

FENOLOGIA DE FLORAÇÃO E POLINIZAÇÃO DE ESPÉCIES ORNITÓFILAS NA SERRA DA BODOQUENA, MATO GROSSO DO SUL, BRASIL

Rogério Rodrigues Faria

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação, na área de concentração ECOLOGIA.

Orientadora: Dra. Andréa Cardoso de Araújo

Data de apresentação do seminário público: 23 de fevereiro de 2007

Banca examinadora:

Dr. Flávio Nunes Ramos - Universidade Federal de Alfenas.

Dra. Milene Faria Vieira - Universidade Federal de Viçosa.

Dr. José Ragusa Netto - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Dra. Isabel Cristina Machado - Universidade Federal de Pernambuco.

Dra. Maria Rosângela Sigrist - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

**Campo Grande - MS
2007**

Índice

Resumo	04
Abstract	05
Introdução geral	06
Literatura citada	07
Capítulo 1 - Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas em dois ambientes da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	10
Introdução	13
Material e métodos	14
Resultados	16
Discussão	20
Literatura citada	27
Figuras e tabelas	31
Capítulo 2 – Ecologia da polinização de <i>Ruellia angustiflora</i> Ness) Lindau ex Rambo (Acanthaceae) na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	36
Introdução	39
Material e métodos	40
Resultados	42
Discussão	45
Referências	49
Figuras e tabelas	54

Resumo geral

Os beija-flores (Trochilidae) compõem o maior grupo de polinizadores vertebrados dos neotrópicos, e em regiões neotropicais as plantas polinizadas por essas aves podem constituir de 2-15% das espécies de angiospermas de uma dada comunidade. Este estudo teve como objetivos: (i) registrar a fenologia de floração e a polinização das espécies ornitófilas em dois ambientes (mata ciliar e em uma floresta de encosta) da Serra da Bodoquena, e (ii) descrever o sistema reprodutivo e testar a produção de frutos sob diferentes intensidades de polinização para a espécie *Ruellia angustiflora* (Acanthaceae), na mata ciliar do rio Salobrinha. O estudo foi conduzido de junho de 2005 a agosto de 2006. Dados sobre a fenologia de floração, a biologia floral, o volume e a concentração do néctar, bem como observações focais dos visitantes florais foram tomadas mensalmente em pelo menos dez indivíduos pré-marcados de todas as espécies ornitófilas registradas. Adicionalmente, foram realizados experimentos reprodutivos e o registro do efeito de uma, duas e três visitas na formação de frutos e sementes em *Ruellia angustiflora*. A comunidade estudada apresentou oito espécies ornitófilas e seis de beija-flores, sendo Acanthaceae a família mais representativa entre as espécies ornitófilas da Serra da Bodoquena e a que possuiu as espécies mais importantes como fonte de recurso para os beija-flores. As espécies ornitófilas floresceram o ano todo provendo recurso para a comunidade de beija-flores nos dois habitats estudados. *Phaethornis pretrei* foi o principal visitante das espécies ornitófilas, ocorrendo ao longo de todo o ano na área de estudo e visitando as flores de todas as espécies de forma legítima. *Ruellia angustiflora* é autógama e os resultados dos experimentos de polinização cruzada com diferentes cargas de pólen sugerem limitação de pólen, pois ocorreu aumento na formação de frutos com o aumento na dosagem de pólen. Por outro lado, não houve efeito do número de visitas de beija-flores sobre a formação de frutos e sementes por essa espécie. De acordo com os resultados obtidos, a única barreira que *R. angustiflora* parece apresentar contra a autopolinização é a hercogamia.

Palavras-chave: recursos florais; polinização por beija-flores; Acanthaceae; floração anual; *Phaethornis pretrei*

Abstract

Hummingbirds are the major group of vertebrate pollinators in the neotropical region and, at these sites, plants pollinated by these birds can account for 2-15% of angiosperm species. The goals of this study were: (i) to analyze the flowering phenology and pollination of ornitophilous species in two environments (forest gallery and Semi-deciduous forest) of Serra da Bodoquena, and (ii) to describe the breeding system and to test fruit set under different intensities of pollination for *Ruellia angustiflora*, in gallery forest of Salobrinha river. The study was carried out between June 2005 and August 2006. Data on phenology, floral biology, nectar volume and concentration as well as on focal observations of floral visitors were carried out monthly in pre-marked individuals of all ornitophilous species recorded. Additionally, it was realized reproductive experiments and recorded fruit and seed set after one, two or three visits of hummingbirds on *Ruellia angustiflora* flowers. The studied community presented eight ornitophilous species and six hummingbird species. Acanthaceae was the most representative family between ornitophilous species, being the most frequent and the more important resource for hummingbirds. Ornitophilous species flowered year-round providing resources for the hummingbird community at the two studied habitats. *Phaethornis pretrei* was the major visitor of ornitophilous species, occurring year round at the study site and visiting flowers of all recorded plant species in a genuine manner. Results of manual cross-pollinations in *Ruellia angustiflora* suggest pollen limitation, because increasing fruit set occurred in response to increasing pollen loads. Although, it does not found a positive relation between number of visits and fruit and seed set for this species. According to results presented here, the only barrier that *R. angustiflora* seems to present to avoid auto-pollination is herkogamy.

Key-words: floral resources; hummingbird pollination; Acanthaceae; annual flowering; *Phaethornis pretrei*

Introdução geral

Vertebrados que visitam flores são recentes no registro fóssil (Howe & Westley, 1997), e desempenham importante papel para a reprodução de espécies de plantas tropicais (Sazima & Sazima, 1978). Dentre os vertebrados, as aves são comumente associadas com a polinização de flores ou a dispersão de sementes, apresentando íntimas relações com algumas espécies de plantas (Cotton, 1998). No caso da polinização, as plantas oferecem aos visitantes florais alimento e, como retorno, obtém fluxo gênico (Feinsinger, 1978). Entre as aves antófilas, os beija-flores (Trochilidae) constituem o principal grupo de polinizadores de Angiospermas nos Neotrópicos (Bawa, 1990).

Dentre as famílias botânicas mais freqüentemente registradas na região neotropical como polinizadas por beija-flores estão Rubiaceae, Bromeliaceae e Gesneriaceae (Snow & Snow, 1980; Arizmendi & Ornelas, 1990; Araújo, 1996; Sazima *et al.*, 1996; Buzato *et al.*, 2000; Dziedzioch *et al.*, 2003; Lasprilla & Sazima, 2004). Embora ausente ou pouco freqüente em alguns estudos, para algumas comunidades Acanthaceae é a principal família ornitófila (Toledo, 1975; Abreu & Vieira, 2004). No Brasil ocorrem cerca de 40 gêneros e 500 espécies pertencentes a esta família (Souza & Lorenzi, 2005), e estudos de polinização em ecossistemas brasileiros têm descrito polinização por beija-flores principalmente nos gêneros *Justicia*, *Ruellia*, *Geissomeria* e *Mendoncia* (Machado & Sazima, 1995; Braz *et al.*, 2000; Buzato *et al.*, 2000; Sigrist & Sazima, 2002; Abreu & Vieira, 2004; Rocca, 2006). Entretanto, muito pouco é conhecido a respeito da relação entre as espécies de Acanthaceae e os beija-flores que visitam suas flores.

Juntamente com os atributos morfológico-comportamentais de cada espécie de beija-flor, a disponibilidade de recursos florais determina a organização das assembléias destes visitantes (Feinsinger & Colwell, 1978). Deste modo, o estudo da fenologia de floração e da polinização das espécies ornitófilas é importante sob o ponto de vista da interação entre beija-flores e suas flores, pois envolve as conseqüências destas relações para a reprodução destas plantas e a disponibilidade de recurso alimentar para estas aves.

Este estudo foi dividido em dois capítulos, o primeiro trata da fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas em dois ambientes da Serra da Bodoquena e o segundo é um estudo de caso que enfoca a ecologia de polinização de *Ruellia angustiflora* (Acanthaceae) em um trecho de mata ciliar do rio Salobrinha, Serra da Bodoquena.

Literatura citada

- 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(2):129-134.
- Araújo, A. C. 1996. Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo. Tese de Mestrado. UNICAMP. 69p.
- Arizmendi, M. C. & Ornelas, J. F. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. Biotropica 22(2): 172-180.
- Bawa, K. S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. Annual Review of Ecology and Systematics 21: 399-422.
- Braz, D. M.; Vieira, M. F.; Carvalho-Okano, R. M. 2000. Aspectos reprodutivos de espécies de Achantaceae Juss. de um município de Viçosa, Minas Gerais. Revista Ceres 47 (270): 229-239.
- Buzato, S.; Sazima, M. & Sazima, I. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic Forest sites. Biotropica 32 (4b): 824-841.
- Cotton, P. A. 1998. Coevolution in an Amazonian hummingbird-plant community. IBIS 140: 639-643.
- Dziedziuch, C. D.; Stevens, A. -D.; Gottsberger, G. 2003. The hummingbird plant community of a tropical montane rain forest in southern Ecuador. Plant Biology. 5: 331-337.
- Feinsinger, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a sucessional tropical community. Ecological Monographs 48: 269-287.
- Feinsinger, P. & Colwell, R. K. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. American Zoologist. 18: 779-95.
- Howe, H. F. & Westley, L. C. 1997. Ecology of pollination and seed dispersal. In: Crawley, M.J. (ed). Plant Ecology. 2nd ed. 717pp.
- Lasprilla, R. & Sazima, M. 2004. Interacciones planta-colibrí en tres comunidades vegetales de la parte suroriental del Parque Nacional Natural Chiribiquete, Colombia. Ornitología Neotropical 15(Suppl.): 183-190.
- Machado, I. C., Sazima, M., 1995. Biologia da polinização e pilhagem por beija-flores em *Ruellia aspérula* Lindau (Acanthaceae) na caatinga, nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Botânica 18(1): 27-33.

Rocca A. M. 2006. Recurso floral para aves em uma comunidade de Mata Atlântica de encosta: sazonalidade e distribuição vertical. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas.

Sazima, M. & Sazima, I. 1978. Bat pollination of the passion flower *Passiflora mucronata* in southern Brazil. Biotropica 10: 100-109.

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.

Sigrist, M. R. & Sazima. 2002. *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurre (Acanthaceae): fenológica da floração, biologia da polinização e reprodução. *Revista Brasileira de Botânica* 25(1): 35-42.

Souza, V. C. & Lorenzi, H. 2005. *Botânica Sistemática*. Instituto Plantarum.

Snow, D. W. & Snow, B. K. 1980. Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. Bulletin of British Museum of Natural History (Zoology) 38 (2): 105-139.

Toledo, V. M. 1975. La estacionalidad de las flores utilizadas por los colibrís de una selva tropical húmeda en México. Biotropica. 7(1): 63-70.

Capítulo 1

Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas em dois ambientes da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul

Running title: Polinização de espécies ornitófilas da Serra da Bodoquena

Rogério Rodrigues Faria & Andréa Cardoso Araújo

Annals of Botany

Histórico e objetivos Dados a respeito das interações entre beija-flores e espécies ornitófilas para a região da Serra da Bodoquena são inexistentes. O objetivo deste trabalho é descrever as interações entre beija-flores e as espécies ornitófilas da Serra da Bodoquena, baseando-se principalmente na análise de fenologia de floração e da polinização destas espécies de planta.

Métodos Em dois ambientes, mata ciliar e floresta semi-decídua, dados sobre a floração das espécies ornitófilas foram tomados mensalmente ao longo de 14 meses. Além disso, dados sobre a biologia floral, volume e concentração do néctar também foram registrados. Os beija-flores visitantes dessas espécies foram registrados quanto ao horário, à frequência e o comportamento de visitas.

Principais resultados A comunidade estudada apresentou oito espécies ornitófilas e seis de beija-flores. As espécies ornitófilas floresceram o ano todo, sendo o período de maior abundância de flores o final da estação chuvosa e início da seca. *Phaetornis pretrei* e fêmeas de *Thalurania furcata* apresentaram a maior similaridade quanto ao uso de recursos florais.

Conclusões A família mais representativa entre as espécies ornitófilas da Serra da Bodoquena é Acanthaceae, que possui as espécies mais importantes como fonte de recurso para os beija-flores. Para esta guilda de plantas, o eremita *Phaetornis pretrei* representa o principal polinizador, e *Ruellia angustiflora* é importante recurso para esse beija-flor, pois floresce de forma contínua ao longo de todo ano.

Palavras-chave: floração; recursos florais; beija-flores; ornitofilia; Acanthaceae

Background and aims Data on hummingbird-flower interactions at Serra da Bodoquena are inexistent. The objective of this study is to describe interactions of hummingbirds and ornitophilous species at Serra da Bodoquena, foccusing mainly on flowering phenology and pollination of these plant species.

Methods In two habitats, gallery forest and semi-deciduous forest, data on flowering phenology of ornitophilous species were taken monthly throughout 14 months. In addition data on floral biology and nectar volume and concentration were also recorded. Time, frequency and hummingbirds visiting behavior were recorded.

Key results The studied community presented eight ornitophilous species and six hummingbird species. The ornitophilous species flowered throughout the year, and the period of greater abundance of flowers was at the end of the rainy season and the beginning of the dry one. *Phaetornis pretrei* and females of *Thalurania furcata* presented the higher similarity in resource use.

