	3,0 ± 0,8 (n=10)	3,0 ± 0,8 (n=10)	13,00 (n=1)	11,7 (n=1)	Amarelo/ Melitófila	Tubo	Arbusto	Anual/ int	51860
<i>Tabebuia aurea</i>	4,8 ± 0,6 (n=6)	2,0 ± 0,4 (n=6)	3,0 ± 0,2 (n=6)	2,9 ± 0,2 (n=6)	8,3 ± 2,4 (n=21)	8,9 ± 3,6 (n=21)	Amarelo/ Melitófila	Tubo	Árvore	Anual/ int	51984

<i>Tabebuia roseo-alba</i>	3,6 ± 0,5 (n=2)	1,2 ± 0,1 (n=2)	2,0 ± 0,4 (n=2)	2,2 ± 0,2 (n=2)	-	-	Rosa/ Melitófila	Tubo	Árvore	Anual/ breve	47816
<i>Zeyheria montana</i>	2,6 ± 0,1 (n=10)	0,7 ± 0,1 (n=10)	2,8 ± 0,2 (n=10)	2,9 ± 0,2 (n=10)	16,7 ± 15,3 (n=17)	13,9 ± 14,5 (n=17)	Amarelo/ Ornitófila	Tubo	Arbusto	Anual/ int	47811
BROMELIACEAE											
<i>Aechmea bromeliifolia</i>	0,9 ± 0,1	0,4 ± 0,1 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	0,7 ± 0,1 (n=10)	6,6 ± 3,9 (n=15)	6,3 ± 3,9 (n=15)	Creme/ Ornitófila	Tubo	Epífita	Anual/ breve	-
<i>Ananas ananassoides</i>	1,8 (n=1)	0,8 (n=1)	0,8 (n=1)	1,4 (n=1)	35,8 ± 15,7 (n=19)	44,8 ± 21,1 (n=19)	Creme-lilás/ Ornitófila	Tubo	Erva	Anual/ int	51988
<i>Billbergia porteaana</i>	2,0 ± 0,1 (n=6)	0,43 ± 0,1 (n=6)	8,0 ± 0,6 (n=6)	7,7 ± 0,4 (n=6)	5,7 ± 1,5 (n= 3)	5,6 ± 1,5 (n=3)	Verde-rosa/ Ornitófila	Tubo	Epífita	Anual/ breve	51870
<i>Dyckia leptostachya</i>	1,4 ± 0,1 (n=10)	0,4 ± 0,1 (n=10)	0,9 ± 0,1 (n=10)	1,6 ± 0,1 (n=10)	12,6 ± 5,7 (n=20)	15,5 ± 7,3 (n=20)	Laranja/ Ornitófila	Tubo	Erva	Anual/ int	51986
CANNACEAE											
<i>Canna indica</i>	7,1 ± 0,4 (n=10)	0,7 ± 0,1 (n=10)	6,6 ± 0,6 (n=10)	6,5 ± 0,5 (n=10)	18,1 ± 9,9 (n=25)	13,6 ± 8,4 (n=25)	Vermelho / Ornitófila	Tubo	Erva	Contínuo/ est	51868
CARYOCARACEAE											
<i>Caryocar brasiliensis</i>	3,0 ± 0,2 (n=10)	3,7 ± 0,9 (n=10)	5,0 ± 0,4 (n=10)	5,0 ± 0,4 (n=10)	46,2 ± 64,1 (n=4)	62,5 ± 94,7 (n=4)	Branco / Quiropterófila	Pincel	Árvore	Anual/ int	5588
COSTACEAE											
<i>Costus spiralis</i>	5,0 ± 0,3 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	4,5 ± 0,2 (n=10)	4,4 ± 0,2 (n=10)	14,4 ± 3,7 (n=7)	12,7 ± 4,9 (n=7)	Vermelho / Ornitófila	Tubo	Erva	Anual/ est	51874
FABACEAE											
<i>Bauhinia brevipes</i>	1,5 ± 0,1 (n=2)	0,7 ± 0 (n=2)	5,9 ± 2,0 (n=2)	4,8 ± 0,4 (n=2)	16,0 ± 7,9 (n=12)	8,6 ± 4,2 (n=12)	Branco / Quiropterófila	Pincel	Arbusto	Anual/ int	51892
<i>Bauhinia unguolata</i>	1,2 ± 0,1 (n=10)	0,8 ± 0,1 (n=10)	5,0 ± 0,9 (n=10)	5,2 ± 0,4 (n=10)	10,7 ± 3,3 (n=6)	6,37 ± 2,82 (n=6)	Branco / Quiropterófila	Pincel	Árvore	Anual/ int	51867

<i>Bauhinia rufa</i>	2,3 ± 0,5 (n=9)	0,9 ± 0,1 (n=9)	9,0 ± 1,2 (n=9)	7,4 ± 1,1 (n=9)	47,2 ± 38,3 (n=12)	29,3 ± 28,8 (n=12)	Branco / Quiropterófila	Pincel	Arbusto	Anual/ int	51881
<i>Bowdichia virgilioides</i>	1,3 ± 0,3 (n=10)	1,0 ± 0,2 (n=10)	1,1 ± 0,1 (n=10)	1,1 ± 0,1 (n=10)	-	-	Lilás / Melitófila	Estandarte	Árvore	Anual/ int	51865
<i>Camptosema coriaceum</i>	3,3 ± 0,3 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	3,2 ± 0,2 (n=10)	3,0 ± 0,3 (n=10)	7,1 ± 3,4 (n=15)	8,3 ± 4,1 (n=15)	Vermelho / Ornitófila	Estandarte	Erva	Anual/ int	51985
<i>Deguelia hatschbachii</i>	0,9 ± 0,1 (n=6)	0,2 ± 0 (n=6)	0,9 ± 0,2 (n=6)	0,9 ± 0,2 (n=6)	-	-	Lilás / Melitófila	Estandarte	Liana	Anual/ int	55880
<i>Inga vera</i>	1,3 ± 0,2 (n=10)	0,6 ± 0,1 (n=10)	9,8 ± 15,7 (n=10)	9,8 ± 15,7 (n=10)	5,5 ± 1,7 (n=15)	4,7 ± 1,4 (n=15)	Branco / Quiropterófila	Pincel	Árvore	Anual/ est	51869
GESNERIACEAE											
<i>Sinningia elatior</i>	3,9 ± 0,2 (n=10)	0,8 ± 0,1 (n=10)	3,2 ± 0,6 (n=10)	3,6 ± 0,3 (n=10)	49,7 ± 28,0 (n=14)	46,6 ± 25,1 (n=14)	Laranja/ Ornitófila	Tubo	Erva	Annual/ breve	51875
HELICONIACEAE											
<i>Heliconia psittacorum</i>	3,2 ± 0,2 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	3,2 ± 0,2 (n=10)	3,8 ± 0,2 (n=10)	25,1 ± 15,1 (n=13)	28,0 ± 18,9 (n=13)	Laranja/ Ornitófila	Tubo	Erva	Anual/ est	51880
LAMIACEAE											
<i>Amasonia hirta</i>	3,0 ± 0 (n=2)	0,6 ± 0 (n=2)	3,4 ± 0,4 (n=2)	3,5 ± 0,2 (n=2)	16,0 (n=1)	13,6 (n=1)	Amarelo/ Ornitófila	Tubo	Erva	Anual/ breve	47817
<i>Salvia scabrida</i>	3,1 ± 0,2 (n=3)	1,0 ± 0,1 (n=3)	4,5 ± 0,3 (n=3)	3,9 ± 0,1 (n=3)	-	-	Vermelho/ Ornitófila	Tubo	Erva	Anual/ breve	51875
LYTHRACEAE											
<i>Cuphea melvilla</i>	3,0 ± 0,3 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	2,9 ± 0,7 (n=10)	3,0 ± 0,4 (n=10)	15,8 ± 5,7 (n=4)	19,6 ± 8,3 (n=4)	Vermelho/ Ornitófila	Tubo	Erva	Anual/ estendida	51861
MALVACEAE											
<i>Eriotheca gracilipes</i>	-	-	-	-	1,9 (n=1)	1,9 (n=1)	Creme / Melitófila	Aberto	Árvore	Anual/ int	51990

<i>Helicteres brevispira</i>	1,4 ± 0,1 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	5,5 ± 0,7 (n=10)	5,5 ± 0,7 (n=10)	20,9 ± 6,4 (n=25)	13,0 ± 6,3 (n=25)	Amarelo/ Ornitófila	Estandarte	Arbusto	Anual/ est	51987
<i>Helicteres sacarolha</i>	1,9 ± 0,2 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	4,1 ± 0,3 (n=10)	4,0 ± 0,5 (n=10)	33,0 ± 22,7 (n=13)	28,6 ± 13,5 (n=13)	Laranja/ Ornitófila	Tube	Erva	Anual/ est	47813
<i>Luehea grandiflora</i>	1,6 ± 0,6 (n=3)	1,9 ± 0,2 (n=3)	3,1 ± 0,4 (n=3)	2,4 ± 0,3 (n=3)	19,2 ± 15,4 (n=12)	17,2 ± 12,9 (n=12)	Branco / Quiropterófila	Aberto	Árvore	Anual/ int	51863
RUBIACEAE											
<i>Coutarea hexandra</i>	4,0 ± 0,5 (n=10)	1,4 ± 0,2 (n=10)	5,8 ± 0,5 (n=10)	5,6 ± 0,6 (n=10)	10,0 (n=1)	7,0 (n=1)	Rosa/ Esfingófila	Tube	Árvore	Anual/ breve	51876
<i>Faramea cyanea</i>	1,6 ± 0,2 (n=10)	0,2 ± 0,1 (n=10)	1,0 ± 0,1 (n=10)	1,6 ± 0,2 (n=10)	4,0 (n=1)	3,6 (n=1)	Branco / Melitófila	Tube	Árvore	Anual/ breve	55882
<i>Manettia cordifolia</i>	4,3 ± 0,5 (n=10)	0,7 ± 0,1 (n=10)	4,8 ± 0,4 (n=10)	4,6 ± 0,4 (n=10)	35,7 ± 6,8 (n=3)	31,9 ± 4,8 (n=3)	Vermelho / Ornitófila	Tube	Liana	Anual/ est	47807
<i>Palicourea rígida</i>	1,2 ± 0,1 (n=10)	0,4 ± 0,1 (n=10)	1,2 ± 0,1 (n=10)	1,6 ± 0,1 (n=10)	7,6 ± 3,7 (n=5)	6,0 ± 4,2 (n=5)	Amarelo/ Ornitófila	Tube	Arbusto	Anual/ int	51862
STYRACACEAE											
<i>Styrax ferrugineus</i>	1,0 ± 0,2 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	1,5 ± 0,2 (n=10)	3,0 ± 5,3 (n=10)	11,2 ± 2,7 (12)	10,2 ± 2,6 (n= 12)	Branco/ Melitófila	Tube	Árvore	Anual/ int	51864
<i>Styrax pohlii</i>	0,8 ± 0,1 (n=5)	0,5 ± 0,9 (n=5)	1,5 ± 0,1 (n=5)	1,5 ± 0,1 (n=5)	8,75 ± 2,2 (n=4)	7,1 ± 1,5 (n=4)	Branco / Melitófila	Tube	Árvore	Anual/ int	-
VERBENACEAE											
<i>Lippia lasiocalycina</i>	1,0 ± 0,1 (n=10)	0,2 ± 0,1 (n=10)	0,61 ± 0,03 (n=10)	0,6 ± 0,1 (n=10)	2,0 ± 0,8 (n=4)	0,8 ± 0,1 (n=4)	Rosa/ Psicófila	Tube	Sub-arbusto	Anual/ int	47804
<i>Stachytarpheta gesnerioides</i>	-	-	-	-	12,6 ± 7,2 (n=15)	7,3 (n=15)	Azul/ Psicófila	Tube	Erva	Anual/ int	51878
VOCHYSIACEAE											
<i>Qualea multiflora</i>	-	-	-	-	32,5 ± 3,5 (n=2)	41,6 ± 4,8 (n=2)	Amarelo / Melitófila	Calcar	Árvore	Anual/ breve	51859

<i>Qualea parviflora</i>	0,9 (n=1)	0,2 (n=1)	0,4 (n=1)	0,8 (n=1)	-	-	Amarelo-rosa/ Melitófila	Calcar	Árvore	Anual/ int	51879
<i>Salvertia convallariodora</i>	2,1 ± 0,3 (n=10)	0,5 ± 0,1 (n=10)	2,9 ± 0,3 (n=10)	2,8 ± 0,4 (n=10)	4,5 ± 1,9 (n=9)	5,5 ± 2,0 (n=9)	Branco/ Esfingófila	Calcar	Árvore	Anual/ int	51989
<i>Vochysia rufa</i>	1,2 ± 0,1 (n=10)	0,4 ± 0 (n=10)			7,5 (n=1)	10,1 (n=1)	Amarelo/ Melitófila	Calcar	Árvore	Anual/ int	47810
<i>Vochysia tucanorum</i>	1,3 ± 0,1 (n= 6)*	0,4 ± 0,1 (n=6)	1,6 ± 0,2 (n=6)	1,6 ± 0,2 (n=6) **	6,1 ± 5,3 (n=14)	6,6 (n=14)	Amarelo/ Melitófila	Calcar	Árvore	Anual/ est	51873

<sup>a</sup> Distância desde a base da corola ao topo do estigma; <sup>b</sup> Distância desde a base da corola ao topo das anteras; <sup>c</sup> De acordo com Faegri & van der Pijl (1979) \*medida do calcar, \*\*Local onde o pólen é depositado secundariamente.

Apêndice II. Frequência relativa de visitas dos beija-flores às espécies de plantas na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. A taxa de visitação apresentada corresponde ao número de visitas por hora de observação.

Família/espécie	Frequência relativa de visita (%)								Taxa de visitação total
	<i>Phpr</i>	<i>Thfu</i>	<i>Amfi</i>	<i>Chlu</i>	<i>Euma</i>	<i>Coser</i>	<i>Hesq</i>	<i>Loma</i>	
<b>ACANTHACEAE</b>									
<i>Dicliptera squarrosa</i>	100	...	...	...	...	...	...	...	1,75
<i>Geissomeria longiflora</i>	100	...	...	...	...	...	...	...	4,01
<i>Ruellia brevifolia</i>	96,55	3,44	...	...	...	...	...	...	0,53
<b>APOCYNACEAE</b>									
<i>Mandevilla hirsuta</i>	94,92	...	...	5,08	...	...	...	...	2,68
<i>Prestonia coalita</i>	...	100	...	...	...	...	...	...	3,23
<b>BIGNONIACEAE</b>									
<i>Zeyheria montana</i>	77,89	...	22,10	...	...	...	...	...	8,64
<b>BROMELIACEAE</b>									
<i>Ananas ananassoides</i>	...	...	100	...	...	...	...	...	1,00
<i>Dyckia leptostachya</i>	...	...	...	100	...	...	...	...	3,00
<b>CANACEAE</b>									
<i>Canna indica</i>	95,68	0,61	...	...	...	...	4,29	...	9,59
<b>CARYOCAREACEAE</b>									
<i>Caryocar brasiliensis</i>	X	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>COSTACEAE</b>									
<i>Costus spiralis</i>	88,23	...	...	...	...	...	11,76	...	4,10
<b>FABACEAE</b>									
<i>Bauhinia brevipes</i>	X	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Bauhinia unguolata</i>	6,71	21,74	6,72	38,34	26,48	...	...	...	16,87
<i>Bauhinia rufa</i>	X	100	...	...	...	...	...	...	2,00
<i>Bowdichia virgilioides</i>	...	...	X	X	...	...	...	...	...
<i>Camptosema coriaceum</i>	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Deguelia hatschbachii</i>	...	X	...	...	...	...	...	...	...
<i>Inga vera</i>	6,90	24,34	...	61,10	7,65	...	...	...	26,57

<b>GESNERIACEAE</b>								...	
<i>Sinningia elatior</i>	X	...	...	...	X	X	...	...	
<b>HELICONIACEAE</b>									
<i>Heliconia psittacorum</i>	45,45	35,45	11,82	2,73	7,27	...	...	...	13,75
<b>LAMIACEAE</b>									
<i>Salvia scabrida</i>	X	...	...	...	...	...	...	...	
<b>LYTHRACEAE</b>									
<i>Cuphea melvilla</i>	28,60	26,71	21,75	22,93	...	...	...	...	42,3
<b>MALVACEAE</b>									
<i>Helicteres brevispira</i>	5,54	25,95	33,48	25,78	0,69	...	...	3,37	115,6
<i>Helicteres sacarolha</i>	X								
<i>Luehea grandiflora</i>	65,52	34,48	...	...	...	...	...	...	3,62
<b>RUBIACEAE</b>									
<i>Faramea cyanea</i>	...	X	...	...	...	...	...	...	
<i>Manettia cordifolia</i>	96,47	3,53	...	...	...	...	...	...	3,4
<i>Palicourea rigida</i>	...	X	...	...	X	...	...	...	
<b>STYRACACEAE</b>									
<i>Styrax ferrugineus</i>	...	X	X	...	...	...	...	...	
<i>Styrax pohlii</i>	...	...	X	...	...	...	...	X	
<b>VERBENACEAE</b>									
<i>Stachytarpheta gesnerioides</i>	...	X	...	...	...	...	...	...	
<b>VOCHYSIACEAE</b>									
<i>Qualea multiflora</i>	...	X	...	...	...	...	...	X	
<i>Qualea parviflora</i>	X	X	X	...	...	...	...	...	
<i>Salvertia convallariodora</i>	...	...	X	X	...	...	...	...	
<i>Vochysia rufa</i>	...	...	...	...	...	...	...	...	
<i>Vochysia tucanorum</i>	...	26,97	...	20,79	...	50,56	...	1,68	35,6
<b>Total de espécies</b>	21	19	11	10	6	2	2	4	

Phpr= *Phaethornis pretrei*, Thfu = *Thalurania furcata*, Amfi = *Amazilia fimbriata*, Chlu= *Chlorostilbon lucidus*, Euma= *Eupetomena macroura*, Coser = *Colibri serrirostris*, Hesq= *Heliomaster squamosus*, Loma= *Lophornis magnificus*

## **Capítulo II**

# **Energia do néctar disponível para beija-flores em area de Cerrado da Estação Ecológica do Panga, MG**

## RESUMO

O néctar é o recurso floral mais importante em termos energéticos, e constitui nutrição para diversos animais. Os beija-flores são animais nectarívoros de alta demanda energética e, portanto, precisam consumir o néctar de muitas flores para satisfazerem suas necessidades energéticas. No Brasil existem 83 espécies de beija-flores sendo que destas 36 ocorrem na região do Cerrado. Para a flora do Cerrado existe uma estimativa de que apenas 7,5 % das espécies sejam ornitófilas. Apesar desta baixa porcentagem de plantas ornitófilas muitas espécies de beija-flores ocorrem nesta região. O presente estudo teve como objetivo identificar e avaliar a disponibilidade de recursos florais, para beija-flores, em termos energéticos em uma área de Cerrado em Uberlândia-MG. Amostras mensais foram realizadas em trilhas em diferentes fisionomias registrando-se o número de indivíduos e espécies em flores, bem como o número de flores em cada planta no período de março/2007 a dezembro/2008. Estimativas da produção de néctar para todas as espécies floridas presentes foram feitas em calorias por dia em cada fisionomia, para saber quantos beija-flores a área de estudo poderia manter ao longo do ano. Foram encontradas 46 espécies de plantas que podem ser utilizadas por beija-flores, sendo que destas apenas 21 são ornitófilas. A maioria das plantas ornitófilas ocorreu na borda da mata, mas ao longo de todo o ano foi registrada a presença de recursos florais também nas demais fisionomias do Cerrado. Quando avaliadas individualmente, apenas a borda da mata de galeria e a vereda tiveram capacidade de manter pelo menos um beija-flor em grande parte do ano baseado nos dados extrapolados para um hectare. A aparente falta de recursos para beija-flores no Cerrado é compensada com o uso de outras plantas nectaríferas não-ornitófilas, além disso, beija-flores podem migrar entre as diferentes fisionomias mesmo ao longo do dia de acordo com a disponibilidade de néctar. Portanto, a área de Cerrado estudada oferece condições de sobrevivência para essas aves que utilizam os recursos nesta área de estudo percorrendo todas as fisionomias como em um mosaico.

**Palavras chave:** Cerrado, néctar, calorias, capacidade suporte, beija-flores.

## INTRODUÇÃO

Em associações mutualísticas entre plantas e animais, como a polinização, as plantas oferecem recursos florais para atrair seus polinizadores (Dafni 2005). Os recursos florais podem ser nutritivos como o néctar e o pólen, ou não-nutritivos como a resina utilizada na confecção de ninhos e as essências coletadas por machos de abelhas *Euglossini* para a atração sexual (Heinrich 1975, Simpson & Neff 1981, Dafni 2005).

No entanto, dentre os recursos disponíveis nas flores, o néctar é o mais importante, pois provê nutrição para diversos animais (Heinrich 1975, Galetto & Bernadello 2005), sendo responsável pela maior parte da recompensa energética que os polinizadores buscam nas flores (Abrol 2005). Embora o pólen também seja um recurso alimentar, sua importância em termos energéticos é menor que a do néctar por ser uma fonte protéica, a qual habitualmente é utilizada por abelhas na maturação de ovos e desenvolvimento larval (Heinrich 1975, Abrol 2005).

O néctar é composto basicamente por água e açúcar, porém também possui aminoácidos e outros componentes em menor quantidade (Simpson & Neff 1981, Chalcoff *et al.* 2006 ). Os açúcares presentes no néctar são basicamente duas hexoses (glicose e frutose) e um dissacarídeo (sacarose) (Stiles & Freeman 1993, Chalcoff *et al.* 2006). Estes açúcares são hidrolisados pelo metabolismo dos polinizadores e utilizados como energia (Heinrich 1975). Assim, a maior fonte de energia do néctar vem dos açúcares que representam, portanto, a base da interação planta-polinizador (Abrol 2005).

A quantidade e qualidade do néctar são importantes para determinar a interação planta-polinizador, sendo o ganho em calorias mais importante que a proporção de açúcares

(Abrol 2005). Desta forma, a atratividade da flor em geral é relacionada ao conteúdo total de energia (miligramas de açúcares), que é determinado pelo volume e concentração do néctar (Heinrich 1972, Galetto & Bernadello 2005).

A quantidade total de calorias em flores varia muito e esta influencia os animais nectarívoros (Abrol 2005). Isto porque os polinizadores diferem em suas necessidades energéticas, uma vez que existem os grupos de baixa demanda energética, como formigas e moscas e os grupos endotérmicos de alta demanda energética como aves e mamíferos (Carpenter 1983). Apesar da quantidade de açúcares no néctar ser mais importante que a composição de açúcares, foram constatadas preferências na proporção dos açúcares por parte dos polinizadores, sendo que os de maiores necessidades energéticas, como os beija-flores e morcegos, geralmente forrageiam em flores ricas em sacarose, enquanto os que possuem baixa demanda forrageiam em flores ricas em frutose ou glicose (Abrol 2005, Heinrich 1972, Stiles 1976).

Os beija-flores estão dentre os menores organismos homeotérmicos e possuem um metabolismo energeticamente custoso devido ao rápido e eficiente processamento do açúcar no trato intestinal (Hainsworth 1974, McWhorter & del Rio 2000). A alta demanda energética destas aves é compensada pelo consumo de grandes quantidades de néctar, que é obtido em muitas visitas a flores, resultando em um comportamento de forrageamento dispendioso (Suarez & Gass 2002). Por exemplo, um macho de *Calypte anna* (Thochilidae) gasta cerca de 10,3 kcal durante 24 horas (Heinrich 1975) e um beija-flor que utilizasse apenas o néctar de *Costus spiralis* (Araújo & Oliveira 2007), por exemplo, precisaria visitar cerca de 380 a 630 flores diariamente para manter o orçamento de energia positivo. Para os beija-flores, o maior custo energético depois da termorregulação é a

energia gasta para o vôo, particularmente o pairado, que é metabolicamente o modo mais caro de locomoção (Heinrich 1975, Weis-Fogh 1972).

Uma vez que grande parte da energia para muitas espécies de beija-flores é obtida através do néctar, quantificar a disponibilidade de alimento usada por estas aves é relativamente fácil porque o recurso floral pode ser rapidamente localizado e medido (Montgomerie & Gass 1981). Além disso, diferentes espécies de plantas podem ser comparadas quanto aos recursos florais oferecidos, simplesmente avaliando o conteúdo energético do néctar em kj, ou kcal derivados, respectivamente, do volume e concentração de açúcares, como um denominador comum (Hainsworth 1974).

Existem muitos estudos sobre a disponibilidade de recursos florais para beija-flores (Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000, Araujo & Sazima 2003, Rocca & Sazima 2008). No entanto, poucos autores como, Montgomerie & Gass (1981) e Araújo *et al.* (em preparação) exploram o aspecto da energia disponível no néctar floral ou dão informações acerca da capacidade suporte de determinada área como Tschapka (2004) fornece para morcegos. No Brasil existem 83 espécies de beija-flores sendo que destas, 36 ocorrem na região do Cerrado (Macedo 2002). Para a flora, existe uma estimativa de que apenas 7,5 % das espécies sejam ornitófilas (Gottsberger & Gottsberger 2006). Apesar desta baixa porcentagem de plantas ornitófilas muitas espécies de beija-flores que ocorrem nesta região. O presente estudo teve como objetivo avaliar a disponibilidade de recursos florais para beija-flores em termos energéticos em uma área de Cerrado no Triângulo Mineiro e estimar a capacidade suporte da área estudada. Além disso, visa obter informações acerca da distribuição de recursos nas diversas fisionomias.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado na Estação Ecológica do Panga (EEP), localizada a cerca de 35 Km do centro de Uberlândia-MG. A área pertencente à Universidade Federal de Uberlândia possui um total de 409,5 ha (ver Figura 1 do primeiro capítulo).

O clima da região é marcadamente sazonal, do tipo Aw segundo a classificação de Köppen (1948), com duas estações bem definidas: uma fria e seca entre maio e setembro e outra quente e chuvosa de outubro a abril (Rosa *et al.* 1991). Ver figura 2 do capítulo 1 para os dados climáticos da região.

A EEP possui um mosaico de vegetação formado por diversos tipos fitofisionômicos encontrados na Região dos Cerrados do Brasil Central (Schiavini & Araújo 1989). Sua vegetação é composta por formações florestais, como a mata mesofítica semidecídua, a mata de galeria e o cerrado (Schiavini & Araújo 1989), além de formações abertas como o campo sujo, o cerrado sentido restrito e a vereda.

### **Coleta de dados**

As espécies de plantas foram monitoradas mensalmente no período de março de 2007 a dezembro de 2008. Os dados da fenologia floral foram obtidos em diferentes trilhas da EEP: borda da mata de galeria, mata de galeria, mata mesofítica semidecídua e em outra mata de galeria isolada das outras áreas florestais. As demais trilhas utilizadas estavam

localizadas em formações abertas como: campo sujo, cerrado sentido restrito e vereda. Foram utilizadas trilhas de tamanhos diferentes sendo amostrados 1360m<sup>2</sup> na borda da mata de galeria, 7462m<sup>2</sup> no interior da mata de galeria, 6213,6 m<sup>2</sup> na mata mesofítica semidecídua, 9728m<sup>2</sup> no campo sujo, 4128 m<sup>2</sup> no cerrado sentido restrito, 2160m<sup>2</sup> no interior de uma mata de galeria isolada das demais áreas florestais e 640m<sup>2</sup> na vereda. O total de área amostrada foi: 31691,6 m<sup>2</sup>.

Em cada trilha foi realizado um censo de flores abertas por dia de amostragem. As plantas que tinham fácil acesso visual tiveram todas suas flores contadas, enquanto as de difícil acesso, como árvores e lianas, tiveram o número de flores estimadas baseando-se no número de inflorescências, multiplicado pelo número de flores abertas contadas, em cerca de duas a três inflorescências, no dia amostrado.

O néctar foi medido em flores ensacadas previamente ao período da antese. O volume de néctar para cada flor foi medido com seringas Hamilton 50 e 100 µL e a concentração de açúcares foi obtida usando-se um refratômetro manual Atago N-1α Brix 0~32%. Se a concentração de açúcar encontrada excedesse o limite do refratômetro, o néctar era diluído com um volume conhecido de água destilada para se obter o valor original da amostra (ver Galetto & Bernadello 2005). Os dados de néctar foram obtidos por volta das 10h00 da manhã. As médias de volume e concentração foram usadas para estimar a quantidade de recursos em calorias por flor. Valores refratométricos ‘g açúcar/g solução’ foram convertidos em ‘mg açúcar/µL de néctar’ (Galetto & Bernadello 2005) usando-se a seguinte equação:  $y = 0,00226 + (0,00937 x) + (0,0000585 x^2)$ , onde ‘x’ é o valor da

concentração ou medida refratométrica e 'y' corresponde a mg de açúcar por  $\mu\text{L}$ . Foi considerado '1mg de açúcar = 4 calorias/mg' ou '16,8 joule' (Galletto & Bernadello 2005).

Sabendo-se que beija-flores necessitam de 06 a 10 kcal para satisfazerem suas necessidades energéticas diárias (Carpenter 1983), estimou-se a quantidade de beija-flores que a área poderia manter ao longo do ano em cada uma das seis fisionomias estudadas. Neste estudo não foi considerada a quantidade de energia obtida com o consumo de artrópodes, uma vez que beija-flores não passam mais que 5% do dia se alimentando de insetos (Montgomerie & Gass 1981, Cotton 2007) e também porque seria difícil avaliar no campo a quantidade de energia obtida pelo consumo de insetos. Para avaliar a disponibilidade de energia não foram consideradas as espécies que ocorreram fora das trilhas monitoradas e algumas espécies que não tiveram o néctar avaliado por serem de difícil acesso ou por terem baixa densidade na área de estudo. Por outro lado, algumas espécies não-ornitófilas foram incluídas, por serem nectaríferas e não apresentarem barreiras morfológicas para os beija-flores, nas quais foram registradas visitas de beija-flores durante o estudo ou pelo menos há registro de visitas na literatura.

Para classificar as espécies de plantas quanto ao nível de importância para a manutenção dos beija-flores na área foram considerados os seguintes fatores: o conteúdo energético médio por flor, o número médio de flores por indivíduo, o número de indivíduos da espécie dividido pela área total amostrada e o número de meses em que cada espécie floresceu. Cada fator foi transformado em Log 10 e por fim, foram multiplicados entre si gerando um valor que serve de parâmetro para classificar as espécies de acordo com a relevância das mesmas na área. O valor encontrado para cada espécie foi chamado de índice de importância (*ii*) o qual foi utilizado para ranquear as espécies.

## RESULTADOS

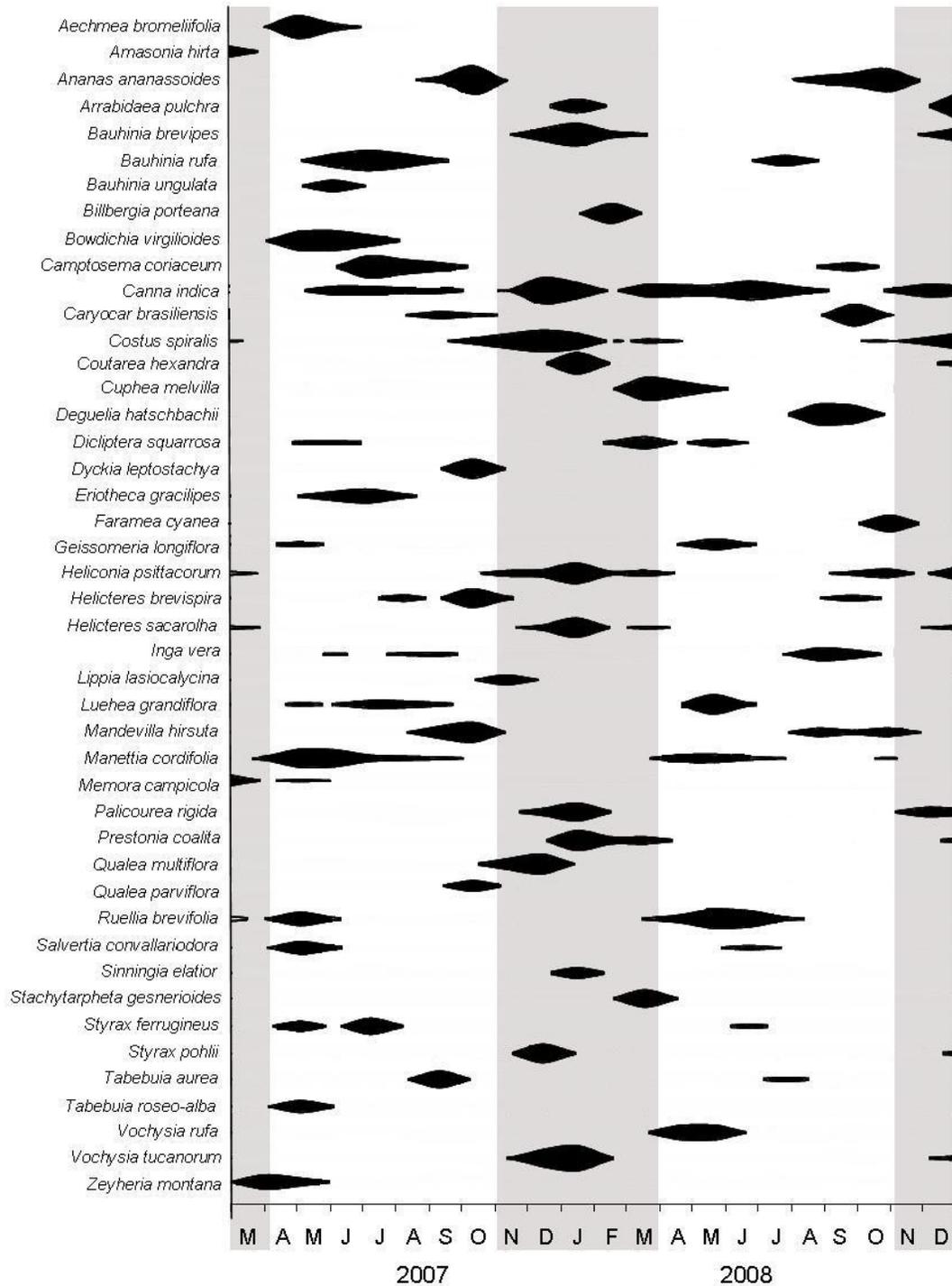
De março de 2007 a dezembro de 2008 foi registrado um total de 46 espécies de plantas nectaríferas que podem ser utilizadas pelos beija-flores. Dentre estas, 21 são ornitófilas e as demais pertencem a outras síndromes (Apêndice I). As médias do volume de néctar por flor para a comunidade foi de  $15,71 \pm 12,29 \mu\text{L}$  (n= 40 espécies), da concentração de açúcares foi de  $21,63 \pm 5,15 \%$  por flor (n=40 espécies) e do conteúdo energético de  $14,40 \pm 11,95 \text{ cal}$  por flor (n=40 espécies) ou  $60,46 \pm 50,17$  por flor joules (n=40 espécies). As médias de volume, concentração e calorias por flor para plantas ornitófilas e não-ornitófilas não diferiram (nível de significância 5%) entre as mesmas em todas as características avaliadas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Média ( $\pm$  desvio padrão) do volume, concentração e calorias do néctar por flor das espécies visitadas por beija-flores na Estação Ecológica do Panga (EEP)

	Volume ( $\mu\text{L}$ )	Concentração (%)	Calorias
	( $\bar{x} \pm \text{dp}$ )	( $\bar{x} \pm \text{dp}$ )	( $\bar{x} \pm \text{dp}$ )
Ornitófilas	$18,05 \pm 12,14$	$22,54 \pm 4,72$	$17,78 \pm 12,66$
Não-ornitófilas	$13,36 \pm 12,30$	$20,71 \pm 5,52$	$12,24 \pm 13,73$
Teste t student	$t= 1,21$ (p= 0,33)	$t= 1,13$ (p=0,30)	$t= 1,33$ (p=0,38)

De acordo com o índice de importância (ii), dentre as espécies ornitófilas destacaram-se: *Cuphea melvilla*, *Helicteres sacarolha*, *Manettia cordifolia* e *Zeyheria montana*. Entre as não-ornitófilas, as mais importantes foram: *Styrax ferrugineus*, *Vochysia tucanorum*, *Caryocar brasiliensis* e *Styrax pohlii* (Ver o ii no Apêndice I). Quando avaliadas em conjunto, ornitófilas e não-ornitófilas, as dez espécies que representaram as maiores fontes de recurso na área são as seguintes em ordem decrescente: *Cuphea melvilla*, *Styrax ferrugineus*, *Vochysia tucanorum*, *Helicteres sacarolha*, *Manettia cordifolia*, *Zeyheria montana*, *Caryocar brasiliensis*, *Geissomeria longiflora*, *Styrax pohlii* e *Dyckia leptostachya*.

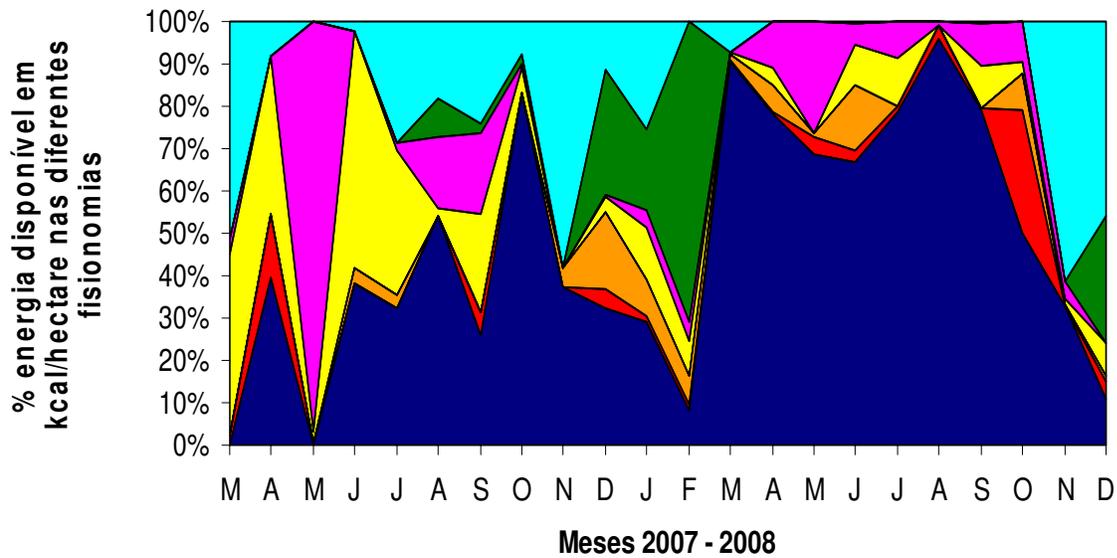
Dentre as dez espécies consideradas como mais importantes, a maioria ocorreu na borda da mata de galeria ou na fisionomia de campo sujo, sendo que destas, três floresceram na estação chuvosa, cinco na estação seca e duas floresceram em ambas as estações do ano (Figura 1). Considerando-se todas as espécies incluídas no estudo que são potencialmente utilizadas pelos beija-flores, observa-se que 40% das espécies floresceu na estação seca, 40% na chuvosa e 20% floresceu nas duas estações (Figura 1). Algumas espécies apresentaram o mesmo índice de importância mesmo apresentando síndromes de polinização diferentes, como exemplo, *Canna indica* e *Bauhinia unguolata* ou *Helicteres brevispira* e *Vochysia rufa* (Ver Apêndice I).



**Figura 1.** Período e intensidade de floração (porcentagem de flores disponíveis é dada pela espessura da linha) na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, de março de 2007 a dezembro de 2008. Meses em cinza referem-se a estação chuvosa.

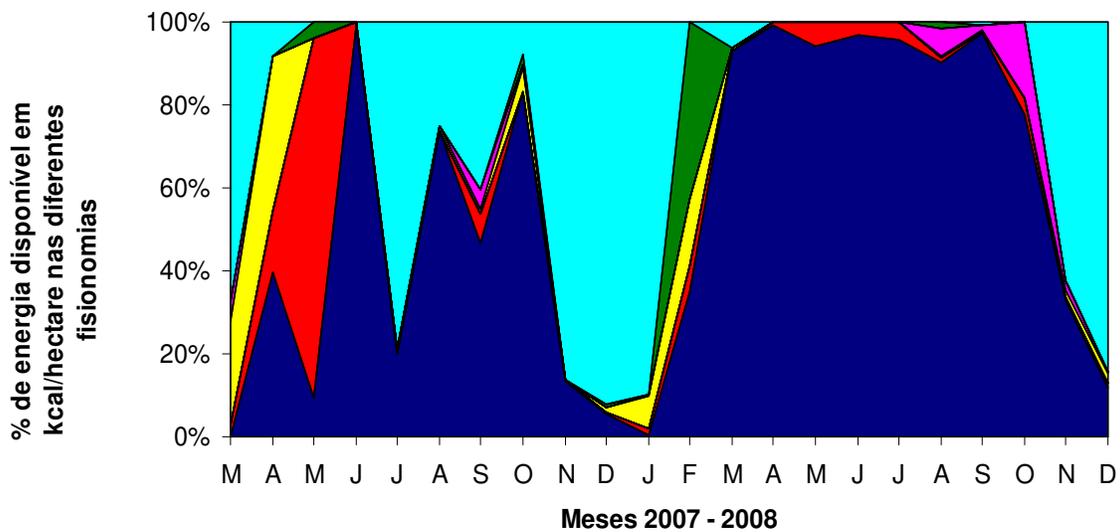
De maneira geral, existe oferta de recursos nas diferentes fisionomias ao longo do ano. No entanto, a área mais importante em termos de energia disponível para os beija-flores foi quase sempre a borda da mata de galeria seguida da vereda (Figura 2). Apesar das outras fisionomias apresentarem grande oferta energética em determinadas épocas do ano, a borda da mata de galeria representa um local com maior previsibilidade e estabilidade na oferta de recursos.

Quando avaliada a quantidade de recurso disponível, incluindo somente as espécies ornitófilas, os resultados foram similares, com a maior parte do recurso oferecido se concentrando na borda da mata de galeria e vereda (Figura 3). As demais fisionomias estudadas, principalmente a mata mesofítica semidecídua, ofereceram pouca energia para os beija-flores.



■ Borda ■ Mata de galeria ■ Mata mesofítica ■ Cerrado ■ Campo sujo ■ Mata isolada ■ Vereda

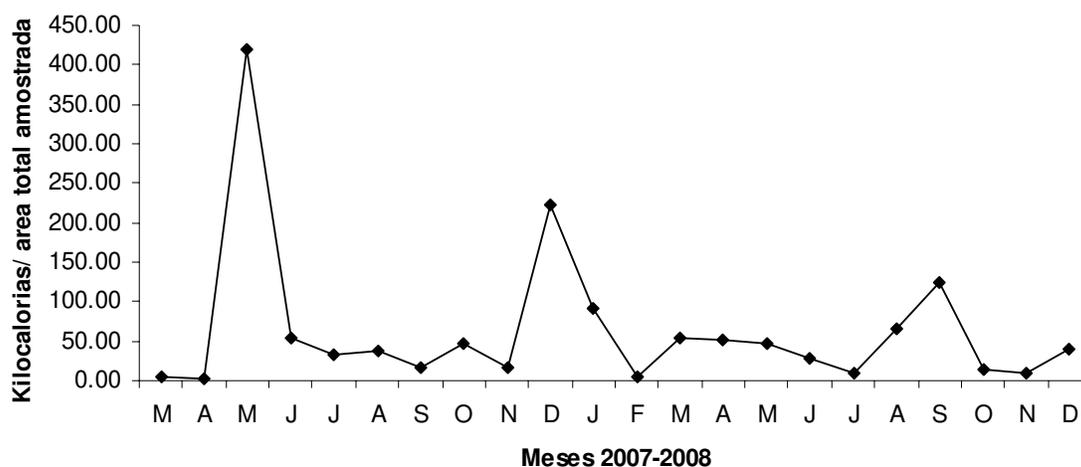
**Figura 2.** Porcentagem de energia disponível em kcal/hectare nas diferentes fisionomias da Estação Ecológica do Panga (EEP), Uberlândia – MG, amostrados em março de 2007 a dezembro de 2008.



■ Borda ■ Mata de galeria ■ Mata mesofítica ■ Cerrado ■ Campo sujo ■ Mata isolada ■ Vereda

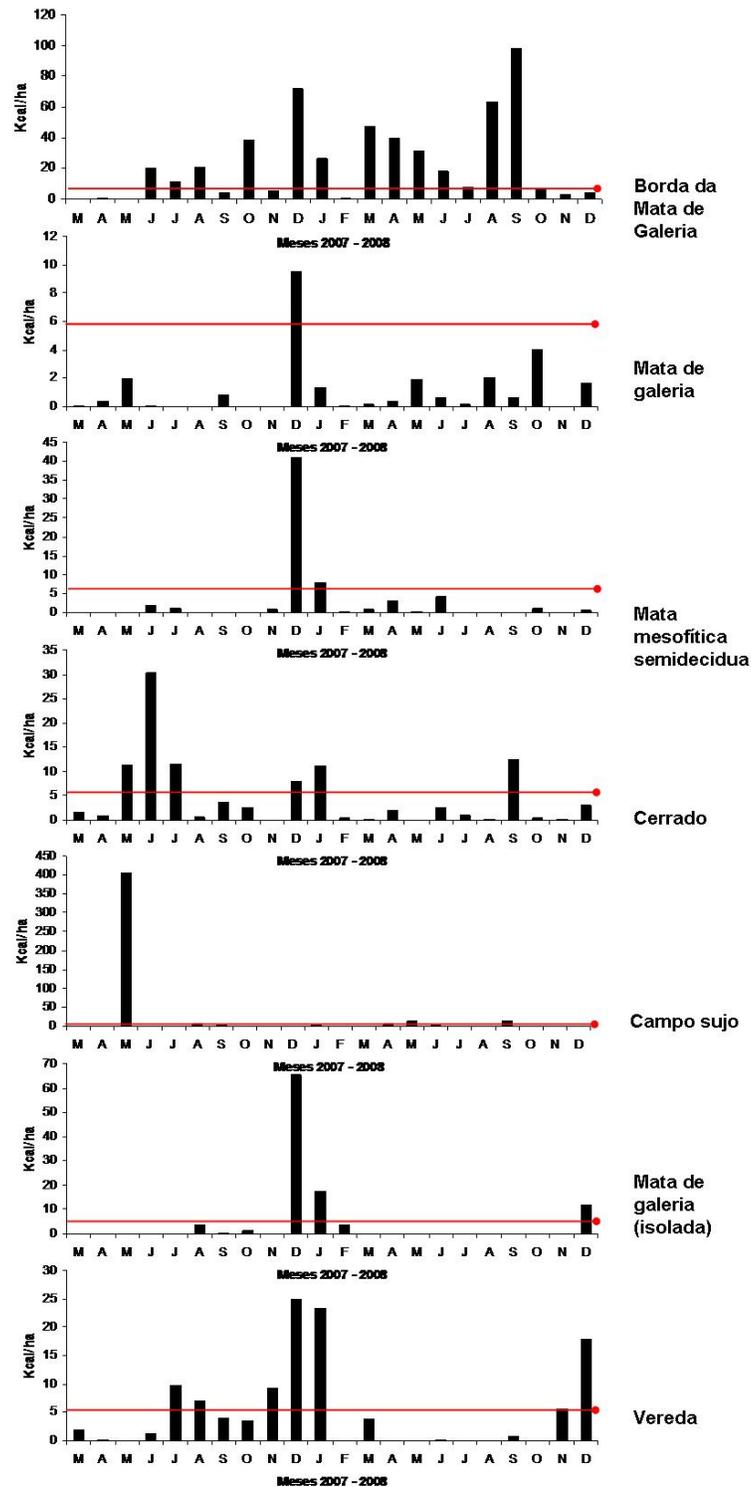
**Figura 3.** Porcentagem de energia disponível ofertada pelas espécies ornitófilas em kcal/hectare nas diferentes fisionomias da Estação Ecológica do Panga (EEP), Uberlândia – MG, amostrados em março de 2007 à dezembro de 2008.

A área total amostrada correspondeu a pouco mais de três hectares (31701,6 m<sup>2</sup>) e quando avaliadas todas as fisionomias foi verificado que recurso inferior a seis quilocalorias ocorreu apenas durante três meses (março e abril de 2007 e fevereiro de 2008), sendo que nos demais meses havia recursos suficientes para manter cerca de um a 70 beija-flores que utilizassem um mínimo de seis quilocalorias (Figura 4).



**Figura 4.** Quantidade de calorias oferecidas em três hectares por plantas utilizadas por beija-flores incluindo todas as fisionomias avaliadas, entre março de 2007 e dezembro de 2008, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Quando avaliada a oferta de energia disponível (em kcal) por hectare nas diferentes fisionomias, houve grande variação mês a mês e entre as áreas (Figura 5). A borda da mata de galeria, fisionomia que apresentou a maior disponibilidade de energia e estabilidade ao longo do ano, teve como limites mínimo e máximo 0 kcal (março de 2007) e 98,3 kcal (setembro de 2008), respectivamente. O campo sujo apresentou a segunda maior disponibilidade de energia, apesar de ocorrerem vários meses sem recurso, tendo como limites mínimo e máximo 0 kcal (abril e novembro de 2007 e março de 2008) e 406,2 kcal (em maio de 2008), respectivamente.