Conclusions The more representative family between ornitophilous species at Serra da Bodoquena is Acanthaceae, which presented the more important species as food sources for hummingbirds. For this plant guild, the hermit *Phaethornis pretrei* represents the major pollinator, and *Ruellia angustiflora* is an important resource for this hummingbird species since it flowers continuously throughout the year.

Keywords: flowering; floral resource; hummingbirds; ornithophily; Acanthaceae

INTRODUÇÃO

Fenologia reprodutiva e polinização são dois aspectos importantes da biologia reprodutiva das espécies vegetais (Rathcke & Lacey, 1985). Os estudos fenológicos além de fornecerem dados sobre os ciclos anuais e ritmos sazonais das espécies de plantas, contribuem com dados que descrevem a oferta de recursos dentro da comunidade e das interações entre as plantas e os animais que dependem destes recursos para sua alimentação, como herbívoros, polinizadores e dispersores de sementes (Sarmiento & Monasterio, 1983; Talora & Morellato, 2000). Estudos de polinização têm contribuído com informações úteis sobre o grau de dependência mútua entre as espécies, sobre a ecologia reprodutiva das comunidades de plantas e sobre o suprimento de recursos para os vetores de pólen (Smith-Ramírez *et al.*, 2005).

As flores polinizadas por aves (ornitófilas) normalmente possuem cores vivas (frequentemente vermelho ou amarelo), antese diurna, ausência de odor, corola tubular e às vezes curvada e néctar rico em sucrose (Faegri & van der Pijl, 1980). Característica comum entre as espécies ornitófilas é a produção de flores o ano todo, com pequena variação sazonal, ausência de sincronia entre os indivíduos de uma mesma espécie e produção de néctar prolixa (Wolf *et al.*, 1976; Sazima *et al.*, 1996). Este padrão fenológico é associado com a polinização por vetores de vida longa que estabelecem diariamente rotas fixas de forrageamento (Gentry, 1974).

Os beija-flores (Trochilidae) são aves dependentes de néctar e visitam flores para manter seu balanço energético diário. Portanto são dependentes das flores durante a maior parte do seu ciclo de vida (Wolf, 1970). A família Trochilidae compreende ca. 118 gêneros e 330 espécies restritas às Américas, sendo que para o Brasil são conhecidas 82 espécies, constituindo 10% da ornitofauna sul-americana (Grantsau, 1988) e compõe o maior grupo de polinizadores vertebrados dos neotrópicos (Bawa, 1990). Em regiões neotropicais as plantas polinizadas por essas aves podem constituir de 2-15% das espécies de angiospermas em uma dada comunidade (Feinsinger, 1983).

Pouco se conhece a respeito das interações entre beija-flores e flores no Mato Grosso do Sul. Somente dois estudos com este enfoque são registrados, um que aborda a comunidade de beija-flores e seus recursos florais em fragmentos naturais de vegetação no Pantanal Sul (Araújo & Sazima, 2003) e outro com o mesmo enfoque em fragmento urbano de cerrado (Rodrigues, 2004). Além desses trabalhos, três estudos de caso sobre a polinização de espécies ornitófilas foram realizados no Pantanal sul mato-grossense (Cara, 2002; Longo, 2002; Ramos, 2002). Entretanto, estudos deste tipo são inexistentes para a região da Serra da Bodoquena. A Serra da Bodoquena é área de entorno do Pantanal sul e funciona como área fonte de espécies para a planície. Portanto, o conhecimento das interações de beija-flores e flores neste ambiente pode fornecer dados comparativos para o entendimento dessas relações no Pantanal sul. Sendo assim os objetivos deste estudo são:

1. Registrar as espécies ornitófilas e dados sobre a biologia floral e sobre o néctar dessas espécies em dois ambientes da Serra da Bodoquena (mata ciliar e floresta semi-decídua);
2. Registrar os eventos fenológicos e a data média de floração da comunidade de espécies ornitófilas para o período estudado;
3. Registrar os beija-flores visitantes destas espécies e a frequência de visitas de cada um;
4. Estimar a similaridade entre as espécies de beija-flores quanto à utilização das espécies ornitófilas.

MATERIAL E MÉTODOS

A Serra da Bodoquena se situa no centro-sul do Estado do Mato Grosso do Sul, sendo delimitada ao norte pela depressão do rio Paraguai (planície do Pantanal), ao oeste pela bacia do rio Miranda e ao sul pela bacia do rio Apa; nas regiões montanhosas sua altitude pode atingir entre 400m e 650m (Boggiani & Coimbra, 1995). O clima da região é tropical quente Aw (Köppen, 1948). As

temperaturas médias anuais estão entre 20 e 22°C, e a precipitação concentrada nos meses de novembro a março com totais anuais por volta de 1500 mm. As fitofisionomias predominantes são as de cerrado, floresta estacional decidual e floresta estacional semidecidual, além de matas de galeria.

As coletas de dados foram realizadas nas proximidades da Fazenda Rancho Branco, município de Bodoquena de julho/2005 a agosto/2006. As espécies ornitófilas (cf. Faegri & van der Pijl 1980) foram amostradas mensalmente em viagens com duração de 4-5 dias em dois habitats: mata ciliar (MTC) do rio Salobrinha (20°41'03"S – 56°47'11"W) e uma área de floresta semi-decídua (FTD) de encosta (20°39'58" S - 56°45'52" W). Foi percorrida uma trilha previamente definida com 1000 metros de extensão e seis metros de largura, totalizando 6000m² de área amostral por área. Os dados fenológicos (número de botões florais e flores abertas) foram obtidos por observações repetidas mensalmente em indivíduos previamente marcados. O número de indivíduos acompanhados variou de 5 a 20 por espécie. Para metade das espécies registradas (*R. brevifolia*, *R. angustiflora*, *S. sylvatica* e *L. floribunda*) a fenologia de floração foi acompanhada para 20 indivíduos. Para as demais espécies o número de indivíduos acompanhados foi menor (*M. rojasiana* e *J. ramulosa* n= 5; *A. ananoides* n= 8; *G. tetragona* n= 10), devido à inexistência de outros indivíduos dessas espécies na área amostral.

Para todas as espécies ornitófilas em flor foram registrados o ambiente de ocorrência, o hábito e a altura da planta, a posição da flor na planta, o número de flores abertas por dia, bem como o diâmetro da abertura e comprimento da corola, e coloração predominantes no cálice, corola ou brácteas. A concentração de solutos do néctar foi medida com auxílio de refratômetro de bolso e o volume com o auxílio de microseringa, a partir de flores previamente ensacadas (Dafni *et al.*, 2005). Exemplares das espécies de vegetais foram herborizados para identificação e foram depositados no Herbário de Campo Grande (CGMS/UFMS) e Herbário da EMBRAPA – Gado de Corte (CPAP).

As visitas dos beija-flores às flores foram registradas principalmente entre 0800-1100h e entre 1400-1700h. Os beija-flores foram identificados através de observações visuais diretas, fotografias tomadas durante as visitas ou com auxílio de guias ilustrados (Ruschi 1982; Grantsau 1988). Foram

registrados o horário, a frequência (número de visitas/ número de flores observadas/ hora) e o resultado das visitas: 1) polinização (visitas legítimas, ou seja, quando os beija-flores contataram anteras e estigma durante as visitas) ou 2) pilhagem (visitas ilegítimas, ou seja, quando não contataram anteras e estigma durante as visitas) e o comportamento dos beija-flores durante as visitas. Dados referentes ao comprimento do bico dos beija-flores foram tomados de Ruschi (1982). Foi considerado visitante principal o beija-flor mais freqüente e que realizava visitas de maneira legítima. Visitante secundário foi aquele menos freqüente que o principal, mas que também realizava visitas ilegítimas. Os chamados visitantes ocasionais foram os que realizaram visitas esporádicas em relação a frequência do visitante principal.

Foram montados histogramas circulares com a distribuição de frequências de indivíduos floridos durante um ano. Para o cálculo da data média de floração para a guilda de espécies ornitófilas e a concentração (r) dos indivíduos em torno desta média foi utilizado o Teste Rayleigh (Z) para distribuições circulares conforme Morellato *et al.* (1989), utilizando o programa Oriana 2.0. O comprimento do vetor no gráfico é relacionado com o valor de concentração (varia de 0 a 1) e a seta aponta para o ângulo médio (data média) da distribuição de frequências. A análise de correlação linear simples de Spearman foi empregada para testar a relação ente o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento da corola das flores visitadas; bem como para testar a relação entre o comprimento da corola com o volume e a concentração do néctar e por último entre o volume e a concentração do néctar (Harmer *et al.*, 2001). Para estimar a sobreposição das espécies de beija-flores quanto à utilização das espécies ornitófilas foi feita análise de Cluster baseada no Índice de similaridade de Jaccard (Harmer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

Espécies ornitófilas

Durante o estudo foram registradas oito espécies ornitófilas pertencentes às famílias Acanthaceae (cinco espécies), Gesneriaceae, Rubiaceae e Bromeliaceae (uma espécie cada), sendo sete herbáceas e uma – a rubiácea *Manettia rojasiana* - liana (Tabela 1). Todas as espécies ornitófilas registradas ocorrem no sub-bosque, apresentando altura média entre 0,2 e 1,2 metros.

Ruellia angustiflora e *Seemaniania sylvatica* foram exclusivas da MTC, enquanto que *Justicia ramulosa*, *Lophostachys floribunda* e *Ananas ananoides* ocorreram somente em FTD. As demais espécies *Ruellia brevifolia*, *Manettia rojasiana* e *Geissomeria tetragona*, foram comuns aos dois ambientes.

A média diária do número de flores abertas por indivíduo variou de 1,6 a 23,4 flores. As que produziram em média menos flores foram *S. sylvatica* e *G. tetragona*, e a que apresentou maior número de flores abertas por dia foi *M. rojasiana* (Tabela 1).

Fenologia das espécies ornitófilas

As espécies *L. floribunda*, *A. ananoides*, *G. tetragona* e *J. ramulosa* apresentaram a floração restrita a um único período, podendo ser consideradas anuais. Por outro lado, as espécies *S. sylvatica* e *M. rojasiana* apresentaram dois eventos de floração no período estudado (um no ano de 2005, e outro em 2006), mas estes ciclos não estão relacionados ao mesmo ciclo anual e, por isso, essas espécies são também consideradas anuais quanto à frequência do episódio de floração. A única espécie que parece florescer de forma contínua ao longo do ano é *Ruellia angustiflora*. Por outro lado, *Ruellia brevifolia* é a única a apresentar padrão sub-anual de floração (*sensu* Newstrom *et al.*, 1994) (Figura 1). Quanto à duração, apenas *A. ananoides* apresenta floração do tipo “breve“. As espécies *L. floribunda*, *G. tetragona*, *S. sylvatica*, *J. ramulosa* e *M. rojasiana* apresentam floração de duração “intermediária”.

Fenologia da guilda

Mediante a análise circular foi verificado que a data média do florescimento da comunidade de espécies ornitófilas nos ambientes estudados é dois de junho (Figura 2) ($Z= 30,94$; $p<0,001$) apresentando sincronia moderada ($r= 0,44$). Os valores mais altos de frequência de indivíduos foram registrados em julho de 2005 (28,91%) e em abril e maio de 2006 (31,25% e 26,56% respectivamente). Os valores mais baixos foram registrados em novembro (1%), dezembro (3,13%) e janeiro (3,13%) de 2005 e em julho (4,69%) de 2006 (Figura 2).

Densidade de flores

Na FTD o pico de floração, quando foi registrada a maior densidade de flores ornitófilas, ocorreu em abril (0,024 flores/m²) enquanto nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2005 e nos meses de janeiro e junho de 2006 não foram registradas flores ornitófilas neste ambiente (Figura 3). Na MTC maior densidade de flores ornitófilas ocorreu em julho (0,0065 flores/m²), setembro (0,0048 flores/m²) e dezembro (0,0038 flores/m²) de 2005 e abril (0,005 flores/m²), maio (0,0058 flores/m²) e julho (0,0045 flores/m²) de 2006 (Figura 3). Em outubro não foram registradas flores ornitófilas neste ambiente.

Morfologia floral e néctar

Todas as espécies registradas apresentaram corola de formato tubular e, em sua maioria, de coloração vermelha (*R. brevifolia*, *R. angustiflora*, *S. sylvatica* e *G. tetragona*) ou vermelho e laranja (*M. rojasiana*). Duas espécies apresentaram corola de coloração rosa (*L. floribunda* e *A. ananoides*) e uma espécie (*Justicia ramulosa*) apresentou corola lilás. O comprimento médio da corola variou entre 8,5 (*J. ramulosa*) e 51,1 mm (*R. angustiflora*) ($x= 30.3 \pm 11.66$, $n= 64$). O diâmetro médio da abertura da corola ficou entre 3.3 e 5.9 mm ($x= 4.5 \pm 2.39$, $n=64$). O maior volume e concentração de néctar foram registrados em *A. ananoides*, ao passo que o menor volume foi em *Ruellia brevifolia*, e a menor

concentração em *M. rojasiana* (Tabela 1). O valor médio de concentração de néctar encontrado para a comunidade foi de 20.9 ± 5.16 % (n= 59), e o valor médio de volume foi de 26.6 ± 53.84 μ L (n= 59). Não foi encontrada relação entre volume e concentração do néctar, entre o comprimento da corola e o volume do néctar e nem entre o comprimento da corola e a concentração do néctar. Somente para *R. brevifolia* houve relação significativa entre volume e concentração do néctar produzido ($r= 0,88$; $p=0.02$).