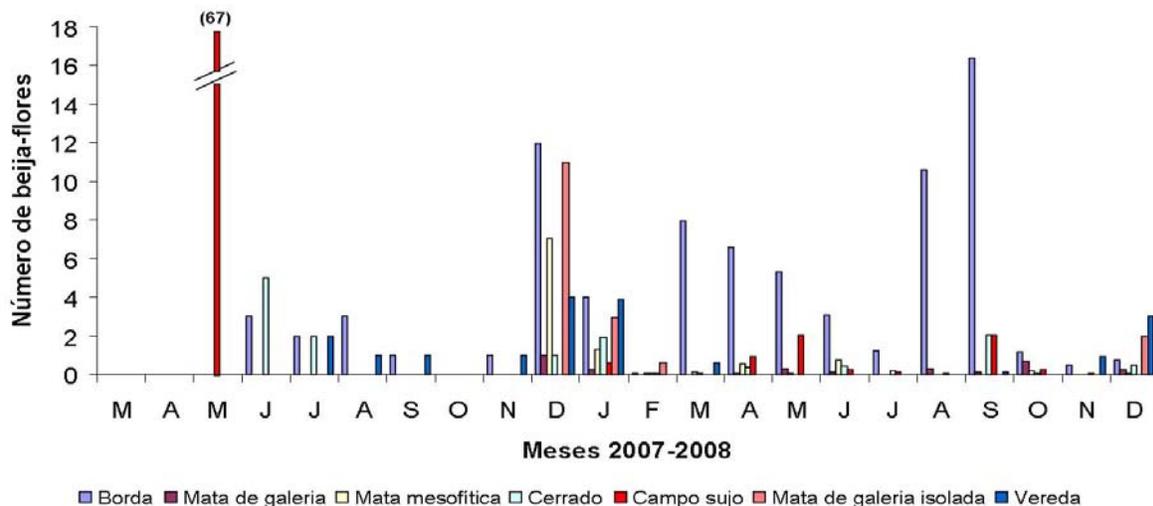


**Figura 5.** Estimativas da quantidade de calorias por hectare em plantas utilizadas por beija-flores nas diferentes fisionomias, entre março de 2007 e dezembro de 2008, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. Linha em vermelho delimita as 06 quilocalorias necessárias para manter um beija-flor.

As demais fisionomias ofereceram recursos em menor quantidade, sendo em ordem decrescente de disponibilidade de energia: vereda, cerrado sentido restrito, mata de galeria isolada, mata mesofítica semidecídua e por último a mata de galeria. Apesar do campo sujo apresentar a segunda maior disponibilidade de energia, vale ressaltar que grande parte dessa energia provém de plantas com síndromes diferentes da ornitofilia.

Sabendo-se que beija-flores precisam de 06-10 quilocalorias para satisfazerem suas necessidades energéticas diárias, nos meses de março, abril e outubro de 2007 nenhuma fisionomia sozinha apresentou recursos suficientes para manter sequer um beija-flor, baseado nos dados extrapolados para um hectare de cada fisionomia (Figura 6). As plantas da fisionomia de campo sujo em um hectare no mês de maio de 2007 poderia manter cerca de 67 indivíduos de beija-flores. No entanto, a espécie responsável por esta oferta de energia foi *Styrax ferrugineus*, uma espécie melitófila e que, portanto, recebe visitas de muitas abelhas além dos beija-flores.

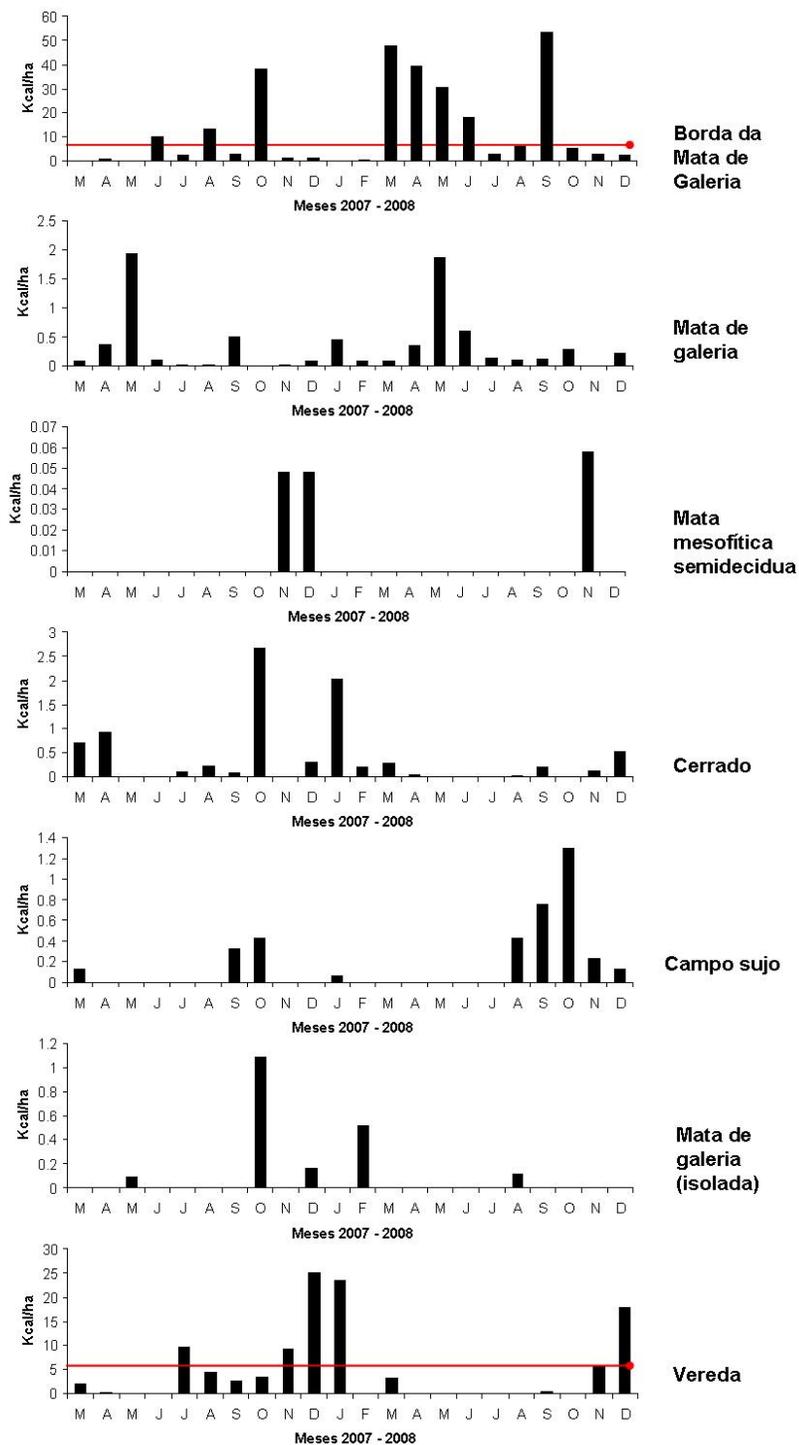
Em dezembro de 2007 e janeiro de 2008 coincidindo com a estação chuvosa, quase todas as fisionomias apresentaram recursos o suficiente para manter pelo menos um beija-flor em um hectare. Nos demais meses a fisionomia que apresentou a maior capacidade suporte foi a borda da mata de galeria, sendo capaz de manter de um a 16 indivíduos em um hectare, mesmo durante o período de seca (Figura 6)



**Figura 6.** Estimativas da capacidade suporte de cada fisionomia ao longo dos meses de março de 2007 a dezembro de 2008, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Considerando apenas a energia disponível das plantas ornitófilas, verifica-se que áreas de borda de mata de galeria e veredas oferecem mais recursos que as demais fisionomias (Figura 7). Quanto à capacidade suporte, considerando apenas os recursos das plantas ornitófilas, verifica-se que apenas a borda da mata de galeria e a vereda teriam capacidade de manter pelo menos um beija-flor em grande parte do ano.

Em relação à ordem de maior disponibilidade de energia para as fisionomias, o padrão encontrado difere do anterior (Figura 7) sendo as fisionomias com maior disponibilidade a borda da mata de galeria, seguida da vereda, cerrado, mata de galeria, campo sujo, mata de galeria isolada e, por último, a mata mesofítica semidecídua, que apresentou recursos ornitófilos apenas em quatro dos 22 meses analisados.



**Figura 7.** Estimativas da quantidade de calorias por hectare oferecidas por plantas ornitófilas nas diferentes fisionomias, entre março de 2007 e dezembro de 2008, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. Linha em vermelho delimita as 06 quilocalorias necessárias para manter um beija-flor. Nas demais fisionomias que não apresentam a linha vermelha a quantidade de energia oferecida por mês foi inferior às seis quilocalorias mínimas requeridas.

## DISCUSSÃO

O número de espécies que pode ser utilizado por beija-flores no presente estudo (46 espécies) é comparável ao de outras áreas tropicais como na Costa Rica, cerca de 50 espécies, (Stiles 1978), na Colômbia, 44 espécies (Lasprilla & Sazima 2004) e na Mata Atlântica, entre 40 e 50 espécies, (Araujo 1996, Buzato *et al* 2000, Canela 2006). No entanto, mais de 54% das espécies deste estudo não são ornitófilas. Portanto, a aparente escassez de recursos ornitófilos na área estudada é compensada pela utilização de recursos provenientes de espécies de outras síndromes de polinização. Algo similar foi encontrado em floresta seca no México onde mais de 56% das espécies utilizadas por beija-flores não são ornitófilas (Arizmendi & Ornelas 1990) e também nos capões do Pantanal onde bem mais da metade, 71,4% das plantas utilizadas por beija-flores também provém de espécies não ornitófilas (Araujo & Sazima 2003).

A utilização de espécies não-ornitófilas pelos beija-flores pode ser explicada em parte por não haver diferenças significativas nas características de volume e concentração do néctar entre espécies ornitófilas e não-ornitófilas. Esta característica também foi observada por Arizmendi & Ornelas (1990) em espécies entomófilas utilizadas por beija-flores. Outra explicação para o uso de espécies com diferentes síndromes pode ser a escassez de recursos ornitófilos, uma vez que apenas 7,5% da flora do Cerrado correspondem a espécies ornitófilas (Gottsberger & Gottsberger 2006).

Os valores encontrados para o índice de importância (*ii*) ressaltaram a diferença entre as espécies quanto à disponibilidade de energia e demonstraram que muitas espécies, mesmo as não-ornitófilas como as da família Styracaceae e Vochysiaceae, têm papel tão ou

mais importante que muitas ornitófilas na manutenção dos beija-flores no Cerrado. No entanto, cabe ressaltar que embora muitas espécies não ornitófilas tenham apresentado maiores índices de importância que certas ornitófilas, a quantidade de energia daquelas pode representar valores superestimados, uma vez que possuem outros visitantes principais que não os beija-flores tendo, portanto, muitas vezes apenas o néctar residual disponível. Na mata atlântica as espécies que representam maior fonte de recursos para beija-flores são ornitófilas e geralmente são espécies de Bromeliaceae (Buzato *et al.* 2000). Por outro lado, nos capões do Pantanal espécies de Bignoniaceae e Fabaceae que não são tipicamente ornitófilas podem muitas vezes ocupar importante papel na manutenção destas aves (Araujo & Sazima 2003).

Todas as características utilizadas neste estudo como fatores para compor o índice de importância foram importantes na categorização das espécies. A quantidade de calorías por flor e o número de flores por indivíduo determinam o quanto de energia os beija-flores conseguem obter em um dado momento (Heinrich 1972, Tschapka 2004). A densidade de indivíduos de determinada espécie em flor representa a disponibilidade de energia oferecida e a frequência que essa espécie pode ser reencontrada na área, característica que interfere no comportamento de forrageamento dessas aves (Franceschinelli & Bawa 2000) e na fidelidade às flores (McDade & Weeks 2004). E por fim, o período de floração determina a previsibilidade do recurso, ou seja, quantos dias os beija-flores podem retornar à mesma fonte de néctar (Newstrom *et al.* 1994).

O índice de importância das espécies não é um valor fixo, podendo se alterar de tempos em tempos e, portanto, uma espécie pode ser mais ou menos importante para os beija-flores ao longo dos anos e até mesmo ao longo dos meses. Isto porque a densidade de

energia de uma área tem dimensão temporal e espacial complexa e depende de propriedades intrínsecas das espécies de plantas (Tschapka 2004). Estudos anteriores desenvolvidos na mesma área registraram outras duas espécies ornitófilas: *Palicourea macrobotrys* (Rubiaceae) (Coelho & Barbosa 2003) e *Bomarea* sp (Alstroemeriaceae) (Oliveira 1998), que não foram encontradas durante o período desse estudo, indicando que o recurso varia de um ano para o outro ou mesmo, se ocorrer de forma agrupada, não é facilmente localizado.

A espécie que obteve o maior índice de importância, *Cuphea melvilla*, também teve o maior número de espécies de beija-flores visitantes. O fato desta espécie atrair muitas espécies de beija-flores (Melazzo 2000) está relacionado ao grande número de flores e ao alto valor energético do néctar. Por outro lado, *Dicliptera squarrosa* obteve valor de importância comparativamente baixo, principalmente pela baixa quantidade de néctar e de flores.

De forma geral parece não existir padrão definido quanto ao período de floração para o Cerrado uma vez que metade das espécies floresce na estação seca e a outra metade na estação chuvosa. Portanto, a disponibilidade de recursos florais em termos energéticos para beija-flores no Cerrado é bastante variável e por vezes imprevisível. Aparentemente a esta disponibilidade é dependente dos regimes das chuvas, ocorrendo pequena predominância de oferta de recursos na estação chuvosa. Por outro lado, algumas comunidades apresentam sazonalidade com predominância de espécies florescendo na estação chuvosa, como ocorre na floresta seca no México (Arizmendi & Ornelas 1990) e outras com predominância de maior oferta de recurso na estação seca, como na Amazônia colombiana (Cotton 2007) e na floresta tropical úmida na Costa Rica (Stiles 1978).

Quando as fisionomias do Cerrado são avaliadas separadamente, há maior disponibilidade de recursos na borda da mata de galeria. Esta fisionomia que representa um ecótono, transição de mata de galeria com cerrado e campo úmido, inclui maior diversidade de habitats e por sua vez, maior diversidade de espécies (ver Magro *et al.* 1992). Portanto, a borda da mata de galeria por apresentar espécies de pelo menos três fisionomias pode representar uma área com maior previsibilidade e estabilidade na oferta de recursos.

Entretanto, não se deve avaliar as fisionomias do Cerrado separadamente como se fosse compartimentado. Os beija-flores utilizam as diferentes fisionomias como áreas complementares de acordo com a necessidade. Isto se deve ao fato dos beija-flores serem sensíveis à disponibilidade de recurso em escala temporal e espacial (Cotton 2007), e serem capazes até mesmo de perceber mudanças temporais na disponibilidade de néctar a curto prazo (Tamm 1987, Gill 1988, Tiebout 1991). Assim, mesmo que o recurso registrado neste estudo seja baixo em determinadas épocas do ano, não significa que seja insuficiente. Beija-flores têm facilidade em encontrar manchas de recursos e não as buscam de forma aleatória, mas podem aprender como é o arranjo espacial das flores no ambiente e viajar a longas distâncias (Hurlly 1996, Henderson *et al.* 2001).

Os dados aqui apresentados são estimativas e mesmo incluindo dados de espécies não-ornitófilas, os valores representam subestimativas. Isto porque não foi possível avaliar o volume e a concentração do néctar de algumas espécies, como por exemplo, as arbóreas, que geralmente apresentavam centenas ou milhares de flores, na maioria das vezes de difícil acesso, como *Bowdichia virgilioides* (Fabaceae) (no campo sujo) e *Deguelia hatschbachii* (Fabaceae) (no dossel da mata de galeria).

Além disso, os cálculos foram baseados no número de flores encontradas durante os censos nas trilhas. No entanto, muitas espécies apresentam padrão de distribuição altamente agregado formando manchas de recursos, não tendo ocorrido nas trilhas como, por exemplo, *Salvia scabrida* (Lamiaceae). Esta foi outra espécie ornitófila que ocorreu de forma agrupada em uma área de vereda não incluída na avaliação. Além dos aspectos mencionados, a forma de avaliação da disponibilidade do néctar, que foi medido apenas como o volume acumulado, sem considerar os volumes secretados após a primeira extração, é um outro fator que pode afetar os resultados.

Desta forma, estas aves podem conseguir muito mais energia de um habitat que as estimativas do presente estudo sugerem e, portanto, é muito provável que a capacidade suporte real da área seja superior aos valores encontrados aqui. Embora as estimativas de quantidade de energia estejam sujeitas a variabilidade biológica e erros de amostragem, representam uma ferramenta importante para analisar as áreas que os beija-flores forrageiam. Estudos como este não têm o objetivo de determinar valores absolutos da disponibilidade de néctar (Tschapka 2004), mas sim fornecer uma estimativa de onde e quando há maior disponibilidade de recurso, além de revelar quais espécies de plantas são mais importantes para a manutenção destas aves no ambiente natural.

O presente estudo apresenta um panorama da disponibilidade e distribuição de recursos para beija-flores no Cerrado. Os dados revelaram que mesmo a oferta de recurso sendo maior em determinadas fisionomias, isso não necessariamente significa que os beija-flores permaneçam restritos a certas áreas. Os beija-flores podem explorar os recursos na área de estudo em todas as estações do ano, mas frequentemente precisam complementar sua dieta com néctar de espécies não-ornitófilas. Seria interessante avaliar a produção total

do néctar nas diferentes espécies de forma mais detalhada, uma vez que muitas espécies são capazes de repor o néctar ao longo do dia, assim como avaliar a proporção de néctar perdida para pilhadores e outras guildas de polinizadores, para se obter dados mais acurados a respeito da disponibilidade de energia.

**Apêndice I.** Características do néctar de 46 espécies utilizadas por beija-flores em diferentes fisionomias do Cerrado na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. Abreviações: *ii* = índice de importância, Orn = Ornitófila, Mel = melitófila, Quir = quiropterófila, Esf = esfingófila, Psi = Psicófila, Phpr = *Phaethornis pretrei*, Amfī = *Amazilia fimbriata*, Euma = *Eupetomena macroura*, Thfu = *Thalurania furcata*, Chlu = *Chlorostilbon lucidus*, Hesq = *Helioaster squamosus*, Cose = *Colibri serrirostris*, Loma = *Lophornis magnificus*.

Espécies/família	Volume de néctar (µL)	Concentração de açúcares no néctar (%)	(Mmg) açúcar	Calorias	<i>ii</i> / Ranque	Síndrome
<b>ACANTHACEAE</b>						
<i>Dicliptera squarrosa</i>	8,8 ± 1,8 (n=11)	17,2 ± 1,2 (n=11)	1,6 ± 0,4 (n=11)	6,4 ± 1,5 (n=11)	0,07/21°	Orn
<i>Geissomeria longiflora</i>	7,0 ± 2,6 (n=18)	24,1 ± 2,1 (n=18)	1,8 ± 0,6 (n=18)	7,3 ± 2,5 (n=18)	0,48/8°	Orn
<i>Ruellia brevifolia</i>	6,8 ± 3,3 (n=17)	23,0 ± 3,2 (n=17)	1,7 ± 0,9 (n=17)	6,7 ± 3,6 (=17)	0,20/16°	Orn
<b>APOCYNACEAE</b>						
<i>Mandevilla hirsuta</i>	18,0 ± 9,5 (n=6)	34,3 ± 3,1 (n=6)	7,2 ± 4,0 (n=6)	28,8 ± 15,8 (n=6)	0,04/23°	Orn
<i>Prestonia coalita</i>	6,0 ± 0,0 (n=2)	17,5 ± 0,7 (n=2)	1,1 ± 0,1 (n=2)	4,4 ± 0,2 (n=2)	0,01/25°	Mel
<b>BIGNONIACEAE</b>						
<i>Arrabidaea pulchra</i>	-	-	-	-	-	Mel
<i>Memora campicola</i>	13,0 (n=1)	21,0%	2,9 (n=1)	11,7 (n=1)	0,04/23°	Mel
<i>Tabebuia aurea</i>	8,3 ± 2,4 (n=21)	24,0 ± 3,7 (n=21)	2,2 ± 0,9 (n=21)	8,9 ± 3,6 (n=21)	0,13/20°	Mel
<i>Tabebuia roseo-alba</i>	-	-	-	-	-	Mel
<i>Zeyheria montana</i>	16,6 ± 15,3 (n=17)	19,4 ± 4,5 (n=17)	3,5 ± 3,6 (n=17)	13,9 ± 14,5 (n=17)	0,53/6°	Orn
<b>BROMELIACEAE</b>						
<i>Aechmea bromeliifolia</i>	6,6 ± 3,9 (n=15)	22,0 ± 1,3 (n=15)	1,6 ± 1,0 (n=15)	6,3 ± 3,9 (n=15)	0,00/26°	Orn
<i>Ananas ananassoides</i>	35,8 ± 15,7 (n=19)	27,8 ± 2,4 (n=19)	11,2 ± 5,3 (n=19)	44,8 ± 21,1 (n=19)	0,22/14°	Orn
<i>Billbergia porteana</i>	5,7 ± 1,5 (n=3)	23,0 ± 0,0 (n=3)	1,4 ± 0,4 (n=3)	5,6 ± 1,5 (n=3)	0,00/26	Orn
<i>Dyckia leptostachya</i>	12,6 ± 5,7 (n=20)	28,3 ± 9,2 (n=20)	3,9 ± 1,8 (n=20)	15,5 ± 7,3 (n=20)	0,35/10°	Orn
<b>CANNACEAE</b>						
<i>Canna indica</i>	18,1 ± 9,9 (n=25)	17,4 ± 3,2 (n=25)	3,4 ± 2,1 (n=25)	13,6 ± 8,4 (n=25)	0,34/11	Orn
<b>CARYOCAREACEAE</b>						
<i>Caryocar brasiliensis</i>	46,2 ± 64,1 (n=4)	26,2 ± 4,0 (n=4)	15,6 ± 23,7 (n=4)	62,5 ± 94,7 (n=4)	0,51/7	Qui
<b>COSTACEAE</b>						
<i>Costus spiralis</i>	14,4 ± 3,7 (n=7)	20,1 ± 6,4 (n=7)	3,2 ± 1,2 (n=7)	12,7 ± 4,9 (n=7)	0,07/21	Orn
<b>FABACEAE</b>						
<i>Bauhinia brevipes</i>	16 ± 7,94 (n=12)	13,0 ± 2,2 (n=12)	2,1 ± 1,0 (n=12)	8,6 ± 4,2 (n=12)	0,33/12°	Qui
<i>Bauhinia unguolata</i>	10,7 ± 3,3 (n=6)	13,8 ± 2,6 (n=6)	1,6 ± 0,7 (n=6)	6,4 ± 2,8 (n=6)	0,34/11°	Qui
<i>Bauhinia rufa</i>	47,2 ± 38,3 (n=12)	14,2 ± 3,2 (n=12)	7,3 ± 7,2 (n=12)	29,3 ± 28,8 (n=12)	0,23/14°	Qui

<i>Bowdichia virgilioides</i>	-	-	-	-	-	Mel
	7,1 ± 3,4 (n=15)	26,3 ± 5,6 (n=15)	2,1 ± 1,0 (n=15)	8,3 ± 4,1 (n=15)	0,25/13°	Orn
<i>Camptosema coriaceum</i>						Mel
<i>Deguelia hatschbachii</i>	-	-	-	-	-	
<i>Inga vera</i>	5,5 ± 1,7 (n=15)	20,1 ± 0,7 (n=15)	1,2 ± 0,4 (n=15)	4,7 ± 1,4 (n=15)	0,18/17°	Qui
GESNERIACEAE						
<i>Sinningia elatior</i>	49,7 ± 28,0 (n=14)	22,3 ± 4,1 (n=14)	11,7 ± 6,3 (n=14)	46,6 ± 25,1 (n=14)	0,00/26°	Orn
HELICONIACEAE						
<i>Heliconia psittacorum</i>	25,1 ± 15,1 (n=13)	25,0 ± 2,9 (n=13)	7,0 ± 4,7 (n=13)	28,0 ± 18,9 (n=13)	0,17/18°	Orn
LAMIACEAE						
<i>Amasonia hirta</i>	16,0 (n=1)	20,0 (n=1)	3,4 (n=1)	13,6 (n=1)	0,03/24	Orn
<i>Salvia scabrida</i>	-	-	-	-	-	Orn
LYTHRACEAE						
<i>Cuphea melvilla</i>	15,8 ± 5,7 (n=4)	27,2 ± 3,2 (n=4)	4,9 ± 2,1 (n=4)	19,6 ± 8,3 (n=4)	1,27/1°	Orn
MALVACEAE						
<i>Eriotheca gracilipes</i>	1,9 (n=1)	23,0 (n=1)	0,5 (n=1)	1,9 (n=1)	0,00/26°	Mel
	20,9 ± 6,4 (n=25)	14,3 ± 3,5 (n=25)	3,2 ± 1,6 (n=25)	13,0 ± 6,3 (n=25)	0,26/13	Orn
<i>Helicteres brevispira</i>	33,0 ± 22,7 (n=13)	21,4 ± 2,1 (n=13)	7,2 ± 3,4 (n=13)	28,6 ± 13,5 (n=13)	0,71/4°	Orn
<i>Helicteres sacarolha</i>	19,2 ± 15,4 (n=12)	21,0 ± 2,4 (n=12)	4,3 ± 3,2 (n=12)	17,2 ± 12,9 (n=12)	0,16/19°	Qui
<i>Luehea grandiflora</i>						
RUBIACEAE						
<i>Coutarea hexandra</i>	10 (n=1)	13,0 (n=1)	1,7 (n=1)	7,0 (n=1)	0,25/13°	Qui
<i>Faremea cyanea</i>	4 (n=1)	21,0 (n=1)	0,9 (n=1)	3,6 (n=1)	0,18/17°	Mel
	35,67 ± 6,81 (n=3)	21,0 ± 0,9 (n=3)	8,0 ± 1,2 (n=3)	31,9 ± 4,8 (n=3)	0,59/5°	Orn
<i>Manettia cordifolia</i>	7,60 ± 3,71 (n=5)	17,6 ± 2,7 (n=5)	1,5 ± 1,0 (n=5)	6,0 ± 4,2 (n=5)	0,25/13°	Orn
<i>Palicourea rigida</i>						
STYRACACEAE						
<i>Styrax ferrugineus</i>	11,2 ± 2,7 (12)	21,4 ± 2,7 (n=12)	2,6 ± 0,6 (n=12)	10,2 ± 2,6 (n=12)	1,02/2°	Mel
<i>Styrax pohlii</i>	8,8 ± 2,2 (n=4)	19,3 ± 1,4 (n=4)	1,8 ± 0,4 (n=4)	7,1 ± 1,5 (n=4)	0,46/9°	Mel
VERBENACEAE						
<i>Lippia lasiocalycina</i>	2 ± 0,8 (n=4)	18,0 ± 1,2 (n=4)	0,2 ± 0,1 (n=4)	0,8 ± 0,1 (n=4)	0,06/22°	Psi
<i>Stachytarpheta gesnerioides</i>	12,6 ± 7,2 (n=15)	13,8 ± 3,0 (n=15)	25,4 (n=15)	7,3 (n=15)	0,02/24°	Psi
VOCHYSIACEAE						
<i>Qualea multiflora</i>	32,5 ± 3,5 (n=2)	29,0 ± 5,7 (n=2)	10,4 ± 1,2 (n=2)	41,6 ± 4,8 (n=2)	0,00/26°	Mel
<i>Qualea parviflora</i>	-	-	-	-	-	
<i>Salvertia convallariodora</i>	4,5 ± 1,9 (n=9)	28,0 ± 2,2 (n=9)	1,4 ± 0,5 (n=9)	5,5 ± 2,0 (n=9)	0,02/24°	Esf
<i>Vochysia rufa</i>	7,5 (n=1)	30,0 (n=1)	2,5 (n=1)	10,1 (n=1)	0,25/13°	
<i>Vochysia tucanorum</i>	6,1 ± 5,3 (n=14)	24,6 ± 4,0 (n=14)	1,6 (n=14)	6,6 (n=14)	0,73/3°	Mel

## Capítulo III

### **Carga de pólen transportadas pelo beija-flor *Phaethornis pretrei* (Phaethornithinae) na Estação Ecológica do Panga, MG**

## RESUMO

Na Estação Ecológica do Panga, onde ocorrem diversos tipos fisionômicos do Cerrado, a maioria das espécies de plantas ornitófilas é visitada pelo beija-flor *Phaethornis pretrei*, sendo esta uma das espécies de beija-flores mais avistadas em plantas desta comunidade vegetal. Dado a predominância desta espécie na área, o presente estudo teve como objetivos: Registrar as espécies vegetais utilizadas por *P. pretrei* no período de estudo; verificar se esta espécie sobrepõe no uso de seus recursos com outras espécies de beija-flores; avaliar se *P. pretrei* é uma espécie residente na área de estudo e avaliar a carga de pólen transportada por esta espécie. O período de floração das espécies utilizadas por *P. pretrei* foi registrado de março de 2007 a dezembro de 2008 na Estação Ecológica do Panga. Os beija-flores foram estudados através de observações focais e alguns indivíduos de *P. pretrei* foram capturados em armadilhas. Cada indivíduo capturado recebeu uma marca com tinta colorida não tóxica e teve sua carga de pólen amostrada do bico, fronte e garganta. *Phaethornis pretrei* visitou 21 espécies de plantas ao longo do período de estudo. Este beija-flor é o visitante exclusivo de duas espécies e o responsável por mais de 90% das visitas em outras quatro. As demais espécies de plantas são compartilhadas com outras sete espécies de beija-flores além de outras guildas de polinizadores, uma vez que *P. pretrei* utiliza o néctar de flores que apresentam outras síndromes de polinização, como melitófilas e quiropterófilas. *P. pretrei* foi registrado em todos os meses de estudo. Foram realizadas 27 capturas de *P. pretrei*, e com as marcações para individualização dos beija-flores foi confirmado que esta espécie é “trapliner”, ou seja, se alimenta em rondas de forrageamento e retorna às mesmas flores em intervalos regulares. Foi registrado que até três indivíduos utilizam as mesmas flores e plantas em intervalos diferentes. O tempo de retorno variou de 45 a 60 minutos, dependendo do número de flores e de néctar disponíveis na área visitada. As cargas de pólen avaliadas revelaram que os beija-flores podem transportar pólen de até 10 espécies por vez, sendo que a carga máxima encontrada foi de 5628 grãos de pólen. Esta espécie de beija-flor apresenta um alto potencial de transporte de pólen nesta comunidade vegetal, pois além de transportar pólen de muitas espécies, carrega grandes

quantidades e viaja a grandes distâncias podendo promover a polinização de muitas espécies vegetais.

**Palavras-chave:** cargas de pólen, comportamento trapliner, *Phaethornis pretrei*.

## INTRODUÇÃO

Os beija-flores são animais que visitam flores em busca de néctar (Sick 1997), e apresentam corpo pequeno, bico fino, longo e/ou curvado, atributos que têm importante relação com o tamanho e o formato da corola das flores que visitam (Feinsinger 1983). Além disso, apresentam agilidade para acessar o néctar de flores pendentes; memória espacial e outras características que são especializações que os permitem aproveitar os recursos florais (Stiles 1981). Essas aves são restritas às Américas, sendo que 83 espécies ocorrem no Brasil (Macedo 2002). Pertencem à família Trochilidae, que é subdividida em duas subfamílias: Phaethornithinae e Trochilinae (Kenneth 2000).

A subfamília Phaethornithinae é composta por beija-flores que geralmente possuem bico longo e curvado e realizam visitas às flores em rondas de alto ganho energético (Feinsinger & Colwell 1978; Kay & Schemske 2003). Enquanto a subfamília Trochilinae é formada por beija-flores que geralmente apresentam bico reto e comportamento de forrageio territorial (Feinsinger & Colwell 1978).

*Phaethornis pretrei* (Lesson & DeLattre) (Phaethornithinae) é uma espécie de beija-flor relativamente grande (16,4cm comprimento total; 7g), de coloração amarronzada, que vive tanto em campos como em matas, havendo registros desta espécie na Bolívia, Argentina e no centro oeste, nordeste e sudeste do Brasil (Grantsau 1988, Faria & Araujo 2010). Há registros deste beija-flor como o polinizador de muitas espécies vegetais

(Sazima & Machado 1983, Piratelli 1997; Castro & Oliveira 2001; Siqueira Filho & Machado 2001; Faria & Araujo 2010). Seu comportamento alimentar é caracterizado como “trapliner” (Sazima 1981; Oliveira 1998; Mendonça & Anjos 2005, Faria & Araujo 2010) o qual é caracterizado por visitas múltiplas às mesmas flores em intervalos regulares (Gill 1988a). No entanto, nenhum estudo prévio verificou se eram os mesmos indivíduos que voltavam às flores observadas.

Em geral as plantas utilizadas por Phaethornithinae apresentam fenologia de floração seqüencial e contínua, favorecendo a permanência deste grupo de beija-flores numa dada comunidade (Stiles 1978; Newstrom *et al.* 1994). O volume e a concentração de açúcares no néctar das flores visitadas por Phaethornithinae não diferem significativamente dos registrados para flores visitadas por Trochilinae (McDade & Weeks 2004). Porém, existem outras características nas flores que estão diretamente associadas ao grupo Phaethornithinae, como corola longa e curvada e a formação de agrupamentos com poucos indivíduos em ambientes de interior de mata (Kay & Schemske 2003; Altshuler *et al.* 2004).

Na Estação Ecológica do Panga (EEP), onde ocorrem diversas fisionomias do Cerrado, foram registradas nove espécies de beija-flores e, dentre estas, *P. pretrei* é a espécie que utiliza o maior número de plantas ornitófilas (Oliveira 1998), representando desta forma, importante vetor para a manutenção do fluxo de pólen para muitas plantas desta comunidade. Em outros locais, no entanto, como em uma ilha de mata de galeria, *P. pretrei* é considerado uma espécie sazonal, estando presente apenas durante a floração de certas espécies (Araújo, 2003).

Dada a predominância de *P. pretrei* nesta comunidade vegetal, seria importante compreender alguns aspectos inerentes ao seu comportamento alimentar e das plantas associadas. Portanto, o presente estudo teve como objetivos: 1- Registrar as espécies vegetais utilizadas por *P. pretrei* e seu comportamento e frequência de visitas à essas flores ao longo de 22 meses; 2- Determinar se *P. pretrei* é uma espécie residente; 3- Avaliar a carga de pólen transportada por esta espécie; e 4- Verificar se esta espécie sobrepõe no uso dos recursos com outras espécies de beija-flores.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O presente estudo foi realizado na Estação Ecológica do Panga (EEP) pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (ver figura 1 do capítulo I). A EEP está situada cerca de 35 Km do centro de Uberlândia-MG (19°09'20" – 19°11'10" S e 48°23'20" – 48°24'35" W, altitude  $\approx$  800m). A área da EEP compreende 409,5 ha onde diversos tipos fitofisionômicos do bioma Cerrado ocorrem. (Schiavini & Araújo 1989).

O clima da região apresenta duas estações bem definidas: uma fria e seca entre maio e setembro e outra quente e chuvosa de outubro a abril. Dados climáticos como, precipitação e temperatura durante o período de estudo foram obtidos na estação meteorológica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (ver figura 2 do capítulo I).

Na EEP, ocorrem formações florestais, como a mata mesofítica semidecídua, a mata de galeria e o cerradão (Schiavini & Araújo 1989). A mata mesofítica semidecídua localiza-se entre a mata de galeria e o cerradão e ao contrário da mata de galeria apresenta diferentes graus de caducifolia durante a estação seca (Cardoso *et al.* 2009).

Além de áreas florestais, na EEP ocorrem formações abertas como, campo sujo, cerrado sentido restrito e vereda. O campo sujo é caracterizado por apresentar estrato herbáceo-graminoso denso e arbustos esparsos, enquanto o cerrado sentido restrito é uma vegetação dominada por árvores e arbustos com dossel menor que 7 metros de altura e cobertura menor que 40%. A vereda é encontrada em vales e caracteriza-se por apresentar estrato herbáceo contíguo e curso de água com presença de buritis (Gottsberger & Gottsberger 2006).

### **Coleta de dados**

Para o acompanhamento do período de floração das espécies utilizadas por *Phaethornis pretrei*, visitas semanais foram feitas ao campo de março de 2007 à dezembro de 2008. Trilhas em diferentes ambientes foram utilizadas para se obter amostra dos dados fenológicos, sendo parte das mesmas localizadas em áreas florestais como: borda da mata, mata de galeria, mata mesofítica semidecídua e em outra mata de galeria isolada das anteriormente mencionadas. As demais trilhas foram localizadas em formações abertas como: campo sujo, cerrado sentido restrito e vereda. Foram utilizadas trilhas de tamanhos diferentes sendo amostrados 1360m<sup>2</sup> na borda da mata de galeria, 7462m<sup>2</sup> no interior da mata de galeria, 6213,6 m<sup>2</sup> na mata mesofítica semidecídua, 9728m<sup>2</sup> no campo sujo, 4128

m<sup>2</sup> no cerrado sentido restrito, 2160m<sup>2</sup> no interior de uma mata de galeria de menor tamanho e isolada das demais áreas florestais e 640m<sup>2</sup> na vereda. O total de área amostrada foi de 31691,6 m<sup>2</sup>.

Em cada trilha foi feito o censo de flores disponíveis no dia de amostragem. Plantas de fácil acesso tiveram todas suas flores contadas, enquanto as de difícil acesso, como árvores e lianas, tiveram o número de flores estimadas baseando-se no número de inflorescências multiplicado pelo número de flores abertas contadas em cerca de duas a três inflorescências no dia amostrado.

Flores de cada espécie tiveram suas cores registradas, foram coletadas e fixadas em álcool 70% para posterior análise em laboratório. As flores tiveram seu diâmetro (maior diâmetro e diâmetro de abertura) e comprimento da corola (da base até a entrada excluindo lóbulos livres) registradas. O néctar foi medido em flores ensacadas previamente ao período da antese. O volume de néctar para cada flor foi medido usando seringas Hamilton 50 e 100 µL e a concentração de açúcares foi obtida usando refratômetro de bolso Atago N-1α Brix 0~32%. Os dados de néctar foram obtidos no final da manhã por volta das 10h00.

### **Beija-flores**

Os beija-flores foram estudados através de observações focais, com duração de no mínimo duas horas no total em cada uma das espécies de plantas, distribuídas no período entre 07h00 e 16h00. No total foram realizadas 96 horas e 33 minutos de observações focais no ano de 2007 e 162 horas e 25 minutos em 2008. Todas as espécies de beija-flores observadas nas flores foram registradas a fim de avaliar a partilha do recurso na

comunidade estudada, e para saber com quais espécies de beija-flores *P. pretrei* sobrepõe o uso de recursos.

Para a diferenciação dos indivíduos de *P. pretrei* foi utilizada tinta colorida não tóxica aplicada no dorso na região do dorso (região intraescapular) (*sensu* Stiles & Wolf 1973, Dafni 1992). Os beija-flores foram capturados em armadilhas contendo em seu interior um alimentador com água e açúcar (Hilton Jr. & Miller 2003). O esforço de captura foi de aproximadamente 190 horas somando os dois anos de estudo utilizando três armadilhas localizadas no interior da mata de galeria. As tentativas de capturas foram realizadas no período entre 07h00 e 16h00. Cada beija-flor capturado, além de receber uma marca, teve as cargas de pólen retiradas do bico, frente e garganta para verificar quais espécies de plantas havia visitado.

### **Carga de pólen**

As cargas de pólen de cada indivíduo de *P. pretrei* capturado foram coletadas com fita adesiva transparente, sendo que de cada indivíduo foram retiradas duas amostras, uma da cabeça e maxila e uma da garganta e mandíbula (Borgella Jr & Snow 2001, Bernhardt 2005). As amostras de pólen foram montadas em lâminas para posterior análise. No laboratório as lâminas foram divididas em quatro regiões abrangendo: ponta do bico, região mediana, base do bico e frente, ou garganta para as lâminas correspondentes à região da mandíbula. Os grãos de pólen foram analisados, identificados, contados e fotografados no laboratório de morfologia vegetal, microscopia e imagem - LAMOVÍ da Universidade Federal de Uberlândia. Para identificação do pólen, foram feitas coleções de referência a

partir de pólen das espécies floridas na área de estudo (uma coleção contendo lâminas com fitas adesivas transparente e uma coleção contendo lâminas com material acetolizado seguindo metodologia de Erdtman 1986), que foram depositadas no LAMOV. As imagens dos grãos de pólen se encontram no Apêndice III.

## RESULTADOS

No período de estudo *P. pretrei* visitou 21 espécies de plantas (Figura 1). *Salvia scabrida* (Lythraceae) não foi apresentada na figura 1 por ter ocorrido fora das trilhas avaliadas, não tendo sido possível obter os dados de fenologia para esta espécie. Dentre as espécies utilizadas por este beija-flor, 16 são ornitófilas e as demais apresentam outras síndromes de polinização (Apêndice I).

A média do comprimento da corola das flores visitadas por *P. pretrei* foi de 3,0 cm  $\pm$ 1,4 (n=20) e a média do diâmetro de abertura da corola foi de 0,96  $\pm$  0,76cm (n=20) (ver Apêndice I). Quanto às características do néctar, a média do volume de néctar foi de 21,6  $\pm$  13,13 $\mu$ L (n=20) e concentração de açúcares foi de 20,7  $\pm$ 5,4% (n=20) (Apêndice I).

As espécies utilizadas por *P. pretrei* apresentaram floração seqüencial ao longo do ano (Figura 1). Através das observações focais nas espécies e dos registros semanais foi constatado que *P. pretrei* é residente na área de estudo, sendo registrado em todos os meses nos dois anos avaliados.

*Phaethornis pretrei* foi o visitante exclusivo de *Geissomeria longiflora* e *Dicliptera squarrosa*, além de ser responsável por mais de 90% das visitas em *Manettia cordifolia*, *Mandevilla hirsuta*, *Canna indica* e *Ruellia brevifolia* (Apêndice II). *Phaethornis pretrei*

compartilhou as demais espécies de plantas com pelo menos outra espécie de beija-flor como *Heliomaster squamosus*, que também visitou *Costus spiralis*. No entanto, *P. pretrei* foi o visitante principal e mais freqüente na maioria das espécies (Apêndice II). Por outro lado, *P. pretrei* compartilhou o recurso de *Bauhinia unguolata* com até quatro espécies de beija-flores e neste caso foi a espécie menos freqüente (Apêndice II).

Foram feitas 27 capturas de *P. pretrei*, sendo que cerca de um terço dessas representaram recapturas, ou seja, eram indivíduos que ainda tinham a marcação, que pode ser perdida com o tempo. A outra parte das capturas poderia ser composta de novos indivíduos ou daqueles que perderam a marcação. Em alguns meses (março de 2007, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro de 2008) não houve capturas dos beija-flores. Isto ocorreu porque nos meses iniciais os beija-flores ainda não tinham se acostumado a utilizar as flores artificiais das armadilhas e, nos demais meses, porque aprenderam a evitar as mesmas. Nos meses em que os beija-flores foram capturados o número de indivíduos amostrados variou de um a três.

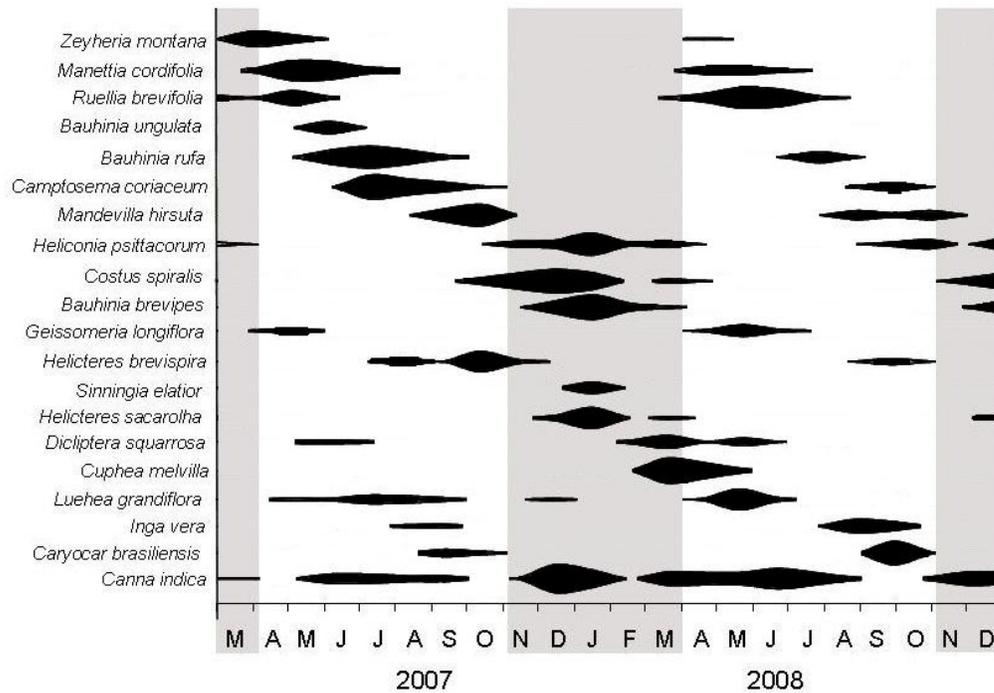
*Phaethornis pretrei* não foi registrado em todas as fisionomias do Cerrado, mas apenas em ambientes específicos onde ocorrem determinadas manchas de flores. As fisionomias com mais registros foram: interior e borda da mata de galeria, quase sempre próximo às margens do ribeirão do Panga, na vereda próximo dos cursos de água e mais raramente em ambientes abertos.

Dos indivíduos marcados, quatro foram observados visitando flores em áreas próximas às armadilhas. Através das marcações foi possível confirmar o comportamento “trapliner” (rondas de forrageamento), no qual os indivíduos retornavam sempre às mesmas flores. O retorno dos indivíduos marcados ocorreu em intervalos que variaram entre 45 a

60 minutos (n=13). Os maiores intervalos de retorno foram registrados em *Ruellia brevifolia* os quais foram superiores a duas horas e muitas vezes não houve retorno às flores após uma primeira visita.

Num dado grupo de flores foi observado que até três indivíduos de *P. pretrei* marcados podiam utilizar as mesmas flores em intervalos diferentes. Neste caso, um dos indivíduos sempre era mais freqüente que os demais.

As espécies de plantas apresentaram diferentes freqüências de visitas pelos beija-flores, sendo as maiores freqüências de visitas registradas em *Helicteres brevispira* (115,6 flores/hora), seguida de *Cuphea melvilla* (42,3 flores/hora) e *Vochysia tucanorum* (36,6 flores/hora) (Apêndice II). Estas espécies receberam visitas de, pelo menos, quatro espécies de beija-flores cada.



**Figura 1.** Fenologia de floração das espécies visitadas por *Phaethornis pretrei* na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. Partes em cinza indicam período chuvoso. A porcentagem de flores disponíveis é dada pela espessura da linha.

As demais espécies de beija-flores registradas na área de estudo foram: *Eupetomena macroura*, *Colibri serrirostris*, *Heliomaster squamosus*, *Thalurania furcata*, *Amazilia fimbriata*, *Chlorostilbon lucidus* e *Lophornis magnificus*. De todas as espécies registradas, *Thalurania furcata* foi a única a compartilhar o interior da mata de galeria com *Phaethornis pretrei*. No entanto, ambos divergiram na utilização dos recursos. Assim, *P. pretrei* explorou o recurso de plantas herbáceas no subbosque, enquanto *Thalurania furcata* explorou preferencialmente plantas trepadeiras e as pertencentes a outras síndromes que

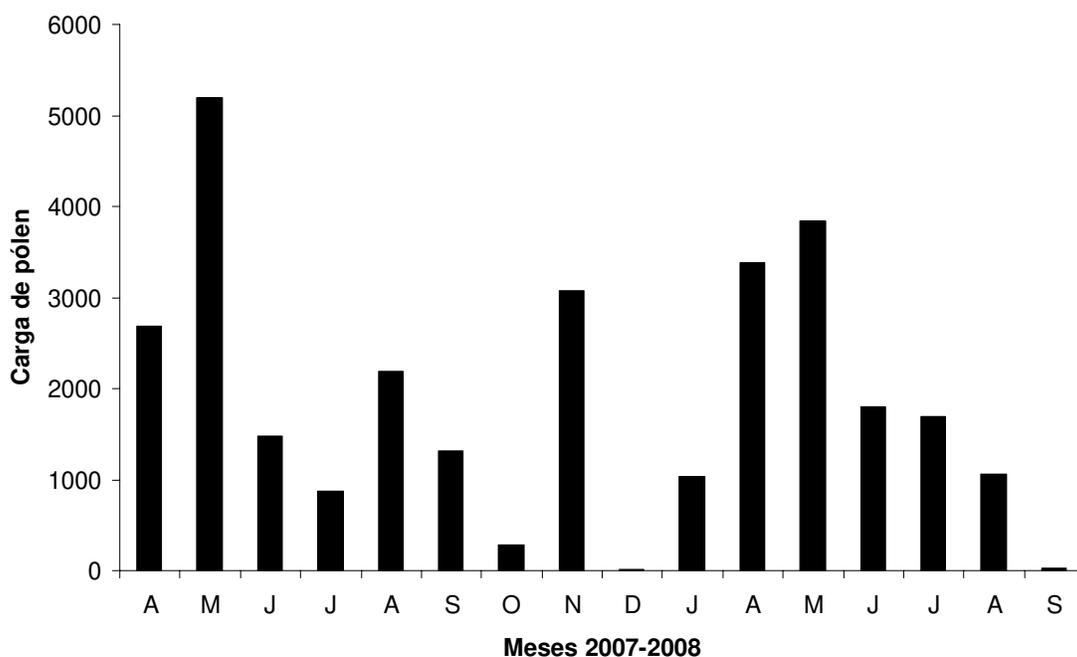
não ornitófilas do dossel da mata. Em outros ambientes *P. pretrei* e *T. furcata* tiveram maior sobreposição no uso do recurso.

Com exceção de *Phaethornis pretrei*, *Lophornis magnificus* e *Heliomaster squamosus*, as demais espécies de beija-flores apresentaram comportamento territorial. Os beija-flores territoriais expulsavam vigorosamente os demais beija-flores. No entanto, não conseguiam impedir a entrada de *Phaethornis pretrei* em seus territórios.

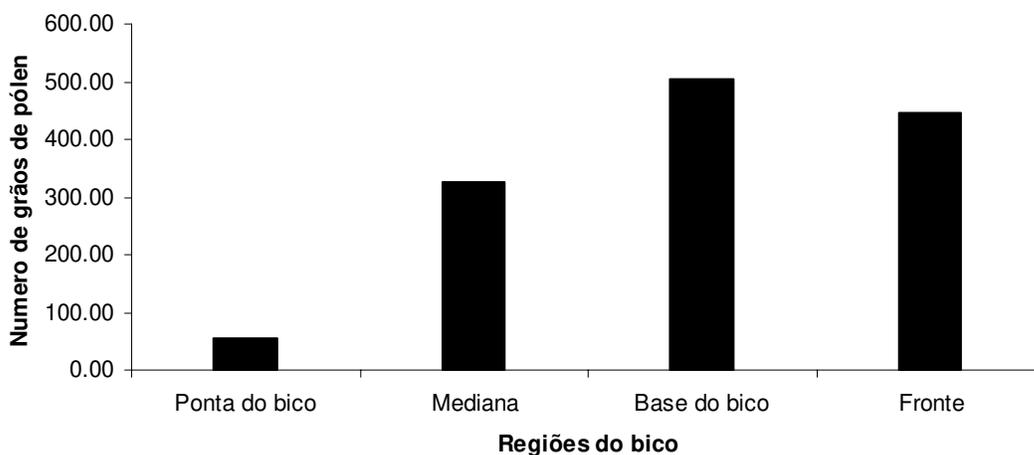
A análise da carga de pólen revelou que indivíduos de *P. pretrei* transportavam pólen de seis espécies em média, variando de uma a dez (n=27). Os meses em que esta espécie transportou as maiores cargas de pólen foram maio de 2007 e de 2008 (figura 2).