Visitantes florais

Foram registradas seis espécies de beija-flores na área de estudo (Tabela 2), sendo uma espécie da subfamília Phaethornithinae, *Phaetornis pretrei* (Lesson & Delattre, 1839); e as demais pertencentes à subfamília Trochilinae, *Hylocharis chrysura* (Shaw, 1812), *Aphantochroa cirrochloris* (Vieillot, 1818), *Amazilia fimbriata* (Gmelin, 1788), *Thalurania furcata* (Gmelin, 1788) e *Chlorostilbon aureoventris* (d'Orbigny & Lafresnaye, 1838) (Tabela 2).

O comprimento médio do bico das espécies de beija-flores variou de 18mm (*H. chrysura*) a 35mm (*P. pretrei*). *Amazilia fimbriata* e *A. cirrochloris* têm comprimento médio de bico de 21mm, enquanto que *C. aureoventris* tem 19.3mm, o macho e a fêmea de *T. furcata* respectivamente 20mm e a 19mm (Ruschi, 1982). Não foi encontrada correlação significativa entre o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento da corola ($r= -0.05$; $p= 0.837$) das flores visitadas.

O eremita *P. pretrei* foi o principal visitante das flores na comunidade estudada, visitando flores de sete espécies registradas (exceto *L. floribunda*) sempre de modo legítimo. Este beija-flor foi visitante exclusivo de *R. brevifolia* e visitante secundário em *M. rojasiana* e em *J. ramulosa* (Tabela 2).

Outro beija-flor bastante freqüente nas observações focais foi a fêmea de *T. furcata*, que visitou cinco das oito espécies ornitófilas registradas (Tabela 2). Em *R. angustiflora* e *S. sylvatica* este beija-

flor atuou ocasionalmente como pilhador. Em *G. tetragona*, *A. ananoides* e *M. rojasiana* visitou as flores de maneira legítima.

O troquilíneo *H. chrysurus* visitou três das oito espécies, sendo *L. floribunda* visitada exclusivamente por ele. Nas demais (*R. angustiflora* e *G. tetragona*) foi visitante pouco freqüente (Tabela 2), sendo pilhador das flores de *R. angustiflora*.

Amazilia fimbriata e o macho de *T. furcata* visitaram flores de duas espécies cada um (Tabela 2). O primeiro foi o visitante mais freqüente em *J. ramulosa* e pouco freqüente nas flores de *M. rojasiana* (em ambas legitimamente), o segundo foi visitante ocasional tanto em *R. angustiflora* (pilhador e polinizador) quanto em *M. rojasiana* (visitas legítimas). *Aphantochroa cirrochloris*, foi registrado somente em visita (legítima) às flores de *R. angustiflora* (Tabela 2).

O beija-flor *Phaetornis pretrei* visitou flores em rondas com intervalos regulares de 40 a 60 minutos, incluindo tanto flores que ocorreram de forma agrupada quanto aquelas esparsas. A fêmea de *Thalurania furcata* guardou território em *M. rojasiana* e *R. angustiflora*, porém em *G. tetragona*, *A. ananoides* e *S. sylvatica* visitou as flores em rondas com intervalos de tempo regulares de 40 a 50 minutos. A espécie *H. chrysurus* guardou território em *L. floribunda*, mas em *G. tetragona* e *R. angustiflora* realizou visitas casuais. Os beija-flores *A. cirrochloris* e *A. fimbriata* foram observados ocasionalmente na área de estudo, o primeiro guardou território em *R. angustiflora* e o segundo em *M. rojasiana*. O macho de *T. furcata* também foi pouco freqüente na área de estudo, tendo sido ocasionalmente registrado em visita às flores de *M. rojasiana* e de *R. angustiflora*.

Os beija-flores que apresentaram maior similaridade no uso das flores ornitófilas da comunidade estudada foram *P. pretrei* e fêmeas de *T. furcata*, seguidos de *A. fimbriata* e machos de *T. furcata* (Figura 4).

DISCUSSÃO

Espécies ornitófilas

O predomínio de espécies da família Acanthaceae na comunidade estudada se assemelha ao registrado para comunidades ornitófilas no México (Toledo, 1975) e em um fragmento de Mata Atlântica no sudeste do Brasil (Abreu & Vieira, 2004) nos quais as espécies mais abundantes foram das famílias Acanthaceae e Rubiaceae. Entretanto, em áreas de floresta atlântica e floresta amazônica, as famílias ornitófilas mais representativas são Rubiaceae, Gesneriaceae e Bromeliaceae (e.g. Snow & Snow, 1980; Araújo 1996, Sazima *et al.*, 1996; Lasprilla & Sazima, 2004). Em estudos realizados no Pantanal e em área de cerradão no estado de Mato Grosso do Sul, não houve predomínio de espécies de nenhuma família botânica (Araújo & Sazima 2003; Rodrigues, 2004).

A predominância de espécies herbáceas na comunidade estudada é influenciada pelas espécies de Acanthaceae, todas herbáceas, que compõe 63% das espécies amostradas. Nos outros estudos com comunidades ornitófilas, constatou-se forte predominância de epífitas e arbustos (Arizmendi & Ornelas, 1990; Araújo, 1996; Sazima *et al.*, 1996; Rocca, 2006), o que deve estar sendo influenciado também pelos hábitos mais frequentes nas famílias botânicas mais representativas desses locais.

Neste estudo a riqueza de espécies ornitófilas foi baixa, mas semelhante a registrada em outros estudos realizados em formações vegetais de Mato Grosso do Sul, que focaram os beija-flores e seus recursos florais (Araújo & Sazima, 2003; Rodrigues, 2004). Estes estudos encontraram seis espécies ornitófilas cada um, por outro lado outros estudos, em diversas localidades apontam riqueza que varia de 15 (Arizmendi & Ornelas, 1990) a 50 espécies (Stiles, 1978). Talvez o padrão encontrado tanto quanto ao hábito quanto às famílias e à riqueza de espécies ornitófilas na região estudada seja reflexo dos padrões nos ecossistemas vizinhos, o Cerrado e o Pantanal. No entanto, estas áreas são insuficientemente amostradas do ponto de vista das relações entre beija-flores e seus recursos florais, sendo necessários mais estudos que envolvam outras áreas de cerrado, outras fitofisionomias no caso

do Pantanal e no caso da Serra da Bodoquena abordagens que enfoquem também a variação topográfica.

Fenologia das espécies ornitófilas

A maioria das espécies ornitófilas registradas apresentou floração com padrão anual e duração intermediária. Isto pode ser um indício de que estas plantas exibem algum grau de sazonalidade quanto ao florescimento. A maioria das espécies amostradas é herbácea, de modo que a resposta em relação à variação no ambiente seria rápida e altamente dependente do fator hídrico (Sarmiento & Monasterio, 1983). Entretanto, nem todas herbáceas apresentam este tipo de controle (Borchert, 1983). Neste estudo, não foi possível definir se há alguma relação deste fator atuando como uma espécie de “gatilho” para a fenofase floração, até mesmo pela ausência de dados climáticos para a área de estudo. Além disso, esse estudo foi realizado ao longo de apenas um ano. Para que seja possível a definição de padrões são necessárias repetições. Assim, como a repetição em fenologia trata-se de repetição temporal seriam necessários mais anos de estudo para a definição de um padrão de floração para as espécies ornitófilas na área de estudo.

Fenologia da guilda

Indivíduos em flor da síndrome ornitófila ocorreram durante o todo o período de estudo. Isto era esperado, visto que os beija-flores são polinizadores de vida longa e necessitam de recursos distribuídos ao longo do ano para suprir seus requerimentos energéticos (Wolf, 1970; Gentry, 1974; Stiles, 1975;). O valor de concentração (r) demonstrado pela análise circular indica que a sincronia entre os indivíduos da comunidade é moderada, ou seja, não há grande concentração de espécies florescendo num dado período, de modo que a disponibilidade de recursos para os beija-flores e, de certa forma, regular ao longo do ano.

Segundo a classificação de Newstrom *et al.* (1994), baseada na frequência do episódio de florescimento, e tomando como nível de análise a guilda, a floração do grupo de espécies ornitófilas na comunidade estudada é tida como contínua. A floração do tipo contínua é caracterizada pelo florescimento o ano todo, com breves quebras esporádicas na disponibilidade de flores. Mesmo apresentando uma riqueza baixa de espécies ornitófilas, a oferta de flores ocorreu o ano todo garantindo a oferta de recursos para os beija-flores.

Densidade de flores

A produção de flores e botões foi mais intensa no final da estação chuvosa e início da seca, e isto pode ser visto também pela data média calculada pelo teste “Rayleigh” (Z). A floração nesse período pode favorecer as espécies de plantas estudadas em suas exibições florais para os beija-flores, pois na estação chuvosa é esperada uma maior oferta de recursos (Sarmiento & Monasterio, 1983). Na estação chuvosa, os beija-flores poderiam estar utilizando mais as espécies não-ornitófilas do que as ornitófilas, visto que outros estudos demonstram que os beija-flores têm utilizado estes dois tipos de flores independentemente de suas adaptações para polinização (Araújo, 1996; Araújo & Sazima, 2003; Rodrigues, 2004). Para a FTD são conhecidas seis espécies não-ornitófilas visitadas pelos beija-flores, e, para a MTC, uma (L.C. Rodrigues com. pess.). Outra vantagem de florescer na estação seca poderia ser a ausência de chuvas fortes que causariam danos ou mesmo a derrubada das flores e botões (conforme observado para *Ruelia angustiflora* Capítulo 2), bem como a diluição do néctar das flores. Além disso, a queda foliar mais intensa na estação seca poderia facilitar a visualização das flores e a ação dos vetores de pólen (Janzen, 1967). Ao contrário do aqui registrado, estudos tanto em comunidades neotropicais pouco sazonais (e.g. Araújo, 1996; Sazima *et al.*, 1996; Buzato *et al.*, 2000; Rocca, 2006) como naquelas de sazonalidade pronunciada (Araújo & Sazima, 2003; Rodrigues, 2004) têm registrado maior densidade de flores no início e durante a estação chuvosa.

Medidas de corola e néctar

As características de coloração e do formato da corola, de volume e concentração de néctar e da morfometria floral das espécies ornitófilas da Serra da Bodoquena são comuns às descritas em outros estudos em regiões neotropicais. O comprimento médio da corola de espécies ornitófilas pode variar entre 6,7 mm (Vasconcelos & Lombardi, 2001) e 100-115 mm (Araújo & Sazima, 2003), e o diâmetro médio da corola de 1,2 mm (Rocca, 2006) a 20 mm (Temeles *et al.*, 2002). Se tomarmos estes extremos de medidas como comparação, na comunidade estudada da Serra da Bodoquena a variação foi pequena, com corolas que podem ser consideradas de curtas a médias quanto ao comprimento, e estreitas quanto à largura. Uma característica apontada para espécies ornitófilas neotropicais é produção de néctar prolixa (entre 15 e 123 μ l) e de concentração diluída (22-26%) (Howe & Westley, 1997; McDade & Weeks, 2004). No entanto amplitudes muito maiores podem ser encontradas (e.g Rocca, 2006). A relação entre volume e concentração do néctar foi encontrada somente para *R. brevifolia*. Isto deve ter ocorrido pelo fato desta espécie ter produzido uma quantidade muito pequena de néctar com variação muito grande de concentração entre as diferentes flores.

Não houve relação entre o comprimento da corola e o volume do néctar, ao contrário do que seria esperado (Opler, 1983). Em parte isto pode ser explicado pelo fato da corola ter outras funções como seleção, atração e orientação dos visitantes florais para uma polinização efetiva (Smith *et al.*, 1996) e não apenas a produção e o armazenamento do néctar.

Visitantes florais

Neste estudo, foram registradas quatro das onze espécies de beija-flores listadas num levantamento da avifauna da Serra da Bodoquena (Pivatto *et al.*, 2006). Entretanto, aquele estudo incluiu 24 localidades da Serra (abrangendo quatro municipalidades: Bonito, Jardim, Bodoquena e porto Murtinho) com esforço amostral total superior a 500 horas, além de dados de. As outras duas espécies de beija-flores *Aphanthocroa cirrochloris* e *Chlorostilbon aureoventris* registradas no presente

estudo ainda não haviam sido registradas para a Serra. No âmbito regional, tendo como base estudos que enfocam os beija-flores e seus recursos florais, a comunidade estudada da Serra da Bodoquena assemelha-se mais ao bioma Cerrado que ao Pantanal (Araújo & Sazima, 2003; Rodrigues, 2004). Nos capões do Pantanal Sul (Araújo & Sazima, 2003), de quatro espécies registradas apenas *Hylocharis chrysura* foi comum à listagem da Serra da Bodoquena. Por outro lado, das sete espécies de beija-flores registradas em um fragmento urbano de cerrado no município de Campo Grande, quatro foram comuns à área de estudo: *Amazilia fimbriata*, *Chlorostilbon aureoventris*, *Hylocharis chrysura* e *Thalurania furcata* (Rodrigues, 2004).

O eremita *P. pretrei* é o principal visitante da comunidade, tanto por sua frequência de visitas como também por visitar a maioria das espécies de modo legítimo. Seu comportamento de visitas em linhas de captura (“trapliner” *sensu* Feinsinger & Colwell, 1978) vem sendo descrito para outras localidades (Sazima, 1981; Machado & Sazima, 1987; Piratelli, 1997; Vasconcelos & Lombardi, 2001) e favorece a polinização cruzada. Entretanto, apesar de apresentar comportamento de visitas em linhas de captura, foram observadas interações agonísticas intra e interespecíficas, principalmente quando indivíduos desta espécie visitavam manchas de *R. angustiflora*. Essas manchas alcançavam ocasionalmente número de flores elevado (aproximadamente > 100 flores/ mancha), que atraíam grande número de beija-flores. O registro de comportamento agonístico em espécies de Phaethornithinae é pouco comum, embora alguns outros estudos venham descrevendo esse comportamento (Sazima *et al.*, 1995; Rocca, 2006).

Os papéis comunitários “rondas de alta recompensa”, “rondas de baixa recompensa”, “territorial” e “generalista” (respectivamente “high reward trapliner”, “low reward trapliner” e “generalist”, *sensu* Feinsinger & Cowell, 1978) são desempenhados pelos beija-flores visitantes das espécies ornitófilas dos ambientes estudados. O beija-flor *P. pretrei* atuou tanto em “rondas de alta recompensa” como em “rondas de baixa recompensa”, de acordo com o comprimento da corola e oferta de néctar das flores visitadas. *Hylocharis chrysura* e a fêmea de *T. furcata* ora se comportaram como

territorialistas ora em rondas de baixa recompensa. As espécies *A. cirrochloris*, *A. fimbriata* e *T. furcata* macho foram consideradas generalistas por realizarem visitas esporádicas em flores esparsas bem como utilizarem agrupamentos de flores que não estavam sendo guardados por nenhum outro beija-flor. Os papéis comunitários não se encaixaram de maneira fixa aos beija-flores registrados, o que poderia sugerir que o comportamento desses visitantes na Serra da Bodoquena esteja mais intimamente relacionado com a disponibilidade de recurso do que com as suas características morfológicas. Essa situação vem sendo descrita freqüentemente para outras comunidades (Sazima *et al.*, 1996; Buzato *et al.*, 2000; Rocca, 2006) e é também sugerida por Feinsinger & Cowell (1978). Os beija-flores aqui registrados apresentam modo de vida nômade, são generalistas quanto ao uso de recursos e tem ampla distribuição geográfica (Grantsau, 1988; Ruschi, 1982), ou seja, contribuindo com o comprometimento de tal classificação quanto aos papéis comunitários.

Não houve relação entre o comprimento do bico dos beija-flores e o comprimento de corola das espécies vegetais visitadas. A relação positiva entre estes componentes tem sido descrita para outras comunidades neotropicais (Arizmendi & Ornelas, 1990; Sazima *et al.*, 1996; Vasconcelos & Lombardi, 2001). No entanto, este padrão parece não ser regra geral (Temeles *et al.*, 2002; Araújo & Sazima, 2003; Rodrigues, 2004) e, uma possível explicação para isso é que os beija-flores podem, através da extensão da língua no ato da visita, alcançar o néctar mesmo em corolas mais longas. Além disso, a amplitude de comprimento das corolas da guilda estudada foi pequena, tendo apenas *R. angustiflora* corola relativamente mais longa que as demais espécies, e *P. pretrei*, o beija-flor de bico mais longo, o único a visitá-la sempre de maneira legítima. A ausência de relação descrita anteriormente entre comprimento da corola e volume e concentração do néctar, bem como a ausência de relação entre o comprimento da corola e o comprimento do bico dos beija-flores indicam que na comunidade estudada, o tamanho da corola não é representativo da qualidade e nem da quantidade de recurso oferecido pelas flores. E, com exceção de *R. angustiflora*, as flores também não selecionam o polinizador pelo comprimento de seu bico.

Os beija-flores *P. pretrei* e a fêmea de *T. furcata* foram as espécies que apresentaram a maior similaridade entre si no conjunto de espécies visitadas. Essa alta sobreposição no uso de recursos envolvendo um par phaethornitinae-trochilinae vem sendo observada em outras comunidades neotropicais. Piacentini (2006) estudando a interação entre bromélias e beija-flores na região sul do Brasil encontrou o par *Ramphodon naevius* e *Thalurania glaucopis*. Este mesmo par foi verificado por Rocca (2006) na Mata Atlântica e por Araújo (1996) em uma área de planície costeira no sudeste do Brasil. Sazima *et al.* (1996) também em área de mata atlântica no sudeste do Brasil, registrou o par *Phaethornis eurynome* e *Leucochloris albicollis*, este mesmo par foi também encontrado em duas outras localidades de Mata Atlântica estudadas por Buzato *et al.* (2000). Isto pode ser um indicativo de que a morfologia por si só não é responsável pela organização dos beija-flores numa dada comunidade, e sim que o conjunto de atributos morfológico-comportamentais aliados à disponibilidade de recursos explique melhor este padrão (Feinsinger & Colwell, 1978).

Em resumo, a família mais representativa entre as espécies ornitófilas da Serra da Bodoquena é Acanthaceae, que possui as espécies mais importantes como fonte de recurso para os beija-flores e, juntamente com as demais espécies, oferta flores aos beija-flores o ano todo, sendo o período de maior abundância de recursos florais o final da estação chuvosa e início da seca. Para esta guilda de plantas, o eremita *Phaetornis pretrei* representa o principal polinizador e *Ruellia angustiflora* importante recurso, pois floresce ao longo de todo o ano, de forma contínua.

LITERATURA CITADA

Abreu CRM, Vieira MF. 2004. Os beija-flores e seus recursos florais em um fragmento florestal de Viçosa, sudeste brasileiro. *Lundiana* 5(2):129-134.

Araújo AC. 1996. *Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo.* Tese de Mestrado. UNICAMP. 69p.

Araújo AC, Sazima M. 2003. The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the capões of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora* 198(6): 427-435.

- Arizmendi MC, Ornelas JF. 1990.** Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica* **22**(2): 172-180.
- Bawa KS. 1990.** Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* **21**: 399-422.
- Boggiani PC, Coimbra AM. 1995.** Quaternary limestone of the pantanal area, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **67**: 343-349.
- Borchert R. 1983.** Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica* **15**(2): 81-89.
- Buzato S, Sazima M, Sazima I. 2000.** Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* **32** (4b): 824-841.
- Cara PA. 2002.** Efeito da oferta de flores e da produção de néctar na frequência de visitas de beija-flores em *Helicteres guazumefolia* H.B.K (Sterculiaceae), no MatoGrosso do Sul. Dissertação de Mestrado. UFMS. 46p.
- Dafni A, Kevan PG., Husband, BC. 2005.** *Practical Pollination Biology*. Enviroquest Ltd. 590p.
- Faegri K., van der Pijl, L. 1980.** *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford. New York, Toronto. 244 p.
- Feinsinger P. 1983.** Coevolution and pollination. In: Futuyma DJ, Slatkin M (Eds.). *Coevolution* pp. 282-310. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Feinsinger P, Colwell RK. 1978.** Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *American Zoologist* **18**: 779-795.
- Gentry AH. 1974.** Coevolutionary patterns in Central America Bignoniaceae. *Annals of Missouri Botanical Garden* **61**: 728-759.
- Grantsau R. 1988.** *Os beija-flores do Brasil*. Editora Expressão e Cultura. Rio de Janeiro. 233 p.
- Harmer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001.** Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Eletrônica* **4**(1): 9pp. <http://flok.uio.no/ohammer/past> acessado em 10 de outubro de 2006.
- Howe HF, Westley LC. 1997.** Ecology of pollination and seed dispersal. In: Crawley M.J (Ed). *Plant Ecology*. 2nd ed. 717pp.
- Janzen DH. 1967.** Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central América. *Evolution* **21**: 620-637.
- Köppen W. 1948.** *Climatologia*. México, Editora Iondo de Cultura Econômica.
- Lasprilla R, Sazima M. 2004.** Interacciones planta-colibrí en tres comunidades vegetales de la parte suroriental del Parque Nacional Natural Chiribiquete, Colombia. *Ornitología Neotropical* **15**(Suppl.): 183-190.

- Longo JM. 2002.** *Ecologia da polinização de Passiflora speciosa Gardn. (Passifloraceae) no Pantanal sul-mato-grossense.* Dissertação de Mestrado. UFMS. 38p.
- Machado IC, Sazima M. 1987.** Estudo comparativo da biologia floral em duas espécies invasoras *Ipomoea hederifolia* e *I. quamoclit* (Convolvulaceae) *Revista Brasileira de Biologia* **47**: 425-436.
- McDade LA, Weeks JA. 2004.** Nectar in hummingbird-pollinated Neotropical Plants I: Patterns of production and variability in 12 species. *Biotropica* **36**(2): 196–215.
- Morellato LPC, Rodrigues RR, Leitão-Filho H.F, Joly CA. 1989.** Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* **12**:85-98.
- Newstrom LE, Frankie GW, Baker HG. 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.
- Opler PA. 1983.** Néctar production in a tropical ecosystem. In: Bentley B, Elias T. *Biology of nectaries.* New York. 259p.
- Piacentini VQ. 2006.** *Relações entre floração de bromélias e uma comunidade de beija-flores numa área de floresta ombrófila densa do sul do Brasil.* Dissertação de Mestrado. UFPR. 30p.
- Piratelli AJ. 1997.** Comportamento alimentar de beija-flores em duas espécies de *Hippeastrum* Herb. (Amaryllidaceae) *Revista Brasileira de Biologia* **57**: 261-273.
- Pivatto MAC, Manco DG, Straube FC, Urben-Filho A, Milano M. 2006.** Aves do Planalto da Bodoquena, estado do mato Grosso do Sul (Brasil). *Atualidades Ornitológicas* **129**. Disponível on-line: <http://www.ao.com.br> > Seção AO Online > Artigos. Acessado em 10 de outubro de 2006.
- Ramos L. 2002.** *Polinização por beija-flores e morcegos em duas espécies de Psittacantus (Lorantaceae) no Pantanal Sul-Matogrossense.* Dissertação de Mestrado. UFMS. 37p.
- Rathcke B, Lacey EP. 1985.** Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **16**: 179-214.
- Rocca AM. 2006.** *Recurso floral para aves em uma comunidade de Mata Atlântica de encosta: sazonalidade e distribuição vertical.* Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- Rodrigues L daC. 2004.** *Flores visitadas por beija-flores em um fragmento florestal urbano, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.* Dissertação de Mestrado. UFMS. 31p.
- Ruschi A. 1982.** *Aves do Brasil: beija-flores.* Volumes 4 e 5. Expressão e Cultura. Rio de Janeiro.
- Sarmiento G, Monasterio M. 1983.** Life forms and phenology. In: *Ecosystems of the world: Tropical savannas* (F. Bourlière, ed.). Elsevier Science, Amsterdam, p.79-108.

- Sazima I, Buzato S, Sazima M. 1995.** The saw-billed hermit *Rhamphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. *Journal für Ornithology* **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. 1981.** Polinização de duas espécies de *Pavonia* (Malvaceae) por beija-flores na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Biologia* **41**: 733-737.
- Smith CE, Stevens JT, Temeles EJ, Ewald PW, Hebert RJ, Bonkovsky RL. 1996.** Effect of floral orifice width and shape on hummingbird-flower interactions. *Oecologia* **106**:482-492
- Smith-Ramírez C, Martínez P, Nuñez M, González C, Armesto JJ. 2005.** Diversity, flower visitation frequency and generalism of pollinators in temperate rain forests of Chiloé Island, Chile. *Botanical Journal of the Linnean Society* **147**: 399–416.
- Snow DW, Snow BK. 1980.** Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. *Bulletin of British Museum of Natural History (Zoology)* **38** (2): 105-139.
- Stiles FG. 1975.** Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology* **56**: 285-301.
- Stiles FG. 1978.** Temporal organization of flowering among the hummingbird food plants of a tropical wet forest. *Biotropica* **10**: 194-210.
- Talora DC, Morellato PC. 2000.** Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **23**(1): 13-26.
- Temeles EJ, Linhart YB, Masonjones M, Masonjones HD, 2002.** The role of flower width in hummingbird bill length–flower length relationships. *Biotropica* **34**(1): 68–80.
- Toledo VM. 1975.** La estacionalidad de las flores utilizadas por los colibrís de una selva tropical húmeda en México. *Biotropica* **7**(1): 63-70.
- Vasconcelos MF, Lombardi JA. 2001.** Hummingbirds and their flowers in the *campos rupestres* of southern Espinhaço Range, Brazil. *Melopsittacus* **4**(1): 3-30.
- Wolf LL. 1970.** The impact of seasonal flowering on the biology of some tropical hummingbirds. *The Condor* **72**: 1-14.
- Wolf LL, Stiles FG, Hainsworth FR. 1976.** Ecological organization of a tropical, highland hummingbird community. *Journal of Animal Ecology* **32**: 349-379.