As cargas de pólen revelaram ainda que os beija-flores visitaram outras seis espécies além das registradas como possíveis recursos. Estas espécies não foram identificadas e, portanto, foram classificadas como morfoespécies. Os meses em que foram encontradas as menores cargas de pólen sendo transportadas pelos beija-flores foram outubro e dezembro de 2007, além de setembro de 2008. Enquanto as maiores cargas foram encontradas em maio de 2007 e de 2008.

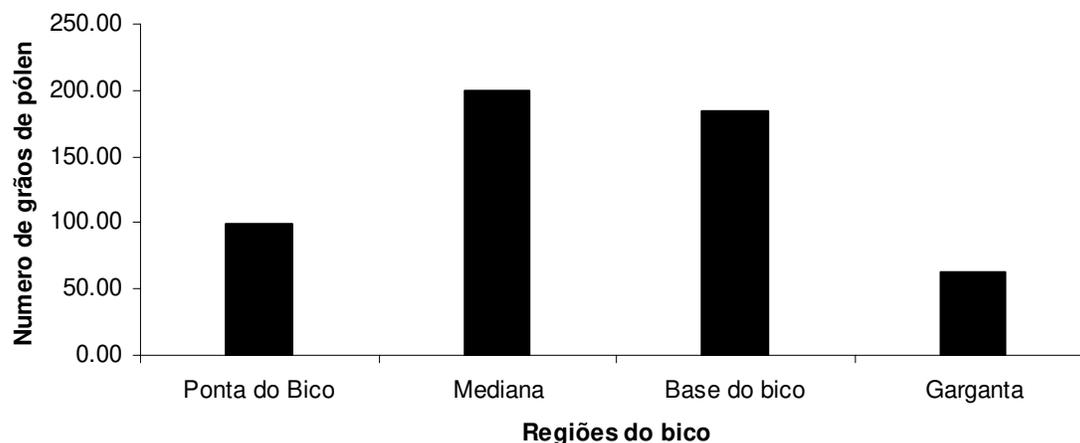
O número de grãos de pólen transportado variou de 5628 grãos em abril de 2008 a 11 grãos em dezembro de 2007. As maiores cargas de pólen corresponderam as de *Geissomeria longiflora*, *Manettia cordifolia* e *Cuphea melvilla*. As regiões em que houve maior deposição de pólen na maxila foram a base e frente (Figura 3). As regiões da mandíbula com maiores cargas foram a mediana e a base do bico (Figura 4).



**Figura 2.** Média do número de grãos encontrados nas cargas de pólen carregadas por indivíduos de *Phaethornis pretrei* (Phaethornithinae) capturados na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. Meses que não são mostrados na figura correspondem à ausência de capturas.



**Figura 3.** Média do número de grãos de pólen encontrados nas diferentes regiões da maxila e na frente de *Phaethornis pretrei*, capturados na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.



**Figura 4.** Média do número de grãos de pólen encontrados nas diferentes regiões da mandíbula e garganta de *Phaethornis pretrei*, capturados na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

## DISCUSSÃO

A quantidade de espécies utilizadas por *P. pretrei* no Cerrado foi a mesma registrada para *Ramphodon naevius*, um Phaethornithinae na Mata Atlântica (ver Sazima et al. 1995). No entanto, *P. pretrei* não defende territórios de forma agressiva, como muitos beija-flores da subfamília Trochilinae (Sick 1997) e *Ramphodon naevius* (Phaethornithinae) (Sazima et al. 1995), mas pode defender o recurso por depleção do néctar, retornando às flores em intervalos menores quando na presença de um competidor, o que resulta em menos néctar disponível para outros indivíduos (Garrison 1995, Stiles 1975; Gill 1988).

As plantas em que *P. pretrei* foi o visitante exclusivo ou o mais freqüente apresentaram características similares entre si, como: tubo da corola longo e pouco recurvado, e indivíduos dispersos no ambiente. Estas características podem ser associadas ao grupo Phaethornithinae (Schemske 2003, Altshuler et al. 2004), uma vez que a

morfologia das flores se ajusta perfeitamente ao formato e tamanho do bico e a disposição das plantas dispersas no ambiente, sem formar manchas de recursos, se adapta ao comportamento alimentar do tipo “trapline”. Estas características, ao mesmo tempo, desestimulam visitantes que apresentam comportamento territorial. Desta maneira, parte das características mencionadas pode ser vista também como mecanismos para excluir visitantes menos eficientes, uma vez que muitas espécies evoluem não só para atrair os polinizadores mais eficientes, mas também para evitar os menos eficientes (Castellanos *et al.* 2004).

Muitas plantas tendem a se adaptar ao polinizador mais freqüente e/ou eficiente (Price & Waser 1979) e como *P. pretrei* percorre grandes distâncias e transporta grandes cargas de pólen, este beija-flor pode ocupar na comunidade o papel de polinizador mais eficaz. Desta forma, esta espécie contribui não só para a reprodução das plantas, mas também para a qualidade das sementes (ver Araújo e Oliveira 2007).

Apesar de existirem espécies com flores adaptadas à morfologia de *P. pretrei*, este beija-flor não se restringe às mesmas, podendo eventualmente ser considerado um beija-flor generalista, pois aproveita os recursos disponíveis independente das características morfológicas das flores. *Phaethornis pretrei* não foi avistado em todos os ambientes do Cerrado, sendo ausente na mata mesófila semidecídua, no campo sujo ou em áreas distantes das matas. A espécie parece estar associada principalmente aos ambientes florestais e cursos de água, assim como *Ramphodon naevius* (Sazima *et al.* 1995). É possível que os cursos de água sirvam como referência para manterem suas rotas de forrageamento ou que sejam mais freqüentemente avistados nestas áreas por serem mais ricas em plantas ornitófilas.

Os intervalos de retorno às plantas foram semelhantes aos mencionados para *Ramphodon naevius* (Sazima et al. 1995). Irregularidades nos intervalos em certas ocasiões pode ser devido a competições (ver Gill 1988), aspecto não avaliado neste estudo. Outra possibilidade é que os beija-flores podem alterar suas rotas ao longo do dia de acordo com a disponibilidade de néctar. Foi constatado que *P. pretrei* não retornava às flores de *Ruellia brevifolia* após uma primeira visita ou retornava após intervalos superiores há duas horas (ver capítulo 4). Isto provavelmente acontecia porque esta planta produz pequenas quantidades de néctar (Apêndice I) e deve demorar para repor (Faria & Araujo 2010).

Desta forma, ao que parece *P. pretrei* forrageia em rondas não aleatórias e ajusta sua rota conforme a disposição dos recursos florais. Seria importante testar se existe correlação entre a taxa de reposição do néctar das espécies e o intervalo de retorno destes beija-flores.

A grande variação nas cargas de pólen transportadas por *P. pretrei* ao longo do ano pode ser devido ao horário de captura entre outros fatores como, por exemplo, diferenças na disponibilidade de flores. Provavelmente quando capturados no início da manhã estes beija-flores ainda não tinham visitado número de flores suficientes para terem uma carga significativa no momento da amostragem. Lasprilla (2003) também registrou grande variação nas cargas de pólen coletadas em indivíduos de Phaethornithinae.

A região onde mais se encontrou pólen nos beija-flores, região da base do bico e frente, também foi encontrado para outras espécies de Phaethornithinae. De acordo com Lasprilla (2003) essas regiões são consideradas locais seguros para o transporte de pólen devido à dificuldade que os beija-flores encontram para remover os grãos destas partes. Ao passo que menor quantidade de pólen transportado nas regiões apicais e na parte média do

bico estaria relacionada ao hábito de limpeza dos beija-flores (Grant & Grant 1968) os quais reconhecem o pólen no bico como objeto estranho principalmente quando apresentam coloração visível como o branco e o amarelo (Rose & Barthlott 1994).

O presente estudo revelou que *Phaethornis pretrei* é o principal visitante das espécies ornitófilas na Estação Ecológica do Panga e, ainda, visita muitas outras espécies de forma legítima, como em *Luehea grandiflora* e espécies de *Bauhinia*, nas quais pode atuar como vetor de pólen. Diversos estudos ressaltaram a importância desta espécie como polinizador (Castro & Oliveira, Piratelli 1997, Sazima & Machado 1983, Buzato, *et al.* 2000, Siqueira Filho & Machado 2001, Coelho & Barbosa 2003, Consolaro *et al.* 2005) o qual promove fluxo polínico de qualidade uma vez que carrega pólen de diversos indivíduos permitindo maiores taxas de polinizações cruzadas (Araújo & Oliveira 2007).

Na área de estudo este beija-flor é residente e além de visitar o maior número de espécies é o visitante único ou mais freqüente de pelo menos seis espécies. Dado as características comportamentais, juntamente com o fato de ser residente e capaz de transportar grandes cargas de pólen esta espécie de beija-flor, único representante da subfamília Phaethornithinae na região, é a mais importante para a manutenção da comunidade ornitófila.

**Apêndice I-** Características florais das espécies de plantas que são utilizadas por *Phaethornis pretrei* na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Mg.

Espécie/família	Comprimento corola (cm)	Volume de néctar (µL)	Concentração de açúcares no néctar (%)	Cor da corola/ Síndrome de polinização <sup>a</sup>
ACANTHACEAE				
<i>Dicliptera squarrosa</i>	3,01 ± 0,28 (n=10)	8,82 ± 1,78 (n=11)	6,39 ± 1,48 (n=11)	Vermelho/ Ornitófila
<i>Geissomeria longiflora</i>	3,0 ± 0,15 (n=10)	7 ± 2,63 (n=18)	7,26 ± 2,46 (n=18)	Vermelho/ Ornitófila
<i>Ruellia brevifolia</i>	2,75 ± 0,21 (n=8)	6,75 ± 3,34 (n=17)	6,69 ± 3,58 (=17)	Vermelho/ Ornitófila
APOCYNACEAE				
<i>Mandevilla hirsuta</i>	4,24 ± 0,38 (n=7)	18,00 ± 9,53 (n=6)	28,76 ± 15,82 (n=6)	Amarelo- vermelho/Ornitófil a
BIGNONIACEAE				
<i>Zeyheria montana</i>	2,58 ± 0,13 (n=10)	16,65 ± 15,29 (n=17)	13,88 ± 14,54 (n=17)	Amarelo/ Ornitófila
CANNACEAE				
<i>Canna indica</i>	7,06 ± 0,36 (n=10)	18,08 ± 9,92 (n=25)	13,59 ± 8,35 (n=25)	Vermelho / Ornitófila
CARYOCAREACEAE				
<i>Caryocar brasiliensis</i>	3,02 ± 0,21 (n=10)	46,25 ± 64,09 (n=4)	62,50 ± 94,67 (n=4)	Branco / Quiropterófila
COSTACEAE				
<i>Costus spiralis</i>	5,01 ± 0,31 (n=10)	14,43 ± 3,69 (n=7)	12,69 ± 4,93 (n=7)	Vermelho / Ornitófila
FABACEAE				
<i>Bauhinia brevipes</i>	1,5 ± 0,14 (n=2)	16 ± 7,94 (n= 12)	8,56 ± 4,20 (n=12)	Branco / Quiropterófila
<i>Bauhinia unguolata</i>	1,2 ± 0,09 (n=10)	10,67 ± 3,33 (n=6)	6,37 ± 2,82 (n=6)	Branco / Quiropterófila
<i>Bauhinia rufa</i>	2,3 ± 0,54 (n=9)	47,18 ± 38,26 (n=12)	29,29 ± 28,85 (n=12)	Branco / Quiropterófila
<i>Inga vera</i>	1,31 ± 0,24 (n=10)	5,47 ± 1,68 (n=15)	4,67 ± 1,44 (n=15)	Branco / Quiropterófila

GESNERIACEAE				
<i>Sinningia elatior</i>	3,86 ± 0,16 (n=10)	49,74 ± 27,97 (n=14)	46,65 ± 25,10 (n=14)	Laranja/ Ornitófila
HELICONIACEAE				
<i>Heliconia psittacorum</i>	3,24 ± 0,18 (n=10)	25,08 ± 15,14 (n=13)	28,02 ± 18,88 (n=13)	Laranja/ Ornitófila
LAMIACEAE				
<i>Salvia scabrida</i>	3,10 ± 0,17 (n=3)	-	-	Vermelho/ Ornitófila
LYTHRACEAE				
<i>Cuphea melvilla</i>	2,97 ± 0,33 (n=10)	15,84 ± 5,68 (n=4)	19,60 ± 8,34 (n=4)	Vermelho/ Ornitófila
MALVACEAE				
<i>Helicteres brevispira</i>	1,45 ± 0,08 (n=10)	20,90 ± 6,35 (n=25)	12,99 ± 6,34 (n=25)	Laranja/ Ornitófila
<i>Helicteres sacarolha</i>	1,92 ± 0,23 (n=10)	33,00 ± 22,67 (n=13)	28,60 ± 13,52 (n=13)	Laranja/ Ornitófila
<i>Luehea grandiflora</i>	1,63 ± 0,55 (n=3)	19,25 ± 15,45 (n=12)	17,17 ± 12,91 (n=12)	Branco / Quiropterófila
RUBIACEAE				
<i>Manettia cordifolia</i>	4,30 ± 0,52 (n=10)	35,67 ± 6,81 (n=3)	31,89 ± 4,79 (n=3)	Vermelho / Ornitófila

<sup>a</sup> De acordo com Faegri & van der Pijl (1979).

**Apêndice II.** Frequência relativa de visitas de *Phaethornis pretrei* e de outras sete espécies de beija-flores com os quais sobrepõe no uso do recurso em 21 espécies de plantas na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. A taxa de visitação apresentada corresponde ao número de visitas por hora de observação.

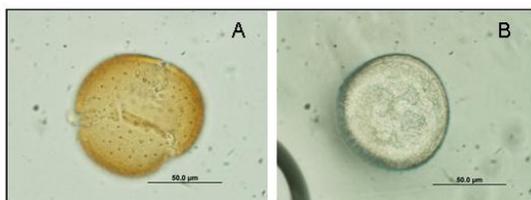
Família/espécie	Frequência relativa de visita (%)								Taxa de visitação total
	<i>Phpr</i>	<i>Thfu</i>	<i>Amfi</i>	<i>Chlu</i>	<i>Euma</i>	<i>Coser</i>	<i>Hesq</i>	<i>Loma</i>	
<b>ACANTHACEAE</b>									
<i>Dicliptera squarrosa</i>	100	...	...	...	...	...	...	...	1,75
<i>Geissomeria longiflora</i>	100	...	...	...	...	...	...	...	4,01
<i>Ruellia brevifolia</i>	96,55	3,44	...	...	...	...	...	...	0,53
<b>APOCYNACEAE</b>									
<i>Mandevilla hirsuta</i>	94,92	...	...	5,08	...	...	...	...	2,68
<b>BIGNONIACEAE</b>									
<i>Zeyheria montana</i>	77,89	...	22,10	...	...	...	...	...	8,64
<b>CANNACEAE</b>									
<i>Canna indica</i>	95,68	0,61	...	...	...	...	4,29	...	9,59
<b>CARYOCAREACEAE</b>									
<i>Caryocar brasiliensis</i>	X	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>COSTACEAE</b>									
<i>Costus spiralis</i>	88,23	...	...	...	...	...	11,76	...	4,10
<b>FABACEAE</b>									
<i>Bauhinia brevipes</i>	X	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Bauhinia unguolata</i>	6,71	21,74	6,72	38,34	26,48	...	...	...	16,87
<i>Bauhinia rufa</i>	X	100	...	...	...	...	...	...	2,00
<i>Inga vera</i>	6,90	24,34	...	61,10	7,65	...	...	...	26,57
<b>GESNERIACEAE</b>									
<i>Sinningia elatior</i>	X	...	...	...	X	X	...	...	...
<b>HELICONIACEAE</b>									
<i>Heliconia psittacorum</i>	45,45	35,45	11,82	2,73	7,27	...	...	...	13,75
<b>LAMIACEAE</b>									
<i>Salvia scabrida</i>	X	...	...	...	...	...	...	...	...

<b>LYTHRACEAE</b>									
<i>Cuphea melvilla</i>	28,60	26,71	21,75	22,93	...	...	...	...	42,3
<b>MALVACEAE</b>									
<i>Helicteres brevispira</i>	5,54	25,95	33,48	25,78	0,69	...	...	3,37	115,6
<i>Helicteres sacarolha</i>	X								
<i>Luehea grandiflora</i>	65,52	34,48	...	...	...	...	...	...	3,62
<b>RUBIACEAE</b>									
<i>Manettia cordifolia</i>	96,47	3,53	...	...	...	...	...	...	3,4
<b>VOCHYSIACEAE</b>									
<i>Qualea parviflora</i>	X	X	X	...	...	...	...	...	
<b>Total de espécies</b>	21	11	06	06	05	01	02	01	

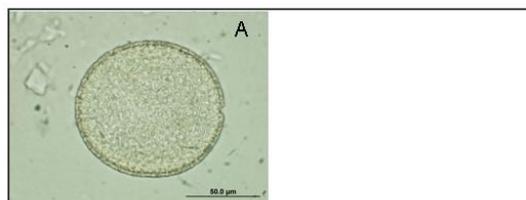
---

Phpr = *Phaethornis pretrei*, Thfu = *Thalurania furcata*, Amfi = *Amazilia fimbriata*, Chlu = *Chlorostilbon lucidus*, Euma = *Eupetomena macroura*, Coser = *Colibri serrirostris*, Hesq = *Heliomaster squamosus*, Loma = *Lophornis magnificus*

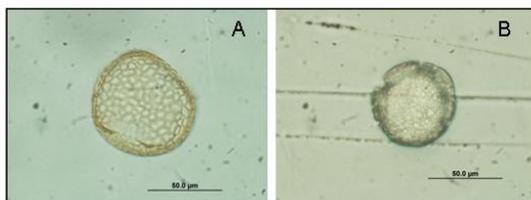
**Apêndice III-** Grãos de pólen acetolizados ou montados em fita adesiva transparente de 36 espécies que podem ser utilizadas por beija-flores na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.



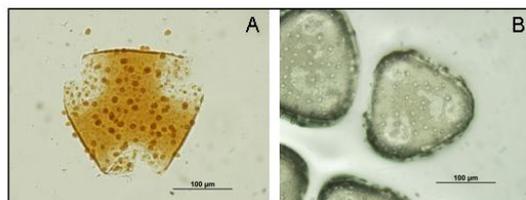
Família: Lamiaceae  
Espécie: *Amasonia hirta*  
Registro HUFU: 47817  
Cód. Palinoteca: 198  
A- Método: Acetólise; Erdtman (1966),  
Montagem: Gelatina de Kisser,  
B- Montagem: Fita adesiva transparente



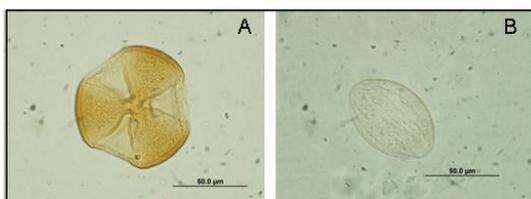
Família: Bromeliaceae  
Espécie: *Billbergia porteana*  
Registro HUFU: 51870  
A- Montagem: Fita adesiva transparente



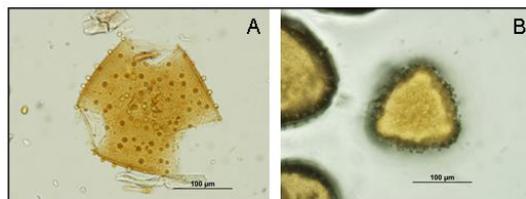
Família: Bromeliaceae  
Espécie: *Ananas ananassoides*  
Registro HUFU: 51988  
Cód. Palinoteca: 196  
A-Método: Acetólise; Erdtman (1966),  
Montagem: Gelatina de Kisser,  
B- Montagem: Fita adesiva transparente



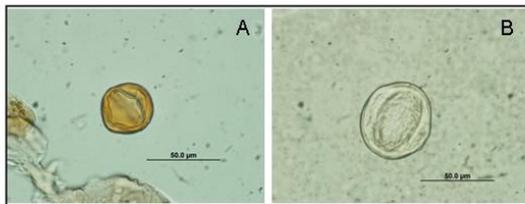
Família: Fabaceae  
Espécie: *Bauhinia brevipes*  
Registro HUFU: 51982  
Cód. Palinoteca: 065,  
A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva,  
B- Montagem: Fita adesiva transparente



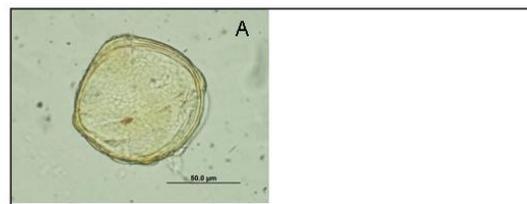
Família: Bignoniaceae  
Espécie: *Arrabidaea pulcra*  
Registro HUFU: 47815  
Cód. Palinoteca: 060  
A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B-  
Montagem: Fita adesiva transparente



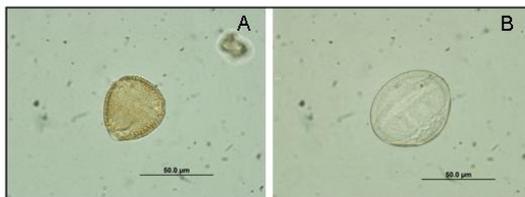
Família: Fabaceae  
Espécie: *Bauhinia rufa*  
Registro HUFU: 51881  
Cód. Palinoteca: 104  
A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B-  
Montagem: Fita adesiva transparente



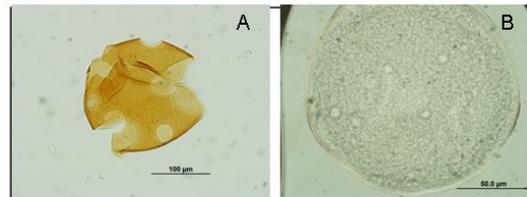
Família: Fabaceae  
 Espécie: *Bowdichia virgilioides*  
 Registro HUFU: 51865  
 Cód. Palinoteca: 120  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
 Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B-  
 Montagem: Fita adesiva transparente



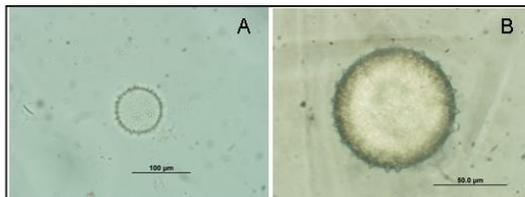
Família: Caryocaraceae  
 Espécie: *Caryocar brasiliensis*  
 Registro HUFU:  
 A- Montagem: Fita adesiva transparente



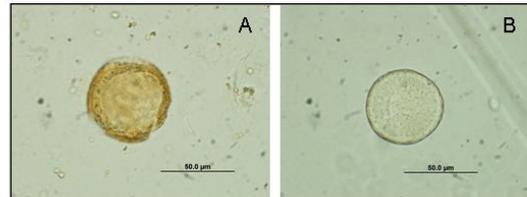
Família: Fabaceae  
 Espécie: *Camptosema coriaceum*  
 Registro HUFU: 51985  
 Cód. Palinoteca: 202  
 A-Método: Acetólise; Erdtman (1966),  
 Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita  
 adesiva transparente



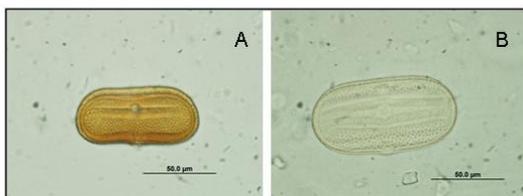
Família: Costaceae  
 Espécie: *Costus spiralis*  
 Registro HUFU: 51874  
 Cód. Palinoteca: 201  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
 Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva  
 transparente



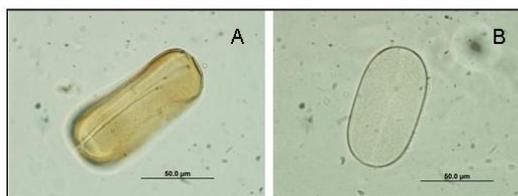
Família: Cannaceae  
 Espécie: *Canna indica*  
 Registro HUFU: 51868  
 Cód. Palinoteca: 203  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
 Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva  
 transparente



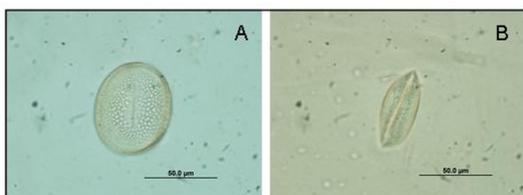
Família: Bubiaceae  
 Espécie: *Coutarea hexandra*  
 Registro HUFU: 51876  
 Cód. Palinoteca: 185  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
 Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva  
 transparente



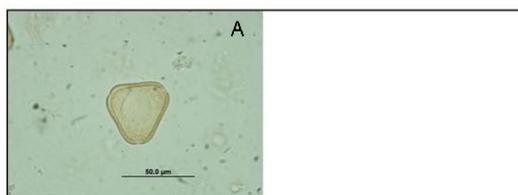
Família: Acanthaceae  
 Espécie: *Dicliptera squarrosa*  
 Registro HUFU: 51866  
 Cód. Palinoteca: 179  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
 Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva  
 transparente



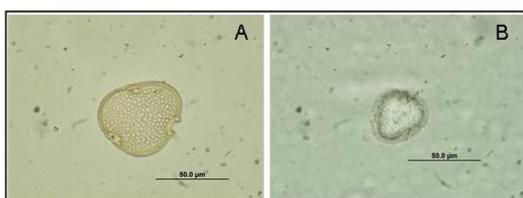
Família: Acanthaceae  
 Espécie: *Geissomeria longiflora*  
 Registro HUFU: 47812  
 Cód. Palinoteca: 180  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
 Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva  
 transparente



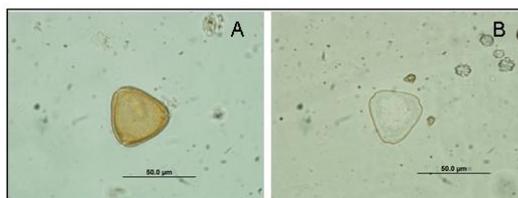
Família: Bromeliaceae  
 Espécie: *Dyckia leptostachya*  
 Registro HUFU: 51986  
 Cód. Palinoteca: 197  
 A-Método: Acetólise; Erdtman (1966),  
 Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita  
 adesiva transparente



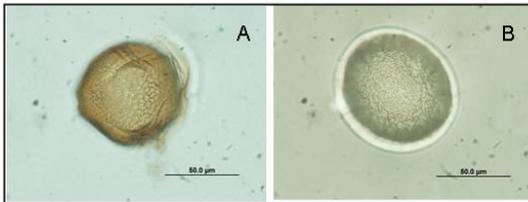
Família: Malvaceae  
 Espécie: *Helicteres brevispira*  
 Registro HUFU: 51987  
 Cód. Palinoteca: 194  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem:  
 Gelatina de Kisser



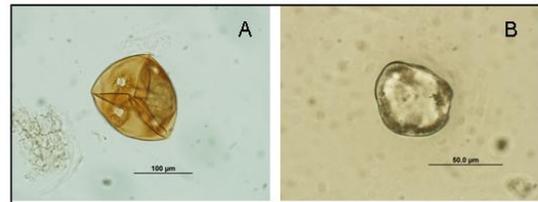
Família: Malvaceae  
 Espécie: *Eriotheca gracilipes*  
 Registro HUFU: 51990  
 Cód. Palinoteca: 008, A- Método: Acetólise;  
 Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser,  
 Responsável: C.I.Silva, B- Montagem: Fita  
 adesiva transparente



Família: Malvaceae  
 Espécie: *Helicteris saccolha*  
 Registro HUFU: 47813  
 Cód. Palinoteca: 195A- Método: Acetólise; Erdtman  
 (1966), Montagem: Gelatina de Kisser,  
 B- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Heliconiaceae  
 Espécie: *Heliconia psittacorum*  
 Registro HUFU: 51880  
 Cód. Palinoteca: 200  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva transparente



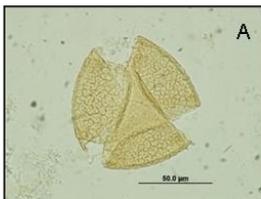
Família: Apocynaceae  
 Espécie: *Mandevilla hirsuta*  
 Registro HUFU: 51983  
 Cód. Palinoteca: 205  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva transparente



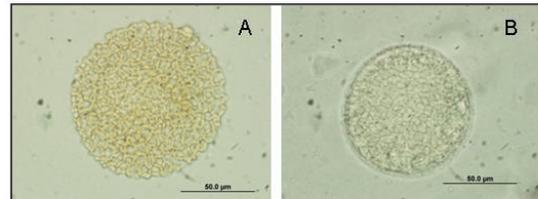
Família: Fabaceae  
 Espécie: *Inga vera*  
 Registro HUFU: 51869  
 A- Montagem: Fita adesiva transparente



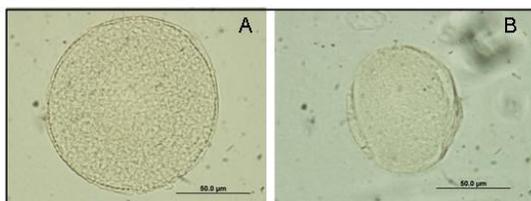
Família: Rubiaceae  
 Espécie: *Manettia cordifolia*  
 Registro HUFU: 47807  
 Cód. Palinoteca: 184  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser



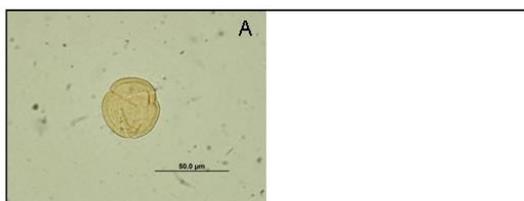
Família: Malvaceae  
 Espécie: *Luehea grandiflora*  
 Registro HUFU: 51863  
 Cód. Palinoteca: 064  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva transparente



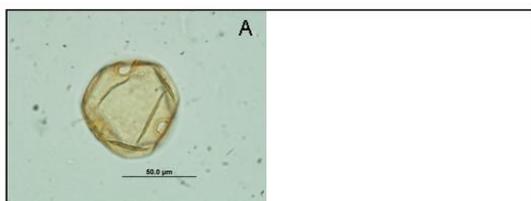
Família: Bignoniaceae  
 Espécie: *Memora campicola*  
 Registro HUFU: 51860  
 Cód. Palinoteca: 051  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B- Montagem: Fita adesiva transparente



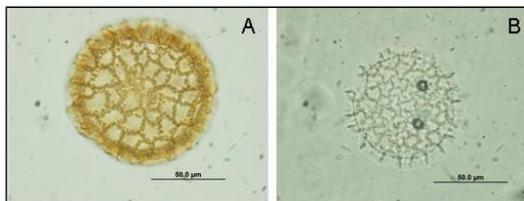
Família: Rubiaceae  
 Espécie: *Palicourea rigida*  
 Registro HUFU: 51862  
 Cód. Palinoteca: 040  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva,  
 B- Montagem: Fita adesiva transparente



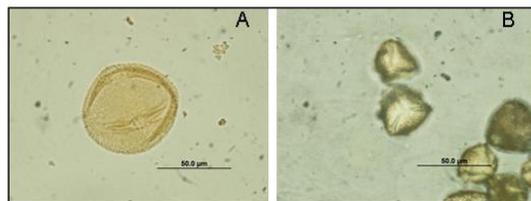
Família: Vochysiaceae  
 Espécie: *Qualea parviflora*  
 Registro HUFU:  
 Cód. Palinoteca: 019  
 Método: Acetólise; Erdtman (1966)  
 Montagem: Gelatina de Kisser  
 Responsável: Cláudia Inês da Silva



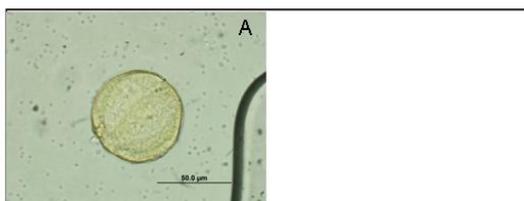
Família: Apocynaceae  
 Espécie: *Prestonia coalita*  
 Registro HUFU: 51877  
 Cód. Palinoteca: 204  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966)  
 Montagem: Gelatina de Kisser



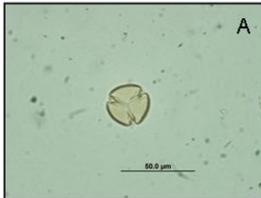
Família: Acanthaceae  
 Espécie: *Ruellia brevifolia*  
 Registro HUFU: 47806  
 Cód. Palinoteca: 174  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Vochysiaceae  
 Espécie: *Qualea multiflora*  
 Registro HUFU: 51879  
 Cód. Palinoteca: 021  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B- Montagem: Fita adesiva transparente



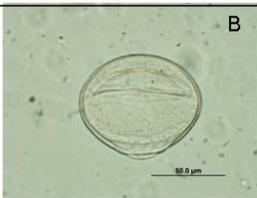
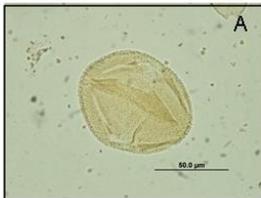
Família: Vochysiaceae  
 Espécie: *Salvertia convallariodora*  
 Registro HUFU: 51989  
 A- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Gesneriaceae  
 Espécie: *Sinningia elatior*  
 Registro HUFU: 51875  
 Cód. Palinoteca: 193  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Lythraceae  
 Espécie: *Cuphea melvilla*  
 Registro HUFU: 51861  
 A- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Styracaceae  
 Espécie: *Styrax ferrugineus*  
 Registro HUFU: 51864  
 Cód. Palinoteca: 003  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966)  
 Montagem: Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Vochysiaceae  
 Espécie: *Vochysia tucanorum*  
 Registro HUFU: 51873  
 Cód. Palinoteca: 026  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Bignoniaceae  
 Espécie: *Tabebuia roseo-alba*  
 Registro HUFU: 47816  
 Cód. Palinoteca: 206  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, B- Montagem: Fita adesiva transparente



Família: Bignoniaceae  
 Espécie: *Zeyheria montana*  
 Registro HUFU: 47811  
 Cód. Palinoteca: 055  
 A- Método: Acetólise; Erdtman (1966), Montagem: Gelatina de Kisser, Responsável: C.I.Silva, B- Montagem: Fita adesiva transparente

## **Capítulo IV**

### **Interactions of synchronopatric plant species with hummingbirds in a Cerrado area in Central Brazil**

## ABSTRACT

Many differences in floral traits and in other characteristics such as the flowering times of coexisting plants have been interpreted as adaptations to reduce competition for pollinators. On the other hand, co-flowering species can also interact positively, rather than negatively. Here is presented a study on the herbaceous species *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra, *Geissomeria longiflora* Lindl., *Dicliptera squarrosa* Nees, *Cuphea melvilla* Lindl and the vine *Manettia cordifolia* Mart., that blossom at the same period and have similar floral attributes, such as tubular and red coloured corollas, concentration of the nectar sugars adjusted for hummingbirds, and are visited mainly or exclusively by *Phaethornis pretrei*. This study aims to verify, through naturalistic observations on the interactions among these synchronopatric hummingbird-pollinated species with their pollinators, the mimicry relationships and the combination of facilitation and magnet effect associated. The five plant species flowered for approximately four months and were highly synchronized showing a conspicuous overlap among them. The distribution of the species varied spatially within the habitats. Although the plant species tended to be segregated by their different habitat preferences, *R. brevifolia* and *G. longiflora* presented a high index of overlap (45%) followed by *M. cordifolia* and *G. longiflora* (33%). The other species presented low overlap or none; however, they were found close enough to be shared by traplining hermit hummingbirds that traverse the entire area. Morphological analysis of the flowers showed that they differed in the placement of the stamens and stiles suggesting that they might use different parts of the hummingbirds' bill or head to transport pollen avoiding overlap in the pollen placement. There was a horizontal stratification of the pollen placement on the hummingbird, although some overlap occurred. This set of species can be considered a Mullerian mimicry ring as their similar colors send uniform signals to the hummingbirds, and their tubular corollas require similar handling techniques. Besides, their spatial distribution overlap at spatial scales within the foraging ranges of the hermit hummingbird, and most of the species are known to require pollinators for seed set. The synchronized flowering of the studied species is a collective response that brings pollinators into the forest for a brief but important period. This shift into the forest depends not on the

characteristics on any single plant host species, but rather on a combination of facilitation, mimicry, and magnet-species effects associated to these species.

**Key words:** Müllerian mimicry, ornithophily, hermit hummingbird, co-flowering species

## INTRODUCTION

The great diversity of floral displays is commonly attributed to selection exerted by pollinator foraging characteristics and also by competition for pollinator services between different plant species (Muchhala & Potts 2007, Schluter 2000, Dayan & Simberloff 2005). To avoid interspecific competition for pollinators, many plants have evolved in ways that increase the specificity, predictability, and number of pollinator visits (Thomson 1975, Schemske 1981). In this way, many differences in flower traits and in other characteristics such as the flowering times of coexisting plants have been interpreted as adaptations to reduce competition for pollinators (Schemske 1981, Brown & Kodric-Brown 1979, Wright & Calderon 1995, Thomson 1978).

On the other hand, it has been shown that co-flowering species can also interact positively, rather than negatively (Callaway 1995). Furthermore, it is perfectly possible for plant species to overlap in their utilization of pollinators without competitive exclusion (Kodric-Brown & Brown 1979). One type of example is a floral mimicry ring in which plant species have converged in shape and color, and all plants share the same pollinators (Schemske 1981, Brown & Kodric-Brown 1979). In this case, the similarity among the

species is adaptive, since the array increases their pollination probabilities when growing together with the models (Benitez-Vieyra, *et al.* 2007).

Cases of floral mimicry have been classified as Batesian or Müllerian, depending on the reciprocity pattern, density balance between mimics in a community, and evolutionary origin (Benitez- Vieyra *et al.* 2007, Dafni 1984, Roy & Widmer 1999). In Batesian floral mimicry, there is a model that produces nectar and a rewardless mimic (Schemske 1981, Johnson *et al.* 2003, Peter & Johnson 2008, Roy & Widmer 1999). In Müllerian floral mimicry, two or more rewarding plant species present a similar advertising display (Schemske 1981, Brown & Kodric-Brown 1979, Dafni 1984) and each participant offers to pollinators some kind of reward. Furthermore, in this system there is an ‘apparent’ increase on the density of rewarding flowers, which can attract more pollinators (Dafni 1984, Brown & Kodric-Brown 1979).

Although the mimicry for animals has been well reported, floral mimicry has received comparatively less attention and is still a poorly understood phenomenon (Vereecken & Schiestl 2008, Roy & Widmer 1999). Besides the mimicry system there are other kinds of mutualistic interactions among coexisting plants. Nonetheless, there is a lack on such studies such as those of Peter and Johnson (2008) and Benitez-Vieyra *et al.* (2007) which recognize that some systems may present a combination of different ecological processes of pollination such as the facilitation by maintenance of pollinators (Moeller 2004) and the ‘Magnet species effect’ (Thomson 1978).

In the ecological facilitation related to maintenance, the presence of an array of plants attracts and maintains the pollinators in the area (Peter & Johnson 2008). Whereas in the ‘Magnet species effect’(Thomson 1978), the presence of a plant species with high

reward results in a rise of local abundance of pollinators that will benefit other plant species with inferior reward and also plants with no reward (Johnson *et al.* 2003).

Here is presented a study on the herbaceous species *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra, *Geissomeria longiflora* Lindl., *Dicliptera squarrosa* Nees, *Cuphea melvilla* Lindl and the vine *Manettia cordifolia* Mart., that blossom at the same period and have similar floral attributes as, tubular and red coloured corollas, concentration of the nectar sugars adjusted for hummingbirds, and that are visited mainly or exclusively by *Phaethornis pretrei*. This study aims to verify, through naturalistic observations on the interactions among these synchronopatric hummingbird-pollinated species with their pollinators, the mimicry relationships and the combination of facilitation and magnetic effect associated.

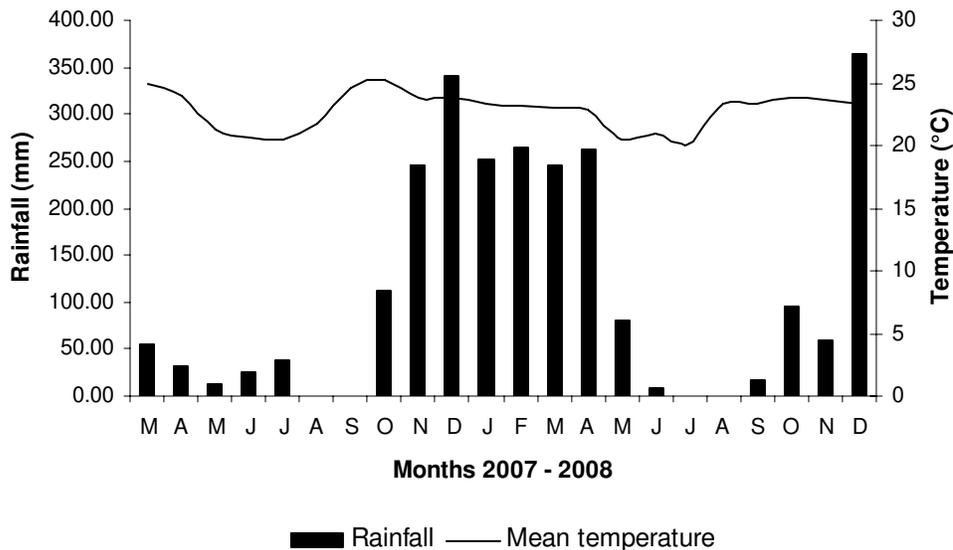
## **MATERIAL AND METHODS**

### **Study Site**

The study was carried out in a gallery forest in the “Estação Ecológica do Panga” (EEP), which pertains to the Universidade Federal de Uberlândia. The EEP is situated 30 km from Uberlândia Municipality (19°09’20” – 19°11’10” S and 48°23’20” – 48°24’35” W), Minas Gerais State, Brazil. It comprises 409.5 ha and occurs at an altitude of  $\approx$  800m (Schiavini & Araújo 1989). Diverse phytophysiognomic types of the Brazilian savanna occur there, but forested areas (mesophytic semideciduous forest and gallery forest together with the dense arboreal savanna “cerradão”) make up 7% of the total area of the EEP (Schiavini & Araújo 1989). The gallery forest, which is situated between the mesophytic

semideciduous forest and the Panga stream, remains without marked deciduousity during the dry season (Schiavini & Araújo 1989).

The specific climate data for the study period (total rainfall and average temperatures), were obtained from the Estação Climatológica do Campus Santa Mônica of the Universidade Federal de Uberlândia –Minas Gerais, Brazil (Figure 1).



**Figure 1.** Monthly rainfall and temperatures recorded at the Estação Climatológica do Campus Santa Mônica, Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

### **Floral Phenology**

The plant species were monitored monthly from March 2007 to December 2008. Census tracks of different length were used: one of 2704 m<sup>2</sup> (on the left border of the Panga stream) and two shorter ones of 440 m<sup>2</sup>, and 214 m<sup>2</sup>, inside the gallery forest. The border of the forest was monitored by two other tracks of 260 m<sup>2</sup> and 160 m<sup>2</sup>.

A census of the available open flowers was made each day of sampling. Plant individuals in flower were mapped and monitored by focal observation, and specimens were collected following Fidalgo & Bononi (1984). Vouchers were deposited in the *Herbarium Uberlandense* (HUFU 47806, 51866, 47812, 47807, 51861) of the Universidade Federal de Uberlândia.

All individuals in flower at the edge and inside the forest in 16 transects of 4x60m were mapped. The spatial overlap for each pair of species was calculated using Schoener's (1968) index:  $D = 1 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |p_{x,i} - p_{y,i}|$ , where "x" and "y" represent the plant species compared, and  $p_{x,i}$  and  $p_{y,i}$  are the frequencies for plant species registered in the transect "i".  $p_{x,i}$  is obtained by dividing the number of individuals of species "x" registered in the transect "i" by the total number of individuals of "x" registered in all transects.

An estimative of the distribution pattern from each plant species in the area were calculated using Payandeh's (1970) index:  $P = S^2/\bar{x}$ , where "S<sup>2</sup>" represent the variance of the plant per transect, and " $\bar{x}$ " represents the mean of plant per transect. Values of "P" smaller than 1.0 indicate uniform distribution, bigger than 1.5 means aggregate distribution, and between 1.0 and 1.5 means random distribution.

### **Floral features**

The floral attributes, as length and diameter of corolla entrance, length of the reproductive structures and its position in the floral tube and volume and concentration of sugars in the nectar, for each species were recorded.

Nectar production was measured in previously bagged flowers while in bud phase. Nectar sugar concentration was determined with a hand refractometer and the volume with microlitre syringes (Dafni, 1992). The mean volume and concentration of the nectar were used to estimate the amount of reward in calories per flower. Refractometric measures of “%, g sugar/g solution” were converted into “mg sugar/ $\mu$ L of nectar” (Kearns & Inouye 1993, Galetto & Bernadello 2005). For the energy calculation was used the following equivalence: 1 mg sugar = 4 calories (Dafni 1992, Galetto & Bernadello 2005).

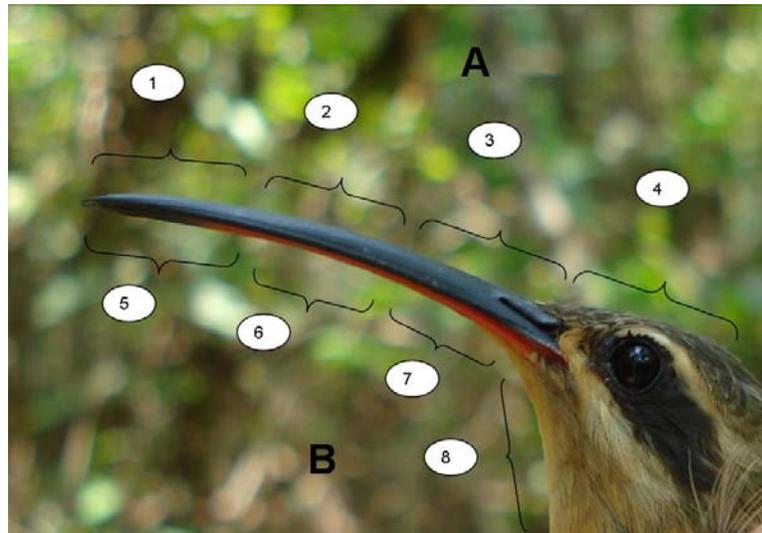
### **Hummingbirds**

The hummingbird visits to the ornithophilous plant species were recorded by focal observations in non consecutive days and in different periods of the day lasting from one to four hours, from 07h30 to 16h00, in a total of ca. 150 hours. The individuals of *Phaethornis pretrei* were captured by placing a feeder containing sugar-water inside a cage with a manually activated trap door (Hilton Jr. & Miller 2003).

### **Pollen load**

Pollen loads of each trapped hummingbird were collected from the bill and head with transparent adhesive tape (Borgella Jr & Snow 2001, Bernhardt 2005). The pollen samples were placed on slides for microscopic analysis. All pollen of each slide was counted and identified. The relative position of the pollen on the hummingbird was recorded from the following parts: upper mandible (forehead, base of the bill, medium part and tip of the bill)

and lower mandible (tip of the bill, medium part, base of the bill and throat) (Figure 2). For pollen identification, slides of reference samples were used (transparent adhesive tape and slides containing acetolyzed material, Erdtman 1986).



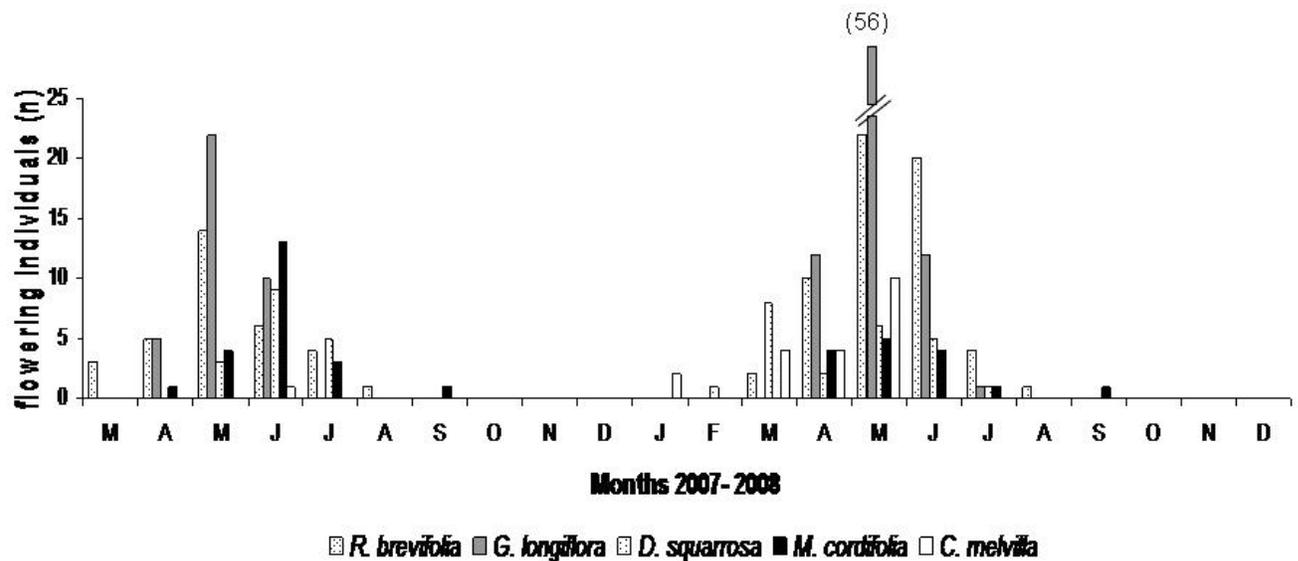
**Figure 2.** Relative positions of pollen grains on *Phaethornis pretrei*. A- Upper mandible: 1- tip of the bill, 2- medium part, 3- base of the bill, 4- forehead. B- Lower mandible: 5- tip of the bill, 6- medium part, 7- base of the bill, 8- throat.