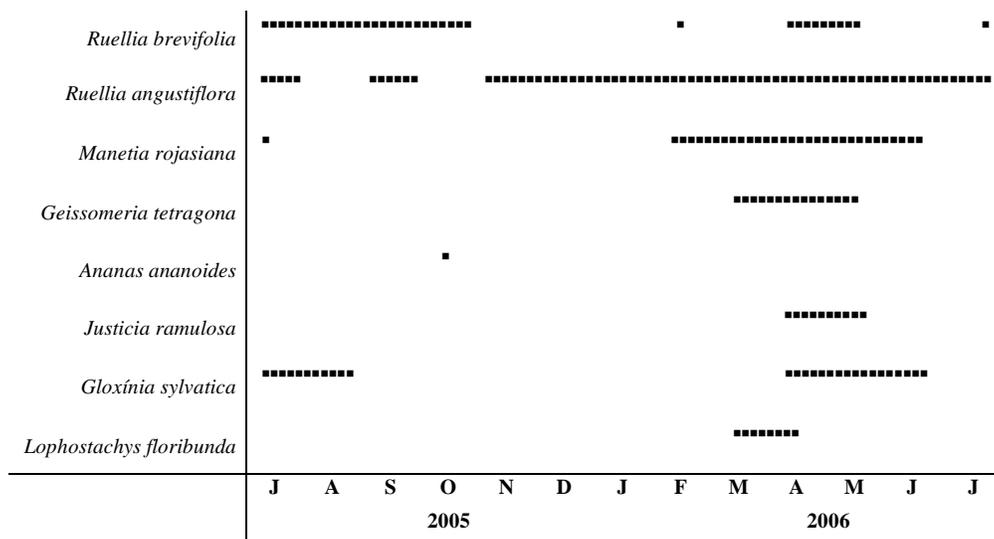


Figura 1 - Ocorrência de floração (■) das espécies ornitófilas em dois ambientes da Serra da Bodoquena entre o período de junho de 2005 a julho de 2006.

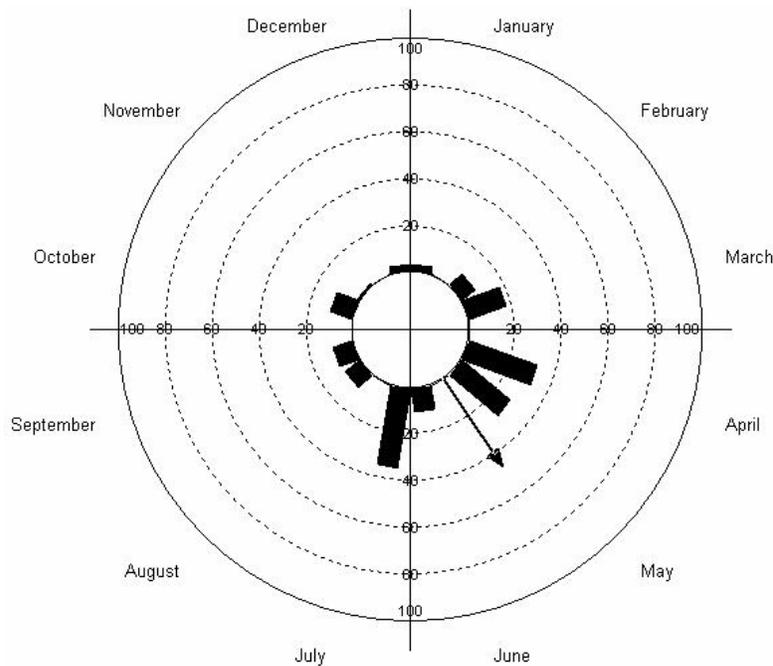


Figura 2 – Histograma circular, os eixos indicam frequência (de 0% a 100%), as barras indicam a frequência de indivíduos floridos na guilda de espécies ornitófilas em cada mês, e a seta indica a data média de florescimento para os dois ambientes da Serra da Bodoquena no período de julho de 2005 a julho de 2006.

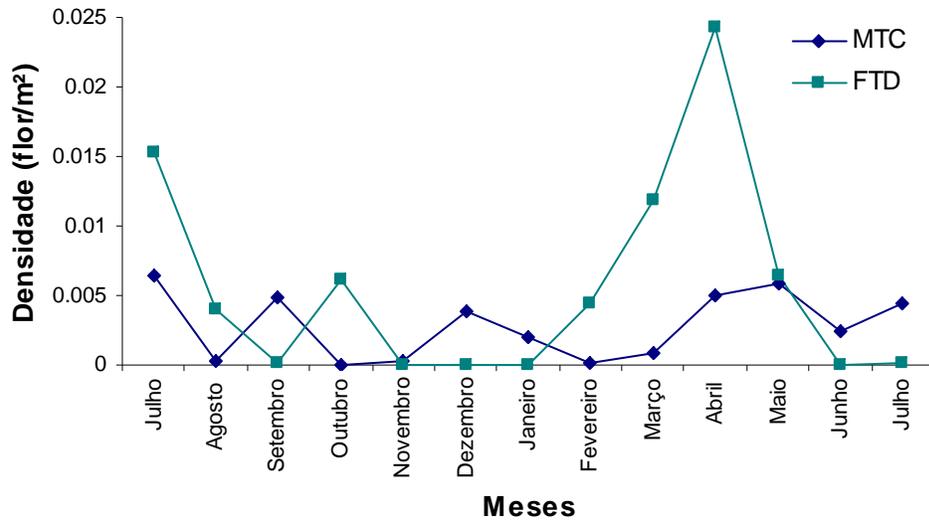


Figura 3 – Densidade de flores nos ambientes de Mata Ciliar e Floresta Semi-Decídua na Serra da Bodoquena no período de julho de 2005 a julho de 2006

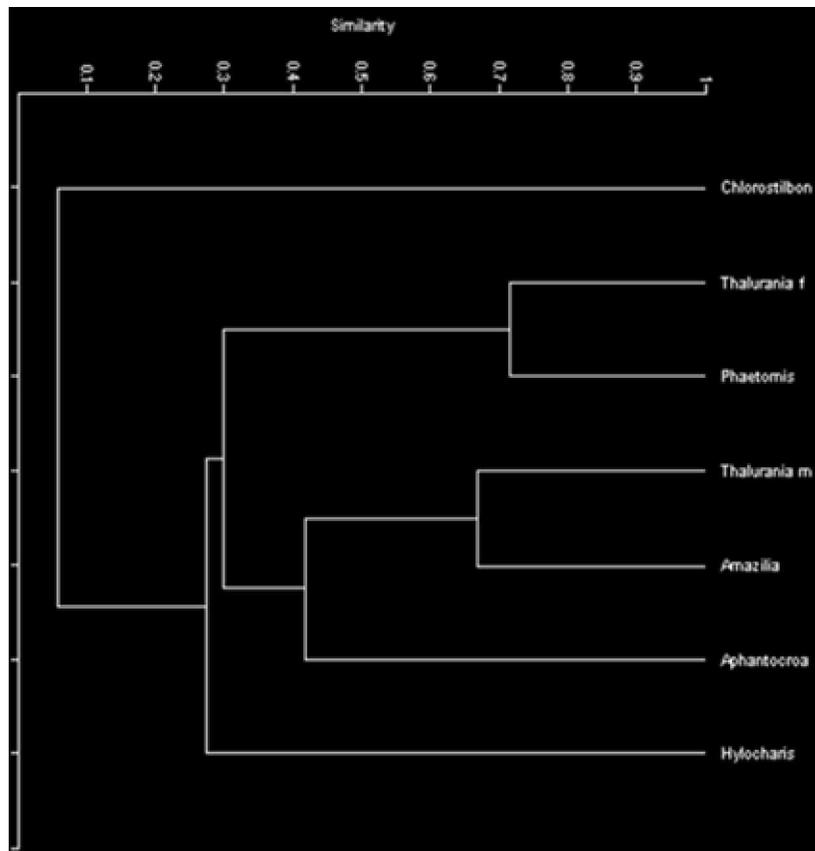


Figura 4 – Análise de Cluster representando a similaridade (Índice de Jaccard) entre os beija-flores quanto ao uso de recursos florais em dois ambientes da Serra da Bodoquena.

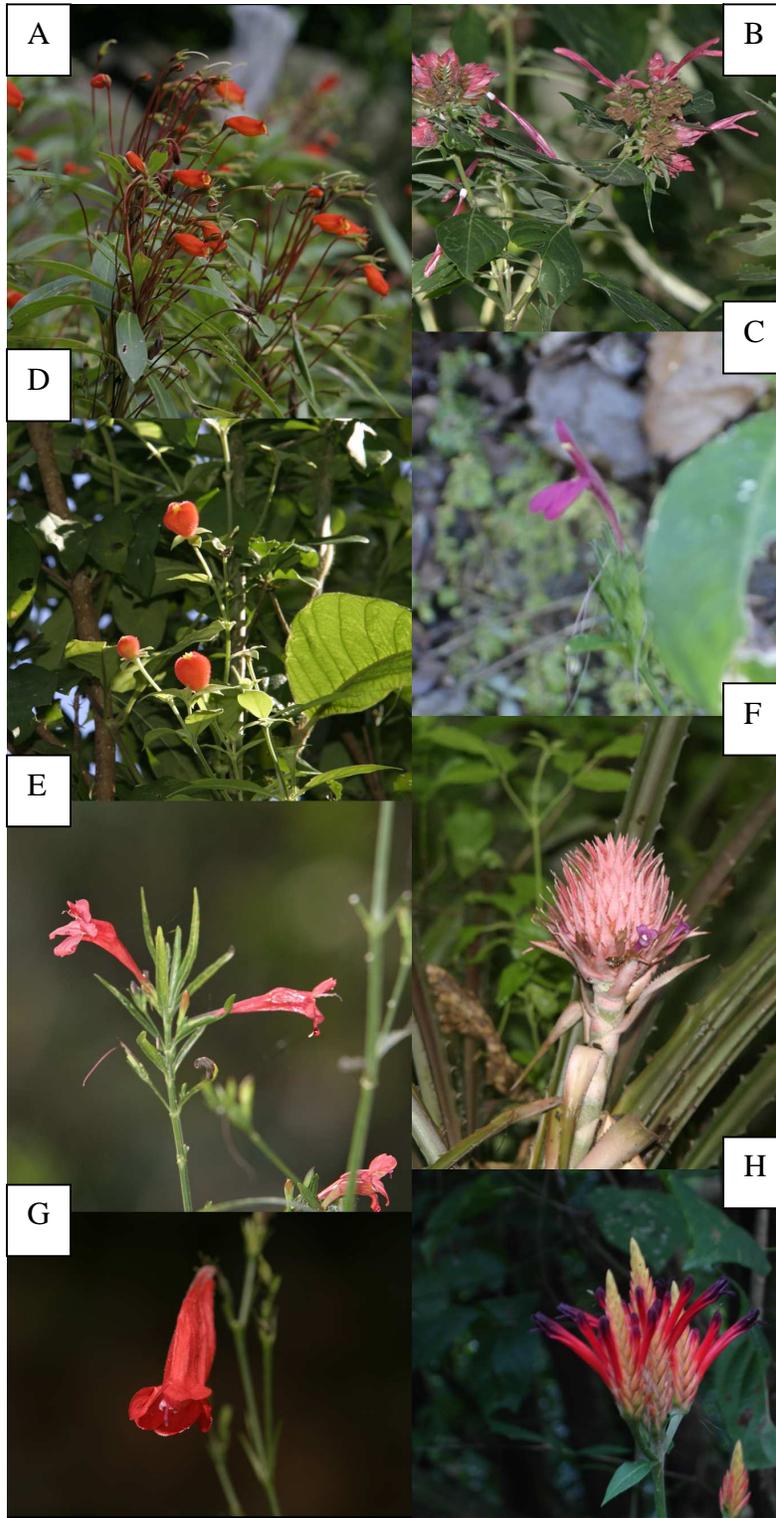


Figura 5 – Flores das espécies ornitófilas A) *Seemannia sylvatica*, B) *Lophostachys floribunda* C) *Justicia ramulosa* D) *Manettia rojasiana* E) *Ruellia angustiflora* F) *Ananas ananassoides* G) *Ruellia brevifolia* H) *Geissomeria tetragona*, registradas na Serra da Bodoquena, Bodoquena-MS. Fotos: Eduardo Camargo, 2006 (A,B,D,E,FG); Rogério Rodrigues Faria, 2006(C,H).

TABELAS

Tabela 1 – Dados sobre hábito, altura média, número de flores abertas/indivíduo/ dia, ambiente de ocorrência, dados morfométricos da flor e medidas do néctar das espécies ornitófilas amostradas em dois ambientes da Serra da Bodoquena.