## RESULTS

### Floral Phenology

The five plant species flowered for approximately four months and were highly synchronized showing a conspicuous overlap among them. However, the majority of the individuals were in flower from May to June in both years (Fig. 2). *Ruellia brevifolia* (Acanthaceae) was the first species to flower in 2007, but it reached its peak in May and June along with the later-starting *Geissomeria longiflora* (Acanthaceae), a pattern repeated

in 2008. *Manettia cordifolia* (Rubiaceae) presented more individuals in flower also in May and June together with most of the other species, but prolonged its flowering into September in both years. *Cuphea melvilla* (Lythraceae) was mostly sampled in 2008 showing a peak in May when the other species were also in peak, and *Dicliptera squarrosa* (Acanthaceae) showed a peak in June/2007 and the following year in March, but as whole its flowering was synchronized with that of the other species.



**Figure 3.** Number of individuals flowering of the ornithophilous species at the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-Minas Gerais, Brazil. Note that the flowering pattern is similar in both years.

### Flower species distribution

The distribution of the species varied spatially within habitats. *Geissomeria longiflora* was the most abundant and widespread, occurring mostly at the edge and inside

the gallery forest. *Ruellia brevifolia* and *Manettia cordifolia* were also abundant (Table 2), but they were segregated by habitat: *R. brevifolia* occurred only inside the gallery forest, frequently side by side with *G. longiflora*, whereas *M. cordifolia* occurred both inside and at the edge of the gallery forest, especially in open and sunny places. *Cuphea melvilla* was restricted to the edges of the gallery forest in places with high sun exposure, and *Dicliptera squarrosa* occurred only at low densities, also along the edge of the gallery forest but in shaded areas.

Although the plant species tended to be segregated by their different habitat preferences, *R. brevifolia* and *G. longiflora* presented a high index of spatial overlap (45%) followed by *M. cordifolia* and *G. longiflora* (33%) (Table 1). The other species presented low spatial overlap or none at the scale of the 16 sample quadrats; however, they were found close enough to be shared by traplining hermit hummingbirds that traverse the entire area.

**Table 1.** Spatial overlap between co-flowering species in the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, Brazil

	<i>G.</i>			
	<i>C. melvilla</i>	<i>M. cordifolia</i>	<i>R. brevifolia</i>	<i>longiflora</i>
<i>Dicliptera squarrosa</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0308
<i>Cuphea melvilla</i>		0.1429	0.0000	0.0000
<i>Manettia cordifolia</i>			0.1429	0.3385
<i>Ruellia brevifolia</i>				0.4505

## Floral features

The flowers present similar colour and morphology (Figure 3), with floral tubes ranging in length from 2.74cm (*Ruellia brevifolia*) to 4.54cm (*Manettia cordifolia*), and ranging in diameter from 0.21cm (*Geissomeria longiflora*) to 0.70cm (*Manettia cordifolia*) (Table 2).



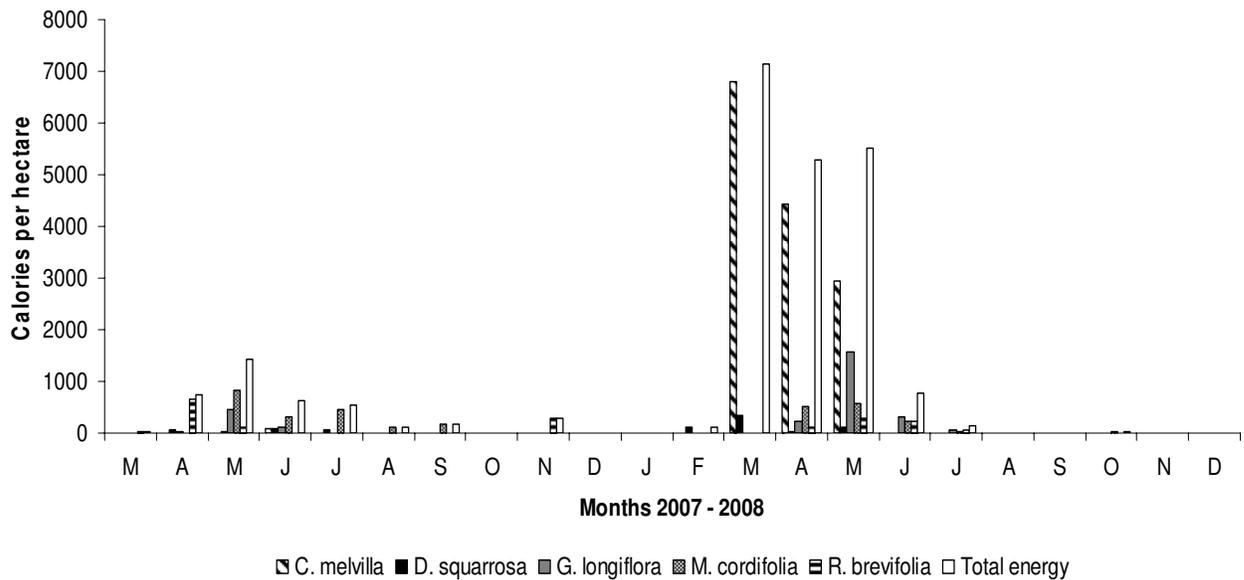
**Figure 4.** Flowers of the five species, from de left to the right: *Geissomeria longiflora*, *Dicliptera squarrosa*, *Ruellia brevifolia*, *Cuphea melvilla* and *Manettia cordifolia*.

Morphological analysis of the flowers showed that they differed in the placement of the stamens and stiles suggesting that they might use different parts of the hummingbirds' bill or head to transport pollen avoiding overlap in the pollen placement (Table 2).

*Dicliptera squarrosa* and *Geissomeria longiflora* have stamens and stiles of almost the same length. But in the first species, they are located on abaxial (ventral) part of the flower. In the second species, they are placed on the adaxial (dorsal) region. *Manettia cordifolia* presents the stamens positioned around the corolla tube mouth, and differ considerably from those of the other species in length stamens and stiles. *Cuphea melvilla* has the reproductive structures placed on the ventral part of the corolla not overlapping with those of *Dicliptera squarrosa* (Table 2). Finally, *Ruellia brevifolia* presents its structures positioned on the dorsal part of the flower, possibly overlapping with those of *Geissomeria longiflora*.

### **Nectar and available energy**

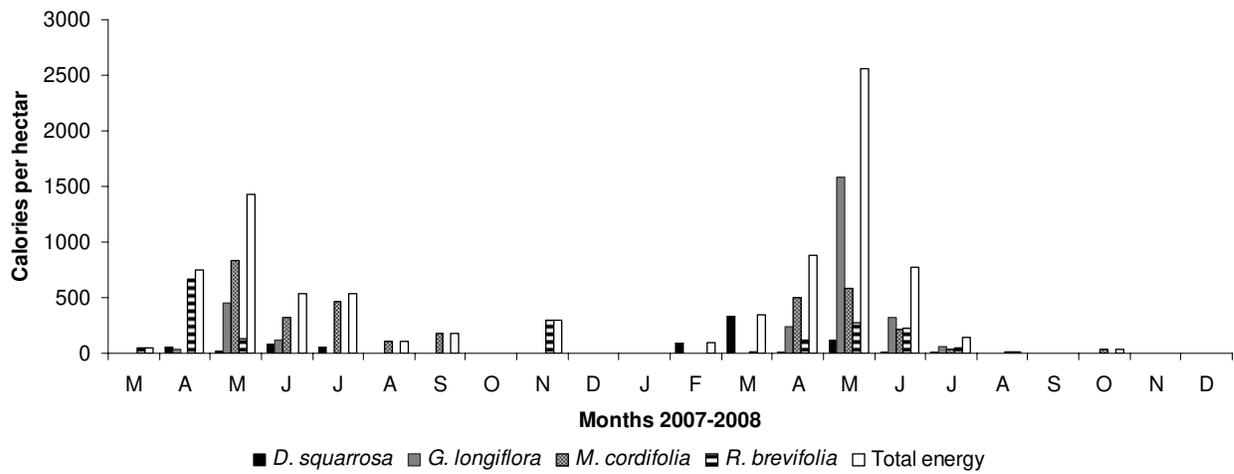
Among the species, nectar volume varied from 6.79 to 23.6 $\mu$ L. The concentration varied from 17.22 to 23.51%. The energy per flower varied from 6.32 to 23.38 calories (Table 2). The number of flowers per individual of each species varied from 1.59 (*Ruellia brevifolia*) to 13.3 (*Cuphea melvilla*) (Table 2). Although *Manettia cordifolia* presented comparatively more energy per flower, *Cuphea melvilla* produced more flowers per individual, and occurred in an aggregated distribution pattern (Table 2).



**Figure 5.** Calories produced by each of the five ornithophilous species. Data estimated for one hectare in a gallery forest of the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-Minas Gerais, Brazil.

In 2008 most of the available energy for hummingbirds was produced by *Cuphea melvilla*. Since most of the plant species might replenish nectar after it has been taken, it is likely that the study area could maintain at least five hummingbirds using just flowers of the five species.

If considering caloric production of the species, after *Cuphea melvilla* the most important species are *Manettia cordifolia* and *Geissomeria longiflora* (Figure 5). In 2007 most of the available energy was produced by the former species and in 2008 most of the energy came from the last one.



**Figure 6.** Calories produced by each of four ornithophilous species. Data estimated for one hectare in a gallery forest of the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-Minas Gerais, Brazil.

**Table 2.** Flower characteristics, habit and number of flowers per individual of the studied species in a gallery forest of the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-Minas Gerais, Brazil.

Species	Family	Mean volume (µl)	Mean nectar concentration (% sucrose)	Calories per flower	Corolla length (cm)	Corolla Diameter (cm)*	Length of the stamens (cm)	Length of the stile (cm)	Placement of stamens and stiles	Habit	Aggregation index	Density of individuals in total area showed	Mean number of flowers per individual
<i>Ruellia brevifolia</i>	Acanthaceae	6.79 ± 3.31 (n=15)	23.31 ± 3.55 (n=15)	7.00	2.74 ± 0.22 (n=7)	0.57 ± 0.13 (n=7)	2.93 ± 0.21 (n=7)	3.10 ± 0.24 (n=7)	Dorsal	Herb	4.91 (aggregated)	28	1.59 ± 0.91 (n=22)
<i>Geissomeria longiflora</i>	Acanthaceae	7.00 ± 2.6 (n=18)	24.11 ± 2.1 (n=18)	7.26	3.07 ± 0.11 (n=7)	0.21 ± 0.04 (n=7)	2.87 ± 0.13 (n=7)	2.99 ± 0.11 (n=7)	Dorsal	Herb/sub shrub	1.58 (uniform)	62	3.46 ± 3.29 (n=56)
<i>Dicliptera squarrosa</i>	Acanthaceae	8.82 ± 1.78 (n=11)	17.22 ± 1.16 (n=11)	6.32	2.95 ± 0.28 (n=8)	0.56 ± 0.13 (n=8)	2.84 ± 0.27 (n=8)	2.98 ± 0.29 (n=8)	Ventral	Herb	10 (aggregated)	10	2.83 ± 2.22 (n=6)
<i>Manettia cordifolia</i>	Rubiaceae	23.60 ± 9.9 (n=15)	22.60 ± 6.6 (n=15)	23.38	4.54 ± 0.25 (n=7)	0.70 ± 0.10 (n=7)	4.80 ± 0.23 (n=7)	4.99 ± 0.23 (n=7)	around corolla tube mouth	Vine	0.90 (uniform)	7	3.2 ± 2.28 (n=5)
<i>Cuphea melvilla</i>	Lythraceae	7.34 ± 8.57 (n=47)	23.51 ± 8.23 (n=47)	7.48	3.11 ± 0.27 (n=8)	0.49 ± 0.07 (n=8)	3.17 ± 0.23 (n=8)	3.30 ± 0.33 (n=8)	Ventral	Herb	27 (aggregated)	27	13.3 ± 18.44 (n=10)

\*Corolla diameter of the tube entrance.

## Hummingbirds

For these plant species, except for *Cuphea melvilla*, the hermit hummingbird *Phaethornis pretrei* (Phaethornithinae) was the principal visitor. The other pollinators of *Cuphea melvilla* were the territorial Trochilinae species *Eupetomena macroura*, *Amazilia fimbriata* and *Chlorostilbon lucidus*. *Thalurania furcata* (Trochilinae) may eventually visit *R. brevifolia* and *D. squarrosa*. But as the individuals of these plant species are not aggregated *T. furcata* visits were rare, since this is a territorial species that much prefers to stay in locally dense patches. The curved shape of *Geissomeria longiflora* and *Manettia cordifolia* corollas is another mechanism that reduces visits by the straight-billed, non-hermit species.

*Phaethornis pretrei* visited the flowers as a trapliner, and the rate of its visits were different on each plant species (Table 3). *P. pretrei* usually visited all of plant species specially when different flower species occurred close to each other. It seems that *P. pretrei* can distinguish the different species as sometimes avoided flowers of *Ruellia brevifolia*.

**Table 3.** Frequency of visitation of *Phaethornis pretrei* to the studied species in a gallery forest of the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-Minas Gerais, Brazil.

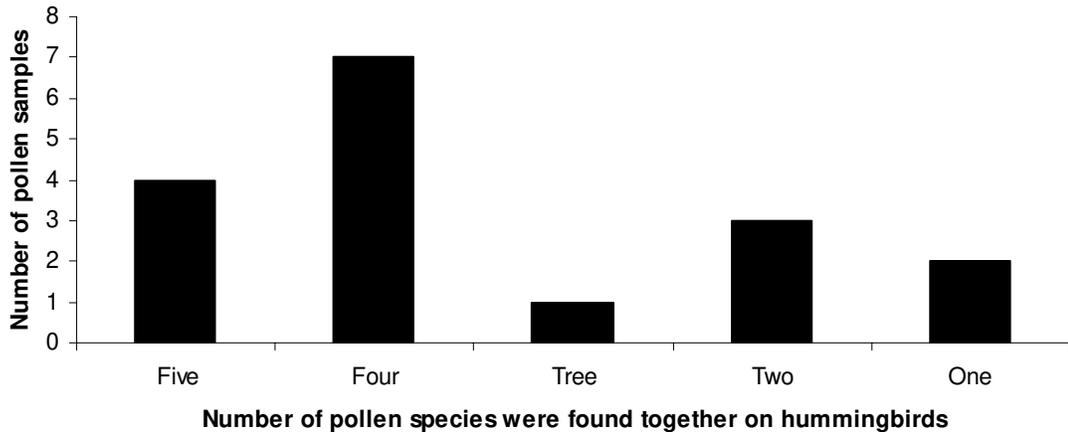
Species	n° flowers visited/hour	n° visits/hour
<i>Ruellia brevifolia</i>	0.45	0.33
<i>Dicliptera squarrosa</i>	4.12	0.75
<i>Geissomeria longiflora</i>	6.3	1.00
<i>Manettia cordifolia</i>	2.00	1.20
<i>Cuphea melvilla</i>	7.25	2.50

### **Pollen loads**

The analysis of the pollen loads revealed that individuals of *Phaethornis pretrei* transported pollen of the five plant species simultaneously and also some pollen of other species. Of the 17 carried captures, in most of the individuals were found at least four of the five synchronopatric pollen species, but in four samples were find the five pollen species (figure 7). There was a horizontal stratification of the pollen placement on the hummingbird, although some overlap occurred. This overlap is probably due to the interference of floral parts like the corollas, which can dislodge the pollen from its original place.

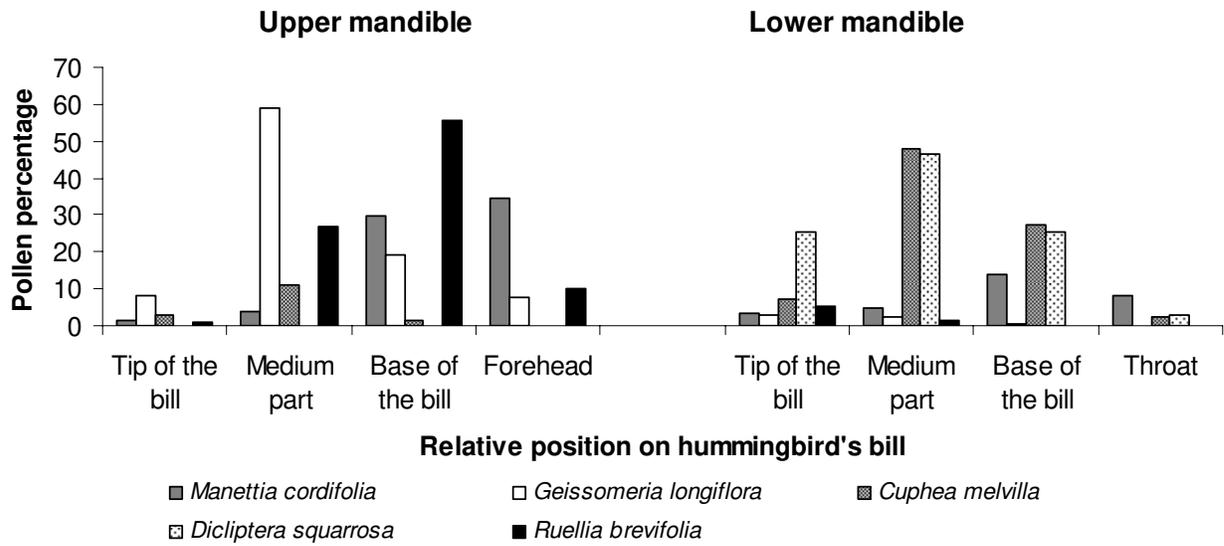
The position where the pollen samples were collected on hummingbirds is presented in the figure 8. The place where the pollen grains were mostly found on the hummingbirds is shown in figure 8 and the amount of pollen from each species are in

table 4. The biggest pollen loads on *P. pretrei* were from *Manettia cordifolia*, followed by *Geissomeria longiflora* and *Cuphea melvilla*.



**Figure 7.** Number of samples the synchronopatric pollen species was found together on *P. pretrei* bill, throat or head.

The smallest loads were from *Dicliptera squarrosa* and *Ruellia brevifolia* (Table 4). Pollen from *Manettia cordifolia* and *Geissomeria longiflora* was found on all parts of the bill, but most pollen of *Manettia cordifolia* was placed on the base of the bill and the forehead (Figure 8). Pollen of *Geissomeria longiflora* occurred on the middle part of the upper mandible; pollen of *Cuphea melvilla* was found on both mandibles, but most of it occurred on the middle part of the lower mandible. *Ruellia brevifolia* pollen loads were mostly restricted to the base of the bill on the upper mandible, whereas *Dicliptera squarrosa* loads were placed only on the lower mandible, mainly on the middle part (Figure 8).



**Figure 8.** Percentage of pollen grains found in the different parts of the bill of the studied species removed from *Phaethornis pretrei* in the gallery forest of the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-Minas Gerais, Brazil.

**Table 4.** Distribution of pollen of the studied species on *Phaethornis pretrei* in the gallery forest of the Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-Minas Gerais, Brazil. Values are mean number of pollen grains per bird (n= 17 individuals).

<b>Pollen species</b>	<i>Manettia cordifolia</i>	<i>Geissomeria longiflora</i>	<i>Cuphea melvilla</i>	<i>Dicliptera squarrosa</i>	<i>Ruellia brevifolia</i>
<b>Pollen location</b>	<b>Upper mandible</b>				
<b>Tip of the bill</b>	9.24 ± 19.48	57.00 ± 202.96	10.35 ± 33.34	0.00	0.06 ± 0.24
<b>Medium part</b>	30.53 ± 60.43	404.24 ± 611.95	40.59 ± 126.87	0.06 ± 0.24	2.06 ± 4.88
<b>Base of the bill</b>	226.35 ± 255.55	131.88 ± 378.12	5.71 ± 19.22	0.06 ± 0.24	4.24 ± 15.01
<b>Forehead</b>	262.94 ± 453.23	52.94 ± 205.74	0.41 ± 0.87	0.00	0.76 ± 3.15
	<b>Lower mandible</b>				
<b>Tip of the bill</b>	27.29 ± 49.79	18.88 ± 43.58	26.47 ± 49.03	25.29 ± 46.03	0.41 ± 1.18
<b>Medium part</b>	37.35 ± 70.68	15.88 ± 30.69	175.82 ± 379.10	46.29 ± 157.15	0.12 ± 0.33
<b>Base of the bill</b>	105.47 ± 135.31	2.65 ± 5.80	100.82 ± 194.13	25.24 ± 60.57	0.00
<b>Throat</b>	61.29 ± 118.80	1.53 ± 4.45	8.00 ± 23.81	3.00 ± 9.05	0.00
<b>Total</b>	760.46	685.00	368.16	99.94	7.65

## DISCUSSION

The evidence presented in this paper suggests that the co-flowering species can be associated with mimicry relationships and also with a combination of facilitation and magnet effect. This set of species can be considered a Mullerian mimicry ring as their similar colors send uniform signals to the hummingbirds, and their tubular corollas require similar handling techniques. Besides, their spatial distribution overlap at spatial scales within the foraging ranges of the hermit hummingbird, and most of the species are known to require pollinators for seed set (see Consolaro *et al.* 2005 for *M. cordifolia*, Sigrist & Sazima 2002 for *R. brevifolia* and Melazzo & Oliveira *in press* for *C. melvilla*). Furthermore, these species overlap in the flowering phenology and share the same pollinator species.

The red color of the co-flowering species is a conspicuous signal that maximizes the flowers' finding by hummingbirds: the pollinators need to memorize a single search image, and can forage more quickly (Brown & Kodric-Brown 1979). Although the species differ in the amount of nectar, all produce some amount which is enough to reward and reinforce pollinator visits. However, it seems that the probability of a plant being visited is not always correlated with the amount of nectar it produces; spatial location is also important. Proximity to a group of other rewarding flowers may increase the probability of being visited (Thomson 1978, Feldman *et al.* 2004, Johnson *et al.* 2003b). Although hermit hummingbirds are recognized to visit isolated and undefended flowers (Gill 1998), they seem to keep more accurate foraging routes by minimizing the waste of energy on search of flowers that have the combination of low production of

nectar and isolated occurrence (personal observation). In this context, plants that flower next to magnet species are most likely benefited.

Following this idea, when the sympatric species are flowering together they do not represent competitors for pollination; at the contrary, it seems much more a mutualistic effort where the presence of one species benefits the other ones by attracting and keeping the pollinators in the area (Benitez-Vieyra et al 2007, Gross et al. 2000, Thomson 1981). This relationship is known as facilitation (Moeller 2004). In facilitative relationships, overlap in flowering phenology may allow species which could not exist alone to maintain their populations (Bruno 2003, Feinsinger 1987). Of course, facilitation regarding visitation rates might be offset by the disadvantage of interspecific pollen transfer (Thomson 2003). At the EEP, the interspecific pollen deposition is minimized because the flower species tend to present their reproductive organs in different positions. Brown & Kodric-Brown (1979) reached a similar interpretation for a system of nine hummingbird-pollinated species in southwestern North America.

In our system, *Geissomeria longiflora* serves as a connector for the other species, since it is the most widespread and has the highest spatial overlap index with the other species. The morphology of its flowers allows visits of *Phaethornis pretrei*, but excludes other hummingbirds because of the curved shape and small diameter of the corolla. In a similar way, *Manettia cordifolia* enables *Phaethornis pretrei* visits but restricts other hummingbirds with shorter bills (Consolaro et al. 2005). Since only this hummingbird species can visit their flowers, *Manettia cordifolia* and *Geissomeria longiflora* are highly dependent on the presence of this bird species in the area. On the other hand, the morphology of *Ruellia brevifolia* flowers allows visits by other hummingbirds and also

butterflies (Sigrist & Sazima 2002). The flowers of *Dicliptera squarrosa* and *Cuphea melvilla* are more permissive, although *D. squarrosa* is seldom visited by other hummingbirds. Even though *Cuphea melvilla* receives visits from other hummingbird species, *P. pretrei* is considered one of its most effective pollinators since this species is more frequent and promotes more cross pollination than the other hummingbird species, which are territorial (Melazzo & Oliveira *in press*).

Although some authors have reported cases of Müllerian mimicry (Brown & Kodric-Brown 1979, Benitez-Vieyra 2007, Schemske 1981), the literature contains more cases of Batesian mimicry (Johnson et al. 2003a, Anderson & Johnson 2006, Anderson *et al.* 2005, Dafni 1984). This difference might be due to the fact that Müllerian mimicry cases have been less accepted and less studied (Roy & Widmer 1999) or just because most botanists think that it is just an incidental resemblance on co-flowering species that are mainly related to the pollination syndromes. The five synchronopatric species presented in this study can have both interpretations. It would be important to evaluate other aspects in this system for example, the total nectar production of each species throughout the day, as apparently *Ruellia brevifolia* refills the nectar not in the same rate as the others do. Apparently *Ruellia brevifolia* is the most benefited species in the system, since it hardly ever received visits when it was flowering alone in other time of the year (personal observation). This species might be viewed as something approaching a Batesian mimic within a group of Mullerian mimics.