Família	Espécie	Hábito	Altura $\bar{x} \pm sd$ (n)	Flores $\bar{x} \pm sd$ (n)	Ambiente	Cor corola	Formato corola	Comprimento corola $\bar{x} \pm sd$ (n)	Abertura corola $\bar{x} \pm sd$ (n)	Concentração néctar $\bar{x} \pm sd$ (n)	Volume néctar $\bar{x} \pm sd$ (n)
Acanthaceae	<i>Ruelia brevifolia</i> (Pohl) C. Ezcurra	Herbácea	1.1 ± 0.49 (n= 10)	3 ± 1.8 (n= 10)	FTD/MTC	Vermelha	Tubular	28 ± 4.6 (n= 8)	5.6 ± 2.2 (n= 8)	10.8 ± 7.29 (n= 8)	1.4 ± 1.3 (n= 8)
	<i>Ruellia angustiflora</i> (Nees) Lindau ex Rambo	Herbácea	1.2 ± 0.52 (n= 9)	3 ± 2.18 (n= 9)	MTC	Vermelha	Tubular	51.1 ± 3.8 (n= 8)	4.8 ± 1.17 (n= 8)	20.1 ± 2.25 (n= 8)	8.3 ± 4.92 (n= 8)
	<i>Lophostachys floribunda</i> Pohl	Herbácea	1 ± 0.48 (n= 6)	5.8 ± 5.35 (n= 6)	FTD	Rosa	Tubular	36.1 ± 8.07 (n= 16)	3.8 ± 0.78 (n= 16)	25.3 ± 2.91 (n=16)	11.88 ± 3.91 (n= 16)
	<i>Geissomeria tetragona</i> Lindau	Herbácea	0.6 ± 0.29 (n= 5)	1.6 ± 0.89 (n= 5)	FTD/MTC	Vermelha	Tubular	30 ± 5.35 (n= 8)	3.8 ± 1.65 (n= 8)	20.1 ± 2.81 (n=8)	11.3 ± 5.8 (n= 8)
	<i>Justicia ramulosa</i> (Morong) C. Ezcurra	Herbácea	0.4 ± 0.12 (n= 3)	2 ± 1 (n= 3)	FTD	Lilás	Tubular	8.5 ± 2.12 (n= 2)	3.3 ± 0.35 (n= 2)	16 ± 4.24 (n=2)	3 (n= 2)
Gesneriaceae	<i>Seemannia sylvatica</i> (Kunth) Hanst.	Herbácea	0.2 ± 0.09 (n= 12)	1.6 ± 0.9 (n= 12)	MTC	Vermelha	Tubular	20.9 ± 1.86 (n= 6)	5.9 ± 0.79 (n= 6)	14 ± 2.28 (n=6)	11.7 ± 7.63 (n= 6)
Rubiaceae	<i>Manetia rojasiana</i> Chodat & Hassl.	Liana	1.5 ± 0.66 (n= 5)	23.4 ± 32.53 (n= 5)	FTD/MTC	vermelha/laranja	Tubular	19.2 ± 5.88 (n= 10)	5.2 ± 5.23 (n= 10)	7.8 ± 10.14 (n= 10)	2.4 ± 2.99 (n= 10)
Bromeliaceae	<i>Ananas ananoides</i>	Herbácea	0.2 ± 0.05 (n= 6)	4 ± 1.67 (n= 6)	FTD	Rosa	Tubular	24.5 ± 1.52 (n= 6)	4.3 ± 1.1 (n= 6)	27.3 ± 0.55 (n=6)	114.8 ± 16.25 (n= 6)

Tabela 2 – Frequência de visitas de beija-flores às espécies ornitófilas (n° visitas/ número de flores observadas/ hora), no período de 8166 minutos de observações focais em dois ambientes (Floresta semi-decídua e Mata ciliar) da Serra da Bodoquena.

	<i>Phaetornis pretrei</i>	<i>Thalurania furcata macho</i>	<i>Thalurania furcata fêmea</i>	<i>Hylocharis chrysura</i>	<i>Aphantocroa cirrochloris</i>	<i>Amazilia fimbriata</i>	Tempo (min)
<i>Ruellia brevifolia</i>	0.097 (l)	/	/	/	/	/	550
<i>Ananas ananoides</i>	0.028 (l)	/	0.153 (l)	/	/	/	205
<i>Ruellia angustiflora</i>	0.027 (l)	0.0001(i)	0.007 (l/i)	0.0001(i)	0.001 (l)	/	2826
<i>Seemannia sylvatica</i>	0.026 (l)	/	0.006 (l/i)	/	/	/	1775
<i>Manetia rojasiana</i>	0.01 (l)	0.002 (l)	0.057 (l)	/	/	0.002 (l)	1162
<i>Geissomeria tetragona</i>	0.068 (l)	/	0.049 (l)	0.006 (l)	/	/	536
<i>Lophostachys floribunda</i>	/	/	/	0.121 (l)	/	/	1067
<i>Justicia ramulosa</i>	0.19 (l)	/	/	/	/	0.286 (l)	45

Capítulo 2

**Ecologia da polinização de *Ruellia angustiflora* (Ness) Lindau ex Rambo (Acanthaceae)
na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil**

Rogério Rodrigues Faria & Andréa Cardoso Araújo

Flora

Resumo

No Brasil, estudos enfocando a biologia reprodutiva e aspectos da polinização no gênero *Ruellia* têm demonstrado em comum características como a polinização por beija-flores, a grande freqüência de autogamia e a auto polinização espontânea. Os objetivos desse estudo foram descrever a biologia floral, a produção de néctar, o sistema reprodutivo, o efeito da intensidade de polinização e a fenologia de floração de *Ruellia angustiflora*, bem como registrar os beija-flores visitantes das flores desta espécie. A coleta de dados foi realizada em um trecho de mata ciliar do rio Salobrinha na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, no período de agosto de 2005 a julho de 2006. *Ruellia angustiflora* floresceu praticamente ao longo de todo o período de estudo, tem antese diurna e apresenta maior produção de néctar nas primeiras horas da manhã, com decréscimo no decorrer do dia. Os resultados dos experimentos reprodutivos indicam autogamia e limitação de pólen em *R. angustiflora*. Não houve diferença significativa na formação de frutos entre os experimentos de intensidade de polinização. Foram registradas quatro espécies de beija-flores visitando as flores de *R. angustiflora*, sendo *P. pretrei* o mais freqüente seguido da fêmea de *T. furcata*. De acordo com o seu comportamento e freqüência de visitas, *P. pretrei* pode ser considerado o principal polinizador de *R. angustiflora* na área de estudo. Os resultados dos experimentos indicam que a única barreira que *R. angustiflora* apresenta contra a auto polinização parece ser a hercogamia. Além disso, os dados sugerem que para que ocorra maior sucesso de frutificação, são necessárias mais do que três visitas de *P. pretrei*.

Palavras-chave: intensidade de polinização; fenologia de floração; *Ruellia spp*; limitação de pólen; Phaethornitinae

Abstract

In Brazil, studies focussing on reproductive biology and pollination of *Ruellia* presented in common hummingbird pollination, high rates of autogamy and spontaneous auto-pollination. The goals of this study were to describe floral biology, nectar production, breeding system, effects of pollination intensity and flowering phenology of *Ruellia angustiflora*, as well as to record the hummingbirds visitors of this species. Data was collected in a stretch of gallery forest of Salobrinha river at Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, between August 2005 to July 2006. *Ruellia angustiflora* flowered almost year round, presented diurnal anthesis and showed greater nectar production in the first hours of the morning, followed by a decrease through the rest of the day. Results of the experiments of reproductive biology indicate autogamy and pollen limitation in *R. angustiflora*. There was no significative difference in fruit set between experiments of pollination intensity. It was recorded four hummingbird species visiting *R. angustiflora* flowers, and *P. pretrei* was the most frequent, followed by *T. furcata* females. According to it's visiting behaviour and frequency, *P. pretrei* could be seen as the major pollinator of *R. angustiflora* at the study site. Results of reproductive experiments indicate that the only barrier presented by *R. angustiflora* to avoid auto-pollination seems to be hercogamy. Besides, data suggest that major success in fruit set could be reached with more than three visits of *P. pretrei*.

Keywords: pollination intensity; flowering phenology; *Ruellia spp*; pollen limitation; Phaethornitinae

Introdução

A efetividade da polinização de um dado polinizador inclui o seu comportamento e frequência de visitas, a carga de pólen transportada, a taxa de deposição de pólen no estigma de outra flor, o sucesso de crescimento do tubo polínico e por último o sucesso de fertilização dos óvulos no ovário (Gross, 2005). A quantidade de pólen depositado no estigma pode ser um determinante no sucesso reprodutivo da planta, afetando não apenas o número como também a qualidade das sementes produzidas (Davis, 2004; Jóhannsson & Stephenson, 1997; Mitchell, 1997). Deste modo é esperado que com o aumento do número de visitas a produção de frutos e sementes seja maior (Longo, 2002; Snow, 1982).

Acanthaceae possui distribuição predominantemente pantropical, incluindo 200 gêneros e 3000 espécies (Souza & Lorenzi, 2005), sendo o continente americano o que encontra a maior riqueza e diversidade morfológica de espécies (Ezcurra, 1989). O gênero *Ruellia*, com mais de 250 espécies é um dos mais ricos da família, sendo distribuído pelos trópicos e subtropicais de todo o mundo, mas a região Neotropical é considerada o mais importante centro de diversidade para o gênero (Ezcurra, 1993).

No Brasil, alguns estudos enfocando a biologia reprodutiva (Lima *et al.*, 2005; Sigrist & Sazima, 2002) e aspectos da polinização para espécies desse gênero (Braz *et al.*, 2000; Lima & Vieira, 2006; Machado & Sazima, 1995; Piovano *et al.*, 1995; Sigrist & Sazima, 2002) estão disponíveis. Estes estudos têm demonstrado em comum características como a polinização por beija-flores, a presença de autogamia e ocorrência de auto polinização espontânea.

Ruellia angustiflora (Ness) Lindau ex Rambo ocorre nas regiões centro-sul do Brasil, norte do Uruguai, leste do Paraguai e nordeste da Argentina, sendo encontrada principalmente em habitats úmidos e ensolarados como bordas de córregos, margens de rios e nas proximidades de quedas d'água (Ezcurra, 1989; 1993). Estudos sobre a biologia

reprodutiva, fenologia de floração e polinização para esta espécie são desconhecidos. Deste modo os objetivos deste trabalho são:

- 1 - Registrar a fenologia de floração desta espécie ao longo de doze meses;
- 2 – Conhecer o sistema reprodutivo de *Ruellia angustiflora*;
- 3 - Registrar a ocorrência mensal dos beija-flores visitantes desta espécie;
- 4 - Verificar o efeito do número de visitas dos beija-flores na produção de frutos e sementes nesta espécie.

Material e métodos

As coletas de dados foram realizadas mensalmente de agosto de 2005 a julho de 2006, em um trecho de mata ciliar do rio Salobrinha (20°41'03"S – 56°47'11"W), nas proximidades da Fazenda Rancho Branco, na Serra de Bodoquena, município de Bodoquena. O clima da região é tropical quente Aw (Köppen, 1948). As temperaturas médias anuais estão entre 20 e 22°C, e a precipitação é concentrada entre os meses de novembro e março com totais anuais por volta de 1500 mm.

Ruellia angustiflora tem hábito herbáceo e é abundante na área de estudo, os indivíduos podem ocorrer isolados ou em agrupamentos, principalmente nos barrancos do córrego Salobrinha ou sobre as turfas calcáreas no leito, que são comuns nos rios de pequeno porte desta região.

Dados de fenologia de floração foram tomados de 20 indivíduos isolados, marcados e numerados, em uma trilha pré-definida de 1000 metros de extensão por seis metros de largura. Nestes indivíduos o número de flores e botões foi registrado mensalmente.

Para descrever a biologia floral da espécie foram ensacados nove botões, de indivíduos diferentes, em pré-antese no dia anterior ao início das observações. Logo pela manhã os sacos foram abertos e dados sobre o estado das anteras e corola, e receptividade

do estigma foram registrados. A receptividade do estigma foi testada com o uso de água oxigenada a 20%. Medidas de concentração e volume do néctar foram tomadas nessas flores a cada duas horas ao longo do período de antese. As medidas de concentração do néctar foram tomadas com o auxílio de refratômetro de bolso e as de volume do néctar com o auxílio de microseringa. (cf. Dafni *et al.*, 2005). Para testar se ocorre diferença no volume de néctar produzido entre os diferentes períodos do dia foi utilizado o teste de Friedman (Ayres *et al.*, 2005). Para estimar a viabilidade dos grãos de pólen ao longo do período de antese, lâminas de pólen coradas com carmin acético foram confeccionadas (Dafni *et al.*, 2005). O pólen foi coletado às 0700 h, às 1200 e às 1600h de quatro flores de indivíduos diferentes.

Para investigar o sistema reprodutivo desta espécie foram realizados testes de polinização artificial de acordo com os seguintes tratamentos: polinização cruzada manual, autopolinização manual, agamospermia, autopolinização espontânea e controle. Para comparar o sucesso de formação de frutos em flores que receberam diferentes cargas de pólen, o teste de polinização cruzada foi dividido em dois tratamentos, “cruzado A” e “cruzado B”. No primeiro foi utilizada a razão de uma flor doadora de pólen para cada dez flores receptoras, no segundo tratamento foi utilizada a razão 1:1. Para verificar a diferença entre os resultados destes tratamentos foi feita análise de Qui-Quadrado (Biostat 4.0), exceto para os tratamentos de agamospermia e de auto-espontânea, uma vez que os dados não atenderem as premissas do teste.

Para o registro de ocorrência mensal dos beija-flores, observações focais em flores de *R. angustiflora* foram realizadas entre 0800 e 1100h, e entre 1400 e 1700h. Com base nesses dados, a frequência de ocorrência de cada espécie de beija-flor foi obtida para cada mês, a partir do total do número de visitas recebidas. Os beija-flores foram identificados através de observações visuais diretas, fotografias tomadas durante as visitas e/ou com

auxílio de guias ilustrados (Ruschi 1982, Grantsau 1988). Foi considerado visitante principal o beija-flor mais freqüente e que realizava visitas de maneira legítima. Visitante secundário foi aquele menos freqüente que o principal, mas que também realizava visitas ilegítimas. Os chamados visitantes ocasionais foram os que realizaram visitas esporádicas em relação a frequência do visitante principal.

Para verificar o efeito do número de visitas sobre o sucesso de formação de frutos (teste de intensidade de polinização) flores em pré-antese foram ensacadas, e abertas no dia seguinte para a realização dos experimentos. Três tratamentos foram considerados, cada tratamento correspondendo ao número de vezes (uma, duas ou três) que o beija-flor visitava a flor de maneira legítima. Logo que as flores recebiam o número de visitas desejado, eram novamente ensacadas para posterior verificação da formação de frutos e sementes. A verificação da produção de frutos e sementes foi feita mensalmente e após o amadurecimento dos frutos (cerca de 30 a 40 dias após os experimentos), os mesmos foram coletados. Em alguns dos experimentos os frutos se desprendiam dos ramos das plantas antes de atingir a maturação. Assim, o número de frutos formados foi, em alguns casos, superior ao número de frutos utilizados para medidas de massa e número de sementes. Para análise destes dados foi empregado Teste de Qui-Quadrado (Biostat 4.0).

Resultados

Fenologia de floração

Ruellia angustiflora floresceu ao longo de todo o período do estudo, com exceção dos meses de agosto e outubro de 2005 (Figura 1). Os meses em que foram registrados mais indivíduos floridos foram setembro, maio e junho (com oito, cinco e sete indivíduos floridos respectivamente).

Biologia floral e néctar

O estigma de *R. angustiflora* são bífidos. As flores apresentam hercogamia, de modo que a superfície estigmática fica posicionada cerca de 2-3 mm acima da abertura da corola, e dos estames, que ficam posicionados na mesma altura da abertura da corola (Figura 4). O ovário é súpero e apresenta de 10 a 16 óvulos ($x= 12,6$; $DP=2,37$; $n= 10$). As flores de *R. angustiflora* têm o início de sua antese predominantemente no período da manhã, de modo que por volta das 06:30h todas as flores observadas já estavam abertas. Entretanto, foram observados botões de outros indivíduos abrindo ao longo de todo o dia. As anteras encontram-se abertas quando o botão floral está em pré-antese. Para as flores que já estavam abertas no início da manhã, os lobos do estigma começam a abrir ca. de 08:00h e apresentam-se receptivos geralmente entre 08:00 e 09:00h. Por volta de 13:00h os lobos estigmáticos destas mesmas flores começavam a se fechar e, apenas a partir das 15:00h a corola e o estigma adquiriam coloração mais escura, as anteras caíam e os lobos estigmáticos fechavam-se. No segundo dia as anteras já haviam caído e o estigma não tornava a abrir, as flores que não caíam no segundo dia apenas murchavam e caíam no dia seguinte. A viabilidade dos grãos de pólen no início da manhã foi de aproximadamente 97% e sofreu um ligeiro decréscimo até o final do dia, atingindo 90% às 17:00h.

Tanto o volume quanto a concentração do néctar de *R. angustiflora* foram diminuindo até às 11:00h, quando houve ligeiro aumento, seguido de nova queda até às 16:00h, quando a produção de néctar cessou. (Figura 2). Houve diferença significativa ($p=0.0024$; $Friedman=16.4857$) na quantidade de néctar produzida entre as classes de horários.

Biologia reprodutiva

Os tratamentos de maior sucesso de formação de frutos foram auto polinização manual, controle e polinização cruzada-B com 85%, 70% e 53% de sucesso,

respectivamente (Tabela 1). A agamospermia teve sucesso de 5% e a polinização cruzada-A sucesso de 10% (Tabela 1). No tratamento de auto polinização espontânea não houve formação de nenhum fruto. A média de sementes por fruto variou de uma semente em polinização cruzada-A e agamospermia, até 7,4 sementes em auto polinização manual. O maior número total de sementes por tratamento foi registrado nos tratamentos auto polinização manual com 67 sementes e controle com 65 (Tabela 1). No tratamento polinização cruzada-B foram produzidas apenas 17 sementes (Tabela 1). Os frutos atingem o estado maduro em cerca de 30-40 dias. Quando testados estes valores, não houve diferença significativa apenas entre auto polinização manual e controle (Tabela 2).

Visitantes florais

Foram registradas visitas de beija-flores em quase todos os meses de estudo, com exceção de outubro/2005 (quando não havia flores dessa espécie na área de estudo), e em abril (Figura 3).

O beija-flor *Phaethornis pretrei* (Lesson & Delattre, 1839), foi o principal visitante das flores de *R. angustiflora*, tendo sido observado em cinco meses, e não registrado nessas flores somente em janeiro/2006 (Figura 3). Além disso, todas as visitas foram feitas de forma legítima e em intervalos de tempo regulares de 40 a 50 minutos.

A fêmea de *Thalurania furcata* (Gmelin, 1788) foi a segunda espécie mais freqüente nas flores de *R. angustiflora*, tendo sido registrada em cinco meses, e a única visitante registrada nas flores desta espécie em janeiro (Figura 3). Suas visitas ocorriam em intervalos irregulares e, em manchas de flores de *R. angustiflora* podia apresentar comportamento territorial. Em algumas visitas essa espécie atuava como pilhadora.

As demais espécies de beija-flores foram observadas visitando as flores de *R. angustiflora* em apenas um mês: *Aphantochroa cirrochloris* (Vieillot, 1818) em agosto,

Hylocharis chrysur (Shaw, 1812) e o macho de *Thalurania furcata* (Gmelin, 1788) em fevereiro (Figura 3). Destes, apenas *A. cirrochloris* visitou as flores de maneira legítima.

Intensidade de polinização

O percentual de frutos formados entre os experimentos de intensidade de polinização não diferiu significativamente, tendo variado de 30% (para três visitas) a 36% em duas visitas (Tabela 3). Flores visitadas apenas uma vez tiveram sucesso de 33% de formação de frutos. A média de sementes produzidas por fruto nestes tratamentos variou entre 4 e 4,7. O número total de sementes produzidas por tratamento foi de seis para uma visita, 17 para duas visitas e 15 para três visitas. Em todos os tratamentos as visitas foram de *P. pretrei*, exceto em uma das repetições no experimento de três visitas, em que uma das visitas foi de uma fêmea de *T. furcata*.

Discussão

Fenologia de floração

Ruellia angustiflora apresentou padrão de floração do tipo contínuo e de caráter estendido (*sensu* Newstrom *et al.*, 1994). Este padrão é associado com vetores de vida longa, como é o caso dos beija-flores. Este padrão de floração é comum em espécies desse gênero como *R. brevifolia* (Sigrist & Sazima, 2002; Lima & Vieira, 2006) e *R. subsessilis* (Lima & Vieira, 2006). A fraca sincronia de floração entre indivíduos da população, a pequena variação sazonal e a exibição floral ao longo do ano se adequam ao padrão estabilidade constante (“steady state”) descrito para Bignoniaceae (Gentry, 1974). Esse padrão também vem sendo encontrado em outros estudos que abordam espécies ornitófilas (e.g. Sazima *et al.*, 1996; Wolf *et al.*, 1976). No mês de agosto foram observados indivíduos floridos dessa espécie fora da área amostral e, em outubro não foram registradas flores devido a uma forte

tempestade que ocorreu no dia da coleta e ocasionou a queda de todas as flores (obs. pess.).

Biologia floral e néctar

O fato de ao longo de todo o dia haver flores de *R. angustiflora* abrindo pode favorecer a polinização cruzada, pois o conjunto de flores visitadas no início do dia difere daquele visitado no meio do período e do visitado ao final do dia. Em *Ruellia brevifolia*, a abertura dos botões também ocorre principalmente no início da manhã, embora tenham sido registradas flores em início de antese ao longo de toda a manhã e até no período da tarde (Lima *et al.*, 2005; Piovano *et al.*, 1995; Sigrist & Sazima, 2002), de modo semelhante ao aqui registrado.

Os valores máximos de volume e concentração de néctar em *R. angustiflora* foram registrados no início da manhã e os valores mínimos no final do dia. A queda acentuada após a remoção do néctar pode fazer com que os beija-flores se desloquem mais no intuito de buscarem outras flores, favorecendo a polinização cruzada, pois a recompensa numa segunda visita precoce pode não ser muito vantajosa. Para *Ruellia brevifolia* foi demonstrado declínio da taxa de secreção de néctar em resposta à sua remoção (Piovano *et al.*, 1995). Além disso, a taxa de secreção de néctar é positivamente correlacionada com a frequência de visitas para outras espécies ornitófilas (Fischer & Leal, 2006; Longo, 2002). De acordo com os dados de biologia floral e néctar, a polinização de flores novas de *R. angustiflora* deve ocorrer preferencialmente no período da manhã, pois com o passar do dia o estigma deixa de estar receptivo e menos néctar é produzido. Caso as flores que abram no decorrer do dia sigam o mesmo padrão de produção de néctar, os beija-flores podem ser recompensados a qualquer hora do dia com a mesma quantidade de recurso oferecido nas primeiras horas da manhã. Entretanto, neste estudo não foram tomadas medidas de néctar em flores abertas no meio ou no final do dia.

Biologia reprodutiva

Ruellia angustiflora é autocompatível, porém não houve formação de frutos no tratamento de polinização espontânea e apenas um fruto formado por agamospermia. A autogamia é freqüente no gênero (Braz *et al.*, 2000; Lima & Vieira, 2006; Machado & Sazima, 1995; Piovano *et al.*, 1995; Sigrist & Sazima, 2002). No entanto, a auto polinização espontânea que também é freqüente em espécies do gênero, não ocorreu com *R. angustiflora*. Isso pode sugerir que para esta espécie a hercogamia realmente funcione como barreira à autofecundação. A relação positiva entre o aumento na carga de pólen depositado nos estigmas e o aumento no sucesso de formação de frutos, deduzida pela diferença no sucesso de formação de frutos entre os tratamentos Cruzado-A e Cruzado-B, era esperada e sugere limitação de pólen. Em outros estudos, também foi encontrada relação positiva entre carga de pólen e frutificação através de polinizações manuais (Davis, 2004; Jóhannsson & Stephenson, 1997; Mitchell, 1996;). A porcentagem de frutos formados por autopolinização manual foi maior que a de polinização cruzada e do controle, e foi semelhante ao descrito para *R. brevifolia* (Piovano *et al.* 1995).

Visitantes florais

A maior riqueza de beija-flores na área de estudo não coincidiu com o período de maior número de indivíduos em flor de *R. angustiflora*, mas coincidiu com a ocorrência de *P. pretrei* e da fêmea de *T. furcata*. Isto é um indicativo de que *R. angustiflora* é um recurso importante para estas duas espécies. Para as demais espécies de beija-flores com ocorrência esporádica na área de estudo, o uso das flores de *R. angustiflora* parece ser

oportunista. Entretanto, não é possível explicar a ocorrência de beija-flores focando em apenas uma espécie de planta uma vez que a ocorrência dessas aves é também condicionada pela oferta de recursos florais oferecidos pelas outras espécies da comunidade conforme verificado por Araújo (1996).

O beija-flor eremita *P. pretrei* foi o visitante mais freqüente nas flores de *R. angustiflora*. Seu comportamento de visitas em “linhas de captura” (“trap liner” *sensu* Feinsinger & Colwell 1978), bem como o comprimento do seu bico, que facilita o acesso de maneira legítima ao néctar de flores de corola longa, faz com que este beija-flor desempenhe um importante papel no fluxo de pólen e na fertilização de *R. angustiflora*, atuando principalmente na polinização cruzada e sendo considerado o principal polinizador dessa espécie na área de estudo. Por outro lado, a fêmea de *T. furcata* apresentou comportamento territorial (*sensu* Feinsinger & Colwell, 1978) em manchas de flores de *R. angustiflora*, o que poderia levar a um aumento na incidência de autopolinização (Snow & Snow, 1980; Feinsinger, 1978). Além disso, a fêmea de *T. furcata* em muitas de suas visitas atuou como pilhadora. Deste modo, essa espécie poderia ser classificada como polinizador secundário de *R. angustiflora*. Os demais visitantes florais, por terem sido muito pouco freqüentes, podem ser considerados como polinizadores ocasionais dessa espécie na área de estudo.

Intensidade de polinização

Não houve aumento na produção de frutos e sementes com o aumento no número de visitas dos beija-flores. A ausência de relação positiva neste caso tanto pode indicar que uma visita de *P. pretrei* é suficiente para a polinização de *R. angustiflora*, quanto pode indicar que é preciso um número maior que três visitas para que ocorra aumento no sucesso de frutificação. Entretanto, a taxa de formação de frutos em torno de 30% encontrada para os três tratamentos do teste de intensidade de polinização é baixa se for comparada aos

resultados do Controle e Cruzado-B. Isso sugere que para a produção de maior número de frutos seriam necessárias mais do que três visitas de *P. pretrei*. *Ruellia angustiflora*, de acordo com os dados aqui apresentados, produz em condições naturais em média seis sementes por fruto, podendo ter em uma dada flor até 16 óvulos. Talvez esta relação entre intensidade de polinização e produção de sementes seja mais passível de teste em espécies como as do gênero *Passiflora*, que produzem um grande número de sementes, podendo, em algumas espécies chegar a até 450 sementes por fruto (Snow, 1982; Longo, 2002). Contudo estas conclusões devem ser analisadas com cautela, devido ao baixo número amostral em alguns dos experimentos.