Other important topics to be investigated are the breeding systems of *Dicliptera squarrosa* and *Geissomeria longiflora*, which are unknown. *Dicliptera squarrosa* has a small population on the edge of the forest; and according to the arguments of Moeller

(2004) it has more chance to persist in the area because of the presence of the other sympatric species than if it had a large population.

The synchronized flowering of the studied species is a collective response that brings pollinators into the forest for a brief but important period. This shift into the forest depends not on the characteristics on any single plant host species, but rather on a combination of facilitation, mimicry, and magnet-species effects associated to these species.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo de comunidade na Estação Ecológica do Panga revelaram que o Cerrado é mais rico em recursos florais para beija-flores que na realidade aparenta. O comportamento generalista destas aves favorece a exploração do néctar de espécies de plantas que não possuem adaptações para beija-flores.

O Cerrado apresenta um grande mosaico de ambientes e recursos que podem ser explorados ao longo do ano nas diferentes estações. Os beija-flores, por sua vez, não se restringem a um só tipo de fisionomia e podem migrar para diferentes ambientes conforme a disponibilidade de néctar. Embora alguns ambientes apresentem maior disponibilidade de recursos em determinados períodos do ano e tenham sido mais propícios a permanência destas aves, os beija-flores não se restringiram a nenhum.

Do ponto de vista da conservação, neste estudo ficou evidente a necessidade de se preservar as diferentes fisionomias do cerrado para manutenção destas aves. A vegetação de áreas abertas, como a da vereda e do campo sujo, assim como a de áreas florestais são todas igualmente necessárias, pois atuam de maneira complementares na oferta de recursos nas diferentes estações do ano.

O presente estudo demonstrou que a quantidade de energia disponível e os recursos existentes no Cerrado não só mantém muitas espécies de beija-flores como também suporta a permanência de espécies residentes como *Phaethornis pretrei*. Esta espécie de beija-flor é um visitante generalista e contribui fortemente para o fluxo polínico de grande parte das espécies ornitófilas na comunidade de plantas avaliadas. *Phaethornis pretrei* é visitante exclusivo e/ou principal de pelo menos cinco espécies e

visita, além disso, muitas espécies não ornitófilas. Este foi o primeiro estudo que utilizou capturas e marcações para confirmar o comportamento em rotas de forrageamento (trapline) desta espécie além de confirmar que mais de um indivíduo pode utilizar o mesmo conjunto de flores em uma dada área.

Em nível de comunidade pode-se ter uma idéia melhor de quais são as forças que podem influenciar o período de floração, bem como a atração e manutenção do polinizador. Neste estudo foi sugerido que a floração sincronizada de espécies que utilizam o mesmo polinizador deve ser uma resposta coletiva a uma combinação de diversos fatores como a facilitação, mimetismo e efeito magnético entre as espécies.

Muitos aspectos ainda não estão claros, portanto este estudo foi importante para direcionar questões que precisam de mais estudos como a necessidade de se obter dados mais precisos sobre a produção de néctar das espécies utilizadas por beija-flores. Também seria importante que fossem feitos estudos mais detalhados testando as hipóteses de mimetismo, facilitação e efeito magnético entre as espécies que apresentam sincronismos de floração e compartilham o mesmo polinizador, bem como estudos da biologia reprodutiva de *Geissomeria longiflora* e *Dicliptera squarrosa* que estão envolvidas neste tipo de sistema na área de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, C. R. M. & Vieira, M. F. 2004. Os beija-flores e seus recursos florais em um fragmento florestal de Viçosa, sudeste brasileiro. *Lundiana* 5: 129-134.
- Abrol, D. P. 2005. Pollination energetics. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 8: 3-14.
- Altshuler, D.L., Stiles, F.G. & Dudley, R. 2004. Of hummingbirds and helicopters: Hovering costs, competitive ability, and foraging strategies. *The American Naturalist* 163: 16-25.
- Anderson, B., Johnson, S. D. & Clinton, C. 2005. Exploitation of a specialized mutualism by a deceptive orchid. *American Journal of Botany* 92:1342-1349.
- Araujo, A.C., Fischer, E.A. & Sazima, M. 1994. Floração seqüencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região da Juréia, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 17:113-118.
- Araujo, A. C. 1996. Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Araújo, F. P. 2003. Levantamento de recursos florais utilizados por beija-flores em uma ilha de mata de galeria inundável, Uberlândia-MG. Monografia de Bacharelado, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.
- Araujo, A.C. & Sazima, M. 2003. The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the “capões” of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora* 189: 1-9.

- Araújo, F. P. & Oliveira, P. E. 2007. Biologia floral de *Costus spiralis* (Jacq.) Roscoe (Costaceae) e mecanismos para evitar a autopolinização. *Revista Brasileira de Botânica*. 30: 61-70.
- Arizmend, M. C. & Ornelas, J. F. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica* 22: 172-180.
- Benitez-Vieyra. S.; Ibarra. N. H.; Wertlen. A. M. & Cocucci. A. A. 2007. How to look like a mallow: evidence of floral mimicry between Turneraceae and Marvaceae. *Proceedings of The Royal Society. B* 274:2239-2248.
- Bernhardt, P. 2005. Pollinator interface – Pollen transport and transfer by animal pollinators. *In: Dafni, A., P. G Kevan, and B. C. Husband. (Eds.) Practical Pollination Biology*, pp.261-313. Enviroquest, Canada.
- Borgella Jr. R.; Snow, A. A. & Gavin, T. A. 2001. Species richness and pollen loads of hummingbirds using forest fragments in Southern Costa Rica. *Biotropica* 33: 90-109.
- Brown, J. H. & Kodric-Brown. A. 1979. Convergence. competition. and mimicry in a temperate community of hummingbird-pollinated flowers. *Ecology* 60:1022-1035.
- Brown, J. H. & Bowers, M. A. 1985. Community organization in hummingbirds: relationships between morphology and ecology. *The Auk* 102: 251-269.
- Bruno, J. F., Stachowicz, J. J. & Bertness, M. D. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution* 18:119-125.

- Buzato, S. 1995. Estudo comparativo de flores polinizadas por beija-flores em três comunidades de mata atlântica no sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Buzato, S.; Sazima, M. & Sazima, I. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic forest sites. *Biotropica* 32: 824-841.
- Callaway, R. M. 1995. Positive interactions among plants. *The Botanical Review* 61:306-349.
- Canela, M. B. F. 2006. Interações entre plantas e beija-flores numa comunidade de floresta atlântica montana em Itatiaia, RJ. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Cardoso, E.; Moreno, M. I. C.; Bruna, E. M. & Vasconcelos, H. L. 2009. Mudanças fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia – MG. *Caminhos de Geografia* 10: 254-268.
- Carpenter, F. L. 1983. Pollination energetics in avian communities: simple concepts and complex realities. *In* Jones and Little (Eds.). *Handbook of experimental Pollination Biology*. Scientific and Academic Editions, pp 215-234.
- Castellanos, M. C., Wilson, P. & Thomson, J. D. 2004. ‘Anti-bee’ and ‘pro-bird’ changes during evolution of hummingbird pollination in *Penstemon* flowers. *Journal of Evolutionary Biology* 17:876-885.
- Castro, C.C. & Oliveira, P. E. A. M. 2001. Reproductive biology of the protandrous *Ferdinandusa speciosa* Pohl (Rubiaceae) in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 24: 167-172.

- Chalcoff, V. R., Aizen, M. A. & Galetto, L. 2006. Nectar concentration and composition of 26 species from the temperate forest of South America. *Annals of botany* 97: 413-421.
- Coelho, C. P. & Barbosa, A. A. A. 2003. Biologia reprodutiva de *Palicourea macrobotrys* Ruiz & Pavon (Rubiaceae): um possível caso de homostilia no gênero *Palicourea* Aubl. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 403-413.
- Coelho, C. P. & Barbosa, A. A. A. 2004. Biologia reprodutiva de *Psychotria poeppigiana* Mull. Arg. (Rubiaceae) em mata de galeria. *Acta Botânica Brasílica* 18: 481-489.
- Consolaro, H., Silva, E. B. & Oliveira, P. E. 2005. Variação floral e biologia reprodutiva de *Manettia cordifolia* Mart. (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 28:85-94.
- Cotton, P. A. 2007. Seasonal resource tracking by Amazonian hummingbirds. *Ibis* 149: 135-142.
- Dafni, A. 1992. *Pollination Ecology - A Practical Approach*. Oxford University Press. New York.
- Dafni, A. 2005. Rewards in flowers. *In*: Dafni, A., P. G Kevan, and B. C. Husband. (Eds.) *Practical Pollination Biology*, pp.261-313. Enviroquest, Canada.
- Dafni, A. 1984. Mimicry and deception in pollination. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15:259-278.

- Dalsgaard, B.; Gonzalez, A. M. M.; Olesen, J. M.; Ollerton, J.; Timmermann, A.; Andersen, L. H. & Tossas, A. G. 2009. Plant-hummingbird interactions in the West Indies: floral specialisation gradients associated with environment and hummingbird size. *Oecologia* 159: 757-766.
- Dayan, T. & Simberloff, D. 2005. Ecological and Community-wide character displacement: the next generation. *Ecology Letters* 8:875-894.
- Erdtman, G. 1986. *Pollen morphology and Plant Taxonomy: angiosperms*. E.J. Brill, Leiden.
- Faegri, K., and L. van der Pijl. 1980. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford, England, 244 pp.
- Faria, R. R & Araújo, A.C. 2010. Pollination ecology of *Ruellia angustiflora* (Ness) Lindau ex Rambo (Acanthaceae) in the Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora (Jena)* 205: 106-111.
- Feinsinger, P. & Colwell, R.K. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *American Zoology* 18: 779-795.
- Feinsinger, P. 1983. Coevolution and Pollination. *In: Futuyma, D. J. & Slatkin, M. (eds). Coevolution*. Sinauer Associates Inc. Sunderland, Massachusetts. pp 283-310.
- Feinsinger, P. 1987. Effects of plant species on each other's pollination: Is community structure influenced? *Trends in Ecology and Evolution* 2:123-126.

- Feinsinger, P.; Swarm, L. A. & Wolfe, J. A. 1985. Nectar-feeding birds on Trinidad and Tobago: Comparison of diverse and depauperate guilds. *Ecological Monographs* 55: 1-28.
- Feldman, T. S., Morris, W. F. & Wilson, W. G. 2004. When can two plant species facilitate each other's pollination? *Oikos* 105:197-207.
- Fidalgo, O. & Bononi V. L. R. 1984. Técnicas de coleta, preservação e herbarização de material botânico. Instituto de Botânica/ Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 62 pp.
- Franceschinelli, E. V. & Bawa, K. S. 2000. The effect of ecological factors on the mating system of South American shrub species (*Helicteres brevispira*). *Heredity* 84: 116-123.
- Galetto, L. & Bernadello, G. 2005. Rewards in flowers -Néctar. *In*: Dafni, A., P. G Kevan, and B. C. Husband. (Eds.) *Practical Pollination Biology*, pp.233-236. Enviroquest, Canada.
- Garrison, J. S. E. 1995. Traplining foraging behavior in a tropical hummingbird species *Phaethornis superciliosus*. Master These, The University of British Columbia.
- Gill, F. B. 1988. Trapline foraging by hermit hummingbirds: competition for an undefended, renewable resource. *Ecology* 69: 1933-1942.
- Gottsberger, G. & Gottsberger, I.S. 2006. Life in the Cerrado Vol. II. Pollination and seed dispersal - A South American tropical seasonal ecosystem. Abteilung Systematische Botanik und Ökologie und Botanischer Garten, Universität Ulm, Germany, 382 pp.

- Grant, K & Grant, V. 1968. Hummingbirds and their flowers. Columbia University Press, New York. 115pp.
- Grant, V. 1994. Historical development of ornithophily in the western North American flora. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91: 10407-10411.
- Grantsau, R. 1989. Os Beija-flores do Brasil. Expressão e Cultura. Rio de Janeiro. 234p
- Gross, C. L., Mackay, D. A. & Whalen, M. A. 2000. Aggregated flowering phenologies among three sympatric legumes: the degree of non-randomness and the effect of overlap on fruit set. *Plant Ecology* 148:13-21.
- Hainsworth, F. R. & Wolf, L. L. 1976. Nectar characteristics and food selection by hummingbirds. *Oecologia* 25: 101-113.
- Hainsworth, F. R. 1974. Food quality and foraging efficiency. The efficiency of sugar assimilation by hummingbirds. *Journal of Comparative Physiology* 88: 425-431.
- Heinrich, B. 1975. Energetics of pollination. *Annual Review of Ecology and Systematics* 6:139-170.
- Henderson, J.; Hurly, T. A. & Healy, S. D. 2001. Rufous hummingbirds' memory for flower location. *Animal Behaviour* 61: 981-986.
- Hilton Jr. B. & Miller, M W. 2003. Annual survival and recruitment in a Ruby-Throated hummingbird population, excluding the effect of transient individuals. *Condor* 105:54-62.

- Hurly, T. A. 1996. Spatial memory in rufous hummingbirds: memory for rewarded and non-rewarded sites. *Animal Behaviour* 51: 177-183.
- Johnson, S. D., Alexandersson, R. & Linder, H. P. 2003a. Experimental and phylogenetic evidence for floral mimicry in a guild of fly-pollinated plants. *Biological Journal of the Linnean Society* 80:289-304.
- Johnson, S. D., Peter, C. I., Nilsson, A. & Agren, J. 2003b. Pollination success in a deceptive orchid is enhanced by co-occurring rewarding magnet plants. *Ecology* 84:2919-2927.
- Kay, K. M. & Schemske, D. W. 2003 Pollinator assemblages and visitation rates for 11 species of neotropical *Costus* (Costaceae). *Biotropica* 35: 198-207.
- Kearns, C. A. & Inouye, D. W. 1993. *Techniques for Pollination Biologists*. University Press of Colorado, Colorado.
- Kenneth, A. P. 2000. Handbook of the Birds of the World, Volume 5, Barn-owls to Hummingbirds. *The Auk* 117 : 532-534.
- Kodric-Brown, A. & Brown, J. H. 1979. Competition between distantly related taxa in the coevolution of plants and pollinators. *American Zoologist* 19:1115-1127.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: Un estudio de los climas de la Tierra*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Lasprilla, L. R. & Sazima, M. 2004. Interacciones planta-colibrí en tres comunidades vegetales de la parte suroriental del Parque Nacional Natural Chiribiquete, Colombia. *Ornitología Neotropical* 15: 183-190.

- Leal, F. C.; Lopes, A. V. & Machado, I. C. 2006. Polinização por beija-flores em uma área de caatinga no Município de Floresta, Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 379-389.
- Lopes, A. V. F. 2002. Polinização por beija-flores em remanescente da mata atlântica pernambucana, Nordeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Macedo, R.H.F. 2002. Avifauna: ecology, biogeography, and behaviour. In: P.S. Oliveira and R. J. Marquis (Eds.). *The cerrados of Brazil*, pp. 242-265. Columbia University Press, New York.
- Machado, C. G. 2009. Beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de caatinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Zoologia* 26: 255-265.
- Machado, C. G.; Coelho, A. G.; Santana, C. S. & Rodrigues, M. 2007. Beija-flores e recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15: 267-279.
- Machado, I. C. & Lopes, A. V. 2003. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em caatinga. In: Leal, I. R., Tabarelli, M. e Silva, J. M. C. (Eds.) *Ecologia e Conservação da Caatinga*, pp. 515-564. Editora Universitária UFPE, Recife.

- Magro, T. C., Griffith, J. J. & Aspiazu, C. 1992. Habitat – Uma metodologia de avaliação voltada para o planejamento. IPEF 45: 14-21
- McDade, L. A. & Weeks, J. A. 2004. Nectar in hummingbird-pollinated neotropical plants II: Interactions with flower visitors. *Biotropica* 36: 216-230.
- McWhorter, T. J. & del Rio, C. M. 2000. Does function limit hummingbird food intake? *Physiological and Biochemical Zoology* 73: 313-324.
- Mellazzo, A. F. 2000. Biologia floral de *Cuphea melvilla* Lind. (Lythraceae) na Estação Ecológica do Panga, em Uberlândia-MG. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Mendonça, L.B & Anjos, L. 2005. Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma área urbana do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 51-59.
- Moeller, D. A. 2004. Facilitative interactions among plants via shared pollinators. *Ecology* 85:3289-3301.
- Montgomerie, R. D. & Gass, C. L. 1981. Energy limitation of hummingbird populations in tropical and temperate communities. *Oecologia* 50: 162-165.
- Muchhala, N. 2006. The pollination biology of *Burmeistera* (Campanulaceae): specialization and syndromes. *American Journal of Botany* 93:1081-1089.
- Muchhala, N. & Potts, M. D. 2007. Character displacement among bat-pollinated flowers of the genus *Burmeistera*: analysis of mechanism, process and pattern. *Proceedings of The Royal Society B* 274: 2731-2737.

- Muchhala, N.; Caiza, A.; Vizuete, J. C. & Thomson, J.D. 2008. A generalized pollination system in the Tropics: bats, birds and *Aphelandra acanthus*. *Annals of Botany* 103: 1481-1487.
- Murcia, C. & Feinsinger, P. 1996. Interspecific pollen loss by hummingbirds visiting flower mixtures: effects of floral architecture. *Ecology* 77: 550-560.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.
- Oliveira, G.M. 1998. Disponibilidade de recursos florais para beija-flores no cerrado de Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.
- Payandeh, B. 1970. Comparison of method for assessing special distribution of trees. *Forest Science* 16: 312-317.
- Perret, M., Chautems, A., Spichiger, R., Barraclough, T. G. & Savolainen, V. 2007 The geographical pattern of speciation and floral diversification in the Neotropics: the tribe Sinningieae (Gesneriaceae) as a case study. *Evolution* 61: 1641-1660.
- Peter. C. & Johnson. S. D. 2008. Mimics and magnets: The importance of color and ecological facilitation in floral deception. *Ecology* 89:1583-1595.
- Piratelli, A.J. 1997. Comportamento alimentar de beija-flores em duas espécies de *Hippeastrum* herb. (Amaryllidaceae), Campinas. *Revista Brasileira de Biologia* 57: 261-273.
- Price M.V. & Waser, N. M. 1979. Pollen dispersal and optimal outcrossing in *Delphinium nelsonii*. *Nature* 277: 294-297.

- Raven, P. H. 1972. Why are bird-visited flowers predominatly red? *Evolution* 26: 674.
- Rocca-de-Andrade, M. A. 2006. Recurso floral para aves em uma comunidade de mata atlântica de enconsta: sazonalidade e distribuição vertical. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Rocca, M.A. & Sazima, M. 2008. Ornithophilous canopy species in the Atlantic rain Forest of southeastern Brazil. *Journal of Field Ornithology* 79: 130-137.
- Rodríguez-Flores, C. I. & Stiles, F. G. 2005. Análisis ecomorfológico de una comunidad de colibríes ermitaños (Trochilidae, Phaethorninae) y sus flores en la Amasonia colombiana. *Ornitología Colombiana* 3:7-27.
- Rosa, R., Lima, S. C. & Assunção, W. L. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *Sociedade e Natureza*, 3: 91-108.
- Rose, M. J. & Barthlott, W. 1994. Coloured pollen in Cactaceae: a mimetic adaptation to hummingbird-pollination? *Botanica Acta* 107: 402-406.
- Roy, B. A. & Widmer, A. 1999. Floral mimicry: a fascinating yet poorly understood phenomenon. *Trends in plant science* 4:325-330.
- Sazima, M. & Sazima, I. 1975. Quiropterofilia em *Lafoensia pacari* St. Hil. (Lytraceae), na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Ciência e Cultura* 27: 405-416.
- Sazima, M. 1981. Polinização de duas espécies de Pavonia (Malvaceae) por beija-flores, na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Biologia* 4: 733-737.
- Sazima, M.; Fabián, M. E. & Sazima, I. 1982. Polinização de *Luehea speciosa* (Tiliaceae) por *Glossophaga soricina* (Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Biologia* 42: 505-513.

- Sazima, M. & Machado, I. C. S. 1983. Biologia floral de *Mutisia coccinia* St. Hil. (Asteraceae). *Revista Brasileira de Botânica* 6: 103-108.
- Sazima, M. & Sazima, I. 1988. *Helicteres ovata* (Sterculiaceae), pollinated by bats in southeastern Brazil. *Botanica Acta* 101: 269-271.
- Sazima, M.; Sazima, I. & Buzato, S. 1994. Nectar by Day and night: *Siphocampylus sulfureus* (Lobeliaceae) pollinated by hummingbirds and bats. *Plant Systematics and Evolution* 191: 237-256.
- Sazima, I.; Buzato, S. & Sazima, M. 1995. The saw-billed hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in Southeastern Brazil. *Journal für Ornithologie* 136:195-206.
- Sazima, I.; Buzato, S. & Sazima, M. 1996. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in a montane forest in southeastern Brazil. *Botanica Acta* 109: 149-160.
- Sazima, M., Buzato, S. & Sazima, I. 2003 *Dyssochroma viridiflorum* (Solanaceae): a reproductively bat-dependent epiphyte from the Atlantic rainforest in Brazil. *Annals of Botany* 92: 725-730.
- Schemske, D. W. 1981. Floral convergence and pollinator sharing in two bee-pollinated tropical herbs. *Ecology* 62:946-954.
- Schiavini, I. & Araújo, G. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. *Sociedade e Natureza* 1: 61 - 66.
- Schluter, D. 2000. Ecological character displacement in adaptive radiation. *The American Naturalist* 156:4-16.

- Schoener, T.W. 1968. The *Anolis* lizard of Bimini: Resource partitioning in a complex fauna. *Ecology* 49:704-726.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 912p. Beija-flores: Família Trochilidae, Pp.433-465.
- Sigrist, M. R. & Sazima, M. 2002. *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra (Acanthaceae): Fenologia, floração, biologia da polinização e reprodução. *Revista Brasileira de Botânica* 25:35-42.
- Simpson, B. B. & Neff, J. L. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68: 301-322.
- Siqueira Filho, J.A & Machado, I.C.S. 2001. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da floresta atlântica, Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 15: 427-443.
- Smith, C. E.; Stevens, J. T.; Temeles, E. J.; Ewald, P. W.; Hebert, R. J. & Bonkovsky, R. L. 1996. Effect of floral orifice width and shape on hummingbird-flower interactions. *Oecologia* 106: 482-492.
- Stiles, F. G. & Wolf, L. L. 1973. Techniques for color-marking hummingbirds. *Condor* 75: 244-245.
- Stiles, F.G. 1975. Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology* 56: 285-301.
- Stiles, F.G. 1976. Taste preferences, color preferences, and flower choice in hummingbirds. *Condor* 78: 10-26.

- Stiles, F.G. 1978. Temporal organization of flowering among the hummingbirds foodplants of a tropical wet forest. *Biotropica* 10: 194-210
- Stiles, F.G. 1981. Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68: 323-351.
- Stiles, F. G. 1985. Seasonal patterns and coevolution in the hummingbird-flower community of a Cost Rican subtropical forest. *Ornithology Monography* 36: 757-787.
- Stiles, F. G. & Freeman, C. E. 1993. Patterns in floral nectar characteristics of some bird-visited plant species from Costa Rica. *Biotropica* 25: 191-205.
- Suarez, R. K. & Gass, C. L. 2002. Hummingbird foraging and the relation between bioenergetics and behaviour. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*. 133: 335-343.
- Tamm, S. 1987. Tracking varying environments: sampling by hummingbirds. *Animal Behaviour* 35: 1725-1734.
- Temeles, E. J.; Koulouris, C. R.; Sander, S. E. & Kress, W. J. 2009. Effect of flower shape and size on foraging performance and trade-offs in a tropical hummingbird. *Ecology* 90: 1147-1161.
- Temeles, E. J.; Linhart, Y. B.; Masonjones, M. & Masonjones, H.D. 2002. The role of flower width in hummingbird bill length-flower length relationships. *Biotropica* 34: 68-80.

- Thomson, J. D. 1981. Spatial and temporal components of resource assessment by flower-feeding insects. *Journal of Animal Ecology* 50:49-59.
- Thomson, J. D. 1978. Effects of stand composition on insect visitation in two-species mixtures of *Hieractioum*. *American Midland Naturalist* 100:431-440.
- Tiebout, H. M. 1991. Daytime energy management by tropical hummingbirds: responses to foraging constraint. *Ecology* 72: 839-851.
- Toledo, V. M. 1975. La estacionalidad de las flores utilizadas por los colibríes de una selva tropical húmeda en México. *Biotropica* 7: 63-70.
- Tschapka, M. 2004. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of Neotropical flower-visiting bats. *Journal of Zoology, London* 263: 7-21.
- Vasconcelos, F. V. & Lombardi, J. A. 2001. Hummingbirds and their flowers in the campos rupestres of southern Espinhaço Range, Brazil. *Melopsittacus* 4: 3-30.
- Vereecken, N. & Schiestl, F. P. 2008. The evolution of imperfect floral mimicry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:7484-7488.
- Webb, C.J. & Lloyd, D.G. 1986. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms - II Herkogamy. *New Zeland Journal of Botany* 24: 163-178.
- Weis-Fogh, T. 1972. Energetics of hovering flight in hummingbirds and in *Drosophila*. *Journal of Experimental Biology* 56: 79-104

Williamson, G. B. 1982. Plant mimicry: Evolutionary constraints. *Biological Journal of the Linnean Society* 18:49-58.

Wright, S. J. & Calderon, O. 1995 Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. *Journal of Ecology*. 83:937-948.