Em resumo, *Ruellia angustiflora* é autógama, porém não realiza autopolinização espontânea devido à hercogamia. Sua antese ocorre predominantemente no período da manhã, com produção de maior volume de néctar nestas primeiras horas. Sua floração ocorre praticamente o ano todo, e ao longo deste período, é visitada predominantemente por *Phaetornis pretrei* seguido da fêmea de *Thalurania furcata*. Com o aumento no número de visitas dos beija-flores a uma dada flor não houve aumento na formação de frutos e nem de sementes. Entretanto, os experimentos sobre a formação de frutos em flores tratadas com diferentes cargas de pólen indicam que maior sucesso de formação de frutos nessa espécie seja alcançado em flores que recebem mais pólen em seus estigmas.

Referências

- Araújo, A. C., 1996. Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo. Tese de Mestrado. UNICAMP. 69p.
- Ayres, M., Ayres-Júnior, M., Ayres, D. L., Santos, A. A. S., 2005. BioEstat software – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas.
- Braz, D. M., Vieira, M. F., Carvalho-Okano, R. M., 2000. Aspectos reprodutivos de espécies de Achantaceae Juss. de um município de Viçosa, Minas Gerais. Revista Ceres 47 (270), 229-239.

- Dafni, A., Kevan, P. G., Husband, B. C., 2005. Practical Pollination Biology. Enviroquest Ltd. 590p.
- Davis, S. L., 2004. Natural levels of pollination intensity and effects of pollen loads on offspring quality in females of *Thalictrum pubescens* (Ranunculaceae) Plant Systematics and Evolution 244, 45–54.
- Ezcurra, C., 1989. *Ruellia sanguinea* (Acanthaceae) y especies relacionadas en Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Darwiniana 29, 269-287.
- Ezcurra, C., 1993. Systematics of *Ruellia* (Acanthaceae) in southern South America. Annals of the Missouri Botanical Garden 80, 787-845.
- Feinsinger, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a successional tropical community. Ecological Monographs. 48: 269-287.
- Feinsinger, P., Colwell, R. K., 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. American Zoologist 18, 779-95.
- Fisher, E. A., Leal, I. R., 2006. Effect of nectar secretion rate on pollination success of *Passiflora coccinea* (Passifloraceae) in the Central Amazon. Brazilian Journal of Biology 66(2b), 747-754.
- Gentry, A. H., 1974. Coevolutionary patterns in Central America Bignoniaceae. Annals of Missouri Botanical Garden 61, 728-759.
- Grantsau, R., 1988. Os beija-flores do Brasil. Editora Expressão e Cultura. Rio de Janeiro. 233 p.
- Gross, P., 2005. Pollination effectiveness. In: Dafni, A., Kevan, P. G., Husband, B. C (eds)., Practical Pollination Biology. Enviroquest Ltd, 590p.
- Koppen, W., 1948. Climatologia. México, Editora Iondo de Cultura Econômica.
- Jóhannsson, M. H., Stephenson, A. G., 1997. Effects of pollination intensity on the vigor of the sporophytic and gametophytic generation of *Cucurbita texana*. Sex Plant Reproduction 10, 236–240.
- Lima, N. S., Vieira, M. F., Carvalho-Okano, R. M., Azevedo, A. A., 2005. Cleistogamia em *Ruellia menthoides* (Nees) Hiern e *R. brevifolia* (Pohl) C. Ezcurra (Acanthaceae) em fragmento florestal do Sudeste brasileiro. Acta Botânica Brasilica 19(3), 443-449.
- Lima, N. S. & Vieira, M. F., 2006. Fenologia de floração e sistema reprodutivo de três espécies de *Ruellia* (Acanthaceae) em fragmento florestal de Viçosa, sudeste brasileiro. Revista Brasileira de Botânica 29(4): 681-687.

- Longo, J. M., 2002. Ecologia da polinização de *Passiflora speciosa* Gardn. (Passifloraceae) no Pantanal sul-mato-grossense. Dissertação de Mestrado. UFMS. 38p.
- Machado, I. C., Sazima, M., 1995. Biologia da polinização e pilhagem por beija-flores em *Ruellia asperula* Lindau (Acanthaceae) na caatinga, nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Botânica 18(1), 27-33.
- Mitchell, R. J., 1997. Effects of pollination intensity on *Lesquerella fendleri* seed set: variation among plants Oecologia (1997) 109:382–388.
- 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.
- Piovano, M., Galetto, L., Bernardello, L., 1995. Floral morphology, nectar features and breeding system in *Ruellia brevifolia* (Acanthaceae). Revista Brasileira de Biologia 55(3), 409-418.
- Ruschi, A., 1982. Aves do Brasil: beija-flores. Volumes 4 e 5. Expressão e Cultura. Rio de Janeiro.
- 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.
- Sigrist, M. R., Sazima., 2002. *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra (Acanthaceae): fenologia da floração, biologia da polinização e reprodução. Revista Brasileira de Botânica 25(1), 35-42.
- Snow, D. W., Snow, B. K., 1980. Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. Bulletin of British Museum of Natural History (Zoology) 38 (2), 105-139.
- Snow, A. A., 1982. Pollination Intensity and Potential Seed Set in *Passiflora vitifolia*. Oecologia 55, 231-237.
- Souza, V. C., Lorenzi, H., 2005. Botânica Sistemática. Instituto Plantarum.
- Wolf, L. L., Stiles, F. G., Hainsworth, F. R., 1976. Ecological organization of a tropical, highland hummingbird community. Journal of Animal Ecology 32, 349-379.

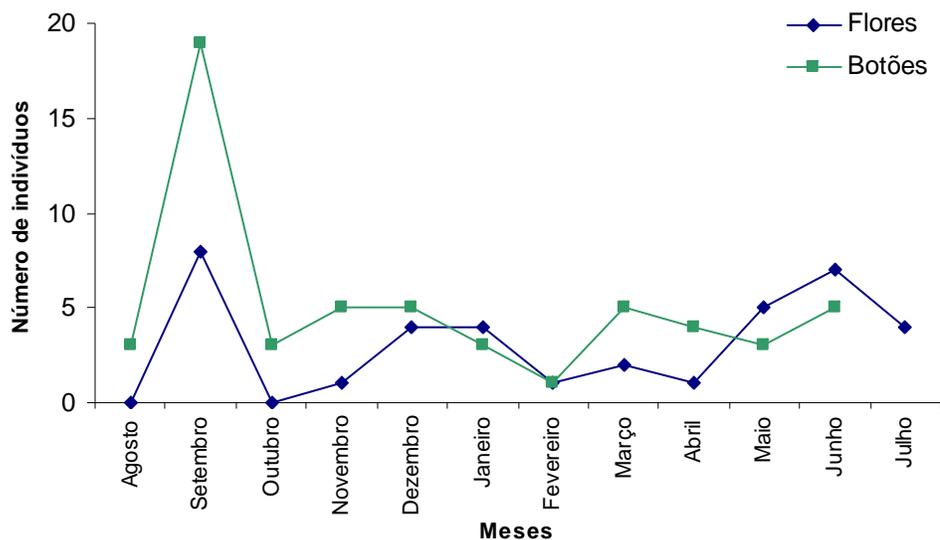


Figura 1 – Número de flores e botões produzidos por 20 indivíduos de *Ruellia angustiflora* num período de 13 meses, em um trecho de mata ciliar do rio Salobrinha, Bodoquena-MS.

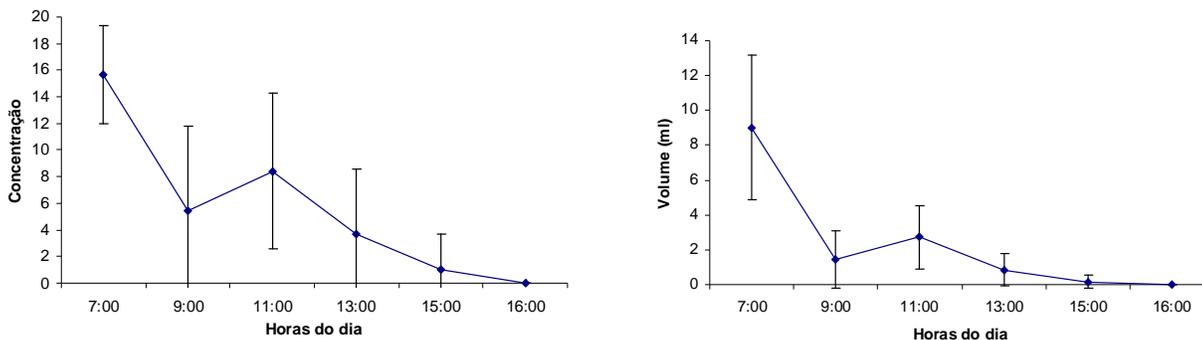


Figura 2 – Média e desvio padrão dos valores de concentração e volume do néctar de *Ruellia angustiflora*, em intervalos de tempo de duas horas, em um trecho de mata ciliar do rio Salobrinha, Bodoquena-MS.

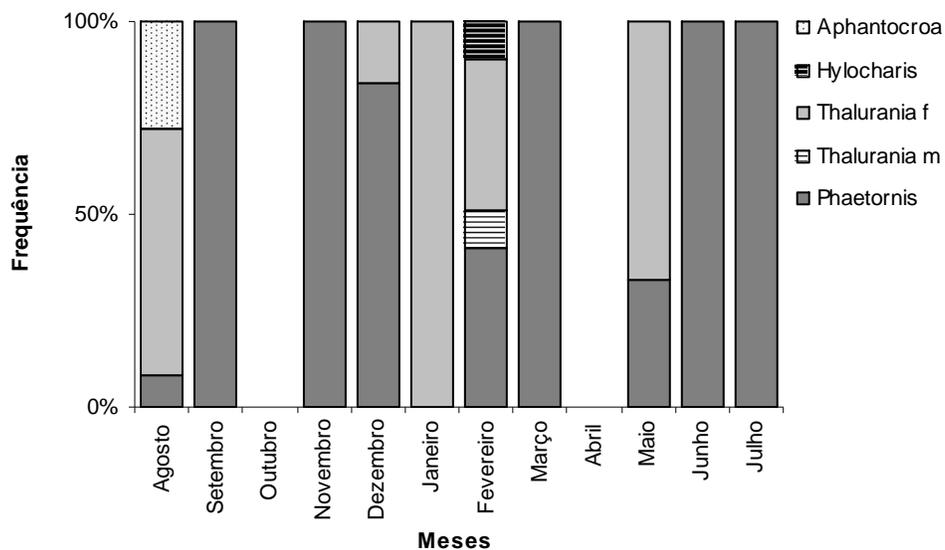


Figura 3 – Frequência relativa de visitas das espécies de beija-flores *Aphantocroa cirrochloris*, *Hylocharis chrysura*, *Thalurania furcata* fêmea, *Thalurania furcata* macho e *Phaethornis pretrei* às flores de *Ruellia angustiflora* durante os 12 meses de estudo, em um trecho de mata ciliar do rio Salobrinha, Bodoquena-MS.



Figura 4 – Detalhe de uma flor de *Ruellia angustiflora*, rio Salobrinha, Serra da Bodoquena. Foto: Rogério Rodrigues Faria.

Tabela 1 – Sucesso de formação de frutos, taxa de frutificação, número médio de sementes por fruto, massa dos frutos e sementes formados e número total de sementes produzidas a partir dos experimentos reprodutivos em flores de *Ruellia angustiflora* num trecho de mata ciliar do rio Salobrinha, Bodoquena-MS.

	Frutos (n= flores)	Frut. (%)	Sem./fruto (n)	Sem. total	Massa fruto (g)	Massa sem. (g)
Cruzado- A 1:10	2(20)	10	1 (n=1)	1	0.017	0
Cruzado-B 1:1	9(17)	53	3 ±2.44(n=6)	17	0.033±0.014	0.002±0.001
Auto-manual	17(20)	85	7.4±4.41 (n=11)	67	0.038±0.012	0.002±0.001
Agamospermia	1(20)	5	1(n=1)	1	0.015	0.003
Controle	14(20)	70	6.1±3.43(n=13)	65	0.035±0.016	0.003±0.001
Auto- espontânea	0(20)	0	/	/	/	/

Tabela 2 – Valores de qui-quadrado obtidos para avaliar diferenças no sucesso de formação de frutos a partir dos experimentos reprodutivos e de intensidade de polinização em *Ruellia angustiflora* em um trecho de mata ciliar do rio Salobrinha, Bodoquena-MS.

	p	χ²	gl
1x : 2x : 3x	0.9457	0.112	2
Cruzado A : Cruzado B	0.0044	8.111	1
Auto manual : Controle	0.256	1.290	1
Auto manual : Cruzado A : Cruzado B	<0.0001	22.648	2
Auto manual : Cruzado A : Cruzado B : Controle	<0.0001	25.433	3

Tabela 3 – Sucesso de formação de frutos, número de sementes por fruto, massa dos frutos e sementes formados e número total de sementes produzidas a partir de uma (1x), duas (2x) ou três (3x) visitas às flores de *Ruellia angustiflora* num trecho de mata ciliar do rio Salobrinha, Bodoquena-MS.

	Frutos (n= flores)	Frut. (%)	Sem./fruto (n)	Massa fruto (g)	Massa sem. (g)	Sem. total
1x	4(12)	33	4±1.41(n=2)	0.029± 0.008	0.001	6
2x	4(11)	36	4.3±1.70(n=4)	0.034±0.004	0.002 ±0.001	17
3x	3(11)	30	4.7±2.89(n=3)	0.034±0.015	0.002± 0.001	15